

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.

Spécialité : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de
Ouled Fathel (ex Touffana) irriguée à partir barrage
de Koudiet Medouar (W de Batna)**

Présenté par :
M^r BAOUIA Nasreddine

Promoteur :
M^r MESSAHEL.M
Co-Promoteur:
M^r DAHMANI.R

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} L.S BAHBOUH

Examineurs : M^r D. KOLIAI
M^r Y. DERNOUNI
M^{me} W. MOKRANE

September 2007

ملخص:

إن الهدف من انجاز أطروحة نهاية دراستي يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية، و الذي يسعى إلى رفع المردودية الفلاحية، وذلك باستعمال أفضل تقنيات السقي، و تسيير أنجع للموارد المائية. و هذا لن يأتي إلا بتبني أنظمة سقي حديثة و التي فرضت فعاليتها، نذكر على سبيل المثال : السقي بالتقطير و السقي بالرش الأكثر تطورا في الآونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي و التكنولوجي و من بين ما تتميز به هذه الأنظمة من محاسن هو تحقيقها لاقتصاد معتبر للمياه.

Résume :

L'objectif de mon mémoire de fin d'études rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irriguée ; dont l'objectif d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleures systèmes d'irrigation, et une meilleure gestion des ressources en eau et. Cela par adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée, technologie. Ces systèmes présentent de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

Abstract :

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

Sommaire

	page
introduction générale	1
CHAPITRE I : Présentation générale	
1-Situation géographique.....	2
2-infrastructure routière.....	3
3-infrastructure hydrographique.....	3
4-Géologie.....	4
5-Géomorphologie.....	5
CHAPITRE II : Climatologie	
Introduction	6
1- température de l'air.....	6
2-L'Humidité relative	7
3-Les vents.....	7
4-Sirroco	8
5-Evaporation	9
6-Insolation	9
7-Gelée blanche	10
8-La grêle	10
9- Pluviométrie	10
10- Les indices climatiques.....	11
10-1)- L'indice d'aridité de MARTON.....	11
10-2) Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	12
10-3) Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN.....	13
Conclusion.....	16
CHAPITRE III : Hydrologie	
Introduction	16
1-Réseau pluviométrique.....	16
2-Homogénéité de la série pluviométrique	18
3-Etude de l'échantillon et choix du type de loi	20
3-1)- Traitement des données	20
3-2)-Ajustement de la série pluviométrique.....	20
3-2-1) – Ajustement à la loi log-Normale.....	21
3-3) – Test de validité d'un ajustement	22
3-3-1) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale	23
3-3-2) Test de validité de ajustement à la loi log-Normale	23

CHAPITRE IV : Ressource en sol

Introduction.....	24
1- Les différentes classes des sols	24
2-Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage	24
a)-Texture	24
b)-Profondeur du sol	24
c)-Teneur en calcaire (total, actif)	25
2-1)-Catégorie de sols.....	25
3- Salure et alcalisation.....	27
4-Drainage et assainissement.....	29
5-Les constitutions du sol	29
Conclusion.....	30

CHAPITRE V : Ressource en eau

Introduction.....	31
1-Ressources en eau souterraine	31
2-Bilan d'eau au barrage de Koudiat Medaouar	31
3-Qualité des eaux d'irrigation.....	32
4- Les limites admissibles	34
4-1)La conductivité électrique	34
4-2) Le SAR (Sodium Absorption Ration)	34
Conclusion	37

CHAPITRE VI : L'étude agro socio économique

Introduction.....	38
1-Population et emploi dans la région	38
1-1)-population	38
1-2)-Activités économiques et emplois.....	38
2-Foncier	39
3-La distribution par classes de superficie des groupes de cultures	39
4-Les mesures d'accompagnement	40
5-Ressources en eau.....	40
6-Commercialisation et prix des produits agricoles.....	41
Conclusion.....	41

CHAPITRE VII: besoin en eau

Introduction.....	42
1) Types d'exploitations moyennes du périmètre par classes de superficie et les principaux types d'assolement en situation projetée.....	42
2) L'occupation des sols.....	42
3) Rotation des assolements	43
4-1) L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo)	49

4) Besoin en eau du périmètre	49
4-2) La pluie efficace.....	51
4-3) L'évapotranspiration réelle ou culture (ETR ou ET_c).....	52
4-4) Efficience de l'irrigation.....	52
4-5) Besoins nets en eau d'irrigation par culture.....	52
5) Besoin bruts en eau d'irrigation.....	53
6) Besoin en eau de pointe.....	53
7) calcul hydraulique du réseau de distribution	53
7-1) calcul hydraulique du réseau de distribution pur la sous périmètre T1	53
7-2) calcul hydraulique du réseau de distribution pur la sous périmètre T2	56
8) Besoin en eau pour lessivage	58
8-1) Lessivage initial	58
8-2) lessivage d'entretien	59
Conclusion.....	61

CHAPITRE VIII: schéma d'aménagement

Introduction.....	62
1) Dimensionnement de station de pompage.....	62
2) Calcul du paramètre de station de pompage	62
3) Description de la station de pompage	65
4) Calcul du Coup de Bélier	67
4-1) Calcul de la célérité d'ondes	67
4-2) Valeur numérique du coup de bélier	67
4-2-1) Valeur maximale du coup de bélier	67
4-2-2) Valeur de la surpression	67
4-2-3) Valeur de la dépression	67
4-2-4) Calcul simplifié du réservoir d'air	68
5) Dimensionnement de réservoir	69
Conclusion.....	70

CHAPITRE IX: modes et technique d'irrigation

Introduction.....	71
1) Les différentes techniques d'arrosages.....	71
1-1-1) Irrigation par ruissellement	71
1-1) L'irrigation de surface	71
1-1-2) Irrigation par submersion	73
1-1-3) L'irrigation mixte.....	75
1-2) L'irrigation par aspersion	75
1-3) L'irrigation localisée	76
2) Choix des techniques d'irrigation.....	77
3) Dispositif d'irrigation.....	78
3-1) Les différents dispositifs de l'irrigation par aspersion	78

3-1-1) Les couvertures d'asperseur.....	79
3-1-2) – Machine à irriguer	81
3-2) Les différents dispositifs de la micro irrigation	83
3-2-1) Les composants d'une installation d'irrigation localisée	83
4) Choix du mode d'irrigation	87
4-1) Aspersion classique	88
4-1-1) Espacement entre les arroseurs	88
4-1-2) Positionnement de la conduite principale (porte rampe)	89
4-1-3) Nombre d'irrigation et durée	89
4-1-4) Choix et caractéristique de l'asperseur	89
4-1-5) Le nombre minimal d'asperseur en fonctionnement simultané	89
4-1-6) Nombre d'asperseur par rampe	90
4-1-7) Nombre de rampes nécessaires	90
4-1-8) Surface irriguée et durée d'arrosage	90
4-1-9) Dimensionnement hydraulique de la rampe	91
4-1-10) Dimensionnement hydraulique de la conduite de distribution	92
4-2) L'irrigation localisée	92
4-2-1) Caractéristique physique de l'îlot.....	93
4-2-2) Caractéristique de l'installation	93
4-2-3) Calcul hydraulique	96
4-2-4) Calcul des pertes de charge	96
Conclusion.....	97

CHAPITRE X: piste et brise vents

Introduction.....	98
1) Brise-vent	98
1-1) Structure des brise-vent	98
1-2) Disposition des brise-vent	98
1-3) Choix des espèces pour la construction des brise-vent	99
1-4) Plantes	100
1-5) Explication des travaux	100
1-6-1) Effets des brise-vent sur la modification de l'écoulement de l'air	101
1-6) Effets des brise-vent impact sur le microclimat	101
1-6-2) Effets des brise-vent sur la vitesse du vent	102
1-6-3) Influence des brise-vent sur la température de l'air	102
1-6-4) Effets des brise-vent sur la température du sol à l'intérieur de l'abri	102
1-6-5) Effets des brise-vent sur l'évaporation	103
1-6-7) Effets des brise-vent sur les processus génétiques du sol	103
1-6-6) Effets des brise-vent sur l'humidité de l'air	103
1-6-8) Autres avantages des brise –vent	104
2) Pistes	104
Conclusion	106

CHAPITRE XI:organisation de chantier

1) Exécution des travaux	107
1-1) Exécution de la tranchée	107
1-2) Assise de la conduite	107
1-3) Pose de la canalisation dans la tranchée	107
1-4) Epreuve d'essai de pression	107
2) Exploitation du système d'irrigation	107
2-1) Objectif de l'exploitation	108
2-2) Estimation de l'état hydro agricole des terres irriguées	108
2-2-2) Mesures d'exploitation	108
2-2-1) Mesures d'amélioration technique	108
-4-2) Maintenance spécialisé	109
2-4) Maintenance des ouvrages et équipement	109
2-4-1) maintenance des premiers niveaux	109
2-3) Exploitation des ouvrages hydrauliques	109

CHAPITRE XII: évaluation économique

Introduction.....	110
1) Charges d'investissement	110
1-1) Coûts des conduites	110
1-2) coût de réservoir	111
1-3) Station de pompage	113
1-4) Coût de Terrassement de réseau de distribution	115
1-5) Coût des ouvrages d'art sur le réseau de distribution	116
1-6) Produits bruts du périmètre	117
1-7) Coût total des aménagements projetés	118

Conclusion générale

120

Annexe
bibliographie

liste des tableaux

Tableau II-1 : Températures mensuelles moyennes en °C.....	6
Tableau II-2:Humidités relative mensuelles moyennes en (%)......	7
Tableau II-3 : Fréquence moyenne inter-annuelle des vents par leur direction de la station de BATNA.....	8
Tableau II-4 : Les moyennes mensuelles des vitesses du vent.....	8
Tableau II-5 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco.....	9
Tableau II-6 : Evaporation annuelle moyenne.....	9
Tableau II-7 : insolation mensuelles moyennes en heurs.....	9
Tableau II-8 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée.....	10
Tableau II-9 : Nombre moyen de jours de grêle mesuré à Batna.....	10
Tableau II-10 : Répartition moyennes mensuelle des pluies.....	11
Tableau II-11 : Répartition saisonnière de la pluie (en mm).....	11
Tableau II-12: Classification de climat selon MARTON.....	12
Tableau III-1 : Caractéristiques de la station pluviométrique.....	16
Tableau III-2 : pluies mensuelles.....	17
Tableau III-3 : teste de wilcoxon.....	19
Tableau III-4 : Ajustement à une loi Log-normale.....	21
Tableau III-5 : année de calcul	23
Tableau IV-1 : texture et structure du sols	27
Tableau IV-2 : les composantes du sol.....	30
Tableau V-1 : caractéristique des forages existant dans le périmètre.....	31
Tableau V-2 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	33
Tableau V-3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique... ..	34
Tableau V-4 : Classification des eaux en fonction de SAR.....	35
Tableau VI-1: Principales données démographiques de la zone d'étude (fin 2003).....	38
Tableau VI-2: Emploi par secteur d'activités (année 2003.).....	39
Tableau VI-3: Répartition des terres par statut juridique.....	39
Tableau VI-4: Répartition actuelle des cultures par entités.....	40
Tableau VI-5: Répartition des céréales.....	40
Tableau VII-1 : Classement des parcelles en fonction de la superficie.....	42
Tableau VII-2 : occupation de l'aire d'étude.....	43
Tableau VII-3: évapotranspiration de référence (ETo) de la zone d'étude selon penman monteith.....	51
Tableau VII-4: Précipitation efficace dans le zone d'étude.....	52
Tableau VII-5 : calcul le débit partielle de chaque îlot.....	54
Tableau VII-6 : calcul les paramètres hydraulique	55
Tableau VII-7 : calcul le débit partielle de chaque îlot.....	56
Tableau VII-8 : calcul les paramètres hydraulique.....	57
Tableau VII-10 : besoin total net et brut en eau du périmètre.....	60
Tableau VIII -1 : Valeurs du coefficient K.....	67

Tableau VIII-2 : les différentes valeurs de calcul	68
Tableau IX-1 : valeurs de X pour différents types de distributeur.....	86
Tableau IX-2 : caractéristique de l'installation d'aspersion	91
Tableau IX-3 : dimensionnement des rampes	91
Tableau IX-4 : dimensionnement hydraulique de la conduite de distribution	92
Tableau IX-5 : Longueur maximale de rampe pour des goutteurs non auto régulant ($x=0,6$) sous une pression de 1 bar, avec une tolérance de variation de débit de 10% et de variation de pression de 0,16 bar.....	94
Tableau X-1 : longueurs et nombre de plants de brise-vent.....	101
Tableau X-2 : longueur des pistes réalisées	106
Tableau XII-1 : les prix des conduites	111
Tableaux XII-2 : Coût de réservoir.....	111
Tableaux XII-3 : Coût de station de pompage.....	113
Tableaux XII-4 : différents prix des travaux réalisés.....	115
Tableaux XII-5 : différents matériels installés.....	116
Tableau XII-6: coût des différentes opérations	117
Tableau XII-7 : Produit brut pour un ha - Situation actuelle.....	118
Tableau XII-8 : Produit brut pour un ha - Situation projetée.....	119

liste des figures

Fig. I-1 : Plan de situation.....	3
Fig. II-1 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	13
Fig. II-2 : Climogramme pluviothermique.....	14
Fig. III-1 : Ajustement à une loi Log-normale.....	22
Fig. V-1 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	36
Fig.VII-2 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 7ha.....	45
Fig.VII-3 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 14ha.....	46
Fig.VII-4 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 28ha.....	47
Fig.VII-5 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 119ha.....	48
Fig.VIII-1 : schéma de fonctionnement	62
Fig.VIII-2 : schéma de la pompe immergée	65
Fig.VIII-3 : la courbe de (H-Q).....	66
Fig.IX-1 : irrigation par planche de ruissellement	72
Fig. IX-2 : irrigation à la raie	73
Fig.IX-3 : irrigation par submersion	74
Fig.IX-4 : partie essentielle d'une installation en aspersion classique	76
Fig.IX-5 : partie essentielle d'une installation localisée.....	77
Fig.IX-7 : Couverture partielle avec poste en attente	79
Fig.IX-6 : Couverture partielle	79
Fig.IX-8 : couverture totale	80
Fig.IX-9 : couverture intégrale	81
Fig.IX-10 : Enrouleur.....	81
Fig.IX-11: Principe de fonctionnement d'un enrouleur.....	82
Fig.IX-13 : Distributeur à circuit long non uniforme	85
Fig.IX-12 : Distributeur à circuit long uniforme.....	85
Fig.IX-14 : schéma de calcul.....	88
Fig.IX-15 : schéma de calcul.....	92
Fig. XII-2 : courbe de coût unitaire du m ³ en fonction du capacité de réservoir.....	112
Fig. XII-2 : courbe de coût unitaire de kilowatt en fonction de la puissance installe.....	114

Introduction générale

L'eau joue un rôle très important dans le secteur agricole, donc c'est un facteur limitant. Le déficit en eau, se répercute directement sur les cultures en provoquant un rendement faible.

Notre pays souffre depuis quelques années d'un déficit hydrique important et sans cesse croissant, avec l'augmentation de la demande en eau potable et industrielle et les ressources en eau qui diminuent avec la sécheresse accentuée.

Ainsi l'importance d'exagération économique et alimentaire posée par la croissance démographique dans notre pays, nous militons à la recherche des stratégies permettant de trouver des ressources en eau du pays, soient qui coulent en surface ou celles renfermées dans les nappes souterraine.

Les aménagements hydro agricoles peuvent être considérés comme des innovations transformatrices entérinant des degrés de chargement plus profonds des systèmes de production agricole.

C'est dans ce contexte qu'on va essayer par ce modeste travail d'étudier l'aménagement hydro agricole de périmètre de TOUFFANA, qui sera alimenté a partir des eaux du barrage KODIETE MEDAOER. La superficie totale du périmètre de TOUFFANA est de l'ordre 11000 ha, dont 486,56 ha sont concernés par notre étude.

Dans la dernière décennie, un autre phénomène aggrave la pénurie en eau d'irrigation, c'est la période sécheresse qui s'est accentuée dans les 12 dernières années. Pour procéder à l'aménagement hydro-agricole de notre zone d'étude, il est nécessaire d'étudier les étapes suivantes :

- ❖ Etude des potentialités en eau et en sol de la région
- ❖ Etude agro-socio-économique de la zone
- ❖ Régime d'irrigation
- ❖ Choix du mode d'irrigation
- ❖ Projection d'équipement d'un système d'irrigation

1-Situation géographique

L'aire d'étude du périmètre de Remila - Ouled Fadhel est située dans la région Est de l'Algérie, dans les deux wilayas de Batna et Khenchela, entre les villes de Touffana et Khenchela.

Elle est limitée :

Au Nord : par la Wilaya de Oum el Bouaghi

A l'Est : par la commune de Hamma

Au Sud : par la route nationale RN 88 Batna – Khenchela

A l'Ouest : par la ville de Touffana

La zone peu étendue occupe une surface près de la route Touffana – Khenchela, de son côté Nord. Au cœur de cette zone se situe une localité de Remila culminant à environ 870 m dont les coordonnées sont $x = \text{env. } 300\,500 \text{ m}$; $y = \text{env. } 3\,939\,000 \text{ m}$. La zone d'étude proprement dite est située selon les coordonnées

- $x = \text{env. } 285\,000 \text{ m} - \text{env. } 323\,000 \text{ m}$,
- $y = \text{env. } 3928\,000 \text{ m} - \text{env. } 3944\,000 \text{ m}$.

Au point de vue de la topographie c'est une zone légèrement ondulée avec des dénivelées faiblement accentuées culminant entre 850 et 950 m environ. Les surfaces sont mises en culture en partie. Il s'agit en général des surfaces dénudées ou des pâturages où prédomine l'élevage. L'alimentation en eau pour l'agriculture et pour l'élevage est assurée par prélèvement d'eau souterraine au moyen de forages verticaux tubés exécutés sur cette aire d'étude.

Echelle 1 : 1 150 000

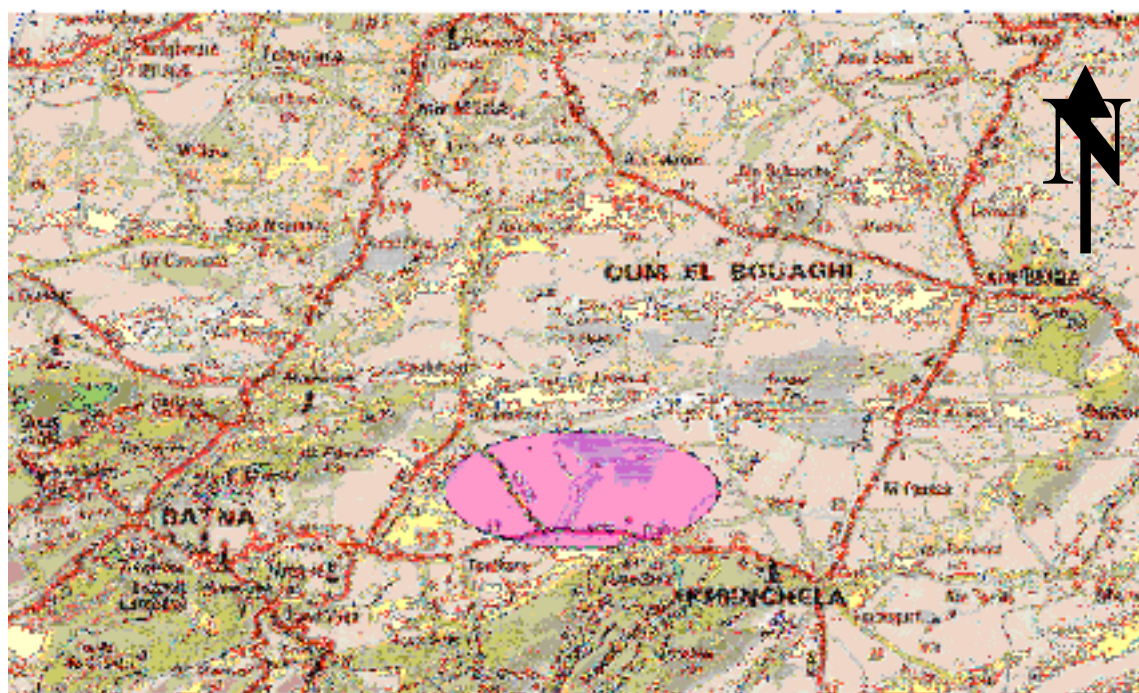


Fig. I-1 : Plan de situation

2-INFRASTRUCTURE ROUTIERE

La voie de communication principale de la zone d'étude est l'axe routier RN 88 : Batna –Touffana – Kais – Khenchela. Cet axe traverse la zone à proximité de la frontière méridionale du périmètre et joint le périmètre avec Tébessa à l'Est, Constantine au Nord et Biskra au Sud.

Un réseau routier, notamment :

CW 03 : KAIS – OUM EL BOUAGHI,

CW C1 : KAIS-REMILA-CHEMORA, ainsi que celui communal

CC 02, CC 03 et CC 05, se dirigent vers cet axe principal.

La circulation sur l'aire d'étude emprunte un réseau de pistes et de routes d'exploitation desservant les parcelles.

3-INFRASTRUCTURE HYDROGRAPHIQUE

Plusieurs oueds, orientés Sud – Nord, traversent la superficie du périmètre d'étude. Ils se divisent en nombreuses branches intérieures de caractère temporaire et continuent à couler vers le Chott Garaet el Tarf.

Les oueds les plus importants sont notamment :

Dans la partie du périmètre dans la Wilaya Khenchela :

- Oued Gueiss,
- Oued Marouf,
- Oued Si Z'rara,
- Oued Tassouaguit,
- Oued Krakir,
- Oued Boulefreis.

Dans la partie du périmètre Ouled Sidi Dahmane :

- Oued Marthoum
- Oued Dahmane, coulant de l'Ouest vers l'Est.

4-Géologie

La plaine de Ouled Fadhel forme une vaste dépression d'environ à 60 km de long sur 20 km de large, comblée de dépôts plioquaternaires.

Les massifs qui l'encadrent :

Au Sud, djebels Chelia et Aidel,

A l'Ouest, djebel Amrane,

Au Nord, djebel Fedjoudj

Sont essentiellement crétacés : les formations s'étageant du Crétacé moyen (Aptien) au Crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien, Sénonien).

Grossièrement, le bassin est constitué de deux structures synclinales parallèles, orientées Est-ouest et séparées par la structure anticlinale du djebel Amrane dont le prolongement vers l'Est est enfoui sous un recouvrement plus récent.

Sur le flanc sud du bassin, la série crétacée est la plus complète : Sénonien, Turonien, Cénomaniens.

Dans le synclinal sud, est venu se déposer le miocène inférieur marin qui forme (depuis Batna jusqu'à Khenchela) une série d'affleurements continus qui constituent les contreforts Nord du massif de l'Aurès.

Les affleurements (constitués essentiellement par de calcaires à Lithothamnées eux mêmes surmontés d'un poudingue à ciment calcaire) sont, dans la zone étudiée,

constitués par des marnes gréseuses et des bancs de grès, reposant directement sur le conglomérat de base.

Les formations du miocène marin (stade marin terminé avec la transgression marine du Burdigalien – Helvétien) ont été recouvertes par un important dépôt continental d'argiles rouges gypseuses (première phase de sédimentation).

5-Géomorphologie

La plaine Ouled Fadhel se situe à des altitudes qui varient entre 870 et 1010 mètres. Le relief est en général favorable à l'utilisation agricole en irrigué : topographie plane, pente ne dépassant pas 2 à 3%.

Les principales formes de relief rencontrées dans la plaine sont les suivantes : les terrasses actuelles situées dans les lits majeurs des oueds qui sont constituées de matériaux grossiers. Les terrasses récentes constituées de sols peu évolués, des vertisols et des sols calcimagnésiques.

Les glacis constitués de terrasses suscitées sont raccordés aux montagnes et aux collines dont la pente ne dépasse guère 3%. Ces glacis sont parfois parcourus par des ravins eaux très marquées et deviennent nuls en bas de pente.

Introduction :

Les éléments climatiques sont les paramètres de base indispensables à connaître pour conduire une réflexion sur l'optimisation de l'eau disponible pour les couverts. Les différents éléments caractérisant le climat, sont principalement : les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative de l'air, l'insolation,... Tous ces facteurs climatiques conditionnent d'une manière particulière le développement des végétaux. Il est important donc de connaître chacune de ces composantes, afin d'adapter les cultures au type de climat et sous lequel certaines pratiques doivent être prévues pour assurer une bonne production

A cet effet, nous aborderons dans cette partie l'étude des paramètres intervenant dans le bilan hydrique afin de déterminer les besoins en eau des cultures

Les données climatiques de la zone d'étude sont celles des observations effectuées sur les principales stations hydro pluviométrique de l'Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques (ANRH) et l'Office National de la Météorologie (ONM).

1) température de l'air :

La température est un facteur du climat très important, car elle conditionne l'évapotranspiration

Les températures dans la zone d'étude sont données par le tableau ci-dessous

Tableau II-1 : Températures mensuelles moyennes en °C

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Octo	Nov	Déce	Année
M_{max}	9.5	11.5	14.3	18.92	23.6	28.9	33.3	32.3	27.7	21.2	15.0	10.7	20.6
M_{moy}	4.90	6.05	8.50	11.95	15.95	20.95	24.70	24.00	20.35	14.85	9.60	5.90	14.00
M_{min}	0.3	0.6	2.7	5.0	8.3	13.0	16.1	15.7	13.0	8.5	4.2	1.1	7.4

Source office national de la météorologie (ONM)

Avec T_{min} : moyenne de tous les minima observés pour chaque mois.

T_{max} : moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois

T_{moy} : moyenne mensuelle

Analyse et interprétation :

On relève que la moyenne des minima durant la période hivernale se situe autour de 4,9°C, ce qui donne un hiver frais à Batna. Par contre, la saison chaude s'étale de Juin à Septembre avec des moyennes mensuelles des maxima assez acceptables :

L'une au mois de Juillet avec une température de 24.7°C.

L'autre au mois d'Août avec une température de 24°C.

2) 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 l'air pourrait contenir s'il était saturé à la même température.

L'humidité relative de l'air moyenne annuelle (station météorologique de BATNA) s'élève dans la région à 59%. Les valeurs extrêmes sont atteintes en janvier (71%) et en juillet (41%).

Tableau II-2: Humidités relative mensuelles moyennes en (%)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
7h	71	80	83	88	86	86	78	70	69	64	56	55	74
13 h	36	47	65	66	66	57	52	40	43	34	26	26	47
18 h	46	60	69	76	73	69	58	52	52	44	33	34	56
moy	51	62,33	72,33	76,67	75	70,67	62,67	54	54,67	47,33	38,33	38,33	59

Source (ONM)

D'après le tableau ci-dessus, le maximum d'humidité relative moyen est observé en Décembre et Janvier, tandis que le minimum se produit en Août.

3) Les vents

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat, car il favorise l'évapotranspiration. Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents.

La fréquence moyenne inter-annuelle des vents par leur direction de la station de BATNA figure dans le tableau suivant

Tableau II-3 : Fréquence moyenne inter-annuelle des vents par leur direction de la Station de BATNA

	7H								13H								18H							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
S	7	22	6	5	4	27	19	10	5	18	3	3	6	37	17	11	9	30	2	4	4	31	13	9
O	6	18	5	5	2	34	19	10	7	19	2	2	3	40	19	8	6	26	1	2	2	43	12	10
N	7	15	4	3	3	37	13	8	8	18	2	1	3	37	23	8	7	17	1	2	2	45	16	7
D	10	16	4	3	1	39	26	10	8	18	2	1	1	35	24	11	10	17	1	1		42	19	11
J	9	19	4	2	2	28	23	13	9	25	1	0	1	28	21	14	12	24	1	1	1	34	14	12
F	10	21	4	3	2	28	19	13	8	18	1	2	2	34	20	15	8	21	1	2	1	37	20	15
M	8	19	4	3	3	33	20	10	7	18	1	1	6	38	19	10	9	23	2	4	2	36	15	9
A	9	21	7	4	4	26	19	11	8	18	1	2	7	31	21	12	10	25	2	4	4	29	19	12
M	8	27	6	7	4	19	22	7	9	23	2	4	6	27	19	10	11	38	4	2	4	21	11	10
J	11	29	8	6	4	18	16	8	11	24	3	3	8	25	17	9	13	40	4	3	2	18	12	10
J	6	28	6	4	5	28	17	6	6	20	1	3	12	36	15	7	11	36	2	5	3	25	11	8
A	6	21	6	5	6	29	21	6	7	21	2	3	8	33	16	8	7	38	3	4	5	25	12	6
An	8	22	5	4	4	28	20	9	8	20	2	2	5	34	19	10	10	28	2	2	2	31	15	10

Source (ONM)

Les moyennes mensuelles des vitesses du vent déterminées à la station de BATNA sont données par le tableau suivant :

Tableau II-4 : Les moyennes mensuelles des vitesses du vent

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
V.vent (Km/h)	11.16	12.60	12.60	15.75	14.76	15.12	14.76	14.40	14.40	13.68	15.12	13.68	14.00

Source (ONM)

L'analyse de ce tableau montre une stabilité des vitesses tout le long de l'année avec une moyenne annuelle oscillant autour de 14Km/h, cette valeur ne pose aucun problème quant à l'utilisation de l'Aspersion.

4) Sirroco :

C'est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement, donc sa connaissance est primordiale pour le choix des espèces à préconiser dans le périmètre :

Les diverses valeurs observées sur les postes intéressant la zone d'étude sont présentées par le tableau ci dessous

Nombre de jours moyens du sirocco relevé à la station de Batna :

Tableau II-5 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Nombre de Jours	2.0	0.4	0.4	0.1	0.0	0.4	1.9	2.3	1.5	2.8	5.1	2.1	19

Le nombre moyen de jours de sirocco varie entre 1.5 à 5.1 jours entre Mai et Juillet. La pointe est observée en Juillet avec 5.1 jours. Le total annuel est de 19 jours.

5) Evaporation :

La valeur prise en compte pour l'évaporation annuelle moyenne a été celle extraite de »L'Etude hydrologique de l'oued Chemorah« - ONM, novembre 1985 c'est – à dire: Evaporation annuelle moyenne: 1560 mm- Evaporation mensuelle dans la retenue de Koudiat Medaour.

Tableau II-6 : Evaporation annuelle moyenne

Mois	Sep t	Oct .	Nov .	Dé c	Jan v	Fév r	Mar s	Avri l	Mai	Juin	Juil	Ao û t	Tota l
E m m	170	101	75	44	39	51	76	106	162	207	275	252	1560
%	10,9	6,5	4,8	2,8	2,5	3,3	4,9	6,6	10,4	13,3	17,6	16,2	100

Source (ANRH) Constantine

La valeur de l'évaporation à partir de la nappe à surface libre de la retenue de Koudiat Medaouar, comme il est indiqué par le projet de cet ouvrage de retenue est adoptée comme valeur pour les analyses du bilan d'eau du projet du périmètre de Ouled Fadhel (ex TOUFFANA)

6) Insolation :

Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées au tableau suivant

Tableau II-7 : insolation mensuelles moyennes en heures

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Station de BATNA	5.11	6.98	8.17	8.92	9.46	9.86	10.95	9.65	7.56	7.93	5.72	5.48	7.98

Source office nationale de météorologie (ONM)

D'après ce tableau on observe que l'insolation est important (environ 2912 h/an en moyenne 8 h/j)

7) Gelée blanche :

La gelée blanche est nuisible pour les cultures et peut causer des dégâts mécaniques et biochimiques vis à vis des rendements agricoles

Les valeurs moyennes des gelées sont données dans le tableau ci dessous

Tableau II-8 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Nombre de Jours	0.0	0.3	3.5	8.6	10.5	5.3	3.7	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	33.4

Source (ANRH) Constantine

La gelée blanche s'observe à partir du mois d'Octobre pour atteindre le maximum durant la période de Décembre à Février.

8) La grêle :

La grêle comme l'orage étant un phénomène très localisé. Dans le tableau suivant, on donne les valeurs de la grêle à la station de Batna.

Tableau II-9 : Nombre moyen de jours de grêle mesuré à Batna

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Août	Année
Nbr de J	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	0.8	1.1	0.6	0.6	0.3	0.3	0.2	5.8

Source (ANRH) Constantine

La grêle n'accompagne pas nécessairement les orages. Le nombre de jours de grêle est maximum du mois de Janvier à Mars.

La fréquence de la grêle est fortement influencée par les conditions locales, le relief en particulier joue un rôle très important. Plus, la station sera élevée, plus le grêlon aura des chances d'arriver au sol sans avoir fondu et plus la probabilité de la grêle sera grande.

9) Pluviométrie :

La répartition mensuelle des pluies est donnée par le tableau suivant

Tableau II-10 : Répartition moyennes mensuelle des pluies

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Précipitations en (mm)	21	29	36	30	40	30	43	28	39	23	07	20	346
Nombres de jours de pluie	5	7	9	8	10	9	10	6	7	5	2	3	81

Source (ANRH) Alger

Tableau II-11 : Répartition saisonnière de la pluie (en mm)

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Année
Batna	86	100	110	50	346

Cette répartition saisonnière fait ressortir un maxima au printemps à la station de Batna.

10) Les indices climatiques:

Par indices, nous entendons une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels :

Pluviométrie et température

Les indices les plus connus sont ceux de E.MARTONE (1926) et E.EMBERGER (1932)

10-1) L'indice d'aridité de MARTON :

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

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

Avec : P : précipitation moyenne annuelles en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

I_A : indice d'aridité

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

Tableau II-12: Classification de climat selon MARTON

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

Pour :

$$P = 346 \text{ mm}$$

$$T = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_A = \frac{346}{14 + 10} = 14.42$$

Selon l'indice d'aridité calculé, 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.

10-2) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Cet indice à pour but la détermination de l'étage bioclimatique :

$$Q = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)}$$

Où Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (en $^\circ\text{K}$)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (en $^\circ\text{K}$)

Pour:

$$P=346 \text{ mm} ; \quad M = 33.3^\circ\text{C} ; \quad m = 0.3^\circ\text{C}$$

D'où $Q = 36.18$

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

- L'étage bioclimatique : Semi Aride
- Sous étage : Hiver frais.

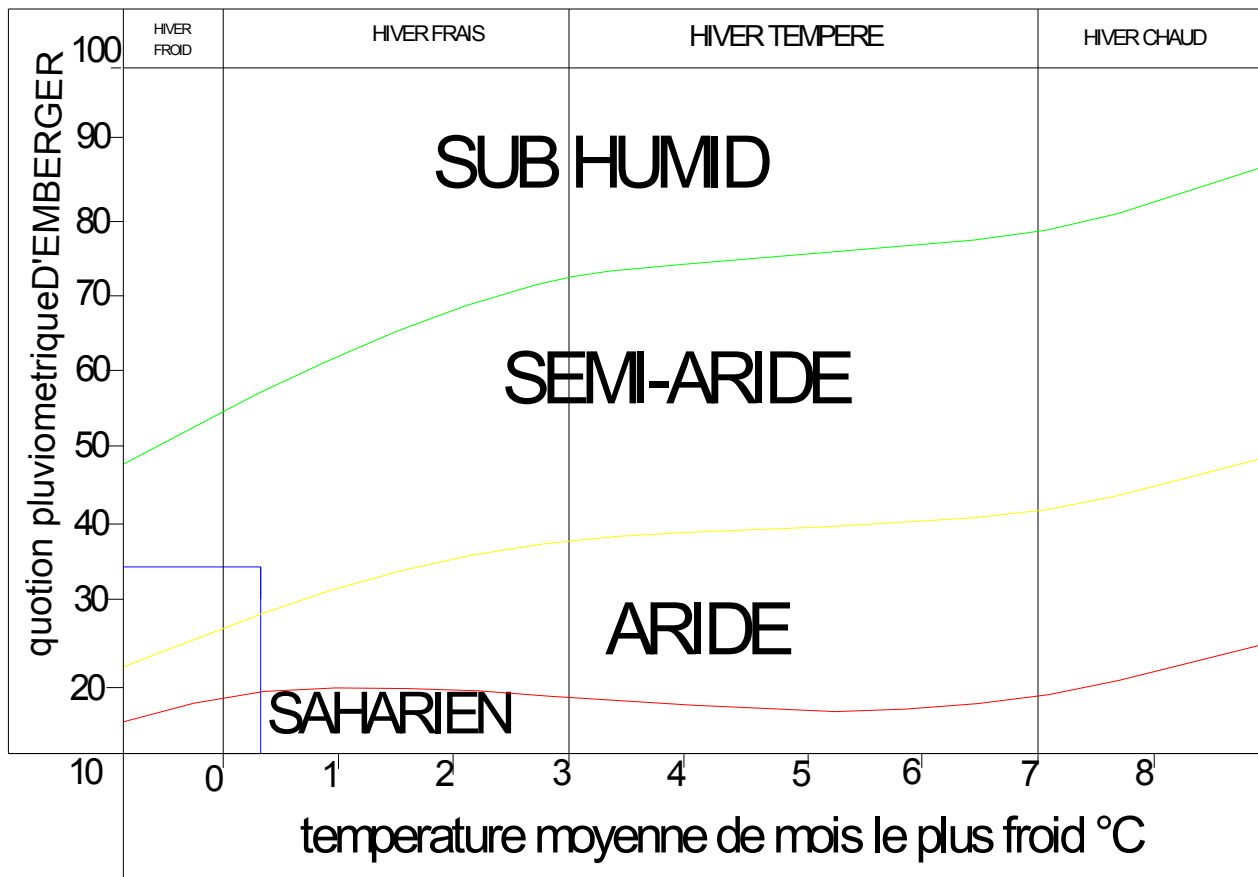


Fig. II-1 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

10-3) Climogramme pluviothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est établi selon la méthode mise au point par F .BAGNOULS et H.GAUSSEN .Ce diagramme nous permettra donc d'évaluer l'intervalle de saisons sèche et humide , et sa position dans le temps , en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique . (Voir figure .II-2)

Description du graphe :

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison

La saison humide est de (7,5) mois allant du mois d'Octobre jusqu'au moite de
Mais

La saison sèche est plus marquée, s'étalé sur quatre (4,5) mois, allant du moite
de mai à Septembre.

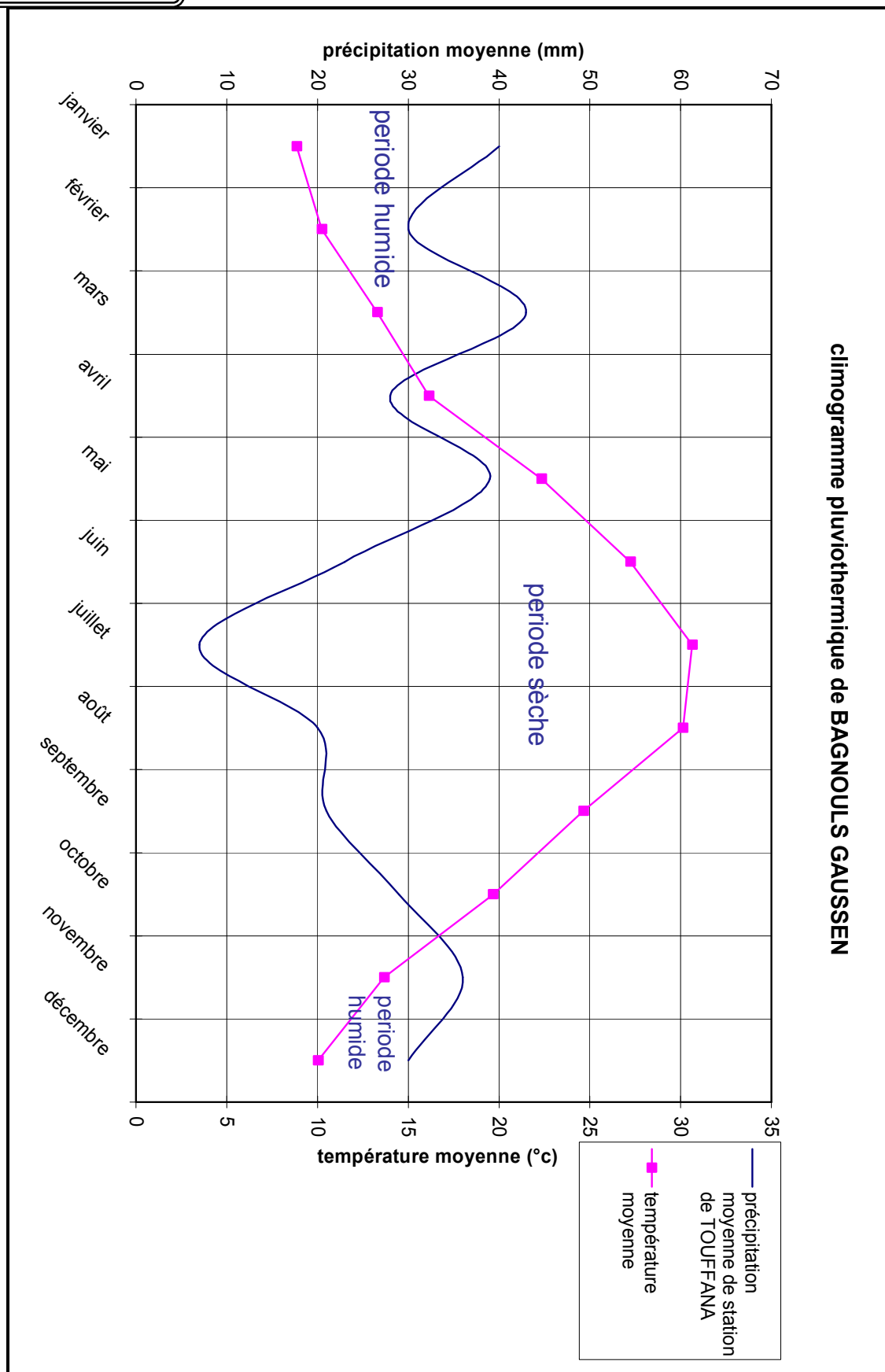


Fig. II-2 : Climogramme pluviothermique

Conclusion :

Après l'étude de la combinaison précipitation-température dans notre région, j'ai pu caractériser le climat suivant la méthode EMBERGER.

La région jouit d'une pluviométrie de 346 mm/an. La période pluvieuse débute à partir du mois de décembre pour se terminer le mois de mai.

Pendant l'hiver la température arrive jusqu'à 0.3°C, en été elle peut atteindre 33.3°C.

D'après le diagramme ombrothermique on distingue deux saisons, la saison humide, et la saison sèche qui est la période d'irrigation (voir fig.II-2).

Cette étude a confirmé que la région est à un climat sec avec hiver frais.

L'irrigation est donc souvent indispensable.

Introduction :

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures à projetées dans le périmètre, ainsi que le dimensionnement de réseau de distribution.

1) Réseau pluviométrique :

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH)

Le tableau III-1, décrit la position de cette station.

Tableau III-1 : Caractéristiques de la station pluviométrique

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X(Km)	Y(Km)			
TOUFFANA	070605	856.10	249.75	1040	1969-2004	35

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique TOUFFANA sont données dans le tableau III-2.

Tableau III-2 : pluies mensuelles

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
1969/70	133,5	142,8	0,0	55,6	18,0	3,3	16,8	154,5	89,5	0,0	37,4	0,0	651,4
1970/71	4,7	0,0	0,0	0,0	24,5	43,8	21,8	5,8	81,0	2,8	5,7	0,0	190,1
1971/72	56,3	31,0	19,3	9,7	54,1	30,4	66,3	93,4	58,9	30,2	1,5	28,6	479,7
1972/73	121,2	120,0	9,1	46,7	42,7	36,2	105,7	35,9	8,7	17,0	2,6	38,1	583,9
1973/74	18,0	9,5	13,7	111,9	3,9	23,1	28,1	30,0	0,0	22,6	20,0	0,0	280,8
1974/75	26,3	33,5	23,0	8,3	28,0	37,3	33,0	54,2	60,6	0,0	3,7	3,5	311,4
1975/76	60,9	2,1	42,3	4,0	32,7	29,2	46,9	29,0	45,6	94,7	40,5	13,7	441,6
1976/77	32,3	8,5	73,9	17,6	24,9	0,0	14,2	46,7	82,4	29,5	0,0	21,6	351,6
1977/78	0,0	5,7	75,2	0,0	2,8	25,4	10,0	11,0	20,9	12,0	0,0	15,4	178,4
1978/79	2,4	42,5	0,0	0,3	2,3	41,8	24,3	80,4	7,7	24,3	7,8	0,0	233,8
1979/80	73,3	16,0	4,3	7,2	7,6	25,5	42,6	27,4	58,5	2,5	0,0	4,2	269,1
1980/81	21,6	0,0	7,7	60,2	2,6	9,2	33,5	28,7	4,9	9,5	0,0	11,0	188,9
1981/82	21,8	27,3	1,6	5,1	26,7	22,8	2,9	36,1	19,9	6,6	2,1	0,3	173,2
1982/83	6,0	26,3	47,7	2,9	0,0	2,0	15,8	0,2	1,7	0,0	0,0	26,0	128,6
1983/84	0,0	5,5	0,6	1,5	54,0	40,3	2,3	7,7	0,0	0,8	1,2	1,4	115,3
1984/85	14,2	67,3	3,1	63,7	48,7	9,0	74,1	6,0	100,0	5,0	0,0	0,0	391,1
1985/86	26,4	0,0	0,4	0,0	17,6	4,1	69,3	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	147,8
1986/87	42,3	13,7	25,1	26,5	4,9	25,2	15,5	10,0	21,3	4,3	19,7	0,0	208,5
1987/88	10,3	16,2	23,6	11,4	5,2	11,5	9,6	9,7	40,2	62,3	0,0	9,1	209,1
1988/89	26,5	3,2	38,0	25,2	6,6	17,0	16,1	19,2	39,2	68,0	7,6	55,4	322,0
1989/90	28,3	2,4	19,7	12,7	155,1	0,0	29,5	29,1	61,3	0,0	5,7	32,0	375,8
1990/91	8,0	0,0	33,6	38,8	7,0	25,3	59,8	34,8	34,6	0,0	12,5	5,2	259,6
1991/92	3,7	44,4	19,2	16,5	30,0	8,5	67,7	21,9	66,0	0,0	17,0	8,2	303,1
1992/93	22,3	6,5	32,6	51,9	12,1	19,9	17,3	7,7	11,0	6,9	0,0	9,5	197,7
1993/94	20,5	2,3	10,6	50,0	23,7	4,9	24,5	10,4	5,1	0,0	0,4	1,8	154,2
1994/95	16,3	52,5	0,0	7,3	45,1	1,5	45,2	19,9	14,4	46,2	16,8	3,1	268,3
1995/96	35,5	23,5	0,0	13,7	98,0	103,1	76,4	33,3	19,5	8,6	0,0	9,3	420,9
1996/97	14,4	0,0	0,0	4,9	13,9	0,0	13,3	24,8	4,2	13,7	0,0	22,1	111,3
1997/98	53,3	16,5	61,3	21,5	0,0	12,4	22,3	53,8	28,8	19,4	0,0	0,0	289,3
1998/99	25,3	21,4	21,6	9,9	43,7	13,0	9,5	0,0	9,6	23,3	0,0	7,5	184,8
1999/00	23,1	31,5	38,6	62,2	9,7	0,0	3,2	0,0	87,7	29,0	0,0	22,2	307,2
2000/01	33,0	21,7	4,6	15,2	13,9	0,0	0,0	33,3	39,8	0,0	0,0	7,3	168,8
2001/02	33,3	13,5	24,9	3,7	0,0	2,3	6,8	27,9	18,2	0,0	0,0	48,3	178,9
2002/03	0,0	11,6	51,0	15,9	23,8	26,5	17,0	52,8	9,1	14,3	0,0	5,4	227,4
2003/04	49,3	53,2	12,7	30,8	9,7	10,2	30,3	10,1	133,8	18,1	17,2	14,6	390

Au vu du tableau III-2 la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude de la série s'effectue par le logiciel de l'hydrologie, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement. Le logiciel fait son ajustement aux lois théoriques (log normale et normale)

2) Homogénéité de la série pluviométrique :

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé 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 union y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

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

Avec :

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

$$W_x = |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous séries

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

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

Le tableau III-3 détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de TOUFFANA code (070605).

Tableau III-3 : teste de wilcoxon

Rang	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	651,4	209,1	651,4	111,3	x
2	190,1	322,0	190,1	115,3	y
3	479,7	375,8	479,7	128,6	y
4	583,9	259,6	583,9	147,8	y
5	280,8	303,1	280,8	154,2	x
6	311,4	197,7	311,4	168,8	x
7	441,6	154,2	441,6	173,2	y
8	351,6	268,3	351,6	178,4	y
9	178,4	420,9	178,4	178,9	x
10	233,8	111,3	233,8	184,8	x
11	269,1	289,3	269,1	188,9	y
12	188,9	184,8	188,9	190,1	y
13	173,2	307,2	173,2	197,7	x
14	128,6	168,8	128,6	208,5	y
15	115,3	178,9	115,3	209,1	x
16	391,1	227,4	391,1	227,4	x
17	147,8	390	147,8	233,8	y
18	208,5		208,5	259,6	x
19	209,1			268,3	x
20	322,0			269,1	y
21	375,8			280,8	y
22	259,6			289,3	x
23	303,1			303,1	x
24	197,7			307,2	x
25	154,2			311,4	y
26	268,3			322,0	x
27	420,9			351,6	y
28	111,3			375,8	x
29	289,3			390	x
30	184,8			391,1	y
31	307,2			420,9	x
32	168,8			441,6	y
33	178,9			479,7	y
34	227,4			583,9	y
35	390			651,4	y

$$W_x = 295$$

$$W_{\min} = 246.11$$

$$W_{\max} = 365.89$$

$$246.11 < W_x < 365.89$$

La condition de M^f Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de TOUFFANA est homogène.

3) Etude de l'échantillon et choix du type de loi :

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

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

3-1)- Traitement des données :

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYDROLAB nous donne les résultats suivantes :

Station TOUFFANA

Statistiques de base

Nombre d'observations : 35

Minimum : 111

Maximum : 651

Moyenne : 277

Ecart-type : 129

Médiane : 260

Coefficient de variation (Cv) : 0.465

Coefficient d'asymétrie (Cs) : 1.14

Coefficient d'aplatissement (Ck) : 3.65

3-2)-Ajustement de la série pluviométrique :

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi log –normale.

3-2-1) Ajustement à la loi log-Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de TOUFFANA sont regroupés dans le tableau III-4 et la figure III-1.

Tableau III-4 : Ajustement à une loi Log-normale

Taille n=35		Moy.log(x-xo)=2,400450165						
xo=0		E.T. log(x-xo)=0,192396743		I.C. à (en%)=95		U Gauss=1,960		
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
651,4	111,3	1	0,014	-2,190	111,3	95,3	67,7	120,0
190,1	115,3	2	0,043	-1,719	115,3	117,4	88,0	143,5
479,7	128,6	3	0,071	-1,466	128,6	131,4	101,1	158,2
583,9	147,8	4	0,100	-1,282	147,8	142,5	111,8	170,0
280,8	154,2	5	0,129	-1,133	154,2	152,2	121,1	180,4
311,4	168,8	6	0,157	-1,006	168,8	161,0	129,7	189,8
441,6	173,2	7	0,186	-0,894	173,2	169,2	137,6	198,8
351,6	178,4	8	0,214	-0,791	178,4	177,1	145,2	207,3
178,4	178,9	9	0,243	-0,697	178,9	184,7	152,5	215,7
233,8	184,8	10	0,271	-0,608	184,8	192,1	159,7	223,9
269,1	188,9	11	0,300	-0,524	188,9	199,4	166,7	232,1
188,9	190,1	12	0,329	-0,443	190,1	206,6	173,6	240,4
173,2	197,7	13	0,357	-0,366	197,7	213,8	180,4	248,7
128,6	208,5	14	0,386	-0,290	208,5	221,1	187,3	257,2
115,3	209,1	15	0,414	-0,216	209,1	228,5	194,2	265,9
391,1	227,4	16	0,443	-0,143	227,4	236,0	201,1	274,8
147,8	233,8	17	0,471	-0,071	233,8	243,6	208,1	284,1
208,5	259,6	18	0,500	0,000	259,6	251,4	215,3	293,7
209,1	268,3	19	0,529	0,071	268,3	259,5	222,6	303,8
322,0	269,1	20	0,557	0,143	269,1	267,9	230,1	314,4
375,8	280,8	21	0,586	0,216	280,8	276,7	237,8	325,6
259,6	289,3	22	0,614	0,290	289,3	285,9	245,8	337,6
303,1	303,1	23	0,643	0,366	303,1	295,7	254,2	350,4
197,7	307,2	24	0,671	0,443	307,2	306,0	263,0	364,3
154,2	311,4	25	0,700	0,524	311,4	317,2	272,4	379,4
268,3	322,0	26	0,729	0,608	322,0	329,2	282,4	396,0
420,9	351,6	27	0,757	0,697	351,6	342,4	293,2	414,5
111,3	375,8	28	0,786	0,791	375,8	357,0	305,0	435,4
289,3	390	29	0,814	0,894	390,0	373,6	318,1	459,4
184,8	391,1	30	0,843	1,006	391,1	392,7	333,0	487,6
307,2	420,9	31	0,871	1,133	420,9	415,4	350,5	521,9
168,8	441,6	32	0,900	1,282	441,6	443,7	371,8	565,5
178,9	479,7	33	0,929	1,466	479,7	481,3	399,6	625,1
227,4	583,9	34	0,957	1,719	583,9	538,5	440,7	718,7
390	651,4	35	0,986	2,190	651,4	663,4	527,1	934,5
Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.	
0,2	-0,841	173,2	153,1	192,5	173,2	0,200	1,3	

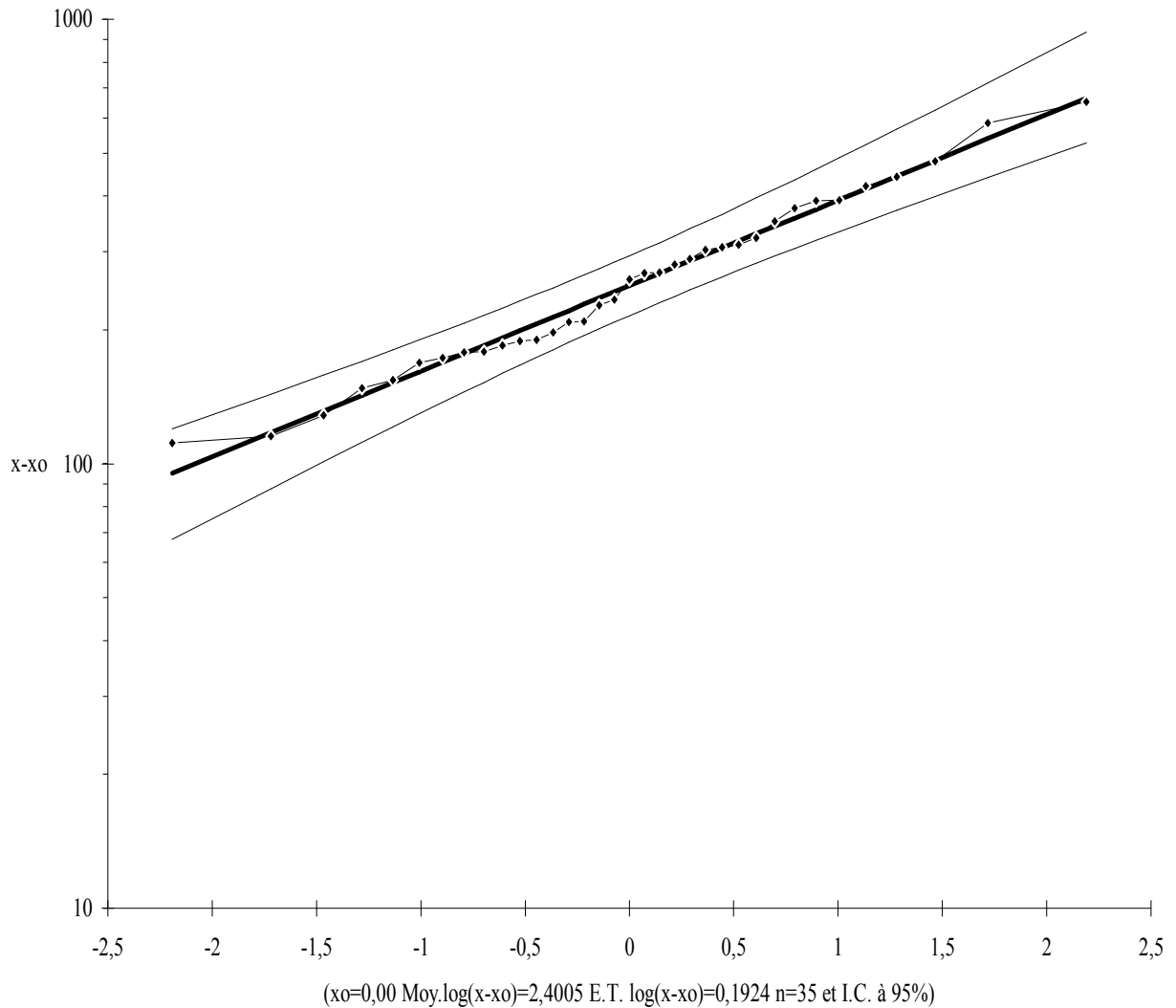


Fig. III-1 : Ajustement à une loi Log-normale

3-3) Test de validité d'un ajustement :

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

3-3-1) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi Normale est fait par le logiciel HYFRAN

Station TOUFFANA

Test d'adéquation : Loi Normale

Résultats

Khi carré = 7.29

P-value $p = 0.2002$

Degrés de liberté : 5

Nombre des classes 8

3-3-2) Test de validité de ajustement à la loi log-Normale :

Station TOUFFANA

Test d'adéquation : Loi log-Normale

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Log-normale

Résultats

Khi carré = 2.26

P-value $p = 0.8125$

Degrés de liberté : 5

Nombre des classes 8

Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi log-Normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région

L'estimation sera pour l'année sèche de fréquence 80%. Nous opterons donc pour l'année 1981/82

Tableau III-5 : année de calcul

Année	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a	Total annuel
1981/82	21,8	27,3	1,6	5,1	26,7	22,8	2,9	36,1	19,9	6,6	2,1	0,3	173,2

CHAPITRE IV**Introduction :**

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeur en irrigation. Ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols sont indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage.

1) Les différentes classes des sols:

Lors de la prospection pédologique nous avons recensé quatre classes de sols dans le périmètre de Ouled Fadhel.

- Sol peu évolués
- vertisols
- sols calcimagnésiques
- sols halomorphes

2) Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage :

Cette classification basée sur les paramètres suivants :

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

a) Texture :

Elle a une influence directe sur la perméabilité et la teneur en eau utilisée par le solum. Elle est très importante comme critère de classification dans la région de Batna Touffana.

b) Profondeur du sol :

Elle est définie comme l'épaisseur du sol situé au-dessus d'une couche limite qui est impénétrable aux racines ou à l'eau de percolation. La zone étudiée présente des profondeurs variables, limitées pour certaines d'entre elles par un substratum gréseux et des amas gypseux.

C) Teneur en calcaire (total, actif) :

En dehors de la zone au SUD-EST de la plaine étudiée, où l'on a un encroûtement calcaire généralisé, les sols une teneur en calcaire total élevée (variant de 25 à plus de 30%).

La teneur en calcaire actif (varie de 12 à 16% c'est un facteur défavorable à de nombreuses cultures surtout les cultures arbustives : agrumes, poirier, cognassier.. qui sont sujettes à la chlorose.

Le calcaire, à des teneurs élevés, est aussi défavorable à de nombreuses cultures, car elle peut engendrer le « blocage » d'engrais (notamment les phosphates et fer) qui seraient apportés au sol.

2-1) Catégorie de sols

Les caractéristiques des catégories déterminées sont les suivantes :

a) Catégorie de sols II

Zone à irriguer en priorité. Ce sont des sols profonds à moyennement profonds de texture argileuse et argilo- limoneuse. Sur une surface relativement faible, la texture est limoneuse. Ces sols présentent un ou deux facteurs limitants qui ont une incidence sur le choix des cultures à pratiquer : Une texture fine et la teneur relativement élevée en CaCO_3 total, et actif.

Pour une utilisation optimum de ces sols en culture irriguée, il est recommandé de réaliser les travaux suivants : amendements organiques, labours profonds, sous-solage et trous de plantation profond (cultures arbustives). ainsi l'Aptitudes culturale sera bonnes pour les cultures suivantes : maraîchères, industrielles, céréalières, fourragères et cultures arbustives.

b)-Catégorie de sols III

Pour une présentation profonde des facteurs limitants des zones et des travaux à réaliser, et cela, dans le but d'assurer une production végétale optimale pour la culture en irrigué, la catégorie III est divisée en deux sous-catégorie sont des sols profonds à moyennement profonds à texture fine à très fine. Cette catégories : III₁ et III₂.

CHAPITRE IV**c)-Catégorie de sols IV**

Il s'agit d'une zone, caractérisée par la présence, d'un encroûtement calcaire, et de pierre ou de caillou en surface de 0 à 50 cm de taille.

A cette catégorie de sols, appartiennent des sols très salés avec $CE > 16$ mmhos/cm ainsi que les sols très sableux , contenant une portion de sables dans la composition granulométrique plus de 75%.

d)-Catégories de sols V

Il s'agit des zones exclues de l'irrigation à cause de la présence de : d'agglomération, d'infrastructures, cimetières, et la zone d'emprunt des matériaux.....etc.

Tableau IV-1 : texture et structure du sols

ZONES HOMOGENES DE MISE EN VALEUR

Zones	Problèmes de mise en valeur	Aptitudes culturales	Travaux d'aménagement à effectuer
II	Sols présentant des problèmes mineurs d'aménagement: * Vertisolisation * Niveau mal drainant à moyenne profondeur * Texture fine * Teneur élevée en CaCO ₃ actif	Sols bons pour les cultures maraîchères adaptées aux textures fines. Bons pour les cultures céréalières et fourragères. Moyens pour l'arboriculture.	Amendements organiques. Labour profond.
III	III ₁ * Vertisolisation * Hydromorphie peu prononcée * Texture fine * structure défavorable * teneur élevée en sel CE : 4-16 mmhos/cm	Bons pour les cultures céréalières et fourragères. Bons à moyens pour les cultures maraîchères Inaptes pour les cultures arbustives	* Labour profond. * Assainissement * Drainage et lessivage
	III ₂ * Texture grossière * Charge en éléments grossiers importante * Profondeur des profils inférieure à 80 cm	Bons pour les cultures céréalières, fourragères, moyennes pour, les cultures maraîchères et céréalières ainsi que pour quelques cultures	* épierage * Amendements organiques et minéraux * Trou de plantation profond (cultures arbustives)
IV	* Texture grossière * Charge en éléments grossiers importante * Peu profond		
Zones	Problèmes de mise en valeur	Aptitudes culturales	Travaux d'aménagement à effectuer
V	* Il s'agit des zones exclues à cause : * Agglomération * Infrastructures * Cimetière * Zone d'emprunt des matériaux	Inaptes pour les cultures arbustives et autres	

3) Salure et alcalisation

La concentration des sels peut influencer le sol directement ou indirectement de plusieurs manières :

- Influence directe :

L'accumulation des sels dans le sol entraîne une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend ainsi plus difficile l'absorption de l'eau

CHAPITRE IV

par les plantes : pour une même humidité, un sol halomorphe sera plus sec qu'un sol non salé (sécheresse physiologique).

L'effet d'un excès de sels solubles va varier selon les propriétés physiques du sol (perméabilité, porosité..).

- Influence indirecte :

Une teneur élevée en sodium échangeable (alcalinité sodique) va provoquer, dans les cas extrêmes, la dégradation de l'argile (solidisation)

Les limites de salure ont souvent fait l'objet de publication nombreuses car elles mêmes étant en rapport avec d'autres caractères des plantes et du sol.

En dessous de 4 mmhos/cm : on considère que la fertilité du sol n'est pas touchée ;

Entre 4 et 7 mmhos/cm : la fertilité du sol est légèrement affectée ;

Entre 7 et 16 mmhos/cm : la fertilité du sol est faible.

Au delà de 16 mmhos/cm : salure forte- fertilité nul

Ce qui rend encore plus délicate la définition des limites de salure : c'est que cette dernière (pour un même sol) n'est pas fixe au cours de l'année (saison et précipitations) et, selon les cultures, elle va être prépondérante à telle ou telle période (germination, floraison).

Cette influence de la salure va également varier selon la nature du sel qui prédomine : généralement, on admet que les chlorures sont les plus néfastes : cela dépend des plantes et de l'importance des autres éléments.

La salure et l'alcalisation constituent des problèmes très délicats lorsqu'on sait que dans la plaine de Remila, les sols ont une texture fine à très fine et qu'une irrigation sans aménagements préalables (essentiellement drainage) aura pour conséquence de saliniser les sols et de les rendre impropres à des cultures de plus en plus nombreuses.

Exemple de profil :

- 0-30 Horizon de labour, remanié, friable, sec, brun clair, texture argilo limoneuse, structure polyédrique moyenne, porosité médiocre, présence de quelques radicules et racines
- 30-50 Frais, brun clair, structure polyédrique moyenne à fine, compact texture argileuse, porosité médiocre,

CHAPITRE IV

- 50-100 Frais, brun clair, assez compact, texture argileuse, structure grossière à tendance prismatique faces de glissement assez généralisées, porosité médiocre :

Classification :

Classe : Sol peu évolué

Sous classe : d'origine non climatique

Groupe : d'apport alluvial

Sous groupe : vertique

Famille : alluvions calcaires de texture fine

4) Drainage et assainissement

En raison de la salure et de la texture fine des sols, le drainage constitue (cartes d'aptitudes culturales en irrigué) le travail le plus important à réaliser préalablement à leur mise en valeur.

L'assainissement est souhaitable essentiellement dans les zones de vertisols à drainage externe nul ou réduit d'une manière générale dans les sols de texture très lourde et situés dans des zones déprimées (topographie basse).

Le drainage se justifie dans les zones où il y a présence de nappe et aura pour but le rabattement de celle-ci afin que les cultures disposent d'une profondeur de sol utilisable plus importante.

Il est également conseillé dans de nombreuses zones où il n'y a pas actuellement de nappe existante dans ces cas, les sols ont souvent une salure assez importante que l'on cherche à réduire par le drainage lui-même lié au lessivage et conditionné au préalable par d'autres travaux tels que : amendements organiques et labours profonds.

5) Les constitutions du sol

Les constitutions du sol sont regroupées dans le tableau suivant

Tableau IV-2 : les composantes du sol

HORIZONS		H1	H2	H3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-20	20-57	57-90
GRANULOMETRIE	A %	31,15	30,15	30,35
	LF/%	17,23	18,15	18,9
	LG %	9,22	14,89	12,93
	SF %	28,25	20,13	29,74
	SG %	14,15	16,68	8,08
	REF > %			
MATIERES ORGANIQUES	MO %	1,45	0,56	0,39
	C ‰	8,55	3,3	2,3
	N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
RESERVE MINERALES	CaCO ₃ TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	P ₂ O ₅ ASSIMIL (PPM)	28,95	30,44	31,45
	P ₂ O ₅ TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	28,95	30,44	31,45
	K ₂ O TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	GYPSE TOTAL %			
COMPLEXE ABSORBANT	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
	S			
	T en méq /100 g	25,1		18,1
SOLUTION DU SOL	% SATURATION			
	pH Eau	8,35	8,5	8,49
	pH - KCL			
	C.E. mmhos/cm (ext. au 1/5)	0,1	0,05	0,11

Conclusion

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les aptitudes culturales des sols varient d'une classe à l'autre. La classe II ne présente pas de problèmes particuliers et peuvent recevoir toute la gamme des cultures possibles. Par contre les sols de classes III et IV présentent certaines restrictions à cause principalement de la salinité, et la présence d'une croûte ou encroûtement à une faible profondeur du sol.

Enfin, comme nous l'avons dit, la classe V est à exclure de l'aménagement hydro- agricole en raison de sa forte pente (supérieure à 20 %) et de sa salinité (supérieure à 16mmhos/cm), ainsi que l'affleurement de la dalle calcaire dans certains cas.

Introduction

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Pour cela et à travers ce chapitre on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

1) Ressources en eau souterraine :

Dans périmètre il y a 3 forages destinés à l'irrigation. Les caractéristiques de ces forages sont données dans le tableau suivant.

Tableau V-1 : caractéristique des forages existant dans le périmètre

N°	Désig. des forages	Coordonnées (m) UTM Zone		Profond. des forages (m)	Diamètres (")		q (l/s/m)	Qmax (l/s)	Niveau piézométrique pendant l'exécution des forages (m)	Cote d'eau durant l'exécution des forages
		x	y		Forages	Tubages				
1	ZK - 10	284898.96	3943756.18	191/185	12-6	8	0.79	19.0	+ 4.32	863.32
2	ZK - 14	294752.88	3939679.03	259/177	12 - 7 1/2 - 5	8 - 6	0.45	12.2	- 1.8	868.20
3	ZK - 15	295328.01	3946861.63	200/70	12 - 10 - 5 - 4	8 - 6	0.73	10.8	- 23.6	846.40
Débit Total								42		

D'après le tableau ci-dessus, le débit total est de l'ordre 42 l/s. ce débit ne suffit pas à l'irrigation de notre périmètre. Ainsi on l'alimente le périmètre à partir barrage KOUDIAT MEDAOUAR

2) Bilan d'eau au barrage de Koudiat Medaouar :

Le barrage de Koudiat Medaouar sur l'oued Chemorah se situe à l'Ouest du périmètre de Ouled Fadhel au pied des monts Mahmel, Bou Tlarmine et Ichemoul. Le bassin versant a une forme d'éventail et il est montagneux avec une hydrographie bien développée. Dans sa partie amont, il porte une couverture végétale. Les parties aval du bassin au-dessous de la cote 1300 sont à pentes plus douces, sans couverture végétale. La topographie et les conditions climatiques sur le bassin versant sont à l'origine de faibles écoulements de surface et de leur distribution temporelle et spatiale qui n'est pas uniforme.

- Capacité utile : $68,38 \times 10^6 \text{ m}^3$ entre 966,00 – 992,50
- Volume annuel régularisable $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ court terme $191 \times 10^6 \text{ m}^3$ après le

Transfert de Beni Haroun

- Superficie de la retenue (à 992.50) 6,7 km²
- Cote de la retenue normale : 992.5 m
- Cote de la retenue minimale : 965.0 m
- Cote de la retenue maximale : 997.0 m

3) Qualité des eaux d'irrigation

Lorsqu'on veut réaliser un aménagement hydro-agricole il faut que l'eau exploitée pour l'irrigation réponde à certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, et permet d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation

- La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :
- La concentration totale en sels dissous
- Le rapport de Sodium par rapport aux autres cations.
- La présence de Bore et d'autres éléments toxiques

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés a la station hydrométrique de Koudiat Medaouar les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont donnés par le tableau suivant :

Tableau V-2 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Date prél	T°C eau	pH	CE à 25°C mmhos/cm	Composition des sels dissous (mg/l)							S.A.R
				Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	
01/08/1998	29	8,1	0,80	139,7	105,2	35	30	265	240	586	3,16
18/10/1998	17,5	7,6	0,87	3036,0	3002	200		255	298	390	3,64
15/11/1998	16	7,7	0,58	785,9	752	160	15	250	222	433	5,77
16/05/1999	24,5	8,2	0,76	2872,3	2838,1	140	11	230	298	427	2,62
29/06/1999	26	8,6	0,68	1037,7	1003,4	200	13	255	332	451	6,26
20/11/1999	14	7,9	0,90	1836,1	1802,1	177	11	250	230	494	4,15
07/03/2000	14	7,7	0,98	869,2	835,8	195	11	215	272	482	6,68
06/05/2000	25	7,8	0,75	907,4	873	205	13	250	269	537	6,87
11/06/2000	20	7,6	0,68	1254,7	1220,1	184	16	250	280	500	5,23
14/08/2000	9	7,9	0,58	544,1	510,1	104	11	45	500	395	4,53
23/09/2000	25	8,0	0,85	2244,0	2210	210	17	285	430	433	4,45
18/11/2000	14	7,5	0,97	1336,2	1302	154	16	210	376	378	4,24
04/12/2000	13	8,2	0,48	2398,2	2364,1	142	14	225	394	366	2,91
16/01/2001	11	8,1	0,68	1451,1	1417,4	128	7	160	268	336	3,38
10/02/2001	10	7,8	0,78	161,2	127,5	70	6	145	370	2440	5,83
11/03/2001	20	7,9	0,71	1318,0	1284,2	145	10	175	360	403	4,02
07/04/2001	20	8,3	0,73	2714,6	2680,1	134	131	185	324	427	2,58
12/05/2001	20	8,0	0,69	1057,6	1023,7	180	14	225	292	421	5,58
16/06/2001	26	7,9	0,65	2201,8	2167,3	208	16	275	308	525	4,45
14/07/2001	29	8,1	0,70	1213,9	1179,5	210	16	305	500	451	6,07
28/08/2001	29	8,1	0,82	2307,9	2273,5	280	10	480	324	153	5,85
11/12/2001	11	8,4	0,76	483,0	448,7	98	16	215	290	470	4,54
07/01/2002	10	8,4	0,74	721,8	687,8	180	16	240	308	561	6,78
05/02/2002	14	8,6	0,90	690,8	656,3	122	10	145	680	268	4,7
06/05/2002	19	8,6	0,84	8481,0	8446,5	230	2	210	312	549	2,5
09/07/2002	29	8,7	0,66	1197,9	1163,4	200	17	350	390	427	5,82
13/10/2002	18	8,0	0,64	254,2	220,1	69	6	100	258	146	4,48
09/12/2002	10	7,8	0,60	133,3	99,3	62	4	85	236	189	5,75
Sommes	2567	1219	20,8	43649	42694,4	23307	3221	35768	40801	53662	132,8
Moyens	17,83	8,24	0,74	1558,9	1521,9	157,48	21,91	241,68	275,68	362,58	4,7

4) Les limites admissibles :

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établie selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR

4-1) La conductivité électrique :

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

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

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

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

Remarque :

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

L'eau du barrage de Koudiat Medaouar prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne $CE = 0,74$ mmhos/cm

4-2) Le SAR (Sodium Absorption Ratio) :

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

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin.

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

Tableau V-4 : Classification des eaux en fonction de SAR

Classe	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S ₁	SAR ≤ 10	Risque faible
S ₂	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S ₃	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S ₄	SAR > 26	Risque très élevé

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (Fig.V-1.), on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyen avec un degré d'alcalinité modère (C2-S1), se qui montre que la qualité de ces eaux est moyen.

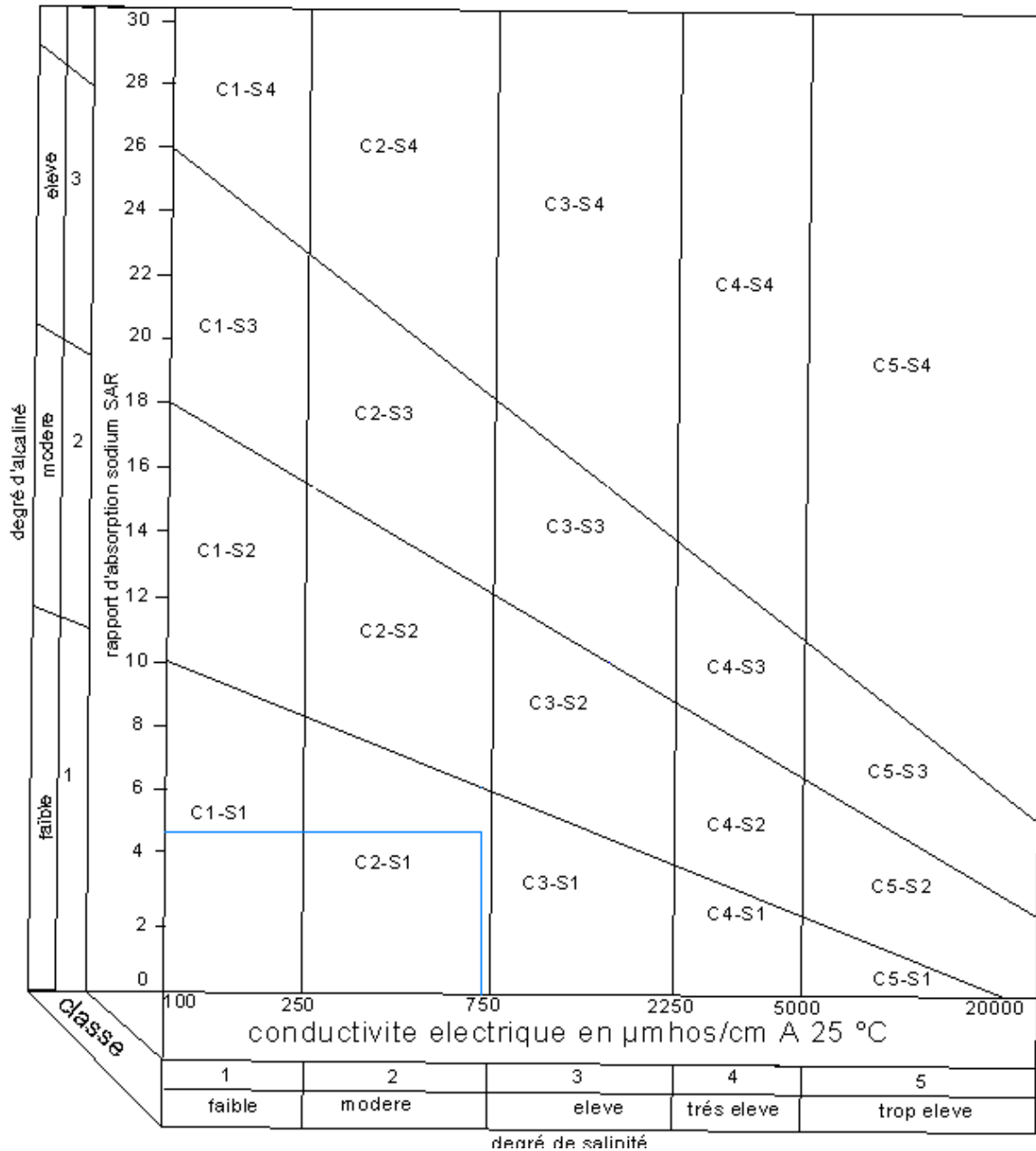


Fig. V-1 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Conclusion :

Le présent chapitre avait pour but de définir les ressources en eaux disponibles et leurs qualités dans la zone d'étude.

La salinité de l'eau du barrage Koudiat Medaouar est de qualité moyenne, cette eau est utilisable en conditions normales.

Introduction :

L'étude Agro-socio-économique du projet d'aménagement hydro agricole du périmètre de TOUFFANA, objet du présent chapitre a pour but d'analyser les contraintes socio-économiques et les facteurs qui influencent sur la production agricole végétale et animale, depuis la mise en place de la culture, et même avant, jusqu'à la récolte et l'écoulement du produit sur le marché, et de proposer les orientations de développement agricole pour la mise en valeur du périmètre.

1) Population et emploi dans la région :**1-1) population :**

La zone d'étude (commune de Ouled Fadhel) regroupe une population de plus de 9 963 habitants. Toute fois les deux quarts d'habitants appartiennent à la commune de TOUFFANA elle-même. C'est compréhensible parce que la commune de TOUFFANA est une zone urbaine importante avec plus de 97 % de la population urbaine. Les deux autres communes sont des zones typiquement rurales qui regroupent à peu près 70 % de la population rurale ce qui est largement au-dessus de la moyenne dans la région (dans la wilaya de Khenchela vivent en moyenne environ 25 % de la population rurale). Le tableau suivant fait aussi apparaître autres données démographiques les plus importantes.

Tableau VI-1: Principales données démographiques de la zone d'étude (fin 2003.)

Commune de Ouled Fadhel	9 963	7 373	2 590	2 112	1 705	407	2.07	26.0	21.2	19.27
	Population totale	Population rurale	Population urbaine	Population active	Population employée totale	Population sans travail	Taux de croissance (%)	Taux d'urbanisation (%)	Taux d'activité (%)	Taux de chômage (%)

1-2) Activités économiques et emplois

L'agriculture représente l'activité productive essentielle dans la région non seulement suivant les données statistiques sur le nombre d'employés par secteur d'activités de population, mais aussi en raison des gens de la région qui sont attachés à des terres et de leur détermination traditionnelle pour l'agriculture.

Tableau VI-2: Emploi par secteur d'activités (année 2003.)

Secteur d'activité	Commune de Ouled Fadhel	
	nombre	(%)
Agriculture	757	44.4
Industrie	293	17.2
B.T.P.	46	2.7
Autres	609	35.7
Total	1 705	100

2) Foncier

Le secteur privé y compris les terres des ex domaines agricoles socialistes (EAC/EAI) occupe une superficie d'environ 95 % des surfaces du futur périmètre d'irrigation.

en vue que les terres des ex domaines agricoles socialistes à tous points de vue ont le statut identique que celui des terres en propriété privée , elles figurent statistiquement le plus souvent ensemble comme le montre le tableau ci-dessous :.

Tableau VI-3: Répartition des terres par statut juridique

Secteur	Commune de Ouled Fadhel
Secteur privé (y compris les EAC/EAI)	20 382
Etatique	240
Total	20 622

3) La distribution par classes de superficie des groupes de cultures :

La superficie occupée par les principales cultures du périmètre s'est faite à partir des données de l'enquête foncière qui précise la superficie occupée par groupe de cultures.

Tableau VI-4: Répartition actuelle des cultures par entités.

Commune de Ouled Fadhel	4850	36,55	300	2,26	60	0,45	422	3,18	10	0,08	7629	57,49	13271	100
Cultures	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%%	ha	%
	Céréales		Fourrages		Jachères		Arboriculture		Prairie naturelle		Culture maraîchère		T o t a l	

Tableau VI-5: Répartition des céréales

3 950	81,44	260	5,36	640	13,20	4 850	100
ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Blé dur		Blé tendre		Orge		T o t a l	

4) Les mesures d'accompagnement :

Pour que le projet de mise en valeur hydro-agricole puisse constituer un pôle dynamique de développement agricole de la région, des actions doivent être menées concernant pratiquement deux volets :

1- L'appui technique aux agriculteurs.

Pour une adaptation des agriculteurs aux techniques moderne d'irrigation, il est nécessaire que cette action soit suivie par d'autres acteurs spécialisés.

2- La participation des structures socio-économique environnementale au processeurs de développement agricole : il n'en demeure pas moins qu'un appui technique directe aux agriculteurs ne peut suffire à lui seul, il faudrait aussi une adaptation de l'environnement socio-économique.

5) Ressources en eau

Le périmètre de Touffana sera alimenté en eau à partir du barrage de Koudiat Medouar. Ce barrage constitue un des ouvrages de transfert de Beni Haroun – Athmania. Il doit aussi fournir des débits nécessaires au périmètre irrigué de Ain Touta et à l'alimentation en eau potable des villes de Batna, de Khenchela et d'autres localités avoisinantes. Un volume total de 86 hm³/an est prévu pour le périmètre de Touffana.

Au niveau Ressources en eau, en plus des ressources en eaux superficielles, les nappes souterraines ont aussi été étudiées. Il est estimé que les systèmes de forages envisagés en fonctionnement discontinu, selon les nécessités, débiteront des quantités d'eau maximales comprises entre 3 et 5 hm³/an.

6) Commercialisation et prix des produits agricoles

L'achat et la vente de l'ensemble de la production des céréales sont réalisés par les services de la Coopérative des céréales, des légumes (CCLS). C'est l'Etat qui fixe les prix de ces produits agricoles (blé dur – 1900 DA/qx, blé tendre – 1700 DA/qx, orge –1400 DA/qx. La majorité de la production d'autres produits agricoles est placée sur les marchés de Kaïs et de Boulefreis où les prix sont fixés librement. Ils varient durant toute l'année ou pendant la saison et dépendent entièrement de leur offre et demande sur le marché.

Les prix de ces produits agricoles, ainsi que les prix des approvisionnements (semences, engrais, produits phytosanitaires) pris en compte dans le calcul des indices agro- économiques ont été fournis par la Direction des services agricoles de la wilaya de Khenchela.

Conclusion :

Le développement agricole de la zone d'étude par le biais de l'irrigation est une condition nécessaire du passage d'une agriculture traditionnelle et aléatoire à une agriculture moderne et sécurisée qui insufflera avec certitude un développement économique à toute la région.

- En se basant sur les aptitudes culturales des sols
- En se basant sur les facteurs et paramètre conditionnant la mise en valeur irrigue (les aptitudes culturales des sols, les conditions climatiques, le caractère socio-économique de l'aire d'étude)

Introduction

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible fertilité des sols

1) Types d'exploitations moyennes du périmètre par classes de superficie et les principaux types d'assolement en situation projetée :

En tenant compte des types d'exploitation et les principales cultures occupant la superficie du périmètre dans la situation de référence nous avons proposé les assolements à retenir par exploitation moyenne. Les exploitations types du périmètre TOUFFANA sont représentées ci-dessous :

Tableau VII-1 : Classement des parcelles en fonction de la superficie

Commune	SUPERFICIE ENQUETEE [ha]								
	< 5		5 à 10		10 à 50		> 50		Total
REMILA	2779,20	19,69	2013,50	14,27	2943,57	20,86	1701,70	12,06	9438,01
KAIS	738,34	5,23	509,51	3,61	1044,34	7,40	911,25	6,46	3203,43
OULED FADHEL	811,77	5,75	293,74	2,08	365,86	2,59	0,00	0,00	1471,38
Total	4329,3	30,68	2816,8	19,96	4353,77	30,85	2612,9	18,51	14112,81

Après l'élimination des zones urbanisées et les zones de grande pente on trouve que 11000 ha la surface totale pour l'agriculture.

2) L'occupation des sols

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agronomique).

L'adaptation des assolements identifiés auparavant aux différents types de modèles dépendra de la taille des exploitations agricoles et leurs potentialités culturales.

L'occupation des sols retenue pour le projet est donnée par le tableau suivant

Tableau VII-2 : occupation de l'aire d'étude

Cultures	Superficie en (ha)
blé dur	3950
blé tendre	260
pomme de terre	1253
tomate	1469
piment-poivron	987
oignon	965
Olivier	951
carotte	746
pasteque	852
courgette	406
vesce-avoine	102
pois-avoiné	119
bersime	79
orge	640

3) Rotation des assolements :

Pendant la période sèche, l'absence ou l'insuffisance des ressources hydriques réduit et rend impossible la pratique d'une deuxième culture.

Le retour fréquent des cultures de la même famille sur la même parcelle, favorise nettement la prolifération et le développement des maladies et parasites spécifique, cas de Nématodes chez les Solanacées ainsi que l'apparition de certaines espèces de mauvaise herbes.

Les calendriers d'occupations des sols, ci après synthétisent l'assolements suscités et donnant ainsi les cultures caractéristiques de chaque assolement :

Schéma d'assolement et de rotation des cultures

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraichères (arrière saison)								Cultures maraichères (saison)				Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraichères (arrière saison)								Cultures maraichères (saison)				Cultures maraich. (primeur)											
Cultures maraichères (saison)								Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraichères (arrière saison)								Cultures maraichères (saison)				Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraich. (primeur)				Cultures maraichères (arrière saison)											
Arboriculture												Arboriculture												Arboriculture												Arboriculture											

Fig.VII-1 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 3ha

CHAPITRE VII

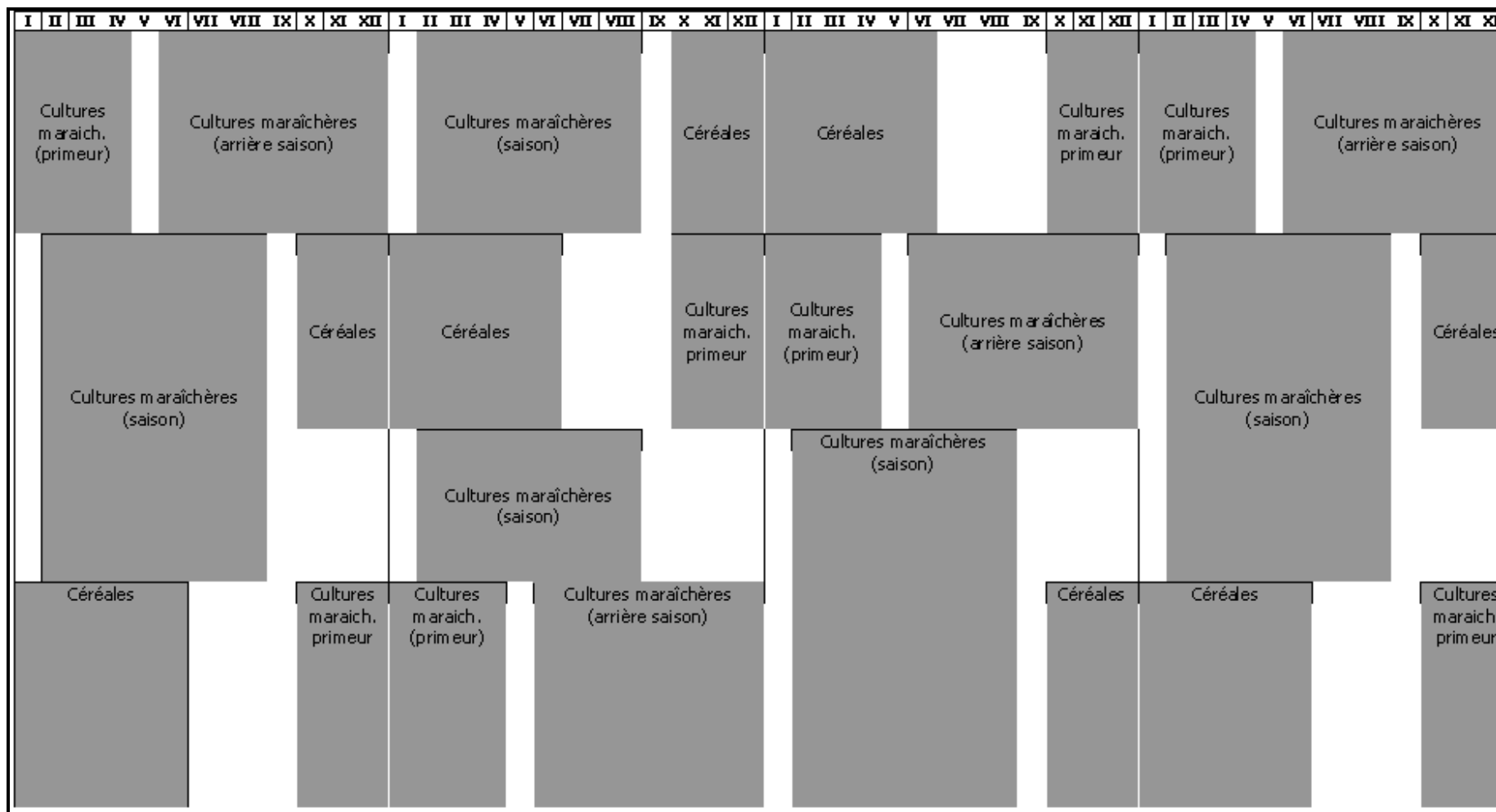


Fig.VII-2 : Schéma d’assolement et de rotation des cultures pour un surface de 7ha

CHAPITRE VII

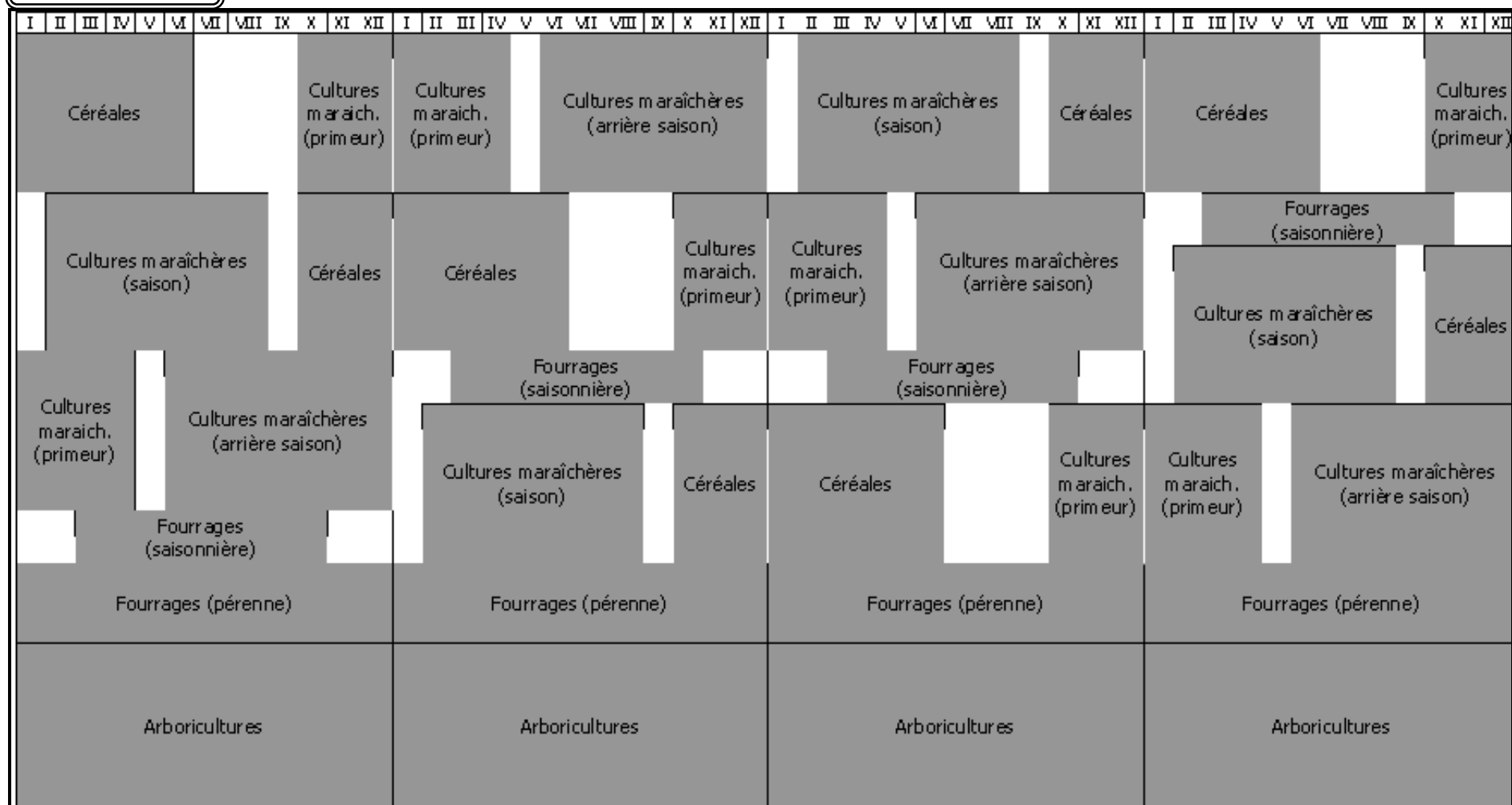


Fig.VII-3 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 14ha

CHAPITRE VII

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Céréales						Cultures maraich. (primeur)			Cultures maraichères (primeur)			Cultures maraichères (arrière saison)						Cultures maraichères (saison)						Céréales						Céréales						Cultures maraich. (primeur)											
Cultures maraichères (primeur)			Cultures maraichères (arrière saison)						Cultures maraichères (saison)						Céréales			Céréales						Cultures maraich. (primeur)			Cultures maraichères (primeur)			Cultures maraichères (arrière saison)																	
Cultures maraichères (saison)						Céréales			Céréales						Cultures maraich. (primeur)			Cultures maraichères (primeur)			Cultures maraichères (arrière saison)						Fourrages (saisonnière)																				
Fourrages (saisonnière)			Fourrages (saisonnière)						Fourrages (saisonnière)						Cultures maraichères (saison)			Céréales																													
Fourrages (pérenne)						Fourrages (pérenne)						Fourrages (pérenne)						Fourrages (pérenne)																													
Arboricultures												Arboricultures												Arboricultures												Arboricultures											

Fig.VII-4 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 28ha

CHAPITRE VII

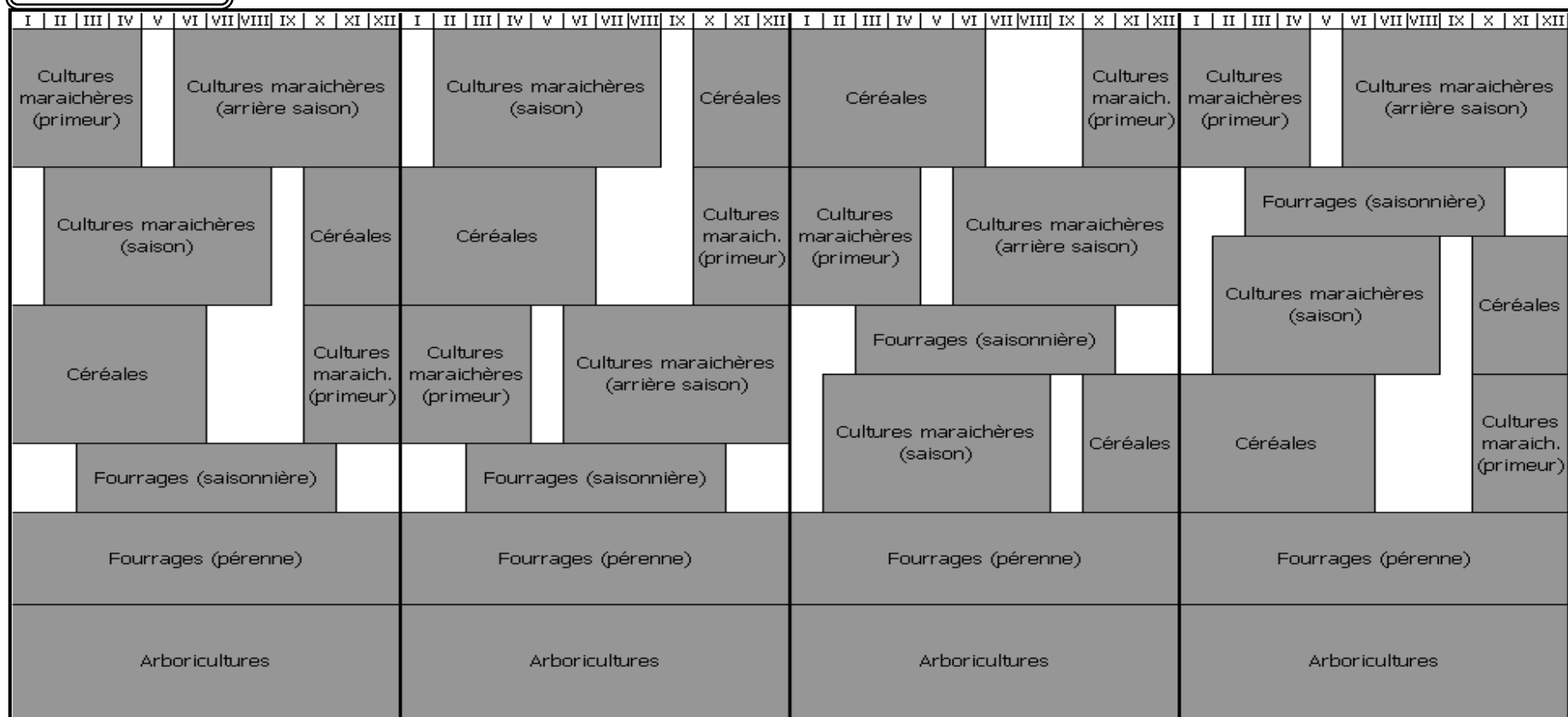


Fig.VII-5 : Schéma d'assolement et de rotation des cultures pour un surface de 119ha

4) Besoin en eau du périmètre :

Le besoin en eau d'irrigation ou la consommation en eau de la culture définie comme la hauteur d'eau (mm) consommé par l'évapotranspiration de la culture.

Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture (ETc) on utilise l'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de sorte que le taux d'évapotranspiration (mm /j) représente les conditions climatique locales.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique, pour ce la il faut déterminer :

4-1) L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) :

C'est l'évapotranspiration maximale (c.a.d le sol est à sa capacité de retentions) d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi les plus communiqué ment employées sont:

- Méthodes de lysimètre
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation
- Méthodes empiriques

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Prinstley- Taylor
- Makkink
- Turc
- Hargreaves
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman et Monteith modifiée.

Sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celle de Jensen (1990), la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des besoin en

eau des cultures (Smith 1992) , a conduit à recommander la méthode de Penman Monteith modifiée comme méthode privilégiée d'estimation de ETo du gazon.

- La formule de M^r Penman et Montheit modifiée se présentant comme suit:

$$ETo = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F (u) \times (e_a - e_d)]$$

ETo : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

w : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

R_n : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/ j

F(u) : fonction liée au vent.

e_a : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

e_d: tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

(e_a - e_d) : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 5.7, fondé sur la méthode de M^r Penman et Montheit modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique: à savoir:

- Les températures moyennes en degré Celsius.
- L'humidité relative de l'air exprimé en (%)
- L'insolation journalière en heure
- La vitesse du vent en m /s

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ETo calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 5.7 sont récapitulés dans le tableau VIII-2.

Tableau VII-3: évapotranspiration de référence (ET_o) de la zone d'étude selon penman monteith

Pays: ALGERIE		Station climatique : BATNA				
Mois	Temp. Moy	Humidité	Vent	Insol	Radiation	ET _o - penmon
	C°	%	km/jour	heurs	MJ/ m ² .jour	m m / jour
Janvier	4.9	75	354.24	5.11	7.7	1.73
Février	6.05	70.67	362.88	6.95	9.7	2.23
Mars	8.5	62.67	354.24	8.17	11.6	3.06
Avril	11.95	54	345.6	8.92	12.6	4.06
Mai	15.95	54.67	345.6	9.46	13	4.75
Juin	20.95	47.33	328.32	9.86	13	5.98
Juillet	24.7	38.33	362.88	10.95	13.5	7.64
Août	24	38.33	328.32	9.65	12.8	7.09
Septembre	20.35	51	278.4	7.56	11.5	5.09
Octobre	14.85	62.33	302.4	7.93	10.8	3.7
Novembre	9.6	72.33	302.4	5.72	8.4	2.29
Décembre	5.9	76.67	378	5.48	7.6	1.75
Année	14	59	336	7.98	11	1506

4-2) La pluie efficace:

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitation contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur, etc... Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée

Méthode USDA-SCS :

la méthode USDA-SCS les précipitation efficaces peuvent être calcule par les formules recommandés par le united states département de l'agriculture-soil conservation service :

$$P_{eff} = P_{moy} * (1 - 0.2 P_{moy}/125) \text{ pour } P_{moy} < 250\text{mm}$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 * P_{moy} \text{ pour } P_{moy} > 250\text{mm}$$

Tableau VII-4: Précipitation efficace dans le zone d'étude.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Total annuel
P (mm)	21,8	27,3	1,6	5,1	26,7	22,8	2,9	36,1	19,9	6,6	2,1	0,3	173,2
P_{eff} (mm)	20.8	25.8	1.6	5	25.3	21.8	2.9	33.5	19.1	6.5	2.1	0.3	164.7

4-3) L'évapotranspiration réelle ou culture (ETR ou ET_c):

L'évapotranspiration d'une culture, ET_c, se calcule en multipliant l'évapotranspiration de référence ET_o par un coefficient cultural, K_c.

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Avec: K_c : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

4-4) Efficience de l'irrigation:

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation.

La déférence entre les deux volumes indique les pertes.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u$$

Avec: E_i: Efficience d'irrigation en (%)

E_e: Efficience de transport (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u: Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficience globale, produit entre les trois efficience décrites ci-dessus égalé à 0,75

4-5) Besoins nets en eau d'irrigation par culture:

L'évaluation des besoins nets en eau des cultures se fait par le logiciel CROPWAT 5.7.

Le calcul des besoins en eau nets par culture est donné dans l'annexe 1.

5) Besoin bruts en eau d'irrigation:

Les besoins annuels bruts en eau (m³ / ha) par modèle et par entités sont résumés dans l'annexe 2.

6) Besoin en eau de pointe:

Ces besoins sont calculés sur la base des besoins mensuels des cultures. Le besoin pointe brute est 222,81 mm

7) calcul hydraulique du réseau de distribution :

L'eau est transportée par un réseau de distribution constitué de conduites enterrées depuis l'ouvrage de prise d'eau aux bornes d'irrigation situées en tête de chaque îlot.

La surface nette totale à irriguer dans le périmètre est de 486,55ha est divisé en 2 sous périmètre T1 et T2.

Tel que T1 à une surface de 195,55ha et T2 à une surface de 291ha.

Les paramètres de base qui influent sur le choix des conduites de distribution sont les suivants :

- position et étendue des zones à irriguer
- pression hydrostatique en des points critiques sur le tracé de la conduite principale
- durée de l'irrigation
- besoins bruts et nets en eau
- type d'appareillage retenu pour l'irrigation
- type de conduites disponibles et leurs coûts
- type de conduites disponibles et leurs coûts

7-1) calcul hydraulique du réseau de distribution pur la sous périmètre T1 :

Le calcul hydraulique des conduite elle sont dans les tableaux qui suites. Par ce calcul sont définis les diamètres des conduites.

Les pertes de charge continues se calculent dans le programme par l'application de l'équation de Hazen-Williams.

$$h_i = J L = 10.7 L (Q / H_{cw})^{1.852} D^{-4.87}$$

Où h_i- est la hauteur de la colonne (m) H_{cw}=140-130.

Tableau VII-5 : calcul le débit partielle de chaque îlot

désignation conduite	des îlot type	superficies (ha)	sup. cumulée (ha)	cote terrain (m)	Q (l/s)	Borne type	diamètre ø (mm)	nombre de prises	commune
T1	T46	23,7	23,7	973,8	23,65	B	100	2	ouled fadhel
	T47	33,79	57,49	988,3	33,72	B	100	4	ouled fadhel
	T48	28,81	86,3	994	28,75	B	100	4	ouled fadhel
	T51	31,07	117,37	1105,9	31,01	B	100	4	ouled fadhel
				117,37	1014	117,14			
T1-2	T52	17,85	17,85	993,5	17,81	C	80	2	ouled fadhel
	T50	28,23	46,08	993,5	28,17	B	100	4	ouled fadhel
	T49	9,41	55,49	993	9,39	C	80	2	ouled fadhel
				55,49	994	55,38			
T1-1	T53	22,68	22,68	1004,8	22,63	B	100	3	ouled fadhel
			22,68	1005,8	22,63				ouled fadhel
T1 cumulee			195,54						

Tableau VII-6 : calcul les paramètres hydraulique

N°	N° de nœud amant	N° de nœud aval	longueur (m)	diamètre (mm)	Hwc	Max débit (l/s)	vitesse m/s	pertes m/km	tot pertes (m)	pression (bars)
1	10	100	128	500	140	195,54	1,00	1,614876	0,206704	10
2	100	101	17	400	140	164,14	1,31	3,461823	0,058851	10
3	101	102	1289	400	140	141,51	1,13	2,630025	3,390103	10
4	102	103	20	300	140	86,13	1,22	4,256532	0,085131	10
5	103	104	994	250	140	57,38	1,17	4,875412	4,84616	10
6	104	105	1272	150	140	23,65	1,34	11,36385	14,45482	10
7	101	106	144	150	140	22,63	1,28	10,47685	1,508667	10
8	102	107	95	250	140	55,38	1,13	4,565226	0,433696	10
9	107	108	302	200	140	45,99	1,46	9,592978	2,897079	10

7-2) calcul hydraulique du réseau de distribution par la sous périmètre T2 :

Tableau VII-7 : calcul le débit partielle de chaque îlot

désignation conduite	des ilot type	superficies (ha)	sup cumulée (ha)	cote terrain (m)	Q (l/s)	Borne type	diamètre (mm)	nombre de prises	commune
T2-3	T34	8,21	8,21	931	8,1935	C	80		ouled fadhel
	T35	31,68	39,89	934,5	31,616	B	100	4	ouled fadhel
			39,89		39,810				ouled fadhel
T2-2	T37	28,9	28,9	934	28,842	B	100	4	ouled fadhel
	T39	17,05	45,95	934	17,015	C	80	2	ouled fadhel
	T36	24,63	70,58	934,5	24,580	B	100	3	ouled fadhel
			70,58		70,438				ouled fadhel
T2	T40	19,39	19,39	938	19,351	C	80	3	ouled fadhel
	T41	32,62	52,01	939,5	32,554	B	100	4	ouled fadhel
	T38	20,95	72,96	935	20,908	B	100	3	ouled fadhel
			72,96		72,814				ouled fadhel
T2-1-1	T44	21,05	21,05	946	21,007	B	100	3	ouled fadhel
	T45/2	13,668	34,718	940	13,640	C	80	1	ouled fadhel
	T43	23,14	57,858	938	23,093	B	100	3	ouled fadhel
			57,858		57,742				ouled fadhel
T2-1-2	T45/1	20,502	20,502	941	20,461	B	100	3	ouled fadhel
	T42	29,22	49,722	940,5	29,161	B	100	4	ouled fadhel
			49,722		49,622				ouled fadhel

Tableau VII-8 : calcul les paramètres hydraulique

N°	N° de nœud amant	N° de nœud aval	longueur (m)	diamètre (mm)	Hwc	Max débit (l/s)	vitesse m/s	pertes m/km	tot pertes (m)	pression (bars)
1	15	200	788	500	140	290,43	1,48	3,359835	2,64755	16
2	200	201	487	500	140	271,08	1,38	2,957043	1,44008	16
3	201	202	593	400	140	221,46	1,76	6,02831	3,574788	16
4	202	203	171	400	140	188,90	1,50	4,49066	0,767903	16
5	203	204	561	300	140	131,16	1,86	9,275235	5,203407	16
6	204	205	10	300	140	110,25	1,56	6,724489	0,067245	16
7	205	206	47	250	140	70,44	1,44	7,127463	0,334991	16
8	206	207	621	200	140	45,86	1,46	9,542916	5,926151	16
9	205	208	42	200	140	39,81	1,27	7,34393	0,308445	16
10	208	209	501	100	140	8,19	1,04	11,48567	5,754322	16
11	203	210	114	200	140	57,742	1,84	14,62263	1,666979	16
12	210	211	52	150	140	34,65	1,96	23,05087	1,198645	16
13	211	212	556	150	140	21,01	1,19	9,12521	5,073617	16
14	201	213	42	200	140	49,62	1,58	11,04425	0,463859	16
15	213	214	253	150	140	20,46	1,16	8,690137	2,198605	16

8) Besoin en eau pour lessivage :

Dans les sols salés, il faut non seulement couvrir les besoins d'évapotranspiration de la culture et les besoins d'humectation et d'évaporation du sol avec une quantité d'eau, mais il faut ajouter une quantité supplémentaire pour dissoudre les sels solubles, et qui seront évacués en dehors de la zone racinaire par un réseau de drainage.

On appelle la quantité supplémentaire la dose de lessivage

Cette méthode de lutte contre la salinité a pour but de limiter l'extension des terres salées, de récupérer les sols, ainsi d'améliorer les rendements des cultures

Les besoins en eau pour le lessivage seront évalués comme suit.

8-1) Lessivage initial :

L'évaluation des volumes d'eau de lessivage initial à appliquer sur le sol, est estimée par la formule de M^f VOLUBEEV.

$$H = -\alpha * \theta * D * \log \frac{(S - S_i)}{(S_0 - S)} \quad \text{Avec :}$$

H : la lame d'eau à appliquer pour satisfaire les besoins du lessivage initial en (m).

D : la profondeur d'enracinement en (m).

S : la salinité à la quelle on veut amener le sol (ECe en mmhos/cm).

S_i : la salinité de l'eau d'irrigation (E_{cw} en mmhos/cm).

S₀ : la salinité moyenne avant lessivage en (mmhos/cm).

θ : L'humidité de sol en %.

A : coefficient dépendant de la texture de sol :

- sablo-limoneux à limono-sableux : α = 0,5 à 0,6.
- Argilo-sablo-limneux : α = 0,4 à 0,5.
- Argile : α = 0,2 à 0,3.

Les paramètres de calcul des doses de lessivage initial sont :

- La salinité moyenne de l'eau d'irrigation S_i = 0,74 mmhos/cm.
- Les épaisseurs des sols à lessiver sont variées de 40 à 80cm.
- La texture des sols est argilo-sableuse, argilo-limoneuse, d'où le coefficient α = 0,5.
- La salinité moyenne du sol avant lessivage S₀ est égale à :
S₀(71) = 3,8mmhos/cm.

- La salinité moyenne à atteindre après lessivage est donnée par la relation suivante :

$$Ece = 1,3 * Ecw. \text{ Pour LR} = 20\%$$

$$Ece = 1,3 * 0,74 = 0,96 \text{ mmhos/cm.}$$

$$S = Ece = 0,96 \text{ mmhos/cm.}$$

Pour une texture argilo-limoneuse, le tableau VIII-6. Nous donnons une valeur d'humidité équivalente « H » de l'ordre de 30%

Tableau VIII-9 : humidité équivalente et doses pratiques d'arrosage

Type de sol et texture	Granulométrie de terre fine			Humidité équivalente He %	Dose pratique d'arrosage en (m ³ /ha)		
	Argile %	Limons %	Sable %		0,4m	0,7m	1,2m
Légers sableux	10	20 à 30	60 à 70	10	200	350	600
Battants limoneux	20	60 à 70	10 à 20	20	400	700	1200
Francs ou limono-argilo-sableux	25	40 à 50	25 à 30	25	450	750	1350
Lourds argilo-limoneux	35	50 à 60	5 à 15	30	550	1000	1650

Donc la hauteur d'eau "H" à apporter initialement est égale :

$$H = -0,5 * 0,3 * 0,8 * \log(0,077) = 0,055 \text{ m} = 55 \text{ mm} = 550 \text{ m}^3/\text{ha.}$$

8-2) lessivage d'entretien :

Pour calculer la fraction de lessivage d'entretien, on utilise la formule suivante

$$LR = \frac{ECw}{5 ECe - ECw}$$

Suivant la quelle :

LR : fraction minimale de lessivage d'entretien en %.

ECw : conductivité électrique de l'eau d'irrigation (ECw = 0,74 mmhos/cm).

ECe : conductivité électrique du sol (0,96 mmhos/cm).

$$LR = 18,23\%$$

Tableau VII-10 : besoin total net et brut en eau du périmètre

cultures	superficie		besoins en eau (mm)																									
	%	ha	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	september	octobre	november	décember	année													
			unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,	unite/int,												
céréales	20	2200	9,8	215600	33	728200	88	1925000	108,7	2391400	152	3350600	156	3432000	0	0	0	0	0	0	30	651200	27	594000	19	426800	623,4	13714800
cultures maraichères (prim	20	2200	6,3	138600	20	444400	60	1328800	73	1606000	124	2717000	178	3916000	227	4996200	196	4312000	106	2340800	0	0	0	0	0	0	990,9	21799800
cultures maraichères (sais	20	2200	16	352000	32	697400	82	1804000	97,1	2136200	141	3102000	197	4325200	240	5286600	160,3	3526600	78,8	1733600	39	849200	33,1	728200	25	558800	1141	25099800
Fourrages (saisonnière)	10	1100	20	216700	39	429000	85	935000	97,1	1068100	115	1259500	0	0	0	0	220,1	2421100	135	1481700	75	823900	51,7	568700	35	380600	871,3	9584300
Fourrages (pérenne)	10	1100	22	238700	29	317900	72	786500	92,1	1013100	124	1364000	178	1956900	242	2660900	220,1	2421100	135	1481700	75	823900	52,2	574200	41	446600	1281	14085500
Arboricultures	20	2200	0	0	12	270600	63	1394800	91,5	2013000	141,0	3102000	197	4323000	247	5438400	182,8	4021600	36,8	809600	11	250800	16,9	371800	8,3	182600	1008	22178200
totale cultures principales	100	11000		1161600		2887500		8174100		10227800		14895100		17953100		18382100		16702400		7847400		3399000		2836900		1995400		106462400
total nets	100	1		1161600		2887500		8174100		10227800		14895100		17953100		18382100		16702400		7847400		3399000		2836900		1995400		106462400
total brut				1548800		3850000		10898800		13637067		19860133		23937466,67		24509466,67		22269866,67		10463200		4532000		3782533,33		2660533,33		141949866,67

Conclusion :

L'étude des besoins en eau a déduit pour l'aménagement de notre aire d'étude, qui est d'une superficie de 11000ha, nécessite un volume d'eau annuel de 141,95 Mm³ qui permette aux agriculteurs de permuter et de diversifier leur plan de cultures, toute en garantissant leur besoins en eau d'irrigation.

Introduction :

La présente chapitre consiste à schématisé le système d'aménagement, pour l'irrigation des parcelles, on exploitant les donnée existantes sur la zone d'étude.

L'aménagement envisagé du périmètre TOUFFANA , consiste à véhiculer les eaux d'irrigation a partir de la retenue du barrage KODIETE MEDAOER, vers les réservoirs de compensation qui faire la distribution d'eau et en alimente le bassin par une station de pompage.

1) Dimensionnement de station de pompage :

La station de pompage Touffana sert à refouler l'eau de la retenue Koudiat Medaour vers un Réservoir pour alimente le périmètre gravitairement. La capacité totale de la station de pompage est de

$$Q_p = \frac{0,998.11000.22}{24} = 10063 \text{ l/s} = 10,063 \text{ m}^3/\text{s}$$

La conduite de refoulement de la station de pompage en acier est d'un diamètre de 2100 mm et d'une longueur d'environ 3650 m.

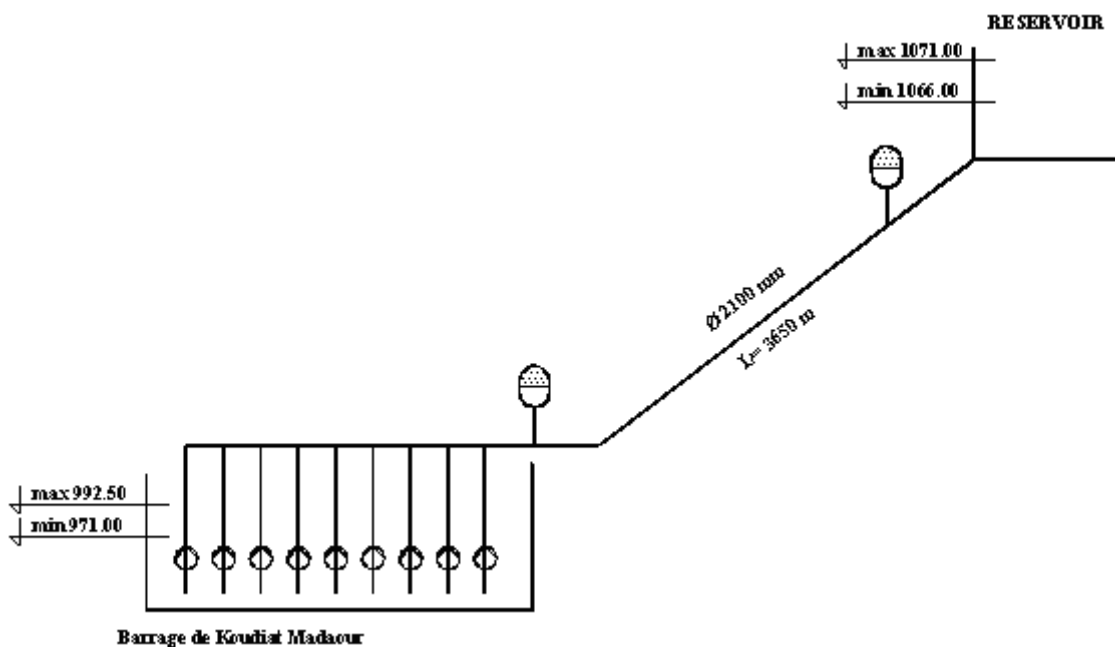


Fig.VIII-1 : schéma de fonctionnement

2) Calcul du paramètre de station de pompage :

Le calcul concernant la hauteur de la pompe est effectué sur la base des données suivantes:

CHAPITRE VIII

- niveau maximal de la retenue Koudiat Medaour992,5
- niveau minimal de la retenue Koudiat Medaour 971
- niveau maximal d'eau dans le Réservoir1071
- niveau minimal d'eau dans le Réservoir1066

La hauteur de la conduite de refoulement est calculée à partir de la formule suivante :

$$H = H_{geo} + \Delta H$$

ΔH_{geo} - hauteur géodésique d'élévation

ΔH - pertes de charge singulières et par frottement

Les hauteurs géodésiques d'élévation sont de:

$$H_{geo}^{max} = 1071 - 971 = 100 \text{ m}$$

$$H_{geo}^{min} = 1066 - 992.5 = 73,5 \text{ m}$$

Les pertes de charge dans la conduite de refoulement sont :

$$\Delta H = \Delta H_{tr} + \Delta H_{loc}, \text{ où}$$

ΔH_{tr} - pertes de charge par frottement dans la conduite de refoulement

ΔH_{loc} - pertes de charge singulières dans la conduite de refoulement

$$\Delta H_{tr} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{16}{D^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot g} \cdot Q^2$$

$\lambda=0.0165$ – coefficient des pertes de charge par frottement dans la conduite d'un diamètre $D=2100$ mm, de rugosité $\delta=1$ mm et de numéro de Reynolds

$$R_e = 6,51 \cdot 10^6$$

$D=2100$ mm – diamètre de la conduite de refoulement

$L=3650$ m – longueur de la conduite de refoulement

$$\Delta H_{tr} = 0,0165 \cdot \frac{3650}{2,1} \cdot \frac{16}{2,1^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 9,81} \cdot Q^2 = 0,122 \cdot Q^2$$

$$\Delta H_{loc} = \sum \zeta \cdot \frac{16}{D^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot g} \cdot Q^2, \text{ d'ou}$$

$\sum \zeta=6$ – somme des pertes singulières dans la conduite de refoulement

$$\Delta H_{loc} = 6 \cdot \frac{16}{2,1^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 9,81} \cdot Q^2 = 0,026 \cdot Q^2$$

CHAPITRE VIII

Les pertes totales dans la conduite de refoulement sont

$$\Delta H = \Delta H_{tr} + \Delta H_{loc} = 0.122 \cdot Q^2 + 0.026 \cdot Q^2 = 0,148 \cdot Q^2.$$

Avec une réserve de 10%, les pertes de charge dans la conduite de refoulement sont:

$$\Delta H = 0,163 \cdot Q^2$$

Les courbes de la conduite sont présentées par l'équation suivante:

$$H^{\max} = H_{geo}^{\max} + \Delta H = 100 + 0,163 \cdot Q^2$$

$$H^{\min} = H_{geo}^{\min} + \Delta H = 73.5 + 0,163 \cdot Q^2$$

Pour un débit complet de $Q=10,98 \text{ m}^3/\text{s}$ les hauteurs manométrique totales:

$$H^{\max} = 100 + 0,163 \cdot 10,06^2 = 116,5 \text{ m.}$$

$$H^{\min} = 73,5 + 0,163 \cdot 10,06^2 = 90 \text{ m.}$$

Les pertes de charge dans le tuyau de refoulement d'un diamètre de 900mm et d'une longueur d'environ 28 m seront calculées selon la formule:

$$h_g = \Delta H_{tr} + \Delta H_{loc}$$

$$\Delta H_{tr} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{16}{D^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot g} \cdot Q^2, \text{ où}$$

$\lambda=0.02$ – coefficient des pertes de charge par frottement relatif au diamètre du tuyau

$D=900 \text{ mm}$, de rugosité $\delta = 1 \text{ mm}$ et numéro de Reynolds $R_e = 1.90 \cdot 10^6$

$$\Delta H_{loc} = \sum \zeta \cdot \frac{16}{D^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot g} \cdot Q^2, \text{ où}$$

$\sum \zeta$ – sommes de pertes singulières dans la conduite de refoulement

$$\zeta_1 = 0.25 \quad - \text{crépine d'aspiration}$$

$$\zeta_2 = 0.30 \quad - \text{coude}$$

$$\zeta_3 = 0.20 \quad - \text{vanne papillon}$$

$$\zeta_4 = 0.50 \quad - \text{clapet anti retour du type papillon}$$

$$\zeta_5 = 5 \quad - \text{raccordement du tuyau de refoulement de la pompe avec la conduite de refoulement de la station de pompage}$$

$$\sum \zeta = 0,25 + 0,3 + 0,2 + 0,5 + 5 = 6,25$$

$$h_g = \Delta H_{tr} + \Delta H_{loc} = \left(6,25 + 0,02 \cdot \frac{28}{0,9} \right) \cdot \frac{16}{0,9^4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 9,81} \cdot Q^2 = 0,87 \cdot Q^2$$

Les courbes Q-H de la pompe seront réduites de pertes hydrauliques présentées par l'équation suivante $h_g = 0,87 \cdot Q^2$

3) Description de la station de pompage :

Les groupes moto-pompes et l'équipement mécanique correspondant. 9 groupes moto-pompes à puits (8 groupes de service et 1 pompe de réserve) sont installés dans la station de pompage (fonctionnent en parallèle).

Les groupes moto-pompes verticaux sont appuyés au plancher de la station de pompage à la cote 997.00, et disposés en deux rangs parallèles.

Sur la base des valeurs calculées de la hauteur de refoulement, ont été choisies 8 (huit) pompes de service du type à puits, avec le moteur à sec, ayant des caractéristiques suivantes :

- débit 1250 l/sec
- hauteur manométrique 120 m
- rendement 0,81
- puissance maximale à l'arbre 1950 kW
- puissance du moteur de pompe 2200 kW
- vitesse de rotation 985 tr/ min

Le fonctionnement de la station de pompage Q (débit) – H (hauteur) est indiqué au fig.VIII-3.

La pompe retenue est du type à puits à quatre cellules, avec le moteur à sec.

1. Moteur électrique
2. joint
3. Refoulement
4. Corps redresseur
5. Arbre de la pompe

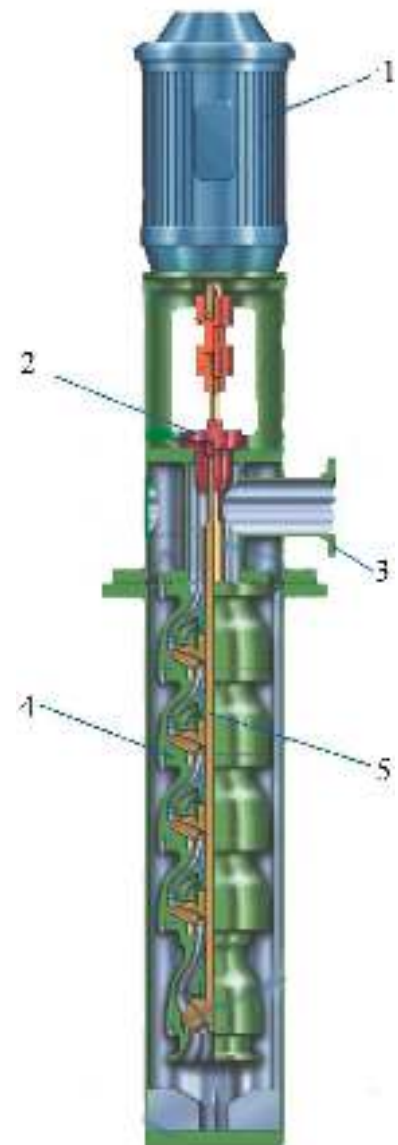


Fig.VIII-2 : schéma de la pompe immergée

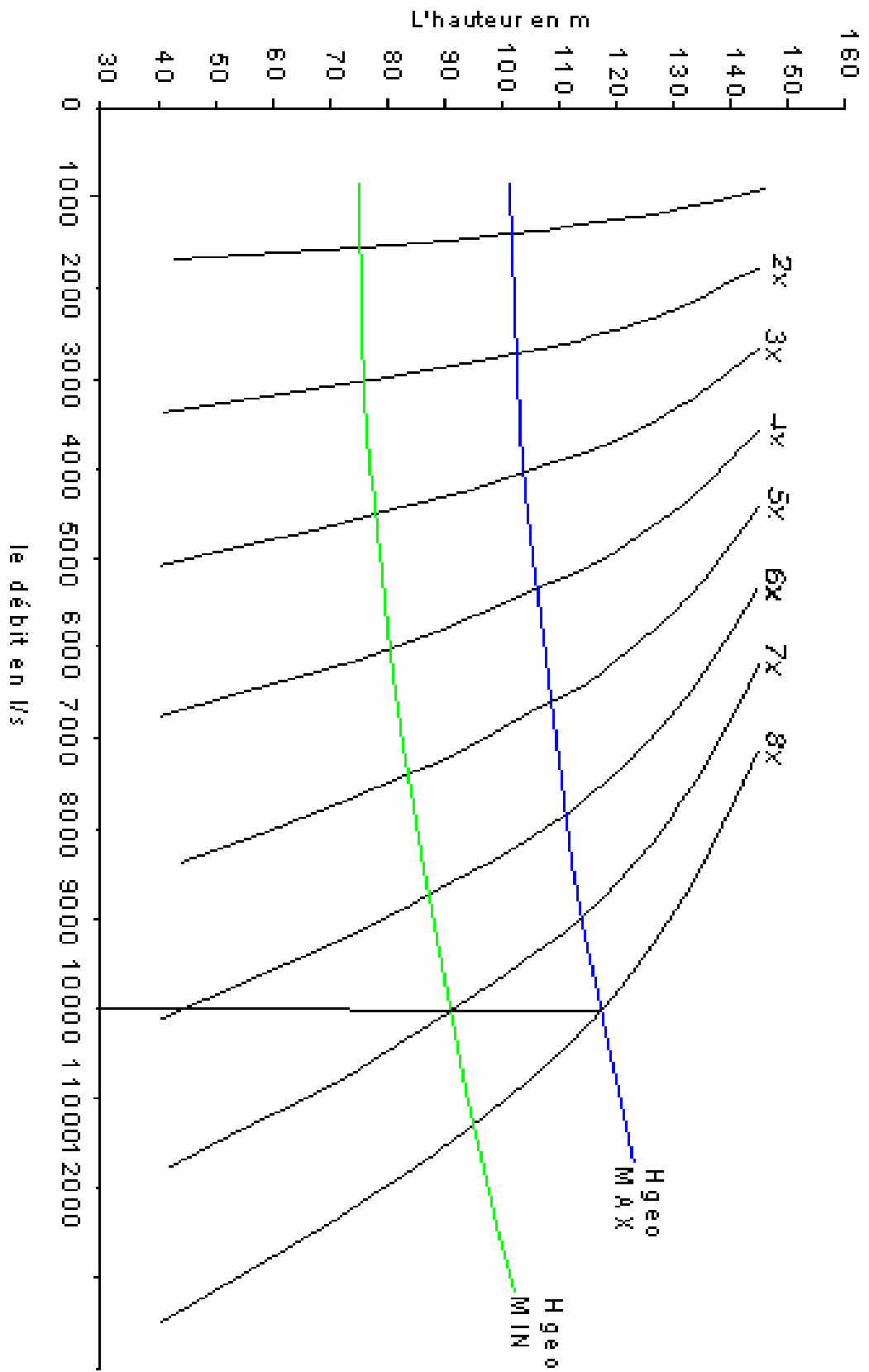


Fig. VIII-3 : la courbe de (H-Q)

4) Calcul du Coup de Bélier :**4-1) Calcul de la célérité d'ondes :**

Les ondes de dépression et de surpression, générées par le coup de bélier sont caractérisées par une vitesse de propagation (célérité), donnée par la formule d'ALLIEVI :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \quad [\text{m/s}]$$

Où D : diamètre intérieur de la conduite en (m).

e : épaisseur du tuyau en (m).

K : coefficient dépendant du matériau constituant la canalisation.

Tableau VIII -1 : Valeurs du coefficient K

Matériau	K
Acier	0,5
Fonte	1
Béton	5
Amiante ciment	4
PVC	33

4-2) Valeur numérique du coup de bélier :**4-2-1) Valeur maximale du coup de bélier :**

$$B = \pm \frac{aV_0}{g} \quad [\text{m}]$$

Avec :

a : célérité d'onde (m/s)

g : accélération de la pesanteur (m/s²).

V₀ : Vitesse d'écoulement de l'eau en régime normal (m/s)

4-2-2) Valeur de la surpression :

$$H_{\max} = Hg + \frac{aV_0}{g}$$

4-2-3) Valeur de la dépression :

$$H_{\min} = Hg - \frac{aV_0}{g}$$

Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VIII-2 : les différentes valeurs de calcul

D	L	e	K	a	V₀	H_g	B	H_{max}	H_{min}
mm	m	mm		m/s	m/s	m	m	m	m
2100	3650	11	0,5	825,7	2,89	103,25	238,64	341,89	-135,39

4-2-4) Calcul simplifié du réservoir d'air :

Le calcul est basé sur l'abaque de VIBERT qui donne le volume U_0 de l'air contenu dans la cloche sous un régime de marche à la vitesse V_0 .

En marche normale les caractéristiques de l'air dans le réservoir sont données par Z_0 , Z_{min} et Z_{max} .

Z_0 : pression absolue (hauteur géométrique de refoulement +10 m).

Z_{min} : pression absolue relative à la dépression.

Z_{max} : pression absolue relative à la surpression.

L'expression donnant U_0 est la suivante :

$$U_0 = \frac{V_0^2}{2gZ_0} \cdot \frac{LS}{f(Z/Z_0)}$$

U_0 : volume de l'air en m^3 .

V_0 : Vitesse d'écoulement m/s.

L : longueur de la conduite en m.

S : section de la conduite en m^2 .

Pour notre cas : $S=3,46 m^2$.

La charge tenant compte du coup de bélier :

$$H_g + \frac{aV_0}{g} = 341,89$$

La charge statique absolue :

$$Z_0 = H_g + 10 = 113,25 \text{ m.}$$

La charge maximale absolue :

$$Z_{max} = H_g + \frac{aV_0}{g} + 10 = 351,89 \text{ m.}$$

$$\frac{Z_{max}}{Z_0} = \frac{351,89}{113,25} = 3,1$$

$$h_0 = \frac{V_0^2}{2g} = 0,43m$$

$$\frac{h_0}{Z_0} = 0,0038$$

Abaque de VIBERT :

$$\frac{U_0}{LS} = 2.10^{-2} \Rightarrow U_0 = LS.2.10^{-2} = 3650.3,46.2.10^{-2} = 252,58m^3$$

$$\text{Et } \frac{Z \text{ min}}{Z_0} = 0,57 \Rightarrow Z \text{ min} = 49,45m$$

$$U_0 Z_0 = U \text{ max } Z \text{ min} \Rightarrow U \text{ max} = \frac{U_0 Z_0}{Z \text{ min}} = 443,1m^3 = 443100litres$$

Donc on place 3 réservoir anti bilié de volume 150000 litres chaque un.

5) Dimensionnement de réservoir :

Le volume de réservoir est dépend des heurs d'arrêt de station de pompage. Le station ce fonctionne 20 heurs sans arrêt

$$V_r = Q_p \times 2 \times 3600 \text{ (m}^3\text{)}$$

V_r - volume du réservoir en m^3 .

Q_p - débit total installé (m^3/sec).

Donc

$$V_r = 10 \times 2 \times 3600 = 72000m^3$$

Le bassin est rectangulaire à ciel ouvert. On fixe une hauteur entre 2 à 5m

Pour notre cas nous prenons la hauteur égale à 5 m. La surface du bassin d'irrigation est donnée par :

$$V = S \times h$$

$$S = L \times B$$

B : la largeur du bassin

L : la longueur du bassin

La largeur est déterminée par :

$$B = \sqrt{\frac{S}{2}}$$

La longueur est donnée par :

$$L = S/B$$

$$\text{On a } h = 5\text{m donc } S = 14400 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{\frac{14400}{2}} = 84,85 \text{ m}$$

En prend

$$B = 85 \text{ m}$$

$$L = \frac{14400}{85} = 169,41 \text{ m}$$

En prend

$$L = 169,5 \text{ m}$$

$$\text{Donc } S = 14407,5 \text{ m}^2$$

Conclusion :

A travers de ce chapitre, on a fait le dimensionnement de principaux organes comme le station de pompage et le réservoir.

Ce système est consiste par un réseau d'adduction, avec un linéaire de 26552m, dont et un réservoir de stockage de 72000m³, et une station de pompage de 10 m³/s.

Introduction :

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

1) Les différentes techniques d'arrosages:

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

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

1-1) L'irrigation de surface :

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

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

1-1-1) Irrigation par ruissellement :

a) – Les planches de ruissellement :

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente.

En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m. et leur largeur de 50 à 800 m.

L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre

4 % à 5 %.

Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

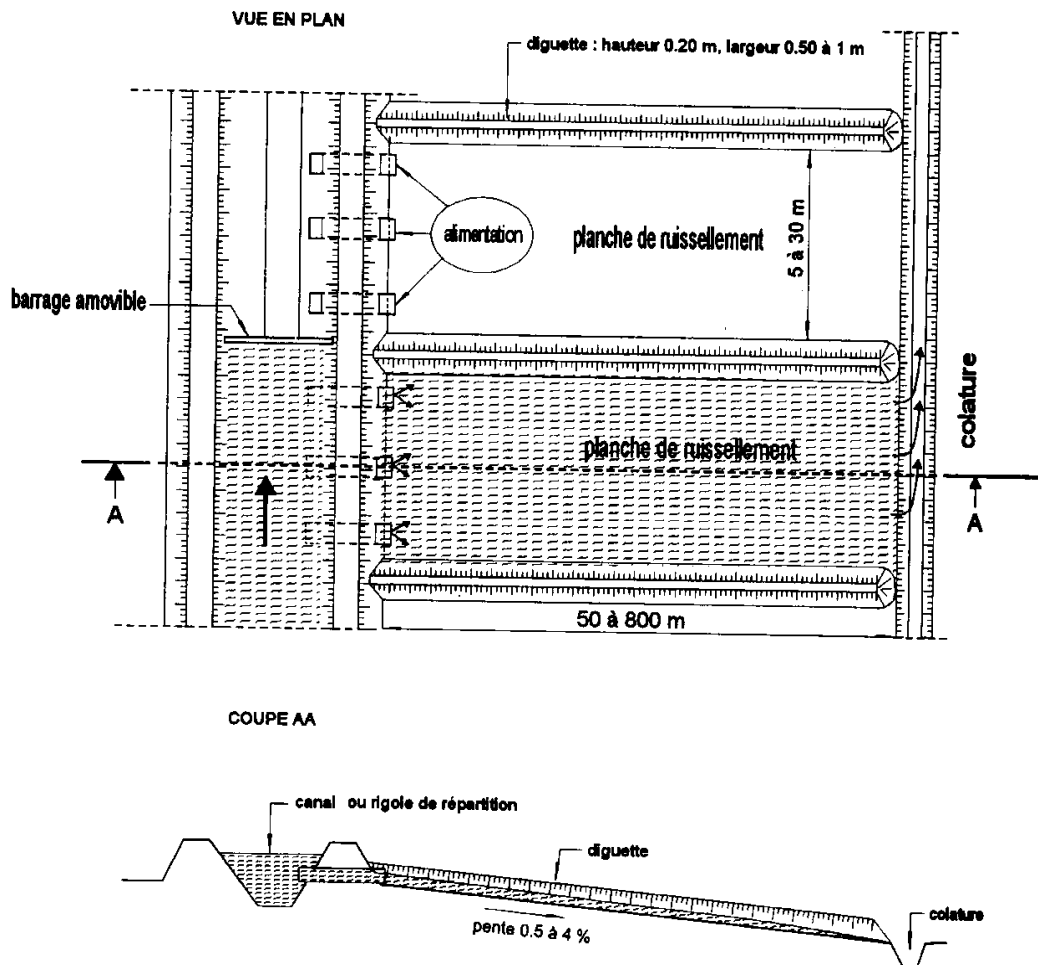
L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers.

La préparation des planches est minutieuse et coûteuse et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants.

Les pertes par percolation profonde et en colature est importante, et font remonter dangereusement le niveau des nappes phréatiques.

Les efficacités observées, s'échelonnent dans une gamme très large allant de 45 % à 85 %.

Fig.IX-1 : irrigation par planche de ruissellement



b) – L'arrosage à la raie :

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

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes $< 02 \%$. Pour des pentes $> 02 \%$ les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente. La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec :

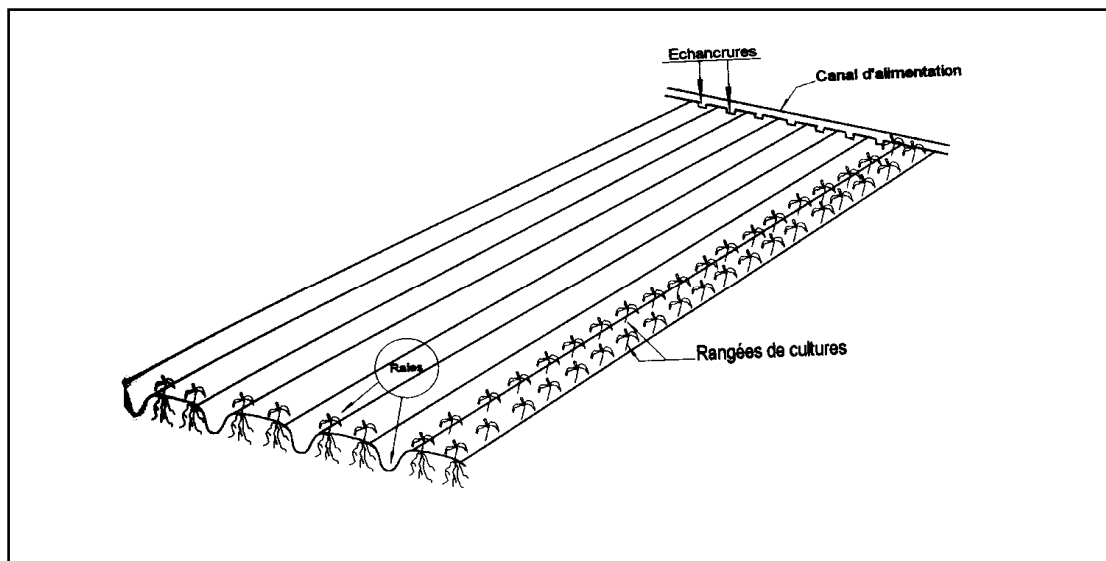
- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc.). L'arrosage à la raie pose de sérieux problèmes d'application de l'eau lorsque la longueur des raies devient importante (supérieure à 250 m.).

Il exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages.

L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 70 %.

Fig. IX-2 : irrigation à la raie



1-1-2) Irrigation par submersion : L'eau submerge le terrain et s'y infiltre.

Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. De hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1). Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2). Qualité du nivellement.
- 3). Fort débit d'apport.

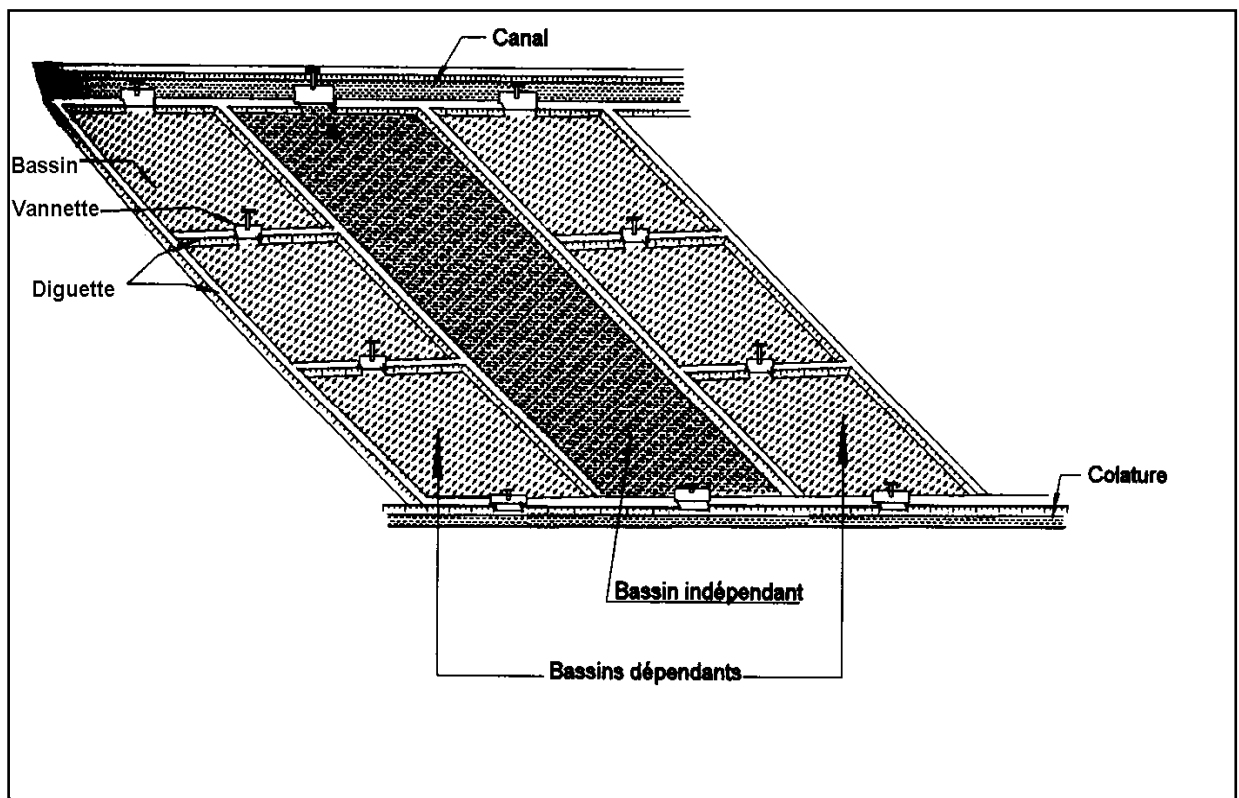
La nécessité du nivellement implique généralement des travaux de terrassement importants et coûteux.

Ce système d'irrigation s'emploie dans les rizicultures, les pâturages, les vergers, les prairies, les céréales en ligne, mais en raison du coût du nivellement des parcelles, il est généralement réservée à des terrains plats.

L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 70%

L'application d'une couche d'eau sur la surface de sol à irriguer provoque leur tassement et le rend moins perméable et par conséquent gêne l'aération du sol.

Fig.IX-3 : irrigation par submersion



1-1-3) L'irrigation mixte : Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion.

Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus.

A cet effet, les compartiments sont munis d'un déversoir arasé au niveau fixé pour le plan maximal. L'eau en excès est évacuée dans les colatures ou dans un bassin contigu.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures.

1-2) L'irrigation par aspersion : En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sols peuvent convenir : on peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques (I) offertes par les différents matériels

($I < 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables).

Cette technique d'irrigation présente une excellente efficacité située entre

55 - 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

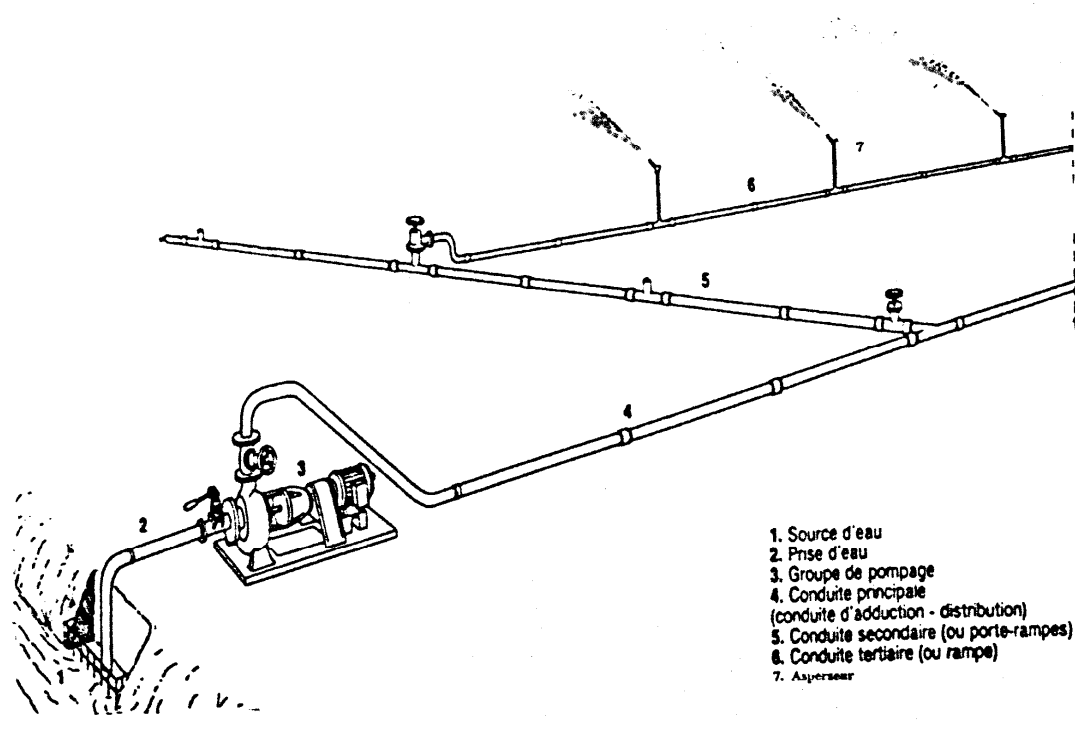
L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus

Diverses : fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc....

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

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

Fig.IX-4 : partie essentielle d'une installation en aspersion classique



1-3) L'irrigation localisée : L'irrigation localisée ou micro irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

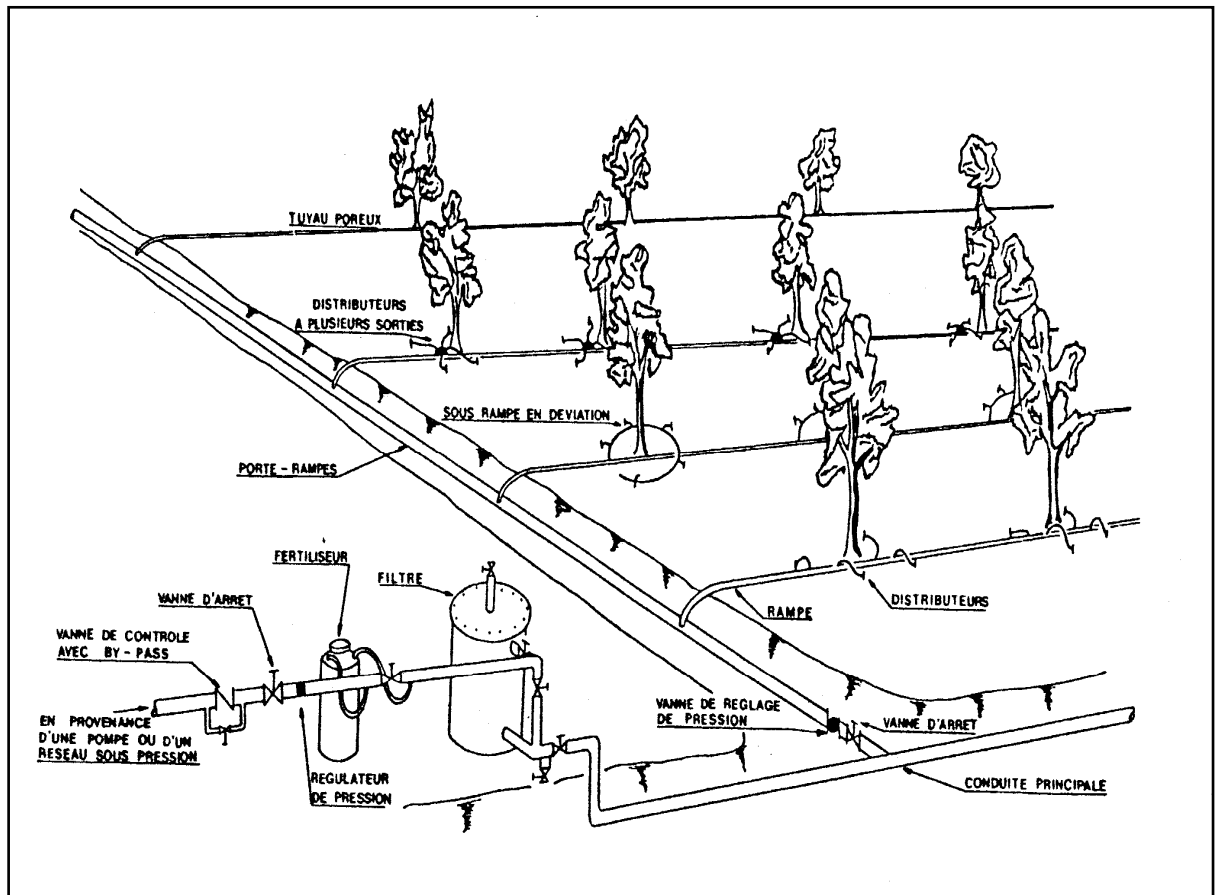
- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation.
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines) , par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-aspenseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 70% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.

Fig.IX-5 : partie essentielle d'une installation localisée



2) Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

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

A cause de la variété des conditions naturelles (pente, vent, perméabilité des sols) ainsi la qualité mauvaise et la quantité limitée des eaux du barrage KOUDIAT MEDAOUR, la technique d'arrosage sous pression (aspersion et l'irrigation localisée) est la mieux adaptée à la zone d'étude.

Les avantages présentés par cette technique d'irrigation sont

- Absence de nivellement préalable
- Bonne adaptation à tous les types de sols
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées, ce qui permet une bonne efficacité des arrosages (à condition que la technique soit bien maîtrisée par les irrigants).
- Excellente efficacité des réseaux de canalisation qui, avec une efficacité d'arrosage à la parcelle réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface.
- Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression.
- Facilité de mesure des consommations d'eau.
- Possibilité de mélanger facilement des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation.
- Suppression des surfaces perdues en canaux et rigoles.
- Le matériel gêne rarement les façons culturales, adoptables à tous les cas particuliers.
- Excellent rendement des cultures
- Bonne adaptation à l'utilisation des eaux salées (pour le cas de l'irrigation localisée).

Comme cette technique d'irrigation présente des avantages, elle présente aussi des inconvénients :

- Coûts d'investissement élevés,
- Exige un certain niveau de compétence de la part de l'irrigant

3) Dispositif d'irrigation :

Tel qu'énoncé plus haut, seules l'aspersion et l'irrigation localisée sont envisagées.

Néanmoins les moyens ou dispositifs d'amélioration de l'efficacité à la parcelle de l'irrigation gravitaire tolérée exclusivement pour le micro parcellaire sont également identifiés.

3-1) Les différents dispositifs de l'irrigation par aspersion :

On peut classer les équipements d'irrigation par aspersion en deux (02) types : les couvertures d'asperseurs et les machines à irriguer.

3-1-1) Les couvertures d'asperseur :**a) – Equipement classique en couverture partielle (rampes rigides Déplaçables)**

Les rampes d'irrigation sont constituées par des tuyaux métalliques en alliage

Léger disposés sur le sol et équipés de raccords rapides à déboîter.

Le raccordement des rampes d'irrigation aux vannes hydrant est réalisé avec

Des éléments de tuyaux identiques à ceux utilisés pour les rampes qui portent, à intervalles réguliers de 12 ou 18 mètres, des asperseurs montés sur des rallonges de hauteur adaptée aux cultures.

Les rampes sont déplacées de poste en poste, par démontage des éléments de tuyaux, transport et remontage à l'emplacement voisin distant de 12 à 18 mètres suivant le dispositif adopté Fig.IX6.

Le système exige des interventions multiples et entraîne des frais de main-d'œuvre importants, néanmoins ce type d'équipement étant le plus simple et le plus économique.

On peut éviter le temps d'arrosage perdu pour ressuyage en doublant le nombre de rampes nécessaires. A l'arrêt d'un poste, nous mettons immédiatement en cour le poste suivant Fig.IX07.

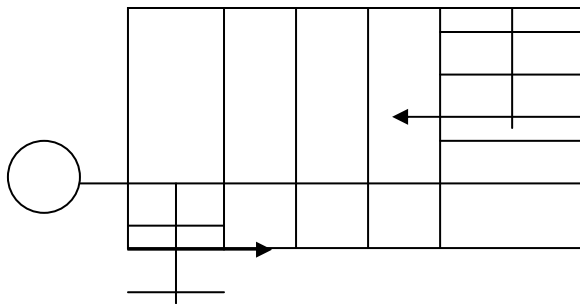


Fig.IX-7 : Couverture partielle
Avec poste en attente

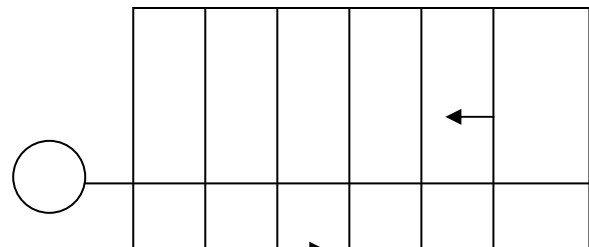


Fig.IX-6 : Couverture partielle

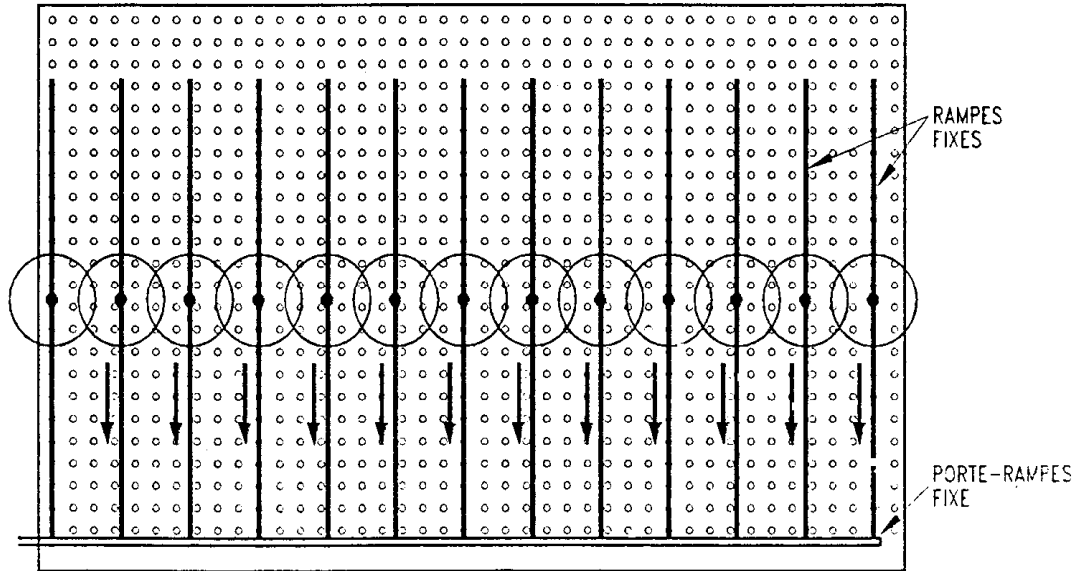
b) - Equipement de quadrillage (couverture totale).

Avec la couverture totale, le champ ou la parcelle est entièrement couvert de rampes.

En cours de saison, on déplace manuellement les cannes munies de leurs asperseurs d'un poste à l'autre tout le long de la rampe. Etant donné que chaque rampe n'alimente qu'un asperseur à un instant donné, on utilise des tuyaux de faible diamètre et de faible coût. En outre le déplacement de matériel à effectuer ne représente pas un travail trop considérable.

En définitif, la couverture totale constitue un compromis (investissement / main – d'œuvre) intéressant pour les agriculteurs ayant des moyens financiers modestes

Fig.IX-8 : couverture totale

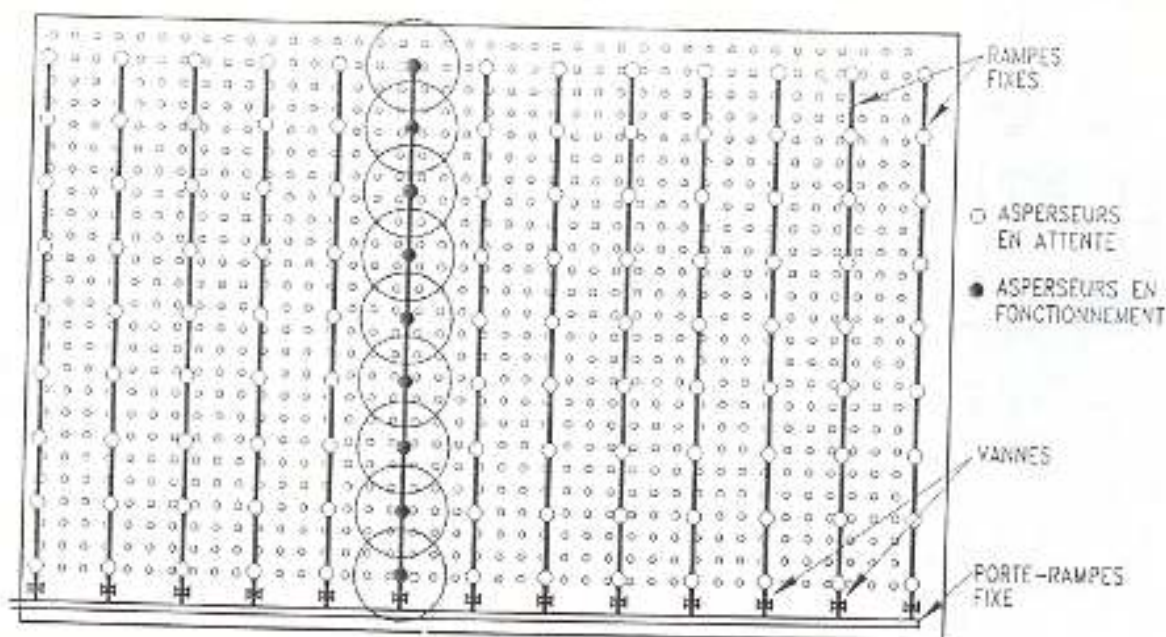


c) – Couverture intégrale

La couverture intégrale consiste à disposer les rampes sur la parcelle et à les équiper de l'ensemble des asperseurs, en début de campagne. Une fois posé, l'ensemble n'est plus déplacé pendant toute la saison d'irrigation. La mise en eau successive des postes d'arrosage, qui peuvent comprendre une ou plusieurs rampes en jointivement simultané, est réalisée par l'ouverture ou la fermeture de petites vannes en tête de chaque rampe.

La couverture intégrale présente l'avantage de supprimer les interventions manuelles pour les changements de poste.

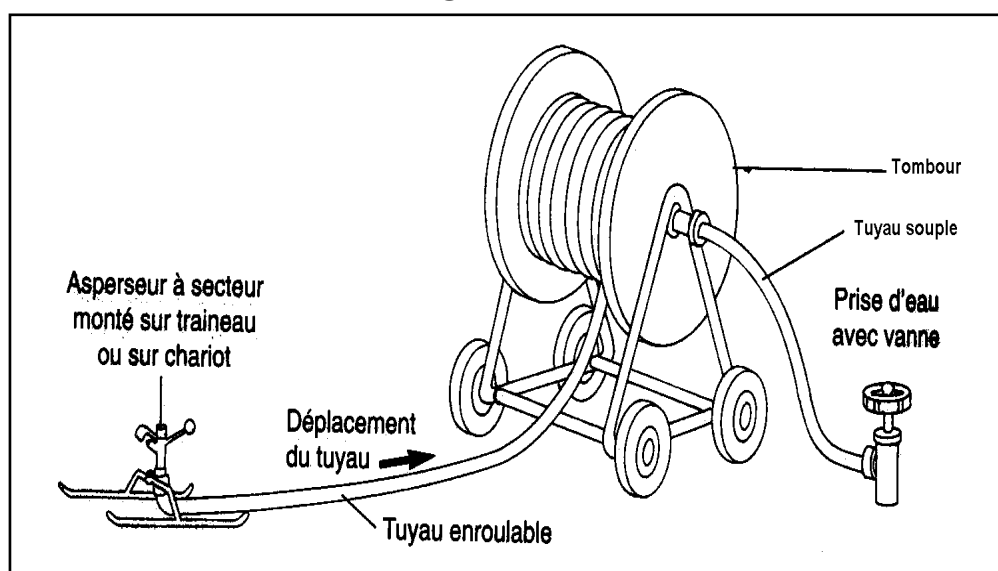
Fig.IX-9 : couverture intégrale



3-1-2) – Machine à irriguer : l'enrouleur

Cette machine comprend un appareillage mobile, qui se déplace pendant l'arrosage. Cet appareil, composé classiquement d'un canon monté sur un traîneau ou sur un chariot est entraîné par son tuyau d'alimentation, qui s'enroule autour d'un tambour actionné par un moteur hydraulique

Fig.IX-10 : Enrouleur



Sur la surface à irriguer sont implantées des unités d'arrosage en forme de bandes rectangulaires, arrosées successivement par la machine.

La fabrication de cette machine est lancée au niveau des secteurs privés et devrait être renforcée par l'extension de la gamme de production de l'unité de Bordj- Bou-Argeridj (ANABIB).

Pour un arroseur automoteur à traction par le tuyau souple d'alimentation et tambour à poste fixe, la mise en œuvre de l'irrigation s'effectuera comme suit :

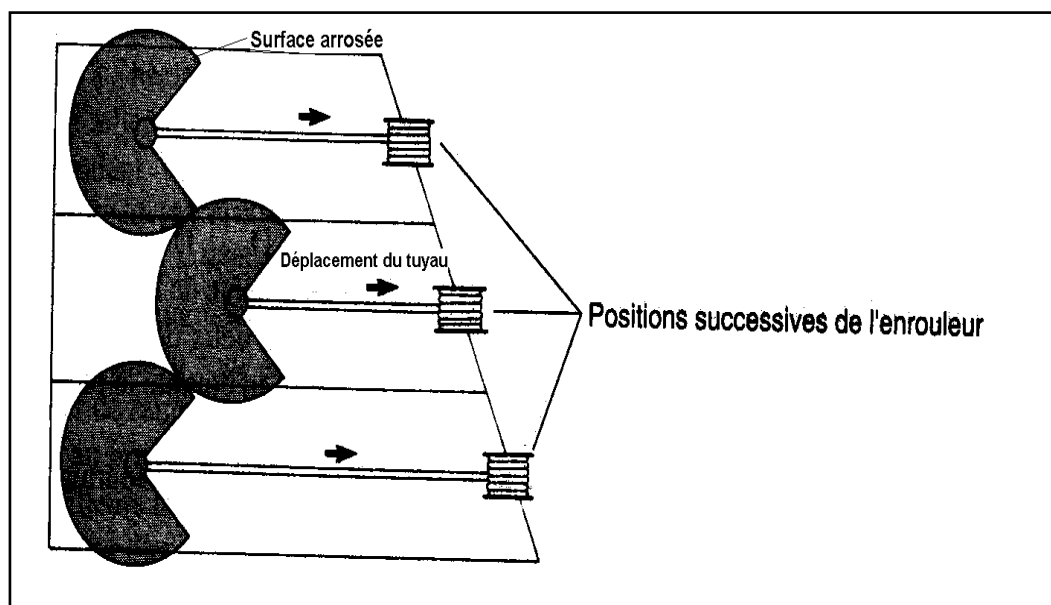
-Amenez avec un tracteur l'appareil automoteur au point d'alimentation « A » de la première fonction.

-Amenez avec un tracteur l'arroseur à l'extrémité « B » de la bande à arroser avec déroulement du tuyau souple

-Ouverture de la vanne qui déclenche l'arrosage. L'arroseur se déplace par enroulement du flexible sur le tambour. L'arrêt automatique de l'arrosage se déclenche lorsque l'arroseur est revenu en « A ».

-Après rotation de l'appareil, le tracteur déroule à nouveau le flexible pour amener l'arroseur en « C » en vue de l'arrosage d'une nouvelle bande.

Fig.IX-11: Principe de fonctionnement d'un enrouleur



Chaque poste d'arrosage peut couvrir de 0,5 à 2 Ha, l'arrosage s'effectue en une durée réglable (de quelques heures jusqu'à une journée) suivant la dose que l'on veut apporter.

En fonction de la taille de l'appareil, la pression nécessaire varie de 5 à 10 bars.

Les avantages d'un tel système sont les suivants :

CHAPITRE IX

- Mobilité
- Rapidité d'intervention
- Facilité de travail
- Economie de main – d'œuvre.

Les inconvénients sont les suivants :

- Pluviométrie élevée
- Forte pression nécessaire
- Risque de blessures sur jeunes plantes
- Dégradation de la structure du sol

3-2) Les différents dispositifs de la micro irrigation :

C'est une technique récente qui consiste à livrer quotidiennement à la plante ou à l'arbre la quantité d'eau dont elle a besoin. L'eau est distribuée au niveau de la plante au moyen d'un distributeur avec un débit de (2 – 10 l/h) pour les goutteurs et de 120 à 150 l/h pour micro asperseurs.

3-2-1) Les composants d'une installation d'irrigation localisée :

Une installation d'irrigation localisée comprend les éléments suivants :

A)- La ressource en eau : C'est une borne alimentée par une conduite.

B) - Station de tête : La station de tête comprend les dispositifs de Branchement sur le réseau général avec de différents appareils nécessaires pour garantir le bon fonctionnement et la sécurité du réseau. Elle est constituée de :

B-1) – Manomètres :

Deux manomètres sont placés au début et à la fin de la tête, pour contrôler les variations de pression.

B-2) – Compteur d'eau :

Les compteurs d'eau permettent :

- de s'assurer du bon fonctionnement du réseau par un contrôle ponctuel du débit
- de connaître la quantité d'eau apportée sur une parcelle lors d'un arrosage

B-3) – Vanne principale :

Les vannes peuvent être commandées automatiquement, en fonction des besoins.

B-4) – Complexe d'injection de l'engrais :

CHAPITRE IX

Un mélangeur d'engrais est branché sur la tête du réseau de distribution, permettant l'injection des engrais solubles dans le réseau d'irrigation.

B-5) – Filtre : Le filtre est un accessoire indispensable pour éviter l'obstruction des goutteurs. La capacité d'un filtre ainsi que les types de filtres utilisés, à sable, à tamis, à disques, sont déterminés par la nature et l'importance de la charge de l'eau utilisée.

C) – Canalisation principale d'amenée : La canalisation d'amenée Transporte l'eau entre la station en tête et les différents postes d'arrosage, il s'agit en général d'une conduite de diamètre de 100 à 200 mm. Les matériaux utilisés étant le polyéthylène (PE) ou le polychlorure de vinyle P.V.C, cette canalisation doit être enterrée pour être protégée de l'action des ultraviolets

D) – Canalisation secondaire (porte rampe) : C'est la canalisation qui Relie la conduite principale avec les rampes d'alimentation. Cette canalisation est généralement en P.V.C ou en Polyéthylène. Le diamètre dépend du débit et des pertes de charge totales, il varie entre 25 et 90 mm. Pour le polyéthylène souple et de 12 à 300 mm. Pour le P.V.C.

E) – Rampe d'alimentation : En irrigation localisée la couverture de La parcelle est intégrale et les rampes sont placées parallèlement entre les rangs de cultures.

- La pression de fonctionnement des rampes généralement égale à 1 bar

F) – Les distributeurs : Les distributeur répartissent l'eau sur la Parcelle au voisinage de la culture. Ils sont conçus pour dissiper l'énergie de pression existante dans la rampe et pour donner un débit faible aussi régulier que possible.

On distingue trois modes d'apport d'eau sur la parcelle

- Ponctuel pour les goutteurs et les gaines
- Sous forme de petites surfaces pour les mini diffuseurs et les micro asperseurs.
- Linéaire, en bande humides continues, pour les ajutages et les tubes poreux.

Les distributeurs sont caractérisés par leur débit, leur mode de fonctionnement hydraulique, leur loi débit pression, leur mode de fixation sur la rampe.

CHAPITRE IX

f-1-) Le débit :

Le débit varie de 1,5 à 2 l/h pour les gaines ou les goutteurs et de 120 à 150 l/h pour les micros asperseurs.

f-2-) Le mode de fonctionnement hydraulique :

Selon le procédé utilisé pour dissiper la pression existante dans la rampe, on distingue : - les distributeurs à circuit long et - les distributeurs à circuit court.

f-2-1) Les distributeurs à circuit long :

Ils comportent un cheminement de grande longueur (0,1 à 2) m. où la pression de la rampe est dissipée sous forme de perte de charge.

Il existe :

Fig.IX-12 : Distributeur à circuit long uniforme

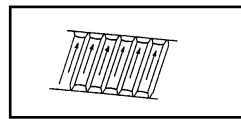
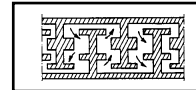


Fig.IX-13 : Distributeur à circuit long non uniforme



f-2-2) Distributeur à circuit court : Dans ce type de circuit, l'eau passe par un orifice de section réduite à travers duquel la pression existante dans la rampe est transformée en vitesse et sort sous forme d'un jet très fin



F-3) Mode de fixation sur la rampe :

On distingue trois types de fixation :

- Fixation en dérivation :
- Fixation en ligne :
- Fixation intégré :

F-4) Types de distributeurs :

La distribution de l'eau d'irrigation au niveau des plantes se fait par des goutteurs, du mini diffuseurs, tubes poreux, des gaines et des ajustages calibrés.

F-4-1)-Les goutteurs :

Les débits des goutteurs sont de 1 à 8 l/h et ils ont une pression de 1 bar. En pratique on utilise le plus souvent 2 l/h pour les cultures maraîchères et 4 l/h pour les cultures pérennes.

CHAPITRE IX

Il existe deux types de goutteurs : les goutteurs à circuit long et les goutteurs à circuit court.

Dans les goutteurs à circuit long ; l'eau suit un cheminement de 0,1 à 1m pour dissiper la charge.

Dans les goutteurs à circuit court; l'eau sera distribuée à partir des orifices de section réduite.

La pression dans la rampe se transforme en vitesse et l'eau sort sous forme d'un jet très fin qui doit être brisé.

On distingue trois types de goutteurs : les goutteurs en ligne, les goutteurs en dérivation et les goutteurs intégrés. Ces goutteurs sont très sensibles à l'obstruction.

Le débit d'un goutteur et la pression disponible dans la rampe est :

$$Q = K.H^x$$

Q : débit du goutteur (l/h)

H : pression s'exerçant dans la rampe (MCE)

x : exposant dont la valeur dépend du régime d'écoulement hydraulique.

K : coefficient donné par le constructeur.

Selon la sensibilité de leur débit aux variations de pression, les distributeurs sont classés en non auto régulant et en auto régulant. Pour les goutteurs non auto régulant $x = 0,3$ à $0,8$ et pour les goutteurs auto régulant x est voisin de 0.

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de x pour différents types de distributeur.

Tableau IX-1 : valeurs de X pour différents types de distributeur.

Type de distributeur	Valeur de x
Circuit court à double orifice	0,38
Circuit court à simple orifice	0,48
Circuit long à double orifice	0,55
Circuit long à simple orifice	0,7 à 0,8

F4-2) Les minis diffuseurs : Les minis diffuseurs fonctionnent comme des petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

Le débit nominal est compris entre 20 à 70 l/h sous une pression de 1 à 2 bar. Les minis diffuseurs sont toujours placés en dérivation. Ils sont directement fixés sur la rampe (rampe suspendue) ou reliés à celle-ci par un tube conducteur, dans ce cas, le mini diffuseur est placé sur un support.

F4-3) Les tubes poreux : Les tubes poreux sont constitués d'un tuyau de 15 à 25 mm de diamètre dont la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau. Vu l'hétérogénéité de la porosité de leur paroi, ce qui entraîne une forte variabilité des débits. Ils sont très utilisés en agriculture.

F4-4) Les gaines : Ce sont des tuyaux en plastique qui remplissent simultanément l'amené et la distribution des doses d'irrigation. Le débit de ces gaines est de 1 à 8 l/h par mètre linéaire, selon l'écartement des orifices (20 à 120 cm), et la pression (0,15 à 1 bar).

F4-5) Les ajutages calibrés : Ce sont des orifices calibrés fixés en dérivation sur la rampe à intervalles réguliers (2,5 à 6,5m) et recouverts d'un manchon brise-jet. Avant son infiltration l'eau distribuée s'écoule dans de petites rigoles, formant une série de petits bassins dans lesquels est posée la rampe d'irrigation sous une pression de 1 bar le débit varie de 35 à 100 l/h.

4) Choix du mode d'irrigation :

Parmi les différents systèmes d'irrigation décrite ci-dessus, trois sont prévus comme base de comparaison :

- Aspersion classiques à rampes mobiles (couverture partielle)
- Irrigation par machine.
- Micro irrigation.

Afin d'effectuer nos calculs et mettre en évidence la nécessité du choix optimal d'un système d'irrigation, nous choisissons un parcelle appartenant à la zone étudiée (TOUFFANA).

L'îlot choisi appartient de surface 5,38ha Les données de départ dont nous disposons sont :

CHAPITRE IX

- La surface de l'îlot : $S = 5,38\text{ha}$.
- La forme de la parcelle est presque rectangulaire avec les dimensions suivantes : la longueur est $354,96\text{m}$ avec la largeur est $156,16\text{m}$.
- La dose brute mensuelle en consommation de pointe d'après l'annexe 2 est $M=208\text{ mm}$. Cette dernière sera donnée en 3 fractions d'arrosages successifs de 69mm .
- Le débit caractéristique brut correspondant à cette dose est : $q=0,93\text{ l/s.ha}$

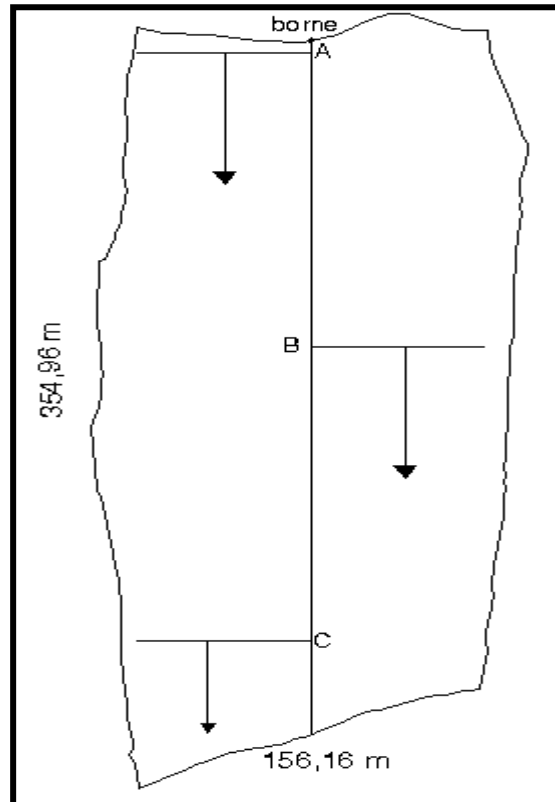


Fig.IX-14 : schéma de calcul

4-1) Aspersion classique : Elle est recommandée surtout pour les agrumes, les céréales et les fourragères

4-1-1) Espacement entre les arroseurs :

Pour toutes les cultures il est possible d'avoir des dimensions de l'ordre de $18 \times 18\text{m}$, mais à condition que les vents soient de vitesse $< 4,5 \rightarrow 5\text{m/s}$. D'après Cemagref cet espacement est admissible, car il donne un coefficient de Christiansen de 86%, ce qui représente une uniformité d'arrosage correcte et pratiquement c'est le maximum actuellement accessible avec un quadrillage d'asperseur.

4-1-2) Positionnement de la conduite principale (porte rampe) :

Elle sera parallèle au côté le plus long (longueur de la parcelle) juste au milieu de la parcelle.

- Pour ne pas varier la longueur des rampes d'aspersion.
- La rampe suivra la ligne de plus grande pente.
- La borne sera directement reliée au réseau.

4-1-3) Nombre d'irrigation et durée :

$$\text{Nombre d'irrigation} = \frac{\text{Besoin(mm)}}{\text{Dose(mm)}}$$

$$\text{Nombre d'irrigation} = \frac{208}{69} \approx 3 \text{ irrig/mois.}$$

Durée d'une rotation d'irrigation DRI

$$\text{DRI} = \frac{\text{Nombre de jours du mois}}{\text{Nombre d'irrigation}}$$

$$\text{DRI} = \frac{31}{3} = 10,33 \text{ jours} \cong 10 \text{ jours}$$

4-1-4) Choix et caractéristique de l'asperseur :

Un asperseur 20ATNT23 donne :

- Une intensité de 6 mm/h.
- Une pression de 2,5 bars.
- Un porte de jet de 12m.

$$\text{Débit d'un asperseur } Q_a = \frac{12 \times 12 \times 6}{1000}$$

$$Q_a = 0,864 \text{ m}^3 / \text{h} = 0,24 \text{ litre/s}$$

4-1-5) Le nombre minimal d'asperseur en fonctionnement simultané

$$\text{Il est égale à : } n_a = \frac{Q_r}{Q_a} = \frac{S \cdot q}{Q_a}$$

$$n_a = \frac{5,38 \times 0,93}{0,24} = 20,85 \approx 21 \text{ asperseurs}$$

CHAPITRE IX

4-1-6) Nombre d'asperseur par rampe :

$$N_{asp/rampe} = \frac{\ell/2}{e}$$

Où : ℓ : est la largeur de la parcelle ($\ell=156,16$ m) avec $\frac{\ell}{2}$ représente la longueur de la rampe (l'aile d'arrosage)

e : est l'écartement entre les asperseurs ($e = 12$ m).

$$D'où : N_{asp} = \frac{156,16}{12} = 6,51asp \approx 7 \text{ asp./rampe}$$

On pratique le premier asperseur sera placé à une distance de $\frac{\ell}{2} = 6$ m de la rampe principale, puis on continue avec 12 m (écartement normal) se qui fait :

$$L_r = (N_{asp} - 0,5) * e$$

$$L_r = (N_{asp} - 0,5)e = (7 - 0,5) * 12 = 78m.$$

4-1-7) Nombre de rampes nécessaires :

$$N_r = \frac{n_a}{n_{asp/rampe}} = \frac{21}{7} = 3 \text{ rampes}$$

Pour donner la dose d'irrigation nécessaire il faut prévoir le fonctionnement simultané de une rampe. Donc le nombre d'asperseur sera $7*3=21$ asp.

Le débit de la rampe est :

$$Q_r = 7 \times 0,24 = 1,68 \ell / s$$

Débit nécessaire en tête de parcelle $Q = 1,68 \times 3 = 5,04 \ell / s$

4-1-8) Surface irriguée et durée d'arrosage :

La surface irriguée par une rampe à un même poste d'arrosage est :

$$S_1 = N_{asp/rampe} \cdot e^2$$

$$S_1 = 7 \times (12)^2 = 1008 \text{ m}^2$$

Par 3 rampes en 2 postes :

$$S = S_1 \times 3 \times 2 = 1008 \times 3 \times 2 = 6048 (m^2 / J)$$

L'îlot sera irrigué en $T = \frac{5,38 \times 10000}{6048} = 8,9 \text{ jours.}$

$T \cong 9 \text{ jours}$

Tableau IX-2 : caractéristique de l'installation d'aspersion

Surface (ha)	Q (l/s)	Q _r (l/s)	Q _{asp} (l/s)	P _{asp} (bar)	I (mm/h)	L _r (m)	N _{rampe}	N _{asp/rampe}	e(m)
5,38	5,04	1,68	0,24	2,5	6	78	3	7	12

4-1-9) Dimensionnement hydraulique de la rampe :

Le diamètre de la rampe dépend du nombre des asperseurs montés, des pertes de pression de la rampe.

a-) Calcul et choix des diamètres :

a-1) Calcul des pertes de charges :

les pertes de charge sont calculées par la formule de Scobey.

$$\Delta h = 1,634 \times Q_r^{1,89} \times D^{-4,87}$$

Δh - perte de charge unitaire (mm)

Q_R - Débit de la rampe (m³/s)

D - Diamètre de la rampe (m)

$$\Delta h = 1,634 \times 0,00168^{1,89} \times 0,06^{-4,87} = 8,3 \text{ mm}$$

$$\Delta H = 31,2 \cdot 0,0083 = 0,26 \text{ m}$$

Les dimensions obtenues des trois rampes sont données dans le tableau suivant :

Tableau IX-3 : dimensionnement des rampes

Rampe N°	L _r	D _r	Q _a	Q _r	h _p	Pression nécessaire (m)	
	(m)	mm	l/s	l/s	m	Au départ	A l'arrivée
1	78	60	0,24	1,68	0,26	25,26	25,00
2	78	60	0,24	1,68	0,26	25,26	25,00
3	78	60	0,24	1,68	0,26	25,26	25,00

4-1-10) Dimensionnement hydraulique de la conduite de distribution :

Tableau IX-4 : dimensionnement hydraulique de la conduite de distribution

Rampe N°	Dr	Q _d	h _p	Pression nécessaire (m)	
	mm	l/s	m	Au départ	A l'arrivée
Br - A	102	5,04	0,16	31,76	25,6
A - B	102	5,04	0,16	25,6	25,44
B - C	85	3,36	0,18	25,44	25,26
C - D	60	1,68	0,26	25,26	25

4-2) L'irrigation localisée :

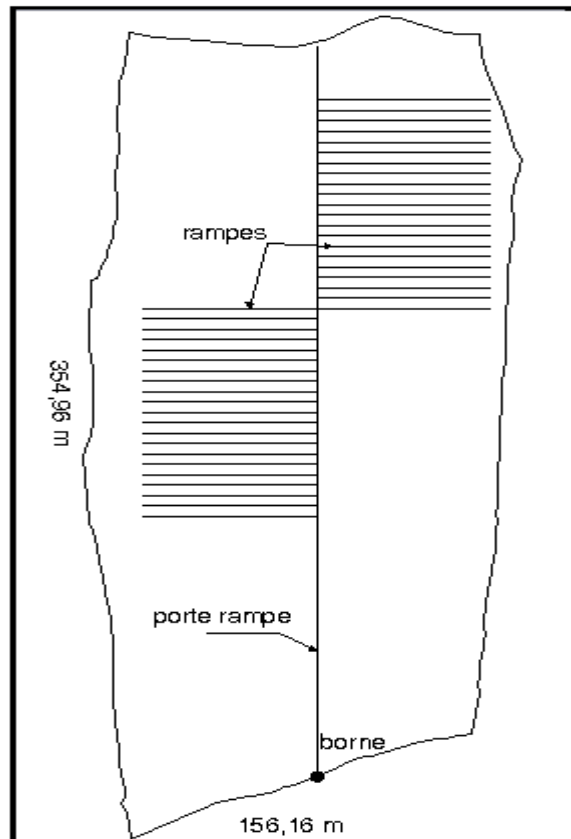


Fig.IX-15 : schéma de calcul.

4-2-1) Caractéristique physique de l'îlot :

- Superficie de l'îlot : 5,38ha
- Occupation de la parcelle : arboriculture
- Forme : peut être assimilée à un rectangle.
- Les besoins en eau nets de pointe (mois de juillet) sont de 247mm d'après l'annexe 2.
- La pente moyenne transversale de la parcelle est : 0,96%.

4-2-2) Caractéristique de l'installation :

- Equipement en système de goutte à goutte.
- Ecartement des rampes : 5m.
- Débit du goutteurs : 4 litres/h/m.
- Coefficient d'uniformité des goutteurs : 90%.

Le tableau ci-après indique les longueurs maximales de rampes pour différents débits au mètre linéaire de rampe, en fonction de la pente moyenne de la rampe, pour des goutteurs non auto régulant

Ce tableau a été établi de façon à ce que la variation de débit entre le goutteur le plus défavorisé et le plus favorisé ne soit pas supérieur à 10%.

Tableau IX-5 : Longueur maximale de rampe pour des goutteurs non auto régulant ($x=0,6$) sous une pression de 1 bar, avec une tolérance de variation de débit de 10% et de variation de pression de 0,16 bar

Débit (l/h/m) Pente %		Diamètre de la rampe																	
		13/16mm						14,5/17mm						17/20mm					
		2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7
0	122	94	78	68	61	65	147	113	95	82	73	66	193	149	124	108	96	87	
1	147	110	89	77	67	61	183	136	110	94	83	74	252	186	151	128	112	101	
2	167	122	99	84	73	65	210	153	123	104	91	81	90	215	171	144	126	112	
3	62	133	107	90	78	70	58	66	134	113	98	87	56	58	61	70	137	122	
4	43	46	57	26	83	74	42	43	46	51	105	93	41	42	43	44	46	48	
6	28	28	29	30	31	34	27	34	28	29	29	30	27	27	28	28	28	28	
8	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
10	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	

Source : le livre guide pratique d'irrigation 3^e édition

La rampe choisie à des paramètres suivants :

- Longueur maximale de la rampe est 78 m
- Diamètre de la rampe $\varnothing 16$ mm
- Débit : 4 litres/h/m
- Pente moyenne : 0,96%
- Le nombre de goutteurs par hectare sera de :

$$D_{\text{brut}} = \frac{D^{\text{net}}}{0,75} = 308,75 \text{ mm}$$

Débit d'équipement à la borne de 24 h d'arrosage par jour :

$$q = \frac{\text{Besoins en eau bruts}}{\text{Temps d'arrosage par mois}} = \frac{3087,5 \times 1000}{24 \times 3600 \times 30} = 1,19 \text{ l/s/ha.}$$

Donc le débit dans l'îlot :

$$Q = q \times A$$

Dans le cas d'une plantation intensive de rayon d'humidification de 5 m par arbre:

$$P_{\text{hum}} = \pi \times 2,5^2 = 20 \text{ m}^2.$$

L'espacement entre les arbres est de 5x5 m. Ce qui donne 25 m²/arbre.

$$D'où L_{\text{arbre}} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ arbres/ha.}$$

Ainsi les besoins en eau par arbre sont :

$$D_{\text{arbre}} = \frac{3087,5 \times 10^3}{400} = 7718,75 \text{ l/arbre.}$$

Pour des goutteur de $q_g = 4$ l/h, une durée journalière de 24h est de 30 jours d'irrigation par mois, le nombre de goutteurs par arbre est :

$$N_g = \frac{D_{\text{arbre}}}{q_g \times T} = 2,68 \approx 3 \text{ goutteurs.}$$

L'apport en mois de pointe par arbre est :

$$Q_{\text{arbre}} = q_g \times N_g \times T = 8640 \text{ l.}$$

Longueur maximale de la rampe porte goutteurs est $L_r = 78$ m.

Le nombre d'arbre par rampe :

CHAPITRE IX

$$N_a = \frac{L_{rampe}}{5} = 16 \text{ arbres}$$

D'où L_r est la longueur maximale de la rampe porte goutteurs.

Le débit par mètre linéaire de rampe est :

$$Q_{ml,r} = \frac{N_a \times N_g \times q_g}{L_{rampe}}$$

En conséquence, on choisit du catalogue des goutteurs caractérisés par l'exposant $x = 0,6$ (le plus tolérant aux variations de pression).

Le nombre de rampe est :

$$N_r = \frac{\text{Surface de l'îlot}}{\text{Surface moyenne irriguée pour une rampe}} = \frac{5,38 * 10^4}{3775} = 14,25$$

4-2-3) Calcul hydraulique :

Le débit moyen par rampe est :

$$Q_r = L_r \times Q_g \text{ (l/h)}$$

$$Q_r = 78 * 4 * 3 = 936 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 0,26 \text{ l/s}$$

Le débit de porte rampes est :

$$Q_{pr} = N_r \times Q_r \text{ (l/s)}$$

$$Q_{pr} = 14 * 0,26 = 3,64 \text{ l/s}$$

4-2-4) Calcul des pertes de charge : les pertes de charge sont calculées par la formule de Scobey.

$$\Delta h = 1,634 \times Q_r^{1,89} \times D^{-4,87}$$

Δh - perte de charge unitaire (mm)

Q_R - Débit de la rampe (m^3/s)

D - Diamètre de la rampe (m)

$$\Delta h = 1,634 \times (2,6 \cdot 10^{-4})^{1,89} \times 0,016^{-4,87} = 93,38 \text{ mm}$$

Ainsi les pertes totales dans la rampe :

$$\Delta H = \Delta h \times L_e$$

$$L_e = 0,4 \times L = 78 * 0,4 = 31,2$$

Où

CHAPITRE IX

ΔH - Les pertes de charge totales (m)

L_e - Longueur équivalente (m).

$$\Delta H = 0,093 \times 31,2 = 2,9 \text{ m}$$

Conclusion :

Sur la base des résultats de l'analyse des techniques d'irrigation étudiées pour l'équipement de la parcelle choisi, nous préconisons la technique d'arrosage par aspersion classique car ce dernier nécessite moins d'eau.

Introduction :

La région est caractérisé par un climat Semi-aride et une somme des piste avec le goudron, le climat est frais et humide en hiver, chaude et sec en été, une pluviométrie moyenne, avec deux saisons : humide d'octobre à mai et sèche de juin à septembre.

1) Brise-vent :

La solution des brise-vent est conçue notamment sur:

- les termes de référence
- l'analyse des conditions naturelles de la zone à aménager, avec un accent particulier sur la climatologie, notamment sur la partie relative à l'aridité de la zone
- la production agricole menacée de vents
- le fait que les surfaces en question seront irriguées dans le futur.

A partir de ce qui vient d'être énuméré, puis sur la base de la valeur et de l'importance des terres agricoles, on a abouti à la conclusion que la solution des brise-vents devra inclure des travaux qui diminueront notablement les effets du vent de telle sorte que le volume de la production agricole issu de la diminution des surfaces des terres en raison de la création des brise-vent ne sera pas réduit. Il a été pris en considération que ces brises- vents avaient la fonction de protéger l'environnement ainsi que de l'avancer.

En vue d'atteindre les objectifs de ce projet, il est prévu la création notamment :

- a) des brise-vent primaires
- b) des brise-vent secondaires

1-1) Structure des brise-vent :

Quant à la structure des brise-vent, on a choisi des brise-vent sujets à un écoulement de l'air sur toute leur hauteur. De tels brise-vent influenceront favorablement à la vitesse du vent et l'évaporation à une distance plus grande. Il y a lieu de souligner que dans le choix de la solution, on a notamment tenu compte de l'état parcellaire des terres agricoles, de l'infrastructure nécessaire, c'est-à-dire des voies d'accès, du réseau d'irrigation.

1-2) Disposition des brise-vent :

D'une manière générale, les brise-vent forestiers sont disposés en deux directions qui devraient être perpendiculaires l'une à l'autre. Ils forment ainsi entre eux des trous

rectangulaires plus ou moins importants, favorables à la production agricole en la faisant avancée et permettant à la fois une utilisation de l'équipement d'irrigation

Les brise-vent établis perpendiculairement au vent le plus violent (vent dominant avec une grande fréquence) peuvent être appelés les brise-vent principaux ou longitudinaux. Ceux qui sont établis perpendiculairement aux brise-vent principaux sont appelés brise-vent secondaires, transversaux ou de deuxième ordre. Les brise-vent principaux protègent les cultures agricoles des vents les plus dangereux et ceux secondaires les protègent des effets néfastes d'autres vents.

1-3) Choix des espèces pour la construction des brise-vent :

Lors du choix des espèces on a tenu compte de ce que les espèces choisies:

- soient caractérisées par la longévité
- ne soient pas favorables au développement des maladies fongiques ou des insectes nuisibles aux cultures agricoles
- aient un système racinaire puissant
- n'aient pas de ramures larges, pour éviter l'ombrage
- soient conformes aux conditions écologiques données.

Le choix des espèces sera facilité par le fait que la zone à aménager sera irriguée.

La majorité des arbres de cette espèce, à croissance rapide, sont originaires d'Australie. Les espèces proposées :

- *Eucalyptus gomphocephala* , connu comme qui atteint une hauteur de 20-40m et une circonférence de 1,8m. l'arbre est dur et lourd. C'est une espèce supporte bien l'aridité.
- *Eucalyptus gummifère* qui atteint une hauteur de 35m et une circonférence de 1,3m. Le bois est d'une couleur brun- rouge, très dur, supporte très bien les hautes températures et l'aridité.

Il est possible de planter aussi les autres espèces de genre d'eucalyptus, s'il y en a dans les pépinières voisines.

Dans la plaine maturité il atteint une hauteur de 25m. Il supporte les hautes température et résistent aux vents.

Le pin d'Alep se range parmi les espèces susceptibles des incendies. Il est donc conseillé d'éviter le boisement de plus grandes surfaces par cette espèce.

CHAPITRE X

Les espèces préconisées pour l'établissement des brise-vent à l'intérieur de la zone à aménager sont les suivantes :

- cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens* var. « pyramidal »)
- cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens* var. « horizontal »)
- *Punica granatum*
- *Casuarina equisetifolia*
- *Mimosa arabica*
- pin us halepensis
- celtisé austral

1-4) Plantes :

Les plantes seront bien cultivées en pépinière. L'âge des plantes supérieur ou inférieur à 2 ans n'est pas conseillé. L'exception est les plantes livrées en motte.

Les plantes doivent être saines, avec un système racinaire puissant.

Comme les pépinières où sont élevés les plantes sont plus ou moins éloignées, l'organe de surveillance est tenu de consacrer une attention particulière à la réception des plantes et au contrôle de la qualité et d'assurer le contrôle des plantes en pépinière et sur le lieu des travaux. Pratiquement, l'extraction des plantes, leur classification, mise en jauge provisoire en pépinière, emballage, transport et mise en jauge à proximité immédiate du lieu de plantation fera seulement l'objet d'un contrôle.

S'il s'agit de la production par voie industrielle ou des plantes en motte, le contrôle des plantes est plus simple. Toute fois, il est toujours indispensable de tenir compte des phases de transport et d'emménagement provisoire des plantes.

Tout ce qui est exposé ci-dessus est d'une importance primordiale pour la culture des plantes. Pratiquement, il est nécessaire d'assurer une protection contre la dessiccation des plantes pendant toutes les phases.

1-5) Explication des travaux :

Brise-vent primaires, on entend ici les brise-vent composés de deux rangées d'arbres. Deux types de ces brise-vent sont envisagés.

Le premier type est composé de deux rangées. La première est Celtisé austral, et la deuxième est *Cupressus sempervirens*, var. «pyramidal. ». L'espacement des arbres entre les rangées est de 1.5 m, et entre arbres sur la même ligne est de 2,0 m.

CHAPITRE X

Le deuxième type est composé de cyprès toujours vert (*Cupressus Sempervirens* var. « Horizontal » et *Punica Granatum*). L'espace entre les rangées est de 1,5 m, et entre arbres sur la même ligne est de 2,0 m.

Les brise-vent secondaires sont composés d'une rangée d'arbres. Ils sont envisagés le long des voies d'accès et en limite des parcelles. L'espace entre les rangées est de 1,5 m.

On a tenu compte de ce que les brise-vent forment un réseau assurant une protection des surfaces à aménager. Toutefois le réseau de brise-vent n'inclura pas les brise-vent en limite des parcelles et leur construction sera abandonnée aux exploitants.

A la périphérie du système d'aménagement hydro-agricole, il faut planter successivement les peuplements d'eucalyptus et ceux de pin d'Alep. La longueur moyenne envisagée des peuplements est de 150m en moyenne.

Tableau X-1 : longueurs et nombre de plante de brise-vent

Désignation	Brise - vent primaire (km)	Brise – vent secondaire (km)
Longueurs	23	25
Nombre de plants	23046	25050

1-6) Effets des brise-vent impact sur le microclimat :

1-6-1) Effets des brise-vent sur la modification de l'écoulement de l'air :

On a constaté que l'effet d'un rideau abri imperméable ne se fait sentir que sur un rayon court du côté sous le vent. Cependant, si on établit, perpendiculairement au vent, un rideau perméable à l'air, c'est à dire qui laissera passer une partie de l'air qui y arrive, alors la vitesse du vent devant le rideau sera légèrement atténuée, mais il n'y aura pas de grande compression ou accumulation des masses d'air. Deux courants passent à travers le rideau : le courant aval dont la vitesse diminue considérablement et le courant amont dont la vitesse ne se modifie que peu. Sous l'effet des rideaux perméables, la diminution de la vitesse du vent se fait sentir plus loin du côté sous le vent.

1-6-2) Effets des brise-vents sur la vitesse du vent :

Les études effectuées montrent que les brise-vents produisent une diminution de la vitesse du vent, d'autant plus et à plus grande distance que leur hauteur est plus importante.

Presque tous les chercheurs sont d'avis que l'effet des brise-vents se fait sentir aussi bien du côté exposé au vent que de celui sous le vent. Les brise-vents produisent une diminution considérable de la vitesse du vent à une distance de 5h devant et de 20 h derrière le rideau. Quel sera l'effet des brise- vents sur la vitesse du vent dépendra beaucoup du type de brise-vent c'est à dire qu'ils seront perméables, imperméables ou sujets à un écoulement de l'air sur toute la hauteur.

Par exemple, les vitesses du vent mesurées à ciel ouvert s'élèvent à 23 km/h, tandis que celles mesurées dans la zone protégée par le système sont de l'ordre de 6,2 km/h. Un grand effet du réseau de brise – vent sur la vitesse des vents permettra que l'écartement entre eux sera plus élevé. Ainsi les parcelles entre eux seront plus importantes et favorables au mode récent de culture des sols. Le réseau des brise-vents ne devra pas être d'une forme géométrique régulière pour être efficace.

1-6-3) Influence des brise-vent sur la température de l'air :

La température de l'air mesurée dans la zone protégée durant les journées sereines, sèches et arides est en moyenne inférieure de 1,5°C à celle mesurée dans la zone ouverte ce qui résulte probablement d'une croissance poussée des plantes et par là d'une transpiration renforcée et du refroidissement de la couche d'air inférieure. Toute fois, l'effet des brise-vent sur la température de l'air n'étant pas suffisamment éclairci, des recherches ultérieures s'avèrent indispensables.

Il n'y a donc aucun doute que les brise-vent exercent une action favorable aux mouvements de masses d'air froid. Dans la zone abritée, les dommages causés dans ces circonstances sont toujours moindres que dans les zones ouvertes.

1-6-4) Effets des brise-vent sur la température du sol à l'intérieur de l'abri :

Du point de vue de la température du sol, les champs protégés par les brise-vent se trouvent à mi-chemin entre les surfaces couverts de forêts et celles dénudées. Selon certains auteurs la température moyenne annuelle du sol dans les champs protégés est de 0,8% inférieure à celle de la surface non abritée.

1-6-5) Effets des brise-vent sur l'évaporation :

Dans les régions qui sont caractérisées par une pluviométrie modeste, pendant la période végétative et en général sur les surfaces irriguées, il est extrêmement important de réduire au minimum l'évaporation non productive depuis la surface du sol. Pour cela l'effet des brise-vent est d'une importance capitale pour cette évaporation. L'évaporation dépend de la vitesse du vent, de la température et de l'humidité de l'air. Parmi ses trois facteurs, la vitesse du vent joue le rôle le plus important. Aussi la courbe de l'évaporation est-elle assez analogue à la courbe de la vitesse du vent, c'est-à-dire son effet sur la réduction de l'évaporation est d'autant plus élevé que l'abri brise-vent diminue la vitesse du vent.

La réduction de l'évaporation qui produira des effets économiques se fera sentir jusqu'à une distance de 20 fois la hauteur du brise-vent. Dans cette zone, il y a diminution de l'évaporation aux environs de 10% à une vitesse du vent de 3 m/sec, soit une réduction de 20% à une vitesse du vent de 5 m/sec.

1-6-6) Effets des brise-vent sur l'humidité de l'air :

Les effets des brise-vent sur l'humidité de l'air sont en relation directe avec l'action qu'ils exercent sur la vitesse du vent, la turbulence de l'air et la température des couches d'air inférieures.

Les brise-vent perméables à l'air produisent un meilleur effet que ceux imperméables, parce que, du côté sous le vent, ils empêchent la descente des masses d'air plus sèches à une distance plus grande.

A l'exception des cas extraordinaires, on peut conclure que l'effet exercé par les brise-vent sur l'augmentation de l'humidité relative ou absolue n'est pas notable, mais qu'il est favorable, d'autant plus qu'il se fait sentir mieux pendant les vents secs. Cet effet se fait sentir aussi bien dans la journée que dans la nuit, ce qui donnera naissance dans la zone protégée à la rosée qui produit un effet favorable sur la végétation.

1-6-7) Effets des brise-vent sur les processus génétiques du sol :

Il est constaté que l'abri brise-vent agit sur l'augmentation non seulement de l'épaisseur des horizons A+B mais aussi de l'épaisseur des espaces entre les brises vents ce qui conduit à l'augmentation de la quantité d'humus.

CHAPITRE X

Les essais selon la méthode du professeur ZAIC ont montré qu'avec l'augmentation de l'humus dans le sol des brise-vent et de l'espace entre eux augmentera aussi la teneur en phosphore mobile (P_2O_5), ce qui enrichit le sol.

Selon le professeur TUMIN, plus le climat est sec, plus les brise-vent augmentent la fertilité du sol.

Effets des brise-vent sur l'augmentation de la récolte des cultures agricoles

Plusieurs données témoignent de l'augmentation des rendements dans des champs à l'abri des brise-vent. Selon le professeur BODROV, l'effet des brise-vent est maximal sur les prés cultures industrielles et jardinières, ensuite sur celles céréalières telles que: mil, maïs, blé et seigle d'hiver et moins sur l'avoine.

Les données techniques existantes diffèrent. Cette différence est issue des recherches qui ont été effectuées dans les régions différentes, pour les hauteurs et structures des brise-vent diverses avec emploi des techniques agricoles et quantités d'engrais différentes. Il faut toute fois signaler que toutes les hauteurs sont d'accord sur le fait que dans les champs à l'abri de la brise-vent la production des cultures augmente et que les rendements sont notables.

1-6-8) Autres avantages des brise-vent :

Les brise-vent assurent notamment :

- le bois pour le matériau de construction et de chauffage
- un environnement favorable aux animaux sauvages et aux oiseaux utiles
- en Nebraska, on a observé que sur les terres irriguées à l'abri brise-vent une économie d'eau moins un cycle d'arrosage a été atteint par rapport aux terres non abritées
- l'envahissement des fossés par les mauvaises herbes qui sera empêché
- le rabattement de la nappe souterraine
- l'abri des hommes et des bétails
- la diminution de l'érosion éolienne en protégeant et en développant l'environnement

2) Pistes :

Il existe un grand nombre de pistes en terre reliées aux agglomérations avoisinantes par des routes goudronnées. Cependant les conditions de circulation dans l'année sur

CHAPITRE X

la zone à aménager sont très variables de celles très bonnes aux mois d'été à celles très mauvaises pendant la saison pluvieuse en raison de la nature du sol limono- argileuse des sols traversés. L'établissement d'un réseau de voies de communication s'est imposé comme impératif qui desservira la production agricole à l'intérieur de la zone à aménager pendant toute l'année. Ce réseau de voies sera constitué des pistes principales et secondaires qui permettront tant l'accès aux îlots d'irrigation qu'aux ouvrages du système hydro-agricole.

Les routes serviront pratiquement à la desserte des superficies agricoles et, à l'entretien des ouvrages du système hydro-agricole et à la communication facile et sûre entre les agglomérations.

Pour cela, le tracé des routes longera en général les ouvrages du système hydro-agricole ou les conduites d'adductions.

La solution des routes est en conformité aussi bien aux besoins du système d'irrigation qu'aux réseaux de voies de communication existantes.

L'avant-projet comprend deux catégories de voies de communication, à savoir les pistes principales et secondaires.

Les pistes principales constituent les pistes à double voie de roulement, la largeur utile de la chaussée étant fixée à 6m pour permettre le croisement de deux véhicules de 2,5m de largeur sans difficulté. Vu que le réseau de voies de communication de base est bien développé.

Les caractéristiques du profil en travers sont les suivantes :

Largeur de la chaussée	:	$2 \times 3 = 6\text{m}$
Accotements	:	$1,5\text{m} + 1,0 = 2,5 \text{ m}$
Largeur de la plate-forme	:	8,5 m

Les voies de communication secondaires, seront constituées d'une voie de roulement de 3,00 m de largeur aux caractéristiques suivantes :

Largeur de la chaussée	:	$1 \times 3,0 = 3,0 \text{ m}$
Accotements	:	$1,5\text{m} + 1,0 = 2,5 \text{ m}$
Largeur de la plate-forme	:	5,5 m

CHAPITRE X

A signaler que les routes protégées le principal réseau qui réglera le problème de circulation dans la zone d'étude. Le principal réseau pourra être complété à l'intérieur si c'est dans l'intérêt des usagers. Il est à conseiller la construction des routes provisoires des îlots d'irrigation.

Tableau X-2 : longueur des pistes réalisées

secteurs	pistes principales (m)	pistes secondaires (m)
T1	1199	-
T2	702	1849
total	1901	1849

Conclusion :

Les brise vent sont rôle est de protéger le périmètre contre les vents pour ce la on a réalise un somme de longueur 23 km de bris vent principal et 25 km secondaire. Et La réalisation des piste pour le maintenance des ouvrages qui sont partie de l'ONID la somme de longueur des routes principales 1901 m et 1849 m secondaires.

1) Exécution des travaux :**1-1) Exécution de la tranchée :**

L'installation des conduites d'irrigation nécessite les opérations suivantes :

- Implantation du tracé de la conduite.
- Exécution de la tranchée
- Aménagement du lot de pose des conduites.

La largeur de la tranchée doit être égale au diamètre extérieur de la conduite augmentée de 0,5m dans le but de permettre aux poseurs de travailler à l'aise, et d'effectuer sans gêne les différentes opérations de raccordements des tuyaux.

1-2) Assise de la conduite :

Lorsque l'excavation des tranchées est terminée, on doit les remplir par une couche de 10-20cm de sable ou de gravier fin, dans le but de maintenir la conduite dans l'axe de tranchée et soutenir le poids du sol situé au dessus de la conduite.

1-3) Pose de la canalisation dans la tranchée :

Les tuyaux seront posés dans les tranchées creusées à l'aide d'appareil de levage. L'assemblage des conduites se fait à l'aide des manchons.

1-4) Epreuve d'essai de pression :

Pour éviter de laisser ouverte une très grande longueur de tranchée, on aura soin de remblayer au fur et à mesure que l'on pose les tuyaux.

Avant cela, il est indispensable de s'assurer par un essai de l'étanchéité des joints. Les essais partiels sont effectués sur une longueur de 150 à 200m à cet effet nous adopterons une pression de 10 bars pour l'épreuve (le béton pouvant résister jusqu'à une pression de 20 bars).

Engins nécessaires pour l'exécution des travaux :

- Pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée.
- Bulldozer ou un chargeur pour le remblayage.
- Camions pour le transport des tronçons des conduites.
- Grue automotrice pour soulever, déplacer et déposer les tronçons des conduites.

2) Exploitation du système d'irrigation :

L'exploitation d'un système d'irrigation est consiste à faire fonctionner le service de l'eau : assurer sa mobilisation, son transport, sa distribution dans le cadre

contractuel défini avec tous les partenaires du projet. Elle est effectuée selon quatre aspects :

- Planification de l'utilisation de l'eau d'irrigation.
- Mesure d'exploitation et de réparation du système d'irrigation.
- Modernisation et amélioration du système en fonction de l'apparition de nouvelles techniques.
- Contrôle de l'état des terres irriguées.

2-1) Objectif de l'exploitation :

L'exploitation d'un système d'irrigation doit :

- Assurer le bon fonctionnement des conduites et des ouvrages.
- Utiliser de façon complète et rationnelle des ressources hydrauliques.
- Assurer la réalisation des plans envisagés.
- Protéger les terres agricoles contre la submersion, la formation des marées, la salinisation, et la dégradation des sols par les eaux et les vents.

2-2) Estimation de l'état hydro agricole des terres irriguées :

Le phénomène de formation des sols humides et sols salés et dû à la mauvaise utilisation de l'eau d'irrigation.

La lutte contre ce phénomène, se présente sous deux aspects :

2-2-1) Mesures d'amélioration technique :

- Réalisation d'un drainage pour les sols humides.
- Réalisation d'un drainage et lessivage pour les sols salés.

2-2-2) Mesures d'exploitation :

Ils consistent à faire un inventaire détaillé des surfaces susceptibles d'être touchées par ces phénomènes et une surveillance permanente qui se résume dans :

- Mesure de la variation du niveau de la nappe.
- Mesure de la concentration des sels de la nappe.
- Mesure de la concentration des sels dans le sol.
- Une bonne utilisation de l'eau d'irrigation.

2-3) Exploitation des ouvrages hydrauliques :

Les mesures à prendre, pour l'entretien des installations des systèmes d'irrigation sont :

- Gardiennage
- Mesures contre l'incendie.
- Les visites périodiques.
- Surveillance et maintenance des travaux.

2-4) Maintenance des ouvrages et équipement :**2-4-1) maintenance des premiers niveaux :**

Pour les interventions courantes, les activités de maintenance de premiers niveaux sont généralement réalisés par les agents d'exploitation, proche des ouvrages dont ils ont la responsabilité, d'où une économie sensible en frais de personnel et déplacement, et une plus grande rapidité d'intervention.

2-4-2) Maintenance spécialisé :

Pour les interventions de niveau supérieur, par nature plus complexe, les moyens sont nécessairement plus spécifiques. La maintenance est alors structurée par spécialités techniques correspondant aux différents types d'équipements.

Les spécialités les plus courantes sont les suivantes :

- Génie civil
- Appareillages :
 - Mécaniques
 - Electriques
 - Electroniques

CHAPITRE XII**Introduction :**

L'irrigation d'une région déterminée, engage des capitaux importants doit faire l'objet d'une étude économique et financière détaillée à fin de savoir s'il y a lieu d'en poursuivre la réalisation.

L'estimation économique du projet, nous permettra d'évaluer le coût de l'aménagement, en fonction des différentes charges intervenant dans le projet, à savoir :

- Charges d'investissement
- Charges d'exploitation.

1) Charges d'investissement :

Les coûts des investissements sont ramenés à des annuités sur la base des hypothèses suivantes ;

- Taux d'actualisation : 8% à 10%
- Durée d'amortissement répartie comme suit 30 ans pour les conduites 15 ans pour les équipements hydromécaniques et électriques, 40 ans pour le génie civil.

1-1) Coûts des conduites :

Les coûts des conduites « fournitures, transports, poses et terrassements » pour l'amiante ciment et acier sont données dans le tableau XII-1.

Tableau XII-1 : les prix des conduite

Diamètre nominal (mm)	Longueur (m)	Prix unitaire DA/m	Prix total (10 ³ DA)	Matériaux des conduites
2200	11026	17100	188544,6	Béton armé
2100	3650	72045	262964,25	Acier
2000	11876	15045	178674,42	Béton armé
500	1403	2948	4136,044	Béton armé
400	2070	2447	5065,29	Béton armé
300	591	3550	2098,05	PVC
250	1136	3000	3408	PVC
200	1007	2500	2517,5	PVC
150	2277	1800	4098,6	PVC
TOTAL			651506,754	

1-2) coût de réservoir :

Coût de réservoir a été établi suite a une modélisation basée sur des coûts de marches récents exécutés rapportés au coût unitaire de m³.

L'étude consiste a rechercher une fonction d'interpolation de type puissance qui calculera le coût unitaire du m³ en fonction de capacité de réservoir.

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau XII-2

Tableaux XII-2 : Coût de réservoir.

Volume m ³	Prix unitaire de m ³	Prix (10 ³ DA)
72000	1157,5	83339,156

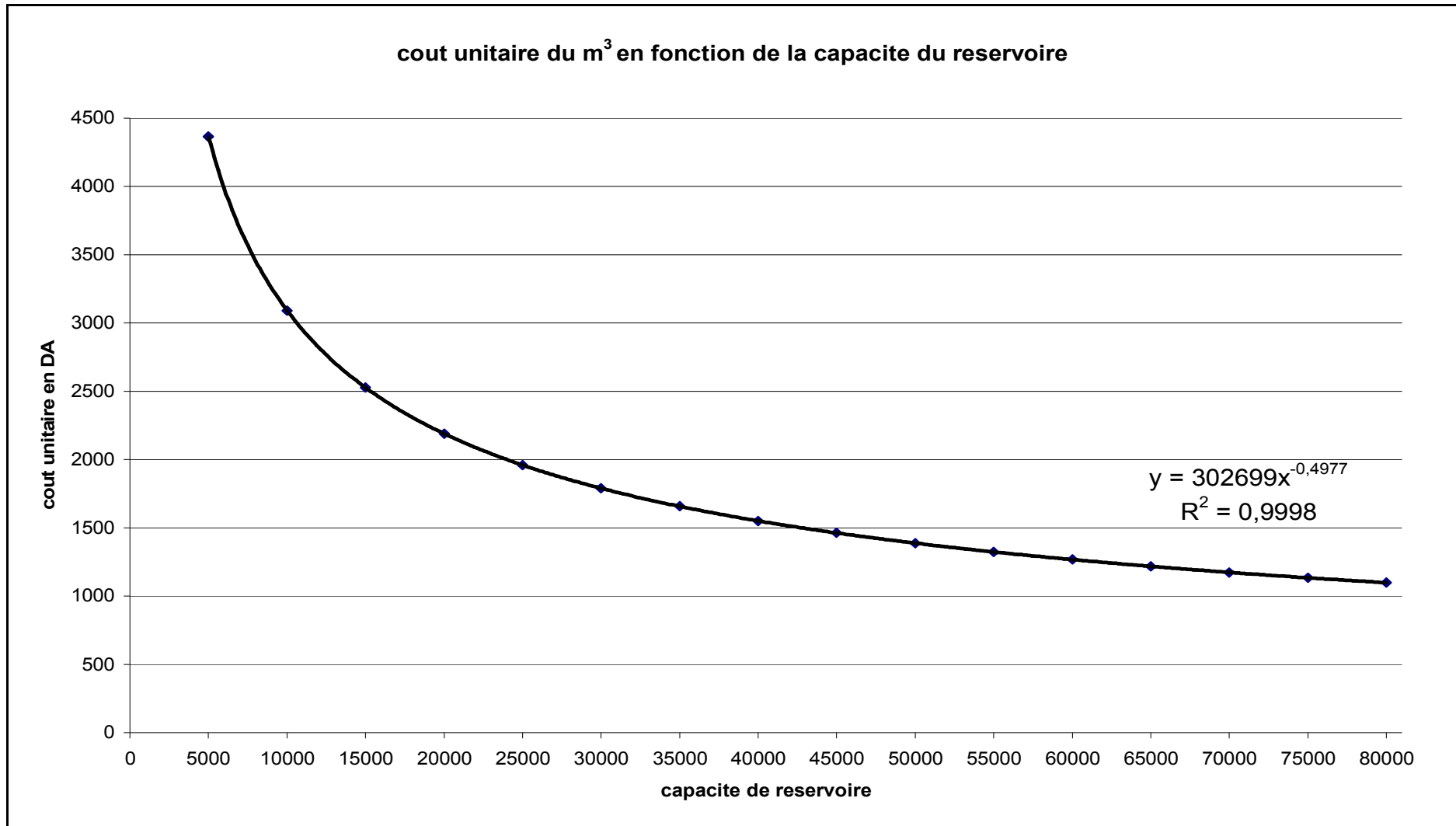


Fig. XII-2 : courbe de coût unitaire du m³ en fonction du capacité de réservoir

1-3) Station de pompage :

En suivant le même principe établi pour le réservoir nous avons recherché une courbe de tendance permettant d'estimer les coûts de station de pompage, rapportés au coût unitaire en fonction de sa capacité totale.

$$P_{abs} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{min}}{\eta_{acc} \cdot \eta_m \cdot \eta_p} = 14248,36 \text{ kw}$$

Tableaux XII-3 : Coût de station de pompage.

Station de pompage	Puissance en (kw)	Prix unitaire de (kw)	Prix (10 ³ DA)
TOUFFANA	14248,36	85724,59	1221435,324

Et le coût des pompes avec câble et tuyau de la pompe (Ø900mm, L = 28m) sont :

Une seule pompe : 52600000 DA

Et de 9 pompe est : 473400000 DA

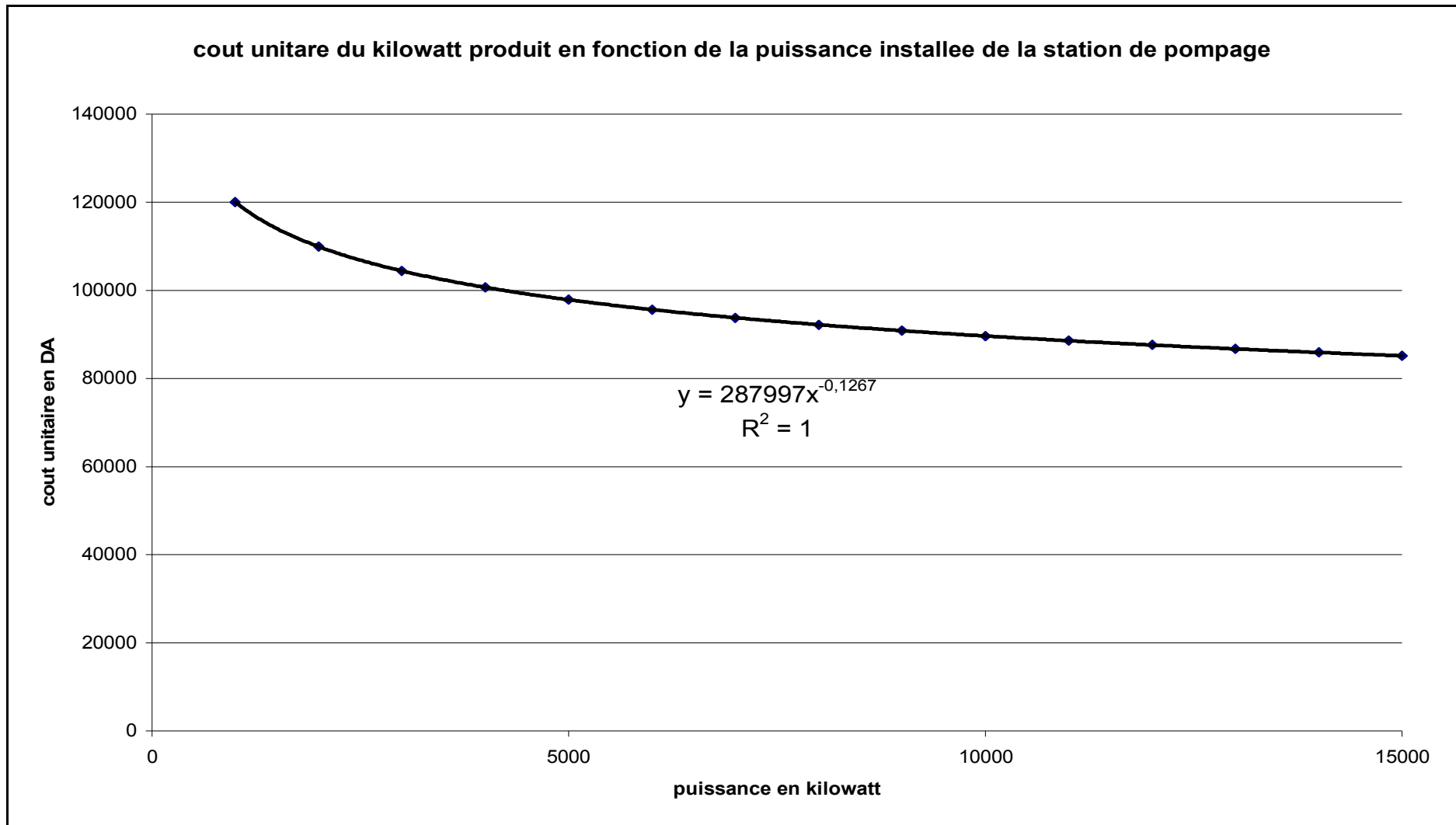


Fig. XII-2 : courbe de coût unitaire de kilowatt en fonction de la puissance installée

1-4) Coût de Terrassement de réseau de distribution :**Tableaux XII-4 : déférente prix des travaux réalise**

Désignation des ouvrages	unité	quantité	Prix unitaire	Prix total (DA)
Débroussaillage de la terre végétal.	m ²	27384	50	1369200
Fouilles en terrain meuble pour tranche du réseau de distribution à toute profondeur.	m ³	20827	200	4165400
Fourniture, transport et pose du lit du sable de 10cm d'épaisseur.	m ³	1601	1800	2881800
Remblai compacté pour les tranchées, l'épaisseur maximal de la couche est 25cm, en matériau de fouille.	m ³	16852	400	6740800
Transport des déblais en dépôt jusqu'à une distance de 1km.	m ³	3975	70	278250
total				15435450

CHAPITRE XII

1-5) Coût des ouvrages d'art sur le réseau de distribution :

Tableaux XII-5 : déferente matériel installé.

Désignation des ouvrages	unité	quantité	Prix unitaire	Prix total (DA)
Chambre de vanne <500mm		7		8209280
Fouilles en terrain meuble	m ³	1656	800	1324800
Béton de classe N°1 compris coffrage.	m ³	42	4800	201600
Béton de classe N°4 compris coffrage et armature.	m ³	505,4	7200	3638880
Fourniture, transport et pose d'échelle typique.	m ³	28	600	16800
Fourniture, transport et pose couverture typique.	U	28	1000	28000
Remblaiement et compactage autour de l'ouvrage compris transport de déblais	m ³	868	400	347200
Bornes type A, B et C		21		344400
Fouilles en terrain meuble	m ³	62,2	800	49760
Gabion grillage ordinaire, galets 30/50.	m ³	25,2	4800	120960
Béton de classe N°3 compris coffrage.	m ³	6,3	7200	45360
Fourniture, transport et pose de tube prefabricé en béton armé D=800 mm, L=80cm.	U	21	4000	84000
Fourniture, transport et pose de gravier 15/20.	m ³	8,4	1800	15120
Remblaiement et compactage autour de l'ouvrage.	m ³	63	400	25200
Vannes <500mm				
150mm	U	1	14000	14000
200mm	U	2	18000	36000
250mm	U	2	20300	40600
300mm	U	1	24000	24000
500mm	U	2	105288	210576
Total				14776536

CHAPITRE XII

1-6) Coût de terrassement de pistes et brise vents

Tableaux XII-6 : coût des différentes opérations

Désignation des ouvrages	unité	quantité	Prix unitaire	Prix total (DA)
Décapage de la terre végétale au-dessous des pistes nouvelles sur une épaisseur de 20 cm et mise en dépôt des matériaux (6 m ² /m des pistes primaires et 3m ² /m des pistes secondaires).	m ²	211623	100	21162300
Remblai compacte pour couche de fondation des pistes, de 30 cm d'épaisseur, en matériau des déblais des fosses compris transport jusqu'à une distance de 1 km.	m ³	41245	400	16498000
Confection de la couche de refoulement des pistes, d'épaisseur de 17cm, de matériaux de l'oued ou de la carrière compris transport des matériaux à une distance supérieure à 1 km.	m ³	12605	1800	22689000
Brise vents primaires avec excavation des trous pour la plantation de diamètre 40 cm et profondeur de 50 cm compris soins dans la première et deuxième année.	Arbres	23046	350	8066100
Brise vents secondaires avec excavation des trous pour la plantation de diamètre 40 cm et profondeur de 50 cm compris soins dans la première et deuxième année.	Arbres	25050	350	8767500
Total				77182900

1-7) Coût total des aménagements projetés :

Le coût global des aménagements, pour le périmètre TOUFFANA est de l'ordre de **2537076120 DA.**

1-8) Produits bruts du périmètre :

Nous avons calculé les produits bruts, pour les situations : actuelle et projetée, sur la base des fiches techniques des cultures adoptées.

TableauXII-7 : Produit brut pour un ha -Situation actuelle.

Produits	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Coût total (DA)
Céréales	qx	12,0	1900,0	22800
Cultures maraîchères (poivron)	qx	100	3200,0	320000
Fourrages (vesce avoine)	qx	30	350,0	10500
Arboricultures (pommier)	qx	65	4000,0	260000
total	qx	207		129982800

Tableau XII-8 : Produit brut pour un ha - Situation projetée.

Produits	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Coût total (DA)
Céréales	qx	45	1900	85500
Cultures maraîchères (poivron)	qx	200	3200	640000
Fourrages (vesce avoine)	qx	350	350	122500
Arboricultures (pommier)	qx	150	4000	600000
total	qx	745		1448000

Conclusion générale

Nous venons de réaliser à la lumière de cette étude, l'aménagement Hydro agricole du périmètre de TOUFFANA avec un réseau d'adduction sous pression et gravitaire alimenté par le barrage de KODIETE MEDAOER.

L'étude du climat (précipitation- température) ; montre que notre région à une période pluvieuse qui débute de décembre et finie au mois de mai. Donc on aura un climat semi aride à deux saisons, la saison humide et la saison sèche qui est la période ou l'irrigation est nécessaire.

Le système d'irrigation retenu est constitué de conduites enterrées en béton armé et en PVC, équipé de bornes d'irrigation dont la majorité ont une pression minimale de 2 bars, ce qui permettra aux agriculteurs de pratiquer les nouvelles techniques d'irrigation.

Par une brève présentation de la situation actuel du coté agro socio économique et du milieu naturel (climat – sol – plante - eau), nous avons déterminé les besoins totaux de la zone durant le mois de pointe et compte tenu les besoins des cultures.

Après l'équipement et bornage nous avons enfin abordé le tracé du réseau et la détermination du matériel nécessaire (tuyaux-vannes-ventouse-vidange).

La superficie étant entièrement irriguée et donc équipée, ce qui permet d'avoir éventuellement une meilleure rentabilité des cultures prévisionnelles mise en place, par l'accroissement des rendements avec l'intermédiaire de l'irrigation surtout les cultures manque d'eau.

Référence bibliographique

ABU ZIED, Med (1982) ; Drainage et technique de drainage des sols irrigués : International Centre For Advanced Méditerranéen Agronomique Studies (Bah Italie).

Arlery R., Grisollet .H.Guilmet, B. 1973 .Climatologie méthodes et pratique .Edition : Gauthier-Villars Editeur., Paris-Bruxelles-Montréal.

Association HIDROINZENJERING., 2006 « Etude de l'aménagement hydro agricole du périmètre de RMILA-OULED FATHHEL » :

- Dossier I :.....Etude préliminaire
- Dossier I-B :.....Etude des ressources en sols
- Dossier I-C.....Etude des ressources en eau
- Dossier I-DEtude Agro socio économique
- Dossier II-AAllocation des eaux et délimitation des zones à irriguer
- Dossier II-B. 1..... Systèmes d'irrigation et schémas des îlots types
- Dossier II-B.2 Schémas des variantes d'aménagement

Touaibia, B., 2004-2005 ; « Cours de l'hydrologie ». ENSH, Guerouaou (Blida)

B, Xanthoulis.2000 « Cours d'irrigation » ; faculté agronomique de Gembloux (Belgique)

Clément, R., Galand, A., 1979. Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression. Edition Eyrolles.

Mahmoudi, AEK. 1993 .Réhabilitation du périmètre de Daiet Ez-zraguet (Ain-Skhouna) W. Saida. Mémoire de fin d'étude. ENSH, Guerouaou (Blida)

Temzi, D. 2003. Projection d'un réseau d'irrigation sous pression et étude comparative entre l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée dans la vallée du Bas Isser Algérois (W-Boumerdes)

Ollier, C., Poiree, M., 1983. Irrigation : Les réseaux d'irrigation ; théorie, technique et économie des arrosages). Edition Eyrolles .61 boulevard Saint-Germain 75005 Paris.

Tiereclin, J-R., 1998. Traité de l'irrigation, Edition Lavoisier technique et documrntation 11, rue Lavloisier; F 75384 Cedex 8. Paris

Résultats de calcul du besoin en eau a l'aide de logiciel CROPWATER

blé dur et tendre			
mois	décade	besoin en eau par décade	
octobre	1	12,5	29,6
	2	8,4	
	3	8,7	
novembre	1	9,3	27
	2	9,2	
	3	8,5	
décembre	1	7,6	19,4
	2	6,7	
	3	5,1	
janvier	1	3,5	9,8
	2	1,9	
	3	4,4	
février	1	7,1	33,1
	2	9,9	
	3	16,1	
mars	1	23,9	87,5
	2	30,3	
	3	33,3	
avril	1	33,9	108,7
	2	34,6	
	3	40,2	
mai	1	45,9	152,3
	2	51,5	
	3	54,9	
juin	1	54,3	156
	2	52,5	
	3	49,2	
total			623,4

pomme de terre (primeur)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
octobre	1	7,2	16
	2	3,9	
	3	4,9	
novembre	1	6,2	20,1
	2	6,9	
	3	7	
décembre	1	7,3	21,1
	2	7,3	
	3	6,5	
janvier	1	5,8	17,9
	2	4,7	
	3	7,4	
février	1	9,6	39
	2	11,9	
	3	17,5	
mars	1	24,4	83,3
	2	29,3	
	3	29,6	
avril	1	27,2	81,3
	2	25,5	
	3	28,6	
total			278,7

pomme de terre (arrière saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
juillet	1	32	100,9
	2	35,2	
	3	33,7	
août	1	32	90,5
	2	31	
	3	27,5	
septembre	1	26,4	77,6
	2	25,3	
	3	25,9	
octobre	1	24,6	68
	2	22	
	3	21,4	
novembre	1	19,4	51,7
	2	16,9	
	3	15,4	
décembre	1	13,7	34,4
	2	11,5	
	3	9,2	
janvier	1	6,6	15,3
	2	3,7	
	3	5	
total			438,4

pomme de terre (saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
janvier	1	0	0
	2	0	
	3	0	
février	1	0	8,3
	2	1,2	
	3	7,1	
mars	1	15,8	68,4
	2	23,8	
	3	28,8	
avril	1	30,4	97,1
	2	30,7	
	3	36	
mai	1	41,3	140,2
	2	46,7	
	3	52,2	
juin	1	56	174,7
	2	58,5	
	3	60,2	
total			488,7

mais fourrager			
mois	décade	besoin en eau par décade	
février	1	0	1
	2	0	
	3	1	
mars	1	6,4	35,6
	2	12,6	
	3	16,6	
avril	1	19,9	79,3
	2	25,5	
	3	33,9	
mai	1	39,1	133,6
	2	44,2	
	3	50,3	
juin	1	55,9	182,4
	2	61	
	3	65,5	
total		431,9	

tomate (primeur)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
septembre	1	32,7	78,8
	2	25,2	
	3	20,9	
octobre	1	16	38,6
	2	11,4	
	3	11,2	
novembre	1	11,3	33,1
	2	11,1	
	3	10,7	
décembre	1	9,8	25,4
	2	8,6	
	3	7	
janvier	1	5,3	15,4
	2	3,7	
	3	6,4	
février	1	9,3	38,7
	2	11,9	
	3	17,5	
mars	1	24,4	85
	2	29,6	
	3	31	
avril	1	30,4	97,1
	2	30,7	
	3	36	
mai	1	41,3	133,7
	2	45,3	
	3	47,1	
juin	1	46,6	133,7
	2	45,1	
	3	42	
total			679,5

tomate (saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
septembre	1	32,7	78,8
	2	25,2	
	3	20,9	
octobre	1	16	38,6
	2	11,4	
	3	11,2	
novembre	1	11,3	33,1
	2	11,1	
	3	10,7	
décembre	1	9,8	25,4
	2	8,6	
	3	7	
janvier	1	5,9	16
	2	3,7	
	3	6,4	
février	1	7,1	31,7
	2	9,4	
	3	15,2	
mars	1	22,7	82
	2	28,6	
	3	30,7	
avril	1	30,4	97,1
	2	30,7	
	3	36	
mai	1	41,3	141
	2	46,7	
	3	53	
juin	1	59,3	196,6
	2	65,6	
	3	71,7	
juillet	1	79,7	240,3
	2	85,1	
	3	75,5	
août	1	64,3	160,3
	2	55,3	
	3	40,7	
total			1140,9

tomate (arrière saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
juin	1	36,4	122,3
	2	40,9	
	3	45	
juillet	1	50,4	159,4
	2	55,2	
	3	53,8	
août	1	54,4	163,3
	2	56,9	
	3	52	
septembre	1	45,8	121
	2	39,3	
	3	35,9	
octobre	1	30,1	74,9
	2	23,4	
	3	21,4	
novembre	1	19,4	51,7
	2	16,9	
	3	15,4	
décembre	1	13,4	31
	2	10,4	
	3	7,2	
janvier	1	3,9	5,5
	2	0,6	
	3	1	
total			729,1

piment-poivron (primeur)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
janvier	1	3	6,3
	2	0,8	
	3	2,5	
février	1	4,1	20,2
	2	5,8	
	3	10,3	
mars	1	16,4	60,4
	2	21,4	
	3	22,6	
avril	1	21,9	73
	2	22,6	
	3	28,5	
mai	1	34,7	123,5
	2	41,1	
	3	47,7	
juin	1	53,6	178
	2	59,4	
	3	65	
juillet	1	72,5	227,1
	2	79,1	
	3	75,5	
août	1	71,5	196
	2	68,2	
	3	56,3	
septembre	1	44,7	106,4
	2	34,1	
	3	27,6	
total			990,9

piment-poivron (saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
février	1	4,1	20,2
	2	5,8	
	3	10,3	
mars	1	16,1	56,6
	2	20,2	
	3	20,2	
avril	1	18,1	58,8
	2	17,6	
	3	23,1	
mai	1	28,7	104,3
	2	34,5	
	3	41,1	
juin	1	48	165,4
	2	55,2	
	3	62,2	
juillet	1	71,5	226,1
	2	79,1	
	3	75,5	
août	1	71,5	199,8
	2	69,2	
	3	59,1	
septembre	1	48,7	120,8
	2	39	
	3	33,1	
octobre	1	26,6	64,2
	2	19,9	
	3	17,7	
novembre	1	15,9	41,8
	2	13,8	
	3	12,1	
total			1058

piment-poivron (arrière saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
juin	1	39,3	131,6
	2	44	
	3	48,3	
juillet	1	54,1	169,8
	2	59,2	
	3	56,5	
août	1	54,8	159,6
	2	55,6	
	3	49,2	
septembre	1	42	107,8
	2	34,9	
	3	30,9	
octobre	1	26	65,3
	2	20,4	
	3	18,9	
novembre	1	17,4	46,8
	2	15,4	
	3	14	
décembre	1	12,3	30,5
	2	10,3	
	3	7,9	
janvier	1	5,3	12,1
	2	2,7	
	3	4,1	
total			723,5

oignon			
mois	décade	besoin en eau par décade	
octobre	1	16	38,6
	2	11,4	
	3	11,2	
novembre	1	11,3	31,8
	2	10,8	
	3	9,7	
décembre	1	8,5	21,1
	2	7,2	
	3	5,4	
janvier	1	3,5	9,1
	2	1,7	
	3	3,9	
février	1	6,2	28,9
	2	8,6	
	3	14,1	
mars	1	20,8	72,8
	2	25,6	
	3	26,4	
avril	1	25,1	79,7
	2	24,9	
	3	29,7	
mai	1	34,6	119,1
	2	39,4	
	3	45,1	
juin	1	48,8	149,5
	2	50,2	
	3	50,5	
total			550,6

carotte			
mois	décade	besoin en eau par décade	
janvier	1	0,5	0,5
	2	0	
	3	0	
février	1	1	11,8
	2	2,7	
	3	8,1	
mars	1	15,9	64,4
	2	22,6	
	3	25,9	
avril	1	28	94,4
	2	30,4	
	3	36	
mai	1	41,3	141
	2	46,7	
	3	53	
juin	1	59,3	193,8
	2	65,1	
	3	69,4	
juillet	1	75	227
	2	79,1	
	3	72,9	
total			732,9

pastèque			
mois	décade	besoin en eau par décade	
février	1	0,2	6,7
	2	1,4	
	3	5,1	
mars	1	10,1	37,3
	2	13,5	
	3	13,7	
avril	1	13,8	52,7
	2	15,6	
	3	23,3	
mai	1	31,5	120,9
	2	40,2	
	3	49,2	
juin	1	56,4	187,2
	2	62,5	
	3	68,3	
juillet	1	76,2	238,6
	2	83,1	
	3	79,3	
août	1	70,9	175,7
	2	60,5	
	3	44,3	
total			819,1

courgette (primeur)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
octobre	1	16	38,6
	2	11,4	
	3	11,2	
novembre	1	11,3	31,8
	2	10,8	
	3	9,7	
décembre	1	8,6	21,7
	2	7,4	
	3	5,7	
janvier	1	4	11
	2	2,3	
	3	4,7	
février	1	7,2	32,4
	2	9,8	
	3	15,4	
mars	1	22	76,8
	2	26,9	
	3	27,9	
avril	1	26,9	85,5
	2	26,8	
	3	31,8	
mai	1	36,8	125,3
	2	41,8	
	3	46,7	
juin	1	50,3	160,2
	2	53,7	
	3	56,2	
total			583,3

vesce-avoine et pois-avoine			
mois	décade	besoin en eau par décade	
septembre	1	27,4	64,9
	2	20,6	
	3	16,9	
octobre	1	12,5	29,6
	2	8,4	
	3	8,7	
novembre	1	9,9	30,8
	2	10,6	
	3	10,3	
décembre	1	9,7	25,4
	2	8,6	
	3	7,1	
janvier	1	5,7	17,1
	2	4,2	
	3	7,2	
février	1	10,3	43,2
	2	13,4	
	3	19,5	
mars	1	26,8	93,2
	2	32,3	
	3	34,1	
avril	1	33,9	103,1
	2	33,6	
	3	35,6	
mai	1	35,8	106
	2	35,4	
	3	34,8	
total			513,3

courgette (saison)			
mois	décade	besoin en eau par décade	
janvier	1	2,4	4,4
	2	0,2	
	3	1,8	
février	1	3,3	17,4
	2	4,9	
	3	9,2	
mars	1	15,3	57,1
	2	20,3	
	3	21,5	
avril	1	21	70,6
	2	21,7	
	3	27,9	
mai	1	34,3	122,9
	2	40,9	
	3	47,7	
juin	1	53,6	178
	2	59,4	
	3	65	
juillet	1	72,5	227,1
	2	79,1	
	3	75,5	
août	1	71,5	198,7
	2	69,2	
	3	58	
septembre	1	45,7	108,1
	2	34,6	
	3	27,8	
total			984,3

bersim			
mois	décade	besoin en eau par décade	
août	1	78,7	220,1
	2	76,1	
	3	65,3	
septembre	1	54	134,7
	2	43,5	
	3	37,2	
octobre	1	30,1	74,9
	2	23,4	
	3	21,4	
novembre	1	19,4	51,7
	2	16,9	
	3	15,4	
décembre	1	13,7	34,6
	2	11,5	
	3	9,4	
janvier	1	7,2	19,7
	2	5,1	
	3	7,4	
février	1	9,6	39
	2	11,9	
	3	17,5	
mars	1	24,4	85
	2	29,6	
	3	31	
avril	1	30,4	97,1
	2	30,7	
	3	36	
mai	1	41,3	114,5
	2	46,7	
	3	26,5	
total			871,3

luzerne			
mois	décade	besoin en eau par décade	
septembre	1	54	134,7
	2	43,5	
	3	37,2	
octobre	1	30,1	74,9
	2	23,4	
	3	21,4	
novembre	1	19,4	52,2
	2	16,9	
	3	15,9	
décembre	1	15,4	40,6
	2	13,7	
	3	11,5	
janvier	1	9,4	21,7
	2	7,2	
	3	5,1	
février	1	7,4	28,9
	2	9,6	
	3	11,9	
mars	1	17,5	71,5
	2	24,4	
	3	29,6	
avril	1	31	92,1
	2	30,4	
	3	30,7	
mai	1	36	124
	2	41,3	
	3	46,7	
juin	1	53	177,9
	2	59,3	
	3	65,6	
juillet	1	71,7	241,9
	2	87,1	
	3	83,1	
août	1	78,7	220,1
	2	76,1	
	3	65,3	
total		1280,5	

arboriculture			
mois	décade	besoin en eau par décade	
septembre	1	16,7	36,8
	2	11,4	
	3	8,7	
octobre	1	5,4	11,4
	2	2,4	
	3	3,6	
novembre	1	5,2	16,9
	2	6,2	
	3	5,5	
décembre	1	4,3	8,3
	2	3,1	
	3	0,9	
janvier	1	0	0
	2	0	
	3	0	
février	1	0,5	12,3
	2	3,1	
	3	8,7	
mars	1	16,1	63,4
	2	22,3	
	3	25	
avril	1	26,3	91,5
	2	29,2	
	3	36	
mai	1	41,3	141
	2	46,7	
	3	53	
juin	1	59,3	196,5
	2	65,5	
	3	71,7	
juillet	1	79,9	247,2
	2	87,1	
	3	80,2	
août	1	70,6	182,8
	2	63,1	
	3	49,1	
total			1008,1

cultures	superficie		besoins en eau (mm)																									
	%	ha	janvier		février		mars		avril		mai		juin		juillet		aout		september		octobre		november		décember		année	
			unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,	unite	int,
Arboricultures	100	1	0	0,00	12	12,30	63	63,40	91,5	91,50	141,0	141,00	197	196,50	247	247,2	182,8	182,8	37	36,8	11	11,4	17	16,9	8,3	8,3	1008	1008,10
totale cultures principales	100	1		0,00		12,30		63,40		91,50		141,00		196,50		247,20		182,80		36,80		11,40		16,90		8,30		1008,10
total nets	100	1		0,00		12,30		63,40		91,50		141,00		196,50		247,20		182,80		36,80		11,40		16,90		8,30		1008,10
total brut				0,00		16,40		84,53		122,00		188,00		262,00		329,60		243,73		49,07		15,20		22,53		11,07		1344,13
module hydraulique (l/s.ha)				0,000		0,073		0,379		0,547		0,842		1,174		1,477		1,092		0,220		0,068		0,101		0,050		6,022

Tableau de calcul de perte de charge de conduite principale

N°	N° de nœud amont	N° de nœud aval	longueur (m)	diametre (mm)	Hwc	Max débit l/s	vitesse m/s	pertes m/km	Tot pertes (m)	pression (bars)
1	950	5	6180	2200	140	10978	2,89	2,06	12,74	10
2	5	6	480	2200	140	10978	2,89	2,06	0,99	10
3	6	10	4366	2200	140	10978	2,89	2,06	9,00	10
4	10	15	7328	2000	140	10782,85	3,43	3,17	23,25	10
5	15	20	4548	2000	140	10492,42	3,34	3,02	13,72	10

Tableau de calcul des pressions de conduite d'adduction

Nœud	débit l/s	cote de sol (m)	cote piézoélectrique (m)	pression (m)	pression absolue (m)
5	10978	1056	1053,26	-2,74	15
6	10978	1052,5	1052,27	-0,23	18,5
10	10978	1012	1043,27	31,27	59
15	10782,85	945,5	1020,02	74,52	125,5
20	10492,42	908,8	1006,31	97,51	162,2

Tableau de calcul des pressions de conduite T1

Nœud	débit l/s	cote de sol (m)	cote piézoélectrique (m)	pression (m)	pression absolue (m)
10	10978	1012	1053,26	-2,74	15
100	195,54	1005,9	1053,05	47,15	65,1
101	164,14	1005,8	1052,99	47,19	65,2
102	141,51	994	1049,60	55,60	77
103	86,13	994	1049,52	55,52	77
104	57,38	988,3	1044,67	56,37	82,7
105	23,65	973,8	1030,22	56,42	97,2
106	22,63	1004,8	1028,71	23,91	66,2
107	55,38	993,5	1028,28	34,78	77,5
108	45,99	993,5	1025,38	31,88	77,5

Tableau de calcul des pressions de conduite T2

Nœud	débit l/s	cote de sol (m)	cote piézoélectrique (m)	pression (m)	pression absolue (m)
15	10782,85	945,5	1020,02	74,52	125,5
200	290,43	938	1017,38	79,38	133
201	271,08	939	1015,94	76,94	132
202	221,46	940	1012,36	72,36	131
203	188,90	937	1011,59	74,59	134
204	131,16	935	1006,39	71,39	136
205	110,25	934	1006,32	72,32	137
206	70,44	934	1005,99	71,99	137
207	45,86	934	1000,06	66,06	137
208	39,81	934	999,75	65,75	137
209	8,19	931	994,00	63,00	140
210	57,74	938	992,33	54,33	133
211	34,65	940	991,13	51,13	131
212	21,01	946	986,06	40,06	125
213	49,62	940	985,59	45,59	131
214	20,46	941	983,40	42,40	130

Calendrier cultural

Cultures	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	
Céréales													
Blé dur		—————											
Blé tendre		—————											
Cultures maraîchères													
Pomme de terre (primeur)		—————											
Pomme de terre (saison)					—————								
Pomme de terre (arrière saison)	—————											—————	
Tomate (primeur)	—————												
Tomate (saison)	—————												
Tomate (arrière saison)	—————										—————		
Piment - Poivron (primeur)	—————				—————								
Piment - Poivron (saison)	—————					—————							
Piment - Poivron (arrière saison)	—————										—————		
Oignon		—————											
Carotte					—————								
Pasteque						—————							
Courgette (primeur)		—————											
Courgette (saison)	—————				—————								
Fourrages													
Vesce - avoine	—————												
Pois - avoine	—————												
Bersim	—————												
Mais fourrager						—————							
Luzerne	—————												
Arboriculture	—————												