

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEUR DE L'HYDRAULIQUE
ARBAOUI ABDALLAH**

DEPARTEMENT DES 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:

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU
D'ASSAINISSEMENT AGRICOLE D'EL-EULMA.**

Présenté par :

M^r DRIDI Ali

Promotrice :

M^{me} W.AZIEZ

Devant le jury composé de :

President: M^{me} F.AMMOUR

Examineurs:

M^r A.HACHEMI

M^{lle} S.OUIR

M^{me} D.HADJ BACHIR

M^r B.BOUTAHRAOUI

Octobre 2009

Remerciement

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant toutes ces années d'étude et qui m'ont permis d'en arriver là.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à ma promotrice *M^{me} AZIEZ ET M^{me} BAHBOUH* pour le soutien, sa disponibilité, ses précieuses orientations, ses riches documentations qu'elle m'a dispensé pour l'élaboration de cette présente thèse.

Je tien à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leurs soutiens pour l'élaboration de ce mémoire en particulier :

- Mes parents pour leurs soutiens moraux et financiers.
- Le président et les membres de jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Enfin, je remercie toutes tous mes ami(e) s et tous ceux dont le nom ne figure pas sur cette page que j'ai oubliée involontairement.

Dédicace

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

- A mes parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard
- A mes frères et soeurs
- A toute ma famille
- A mes amis sans exception
- A tous ceux qui luttent pour une Algérie meilleure et une démocratie majeure

ملخص:

تختلف طرق و تقنيات صرف المياه الزراعي باختلاف مناطق الدراسة وبالأخص المميزات الفيزيائية لمحيط الدراسة.

بالنظر الى المميزات الفيزيائية (نوعية التربة) و المميزات المناخية لمنطقة العلما فإقامة مشروع صرف المياه ضروري

إن الهدف من المشروع هو التخلص من الفائض في المياه من أجل تحسين مردود المنتج و زيادة الإنتاج الزراعي نوعا و كما و حماية المياه الجوفية من التلوث.

Résumé :

Les méthodes et techniques d'assainissement agricole différent selon les régions d'étude et notamment selon les caractéristiques physique du périmètre à étudier.

Vu les caractéristiques physique (type du sol) du périmètre d'El-Eulma et les caractéristiques climatiques (les avers) de la région d'El-Eulma la conception d'un projet du drainage est indispensable.

Le but de notre projet est éliminé les excès d'eau a fin d'améliorer le rendement des cultures et augmenter la production agricole quantitativement et qualitativement et protéger la nappe contre la pollution.

Abstract :

The methods and technics of farming sewage differentiate from each other according to the physical characteristics of the studied area.

Considering the characteristics physics (standard of the ground) of the perimeter of El-Eulma and the climatic characteristics (avers) of the area of El-Eulma design of a project of the drainage is essential.

The goal of the our project is eliminated excesses from water has fine to improve the output of the cultures and to increase the agricultural production quantitatively and qualitatively and to protect the tablecloth against pollution.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I

Présentation du périmètre d'el Eulma

INTRODUCTION	1
I.1 présentation du périmètre d'EULMA.....	2
I.2 infrastructure routiere	2
II.caracteristiques climatiques.....	3
II.1 La pluviométrie.....	4
II.2 la température	4
II.3 L' Humidité relative	5
II.4 Le vent.....	6
II.5 L'évaporation	6
II.6 L'insolation	7
II.7 La tension de vapeur.....	7
III classification du climat.....	8
III.1classification du climat selon l'indice de MARTON.....	8
III.2 classification du climat selon l'indice de EMERGER	9
III.2 classification du climat selon pluviothermique de Gaussen.....	10
CONCLUSION.....	12

Chapitre II

Ressources en sol

INTRODUCTION.....	13
I. la géologie.....	13
I.1. les formations du quaternaire	14
I.2 Mio pliocene.....	15
II.la pédologie.....	17
II -1 classe des sols.....	17
II-1.1 les sols peu évolués.....	17
II.1.2 les sols peu évolués modaux.....	17
II-1.3 les sols peu évolués vertiques.....	18
II-1.4 les sols peu évolués halmorphe.....	18
II-1.5 les sols peu évolués hydromorphe	18
II-1.6 les sols calcimagnétiques.....	18
II -1.7 les sols calcimagnétiques modaux.....	19
II-1.8 les sols calcimagnétiques a encroutement.....	19
II-1.9 les sols calcimagnétiques vertique.....	19
II-1.10 les rendzines.....	20
II-1.11 les sols à sesquioxydes de fer.....	20
II-1.12 les sols halomorphes	20
II.2.1 caractéristiques physico-chimique des sols	20
II-2.2 la profondeur	21
II.2.3 texture et structure	21
II.2.4 Calcaire totale et calcaire actif.....	21
II-2.5-matière organique	21
II-2.6- le pH et la conductivité électrique	22
II.2.6. la CEC et les bases échangeables.....	22
.CONCLUSION	23

Chapitre III

Ressources en eau

INTRODUCTION.....	24
I. la ressource hydrique	25
I-1. Les eaux superficielles	25
I-2. Les eaux souterraines	25
II- Le système de transfert EST.....	26
III-ressources en eau superficielle.....	28
III-1.barrage eraguene.....	28
III-1.barrage tabbelout.....	28
III-1.barrage draa diss.....	28
IV-composition chimique de l'eau d'irrigation	29
IV.1-problème de salinité	29
IV.2-PROBLEME DE TOXICITE.....	29
V-les classifications des eaux d'irrigation.....	30
V.1-la classification mondiale (F.A.O).....	30
V.2-la classification Américaine.....	30
V.2.1 -la conductivité électrique	31
V.2.2-le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R).....	31
VI-résoudre les problèmes de salinité et de toxicité	35
CONCLUSION	36

Chapitre IV

Les Besoins en eau des cultures

INTRODUCTION	37
I- Etude statistique de la précipitation	38
I-1.Critères de choix d'une loi	38
I-2.Etude de la précipitation annuelle	38
I-2-1.Ajustement a la loi de Gauss.....	38
I-2-1-1.La moyenne arithmétique.....	39
I-2-1.2 La Variance.....	39
I-2-1-3.La variable réduite de gauss	39
I-2-1-4.Le coefficient de variation	39
II-HOMOGENEITE DES SERIES PLUVIOMETRIQUES.....	41
II-1.Test de wilcoxon.....	42
II-1-1. Test de wilcoxon pour la station d'el-Eulma code (070103).....	42
III-DETERMINATION DE L'ANNEE DE CALCUL	44
IV-LES BESOIN EN EAU D'IRRIGATION	45
IV-1.Les cultures envisageables	45
IV-1-1.Les céréales	45
IV-1-1.Les cultures maraichages.....	45
IV-2.Détermination de l'évapotranspiration.....	47
IV-2-1. Méthode de M ^r penman & motheit modifiée.....	47
IV-2-2 .calcul de la pluie efficace.....	50
IV-2-3. L'efficience d'irrigation.....	51
IV-2-4.Les besoins nets et brutes en eau suivant le calendrier cultural.....	52
IV-2-5. les besoins du mois de pointe.....	54
CONCLUSION.....	55

Chapitre V

Lessivage des sols

INTRODUCTION.....	56
I.LE LESSIVAGE	57
I-1. lessivage d'entretien.....	57
I-1-1.Composition chimique de l'eau d'irrigation.....	58

I-1-2.Composition chimique du sol.....	59
I-1-3. Calcul de la dose de lessivage d'entretien.....	59
I-1-3-1Pour les céréales.....	60
I-1-3-2.Pour les cultures maraichages.....	60
I-2.Lessivage initial.....	63
I-2-1.Résultat du calcul.....	64
II.LES PERTES PAR PERCOLATION.....	65
II-1.le débit des eaux d'irrigation percolé.....	65
CONCLUSION.....	67
Chapitre VI	Drainage des sols
III. DRAINAGE AGRICOLE.....	69
III-1.INTERET.....	69
III-2. Technique de drainage habituel.....	69
III-2-1.Le sous solage.....	69
III-2-2.Le drainage taupe	70
III-3.le drainage artificiel.....	70
III-3-1.Drainage par fossé.....	70
III-3-1-1.Le rôle des fossés.....	71
III-3-1-2.Les avantages des fossés.....	71
III-3-1-3.Les inconvénients des fossés.....	71
III-3-2.Drainage par tuyaux enterré	72
III-3-3.Drainage par puits	73
III-4.Les drains	73
III-4-1.Principe du captage par drain.....	74
III-4-2.Les matériaux utilisés pour le drain	75
III-5.Les effets positifs de l'assainissement du sol.....	76
III-6.Causes de l'excès d'humidité du sol	77
III-7.Dimensionnement d'un réseau de drainage	77
III-7-1.Critères de dimensionnement d'un réseau de drainage.....	77
III-7-2. Critères du choix des drains.....	78
III-7-3.Prévention.....	78
III-8.Impacts du drainage sur les sols	78
III-8-1.Les impacts positifs	78
III-8-2Les impacts négatifs	78
CONCLUSION	79
Chapitre VII	Calcul du réseau de drainage
INTRODUCTION.....	80
I -Caractéristiques des zones à drainer.....	81
II- Etude et quantification des sources possible de l'excès d'eau.....	82
II -1.La pluviométrie étude fréquentielle	82
II -1-1.Ajustement a la loi de gumble	82
II -1-2.La détermination des précipitations (formule de Montana)	85
II-2. Calcul du débit caractéristique du réseau "q _c "	87
II-2-1.Notion de régime permanent et régime variable	87

II-2-2.En régime permanent.....	87
II-2-2-1.En régime permanent sans tenir compte du stockage.....	87
a-Les résultats de calcul	88
a-1.Pour les céréales :.....	88
a-2.Pour les cultures maraichage.....	89
II-2-2-2.En régime permanent en tenant compte du stockage.....	89
a-Les résultats de calcul.....	90
a-1.Pour les céréales.....	90
a-2.Pour les cultures maraichage.....	90
II-2-3.En régime variable.....	91
a-Les résultats de calcul.....	92
a-1.Pour les céréales.....	92
a-2.Pour les cultures maraichage.....	92
iii. calcul des écartements des fosses "E"	91
III-1 En régime permanant.....	95
III-1-1-pour la Zone I	95
III-1-2. Zone II et Zone III	97
III-1-2-1. Pour les zones occupées par les céréales.....	97
III-1-2-2. Pour les zones occupées par les cultures maraichages...	97
III-2. Les écartements après le sous solage.....	98
III-2-1.Pour la zone I	98
III-2-2. Zone II et Zone III	98
III-3.En régime variable.....	98
IV. CALCUL DES DIAMETRES DES DRAINS "D"	100
IV.1. Pour le régime uniforme	100
IV.2. Pour le régime non uniforme	100
IV-3 Calcul du diamètre des drains.....	101
Résultats et calculs.....	102
IV-3-1-Pour la Zone I	102
IV-3-2. Zone II et Zone III.....	103
IV-3-2-1. Pour les zones occupées par les céréales.....	103
IV-3-2-2. Pour les zones occupées par les cultures maraichères...	104
IV-4 Calcul du diamètre des collecteurs	105
IV-4 -1.Calcul hydraulique.....	106
IV-4 -2.Les remarques.....	109
IV -5 Le rejet des eaux de drainage	111
IV-6 Le débit des eaux de drainage.....	112
IV-6 Le débit des eaux de drainage dirigent vers oued Mellah.....	112
IV -6 Le débit des eaux de drainage dirigent vers oued Safia.....	113

	IV-6 Le débit des eaux de drainage dirigent vers oued Bou nessaine.	113
CONCLUSION.....		115
<i>Chapitre VIII</i>	<i>Calcul du réseau de drainage</i>	
INTRODUCTION.....		116
I- Le colmatage des drains.....		117
I-1.Le colmatage minéral.....		117
I-1-1.Colmatage minéral primaire.....		118
I-1-2.Colmatage minéral secondaire.....		118
I-2.Colmatage physico-chimique.....		118
I-2-1.Colmatage physico-chimique d'origine chimique.....		118
I-2-2.Colmatage physico-chimique lie à des réactions chimiques		120
I-3.Le Colmatage racinaire		120
II. Entretien et pérennité des systèmes de drainage.....		121
II.1. Apprécier les besoins, évaluer la performance.....		121
II.2. Méthodes d'entretien des canaux et fossés.....		122
II.2.1. Les méthodes mécaniques.....		122
II.2.2. Les méthodes chimiques.....		122
II.2.3. Les méthodes biologiques.....		122
II.3. Méthodes d'entretien des réseaux enterrés		123
II.4. Retour sur la conception.....		123
III. Réutilisation des rejets des eaux de drainage.....		124
III-1. Potentialités et stratégies de réutilisation.....		124
III-1-1. La stratégie cyclique.....		125
III-1-2.La stratégie du mélange des eaux.....		125
IV. Rejet des eaux de drainage		126
CONCLUSION.....		127

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1	caractéristiques géographiques de la station de Sétif-el Eulma.....	3
Tableau I.2	Répartition mensuelle moyenne de la pluie en mm de Sétif.....	4
Tableau I.3	les valeurs de température.....	5
Tableau I.4	Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en % (Sétif).....	5
Tableau I.5	Vitesse du vent de la station d'el-Eulma.....	6
Tableau I.6	Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne à la station d'el-Eulma.....	6
Tableau I.7	moyenne mensuelle de l'insolation.....	7
Tableau I.8	Répartition mensuelle de la tension de vapeur d'eau (Hectopascals).....	7
Tableau I.9	classification de climat selon Mr Martonne.....	8
Tableau II.1	classification du sol selon le ph.....	22
Tableau III.1	composition chimique des eaux superficielles.....	29
Tableau III.2	classification mondiale (F.A.O)	30
Tableau III.3	Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	31
Tableau IV.1	l'ajustement à la loi de gauss.....	40
Tableau IV.2	Test de Wilcoxon pour la station d'EL-EUMA (070103).....	43
Tableau IV.3	La pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)	44
Tableau IV.4	la pluviométrie mensuelle de fréquence (80%).....	44
Tableau IV.5	calendrier des cultures envisageable.....	46
Tableau IV.6	Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith.....	49
Tableau IV.7	Les précipitations efficaces dans les zones de projet.....	50
Tableau IV.8	besoins en eau d'irrigation de périmètre d'EL-Eulma.....	53
Tableau IV.9	l'ETM de mois de pointe du modèle adopté.....	54
Tableau V.1	composition chimique des eaux superficielles.....	59
Tableau V.2	le pourcentage(LE) en fonction de texture.....	61
Tableau V.3	les doses de lessivage.....	62
Tableau VII.1	caractéristiques de la zone à drainé.....	81
Tableau VII.2	l'ajustement à la loi de Gumbel.....	83
Tableau VII.3	les pluies de 1jour période de retour 2,5 et 10ans.....	85
Tableau VII.4	les précipitations journalières pour les périodes 2.5 et 10 ans.....	86
Tableau VII.5	les débits caractéristiques de chaque système.....	92
Tableau VII.6	Récapitulation.....	99
Tableau VII.7	les caractéristiques des drains.....	105
Tableau VII.8	Les caractéristiques des collecteurs.....	107
Tableau VII.8	Les caractéristiques des collecteurs.....	108
Tableau VII.8	Les caractéristiques des collecteurs.....	109
Tableau VII.9	les débits des oueds existants.....	112
Tableau VII.10	les débits des eaux véhiculées vers l'oued.....	112

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 :	Situation du périmètre d'el Eulma.....	3
Figure I.2 :	Diagramme Ombrothémique de la région d'El-Eulma	10
Figure I.3 :	Diagramme bioclimatique d'EMBERGER	11
Figure II.1 :	carte géologique	16
Figure III.1 :	réseau hydrographique de la région du transfert EST	27
Figure III.2 :	Diagramme de classification des eaux d'irrigation	34
Figure VI.1 :	le drainage taupe	70
Figure VI .2 :	drainage par fossé	71
Figure VI 3 :	drainage par tuyaux enterrés	72
Figure VI.4 :	principe du captage par drain	74
Figure VI.5	position de la boîte de captage	75
Figure VI.6	le type de branchement des collecteurs	75
Figure VI.7	drain fabriqué localement avec du tuyau PVC	76
Figure VI.7	la précipitation en fonction de la fréquence.	82
Figure VI.7	Les procédures de l'acheminement des eaux	110
Figure VIII.1	colmatage ferrugineux des orifices d'un drain	119
Figure VIII.2	les dépôts à l'intérieur des drains	119
Figure VIII.7	les bactéries ferrugineuses	120



Introduction générale :

La superficie des terres irriguées en Algérie est actuellement de l'ordre de 350000 ha et il serait économiquement et socialement souhaitable qu'elle augmente à l'avenir pour atteindre 1 million ha. L'irrigation s'est développée tant en termes de superficie équipée qu'en termes de techniques utilisées, en effet la production agricole dépend d'une part très importante de l'irrigation.

La région d'El Eulma est caractérisée par des vastes surfaces agricoles fertiles, le périmètre qu'on doit étudier l'un des plus grandes périmètre irriguée en Algérie tel que son superficie est estimée de **20000 ha**, il joue un rôle principal dans l'agriculture, surtout dans la production céréalières, mais le problème qui se pose dans ce périmètre c'est la mauvaise gestion de l'irrigation est cependant responsable de l'apparition de problèmes d'excès d'eau et de salinisation ,Ce problème d'excès d'eau apparaît quand les apports en eaux dépassent les capacités naturelles des sols et sa peut provient de l'irrigation (pertes par percolation), les doses de lessivage ainsi que l'apport pluviales, le problème de salinisation apparaît quand la concentration en sel dépasse le seuil de tolérance des cultures.

Il s'agit de cette thèse à étudier une superficie de **911.6 ha**, et notre zone d'étude se trouve dans la partie sud du périmètre, le choix de cette zone se fait sur la base d'une étude proprement géologique telle que nous avons intéressé aux sols hydraumorphe et les sols halomorphe.

La superficie drainée en Algérie est estimée à 56000 hectares, tandis que les problèmes de salinités affecteraient la totalité des terres irriguées en Algérie. La perte des terres cultivables par manque de drainage est en premier lieu un problème d'économie agricole, la dégradation de ces terres entraîne des pertes de production, des pertes sur les investissements consentis pour l'irrigation, elle pose aussi un problème au milieu humain. Si on laisse ce phénomène se perpétuer, les nappes seront polluées,

l'environnement rural se dégradera et dans une telle mesure, des régions entières deviendront inhabitables, leurs destructions seront totales.

Introduction

Dans ce chapitre on est entraine de faire une analyse bien détailler du notre périmètre de point de vue situation géographique, caractéristiques climatiques a fin de déterminé les différents paramètres climatique qui nous aident pour connaître la nature du climat de la zone d'étude la présence de ce chapitre est indispensable dans une étude qui sert l'irrigation a la parcelle, puisque c'est la base du calcul des besoins en eaux d'irrigation et ce calcul est indispensable pour un projet de drainage .

I-Présentation du périmètre d'EL-EULMA:

Notre zone d'étude est située à environ 30 kilomètres à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Sétif.

Le périmètre en projet s'étend sur le plateau d'El Eulma à une altitude comprise entre 1000m en périphérie Nord et 930m au sud en bordure de la sebkha bazar. L'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'El Eulma (Wilaya de Sétif) sera réalisée sur une superficie de 20 000 ha occupant les terres agricoles de six communes qui sont :Guetta Zerka, El Eulma , Bir El Arch , El Ouldja, Bazer Sakra et Oued Saber.

Le plateau est dominé par des collines sur deux secteurs :

a-Au Nord par le Djebel Chouf Aissa Ben Zir qui culmine à 1462m ;

b- A l'Ouest par la bordure du plateau du Douar Ouled Sabar , qui culmine à 1256 m.

Les oueds et chablets issus de ces reliefs et qui convergent vers le périmètre restent d'extension modeste de moins de 1 km² à 35 km².

Quant au périmètre proprement dit, il est limité :

d- Au Nord par les piémonts du Djebel Babor,

e- A l'Est par la localité de Mechtet Bou Rhalleb,

d- Au Sud par la Sebkha Bazer, les piedmonts des Djebels Braou et Tnoutit.

f- A l'Ouest par Bled Mahfoud.

I.1-Infrastructure routière :

La zone de projet est bien desservie par l'infrastructure routière, tant dans le réseau primaire par deux Routes Nationales (RN5 : Alger-Constantine ; RN77 : Batna-Jijel) que dans le réseau secondaire (trois chemins de wilaya : CW113, CW118, CW171) ; ainsi qu'un réseau dense de chemins communaux reliant toutes les agglomérations au réseau primaire et secondaire.

Elle est également traversée par les lignes de chemins de fer Alger –Constantine. En matière de desserte agricole on notera l'existence d'un important réseau de pistes agricoles souvent en terre.

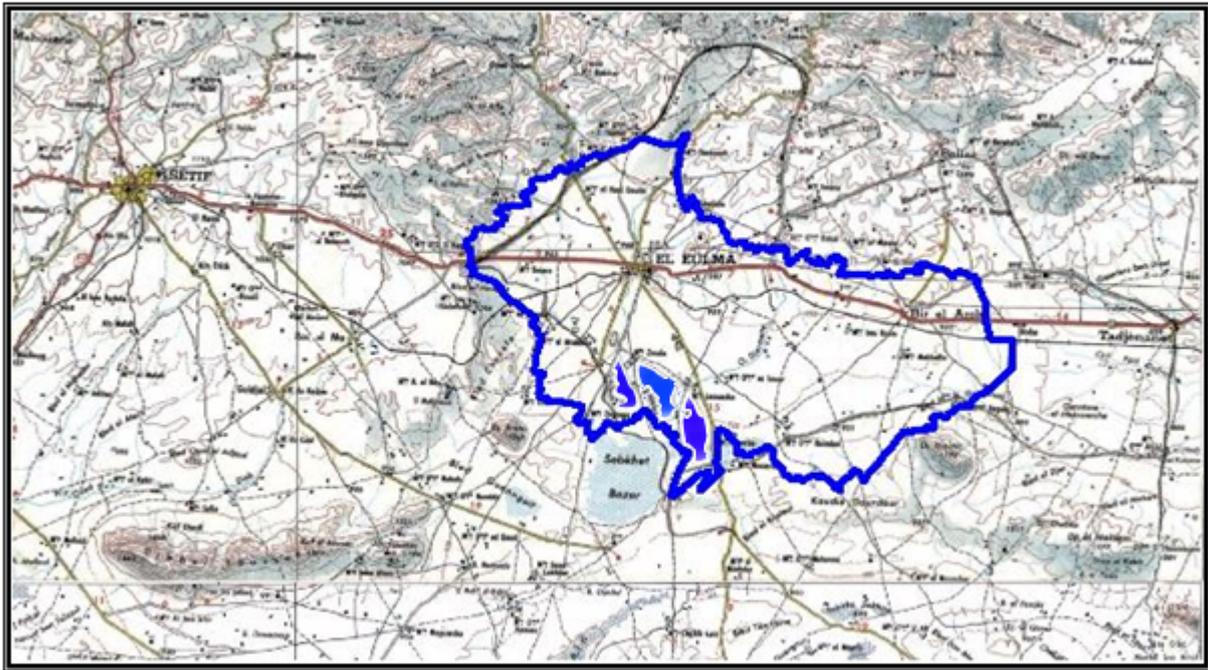


Figure I.1 : Situation du périmètre d’el Eulma

II- Caractéristiques climatiques :

L’étude climatologique est d’une importance non négligeable, car elle permet d’analyser des facteurs importants comme la température, le vent, l’humidité, les précipitations.....Etc. Tous ces facteurs climatiques conditionnent d’une manière plus au moins importante la conception d’un projet de drainage .

Les données météorologiques utilisées dans cette étude ont été fournis par L’ANRH . Certains compléments sont extraits de la banque de données disponibles à L’ENHYD ou obtenus auprès de l’office National de la Météorologie.

La station climatique existante, susceptible d’être considérée comme représentative de la région d’étude, et possédante des données fiables, que celle de Sétif.

Les caractéristiques géographiques de la station sont présentées dans le tableau 1.

Tableau I-1 : caractéristiques géographiques de la station de Sétif-el Eulma.

station	Latitude (X)	Longitude(Y)	Z	code
Sétif	36°11	05°15	970	150612
El-Eulma	36°05	05°37	960	070103

II.1 la pluviométrie :

La station pluviométrique représentative est celle de notre région d'étude, les données couvrent la période de 1981 à 2002. Il est à noter que la série a été reconstituée car incomplète, certaines données mensuelles étant manquantes. La répartition mensuelle des pluies est donnée par le tableau suivant :

Tableau I-2 : Répartition mensuelle moyenne de la pluie en mm de Sétif

MOIS	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Pmoy	42.4	34.26	39.90	33.12	40.71	23.61	10.50	17.09	38.16	29.69	27.77	50.11

Source (ANRH) Alger

Le climat de notre zone d'étude est de type méditerranéen semi aride, caractérisé par un hiver relativement tempéré et un été chaud et sec, cette zone est également caractérisée par une saison pluvieuse qui s'étale du mois de septembre qui annonce l'arrivée des premières pluies de l'automne jusqu'au mois d'avril ou par fois mai qui annonce la fin de la saison humide et le début de la saison sèche.

Cette zone est caractérisée également par la variabilité interannuelle des précipitations ou l'on remarque qu'une grande partie des pluies tombe sur cette zone en quelques semaines sous forme d'averses et puis de grandes sécheresses s'annoncent après ces averses.

II -2 la température :

La température est un élément du climat important, et le haut plateau sétifien est une région à caractère continental. La température moyenne du mois le plus chaud (juillet) est de 24.45°C, et celle du mois le plus froid (janvier) est de 5.56°C. [Les minima et maxima observés sont 0.9° et 33,2°C].

Tableau I.3: les valeurs de température

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	juin	juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T min	0.9	1.3	2.4	4.7	9.1	13.5	15.7	14.8	12.5	8.7	4.3	1.6
T max	10.2	11.7	14.9	18.4	23.8	30.2	33.2	32.5	28.1	20.89	15.4	10.9
T moy	5.56	6.5	8.65	11.55	16.45	21.85	24.45	23.65	20.3	14.8	9.85	6.25

Source : Dossier la station pluviométrique el-Eulma

Nous distinguons deux périodes dans l'année : une saison froide de novembre à avril et une saison chaude de mai à octobre.

II.3 L'Humidité relative :

L'humidité relative est 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

Ainsi, L'humidité relative indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. L'humidité relative est à l'origine de toutes précipitations, en outre elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau.

La répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative, mesurée au psychomètre est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 1.4 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en % (Sétif)

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Hr %	76,0	69,0	63,0	59,0	53,0	41,0	35,0	38,0	54,0	62,0	72,0	77,0

Source : Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau **Stucky-Enhyd 2007**

II-4 Le Vent :

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat, il à une influence sur l'évapotranspiration des végétaux, ainsi la détérioration des plantes, son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents.

Les valeurs mensuelles et annuelles de la vitesse du vent enregistrées au niveau des stations climatologiques sont présentes dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1.5 : Vitesse du vent de la station d'el-Eulma

station	J	V	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
V(m/s)	3.9	3.8	3.9	4.2	4.6	3.6	3.8	4.0	3.8	3.2	3.7	4.2	3.9

Source : Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau **Stucky-Enhyd 2007**

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. La moyenne annuelle est de 3.9 m/s.

II-5 L'évaporation:

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle et annuelle de la zone d'el-Eulma sont données dans le tableau ci-après.

Tableau I.6 : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne à la station d'el-Eulma

Moins	J	V	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
Evp(mm)	33	79	87	67	86	151	243	234	141	134	39	23.6	1319

Source : Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau **Stucky-Enhyd 2007**

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant de mai à septembre et elle est plus ou moins faible du mois de novembre à janvier.

II-6 l'Insolation :

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est élevée : la moyenne annuelle est de 8.2 heures par jour. L'ensoleillement annuel total est de 2990 heures réparties entre 1 169 heures en hiver et 1 821heures en été.

Tableau I -7 : moyenne mensuelle de l'insolation

mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Moy(heure)	196	220	234	259	264	334	369	315	280	222	172	125
Heure/jour	6,32	7,86	7,55	8,63	8,52	11,13	11,90	10,16	9,33	7,16	5,73	4,03

Source : Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau **Stucky-**

Enhyd 2007

La quantité d'heures minimales d'ensoleillement dans la région est de 4.03 heures par jour pour la station de Sétif.

II-7: la tension de vapeur :

La tension de vapeur réelle mensuelle exprimée en millibars est un facteur très important dans l'évaluation de l'évapotranspiration. Le moment où s'effectue la mesure étant important, n'ayant pas été mentionné dans notre cas. Le tableau n° : I. 7, donne la tension de vapeur réelle, peu variable, au cours de la journée.

Tableau I. 8: Répartition mensuelle de la tension de vapeur d'eau (Hectopascals)

mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	année
Tension de vapeur	85	454	243	234	141	134	39	23.6	33	79	87	67	1319

Source : Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau **Stucky-Enhyd 2007**

Les valeurs moyennes minimales et maximales de la tension de vapeur d'eau se situent respectivement en mois de février et au mois d'août

III- Classification du climat :

III-1 classification du climat selon l'indice de MR MARTONE :

L'indice d'aridité de Martone, donné par l'expression [1-1], est un parametre qui permet la classification du climat afin de nous renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation par rapport au climat. Voir tableau n° **I-8**.

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

Avec : **I_A** : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Tableau I-9 : classification de climat selon Mr Martonne

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
I < 5	désertique	indisponible
5 < I < 10	Très sec	indisponible
10 < I < 20	Sec	Souvent indisponible
20 < I < 30	Relativement humide	Parfois utile
I > 30	humide	inutile

Pour :

$$P = 387.22 \text{ mm /an}$$

$$T = 14.16^\circ\text{C}$$

$$\text{On aura : } I = \frac{387.22}{14.16 + 10} = 16.03$$

$$I_A = 16.03 \text{ donc : } 10 < I_A \leq 20$$

D'où notre climat est sec, donc l'irrigation est souvent indispensable.

III-2 Classification du climat selon diagramme de Mr EMERGER :

Le quotient pluviométrique d'EMERGER s'exprime par la formule suivant

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} \quad (1-2).$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'EMERGER.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (kelvin).

m : moyenne des températures minimales (kelvin).

$$M = 33.2 + 273 = 306.2 \text{ K} \quad (1-3).$$

$$m = 0.9 + 273 = 273.9 \text{ K} \quad (1-4).$$

$$Q = 2000 \cdot \frac{387.22}{306.2^2 - 273.9^2} = 41.33$$

III-2 classification du climat selon pluviothermique de Gaussen :

Le climogramme de Gaussen est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse totale, cette période correspond d'après le graphe aux mois de mai, juin, juillet, août, et septembre. En cette période l'irrigation est nécessaire (figure -2).

La période sèche s'étend sur plus de 3 mois ce qui confirme le caractère semi aride de cette zone.

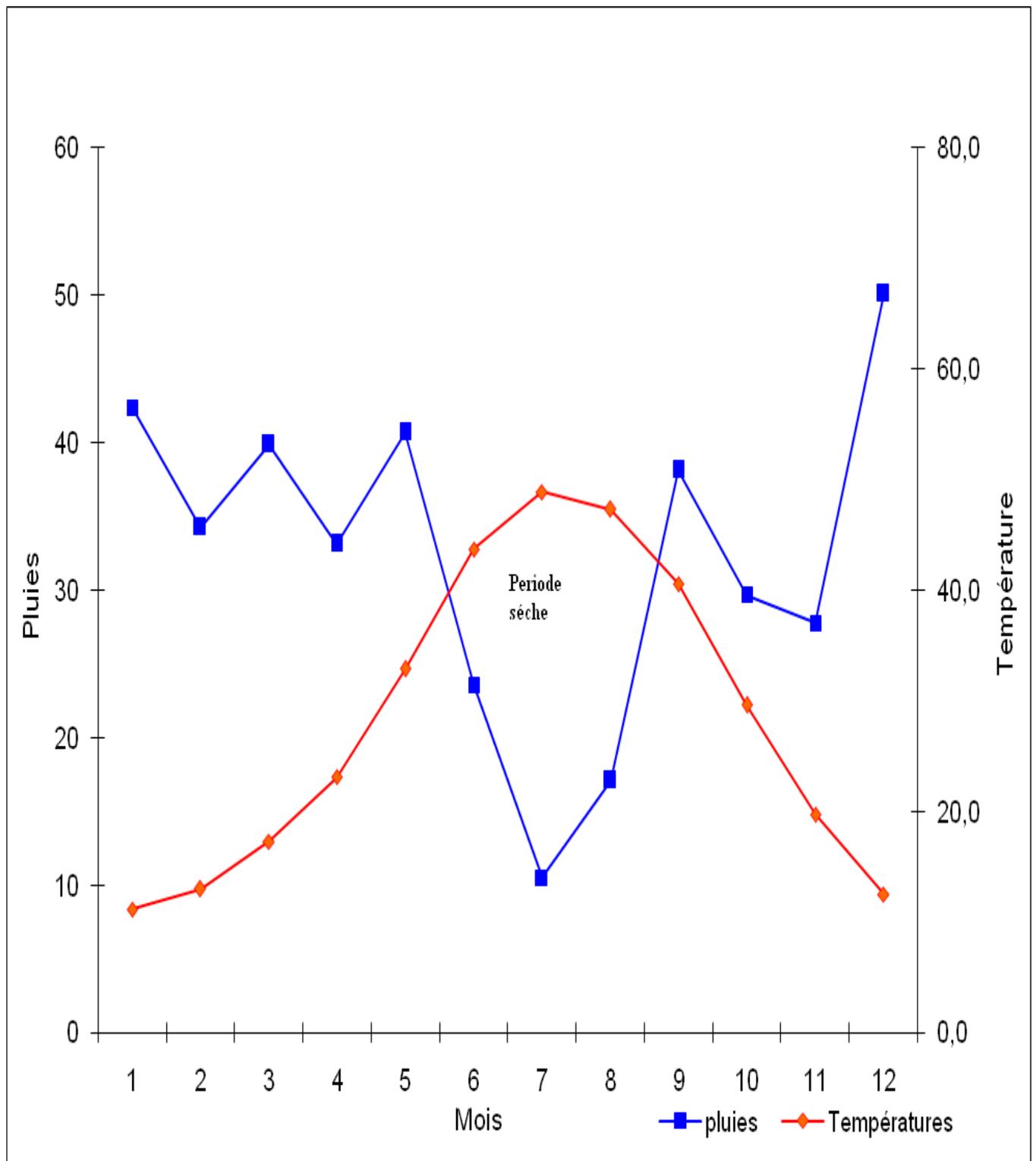


Figure I.2: Diagramme Ombrothermique de la région d'el-Eulma

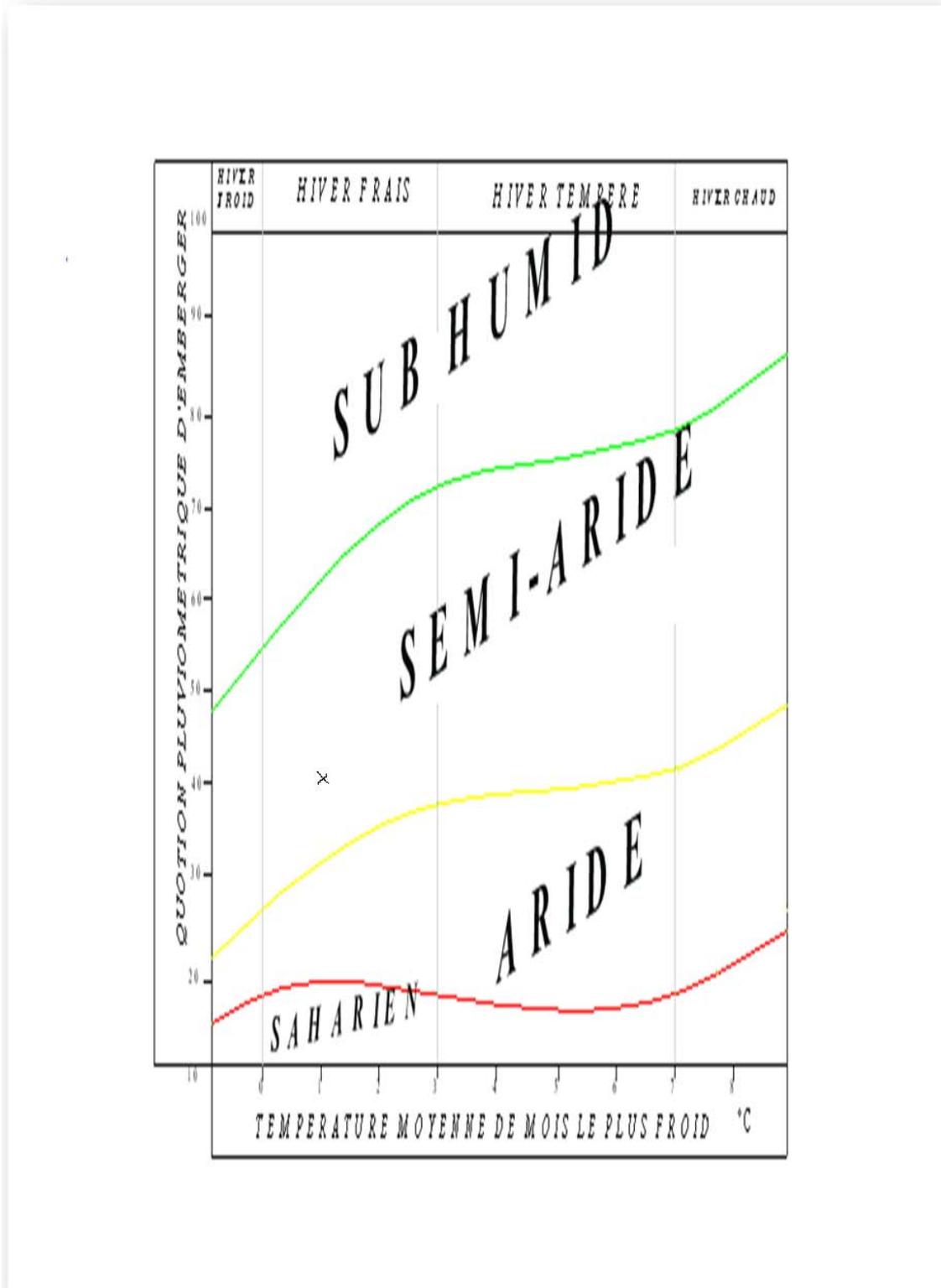


Figure II.3 Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons traité les principales données qui nous aideront à connaître la nature du climat de la zone d'étude et on a déterminé les paramètres de calculs des besoins en eau du périmètre.

Du point de vue topographique le périmètre possède une topographie relativement plane telle que la pente du terrain naturel ne dépasse pas le 4%.

Le diagramme ombrothermique nous a permis de déterminer la dissociation de deux saisons à savoir ; la saison humide, et la saison sèche qui est la période d'irrigation

Donc la période pluvieuse débutera à partir du mois août et se terminera au mois de mai. Les mois les plus secs sont juin, juillet et août.

Introduction :

Pour bien savoir la conception du périmètre il faut faire des analyses bien d'étalés sur les compositions des sols, donc dans ce chapitre nous avons étudié la situation géologique et pédologique de notre zone d'étude a fin de délimiter les zones qui nécessite un drainage.

I.La Géologie :

La géologie de la zone d'étude a été réalisée a partir d'une coupe géologique. La carte géologique d'El Eulma (ex St Arnaud) comporte à la fois les contreforts méridionaux du tell et plus au Sud le domaine des hautes plaines Sétifiennes. Le tell Sétifien est représenté par la ligne des hauteurs septentrionales du Djebel Medjounes (1461 m), les monts de Djemila avec Djebel Chouf Aissa ben zir (1452 m) et le massif des Kefs Tiours (1148 m) et du djebel Ayad (1069 m). A partir de ce massif montagneux le relief s'abaisse doucement vers le Sud et se stabilise vers une altitude de 950 m aux environ d'El-Eulma .

La bordure septentrionale de la feuille appartient au versant méditerranéen via l'Oued Deheb qui est une branche mère de l'Oued Kebir, Le Sud Ouest reste, quant à lui dépendant de la Sebkha Bazer, qui reste la plus élevée des dépressions endoréiques sétifiennes englobant les Oueds Medjaz , Djehadi et Djermane. L'Est reste tributaire de l'Oued Rhumel, avec au nord de la feuille, un paysage du Tell représenté par une large vallée à flancs ravinés et aux terres ingrates disséquées et abruptes. Dans le Sud c'est le paysage caractéristique des hautes plaines avec de vastes étendues à reliefs plat, vaguement vallonné et dépourvu d'arbres.

La feuille de Bir el Ahrech (ex Navarin) qui est la coupure la plus typique des hautes plaines sétifiennes se caractérise par la convergence de tous les Oueds vers sebkha Bazer. Trois cuvettes de lacs salés sont donc en totalité ou en partie dans le centre de la feuille avec sebkha Bazer au centre , le chott el Frain au Sud-Ouest et Le chott el Beida au sud -est. Les formations rencontrées dans la zone d'étude sont surtout des formations du Quaternaire et du Miopliocène.

I-1 Les formations du Quaternaire :

On y trouve les formations suivantes :

A : Alluvions actuelles et récentes : ce sont des sables, des limons, des graviers, et des cailloutis avec un profil dominant attribuable au Rharbo actuel. Vers le Nord, ces dépôts se confondent avec le lit majeur des oueds. Le même profil se trouve sur la feuille de Bir el Ahrech avec des sables, des limons et graviers provenant des zones plus septentrionales et développés le long des oueds.

Q : terres arable, formations de pente, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé : il s'agit en général de sols bruns qui rendent possible la mise en culture. Ces sols se développent sur des niveaux marneux et des alluvions tout en débordant sur d'anciens glacis en pente douce pour se raccorder progressivement à des alluvions anciennes vers le Sud des grands Oueds.

Sur la feuille de Bir el Ahrech les terres arables sont installées sur des placages limoneux et supportent un sol brun peu ou pas calcaire. Sur le quart de la feuille Nord Ouest, les formations de pentes laissent à peine apparaître les argiles et les cailloutis rougeâtres du Mio-Pliocene qui peuvent être superposés aux croûtes superficielles minces, généralement détruites par les labours et éliminées manuellement.

Q^c : villafranchien : calcaires lacustres et sols à croûtes avec horizons caillouteux datés à Ain Hanech

a : principaux niveaux de croûtes : ce sont les formations les plus caractéristiques des hautes plaines sétifiennes. Ces niveaux sont en outre ravinés par des argiles à lit de cailloutis sur lequel viennent 10 à 15 m de marnes jaunes puis la croûte calcaire. Plus au Sud c'est sur des formations analogues se sont installées les carapaces calcaires si caractéristiques des hautes plaines sétifiennes. Sur ces croûtes s'est formés des sols squelettiques avec comme partie plus récente une nouvelle croûte de 10 à 20 cm d'épaisseur.

Ces formations (n'ont pas été rencontrées au niveau de la feuille géologique de Bir el Ahrech

Q^t : Glacis polygéniques nappant les reliefs.

C'est la forme du relief la plus caractéristique des hautes plaines sétifiennes, ces glacis correspondent à des surfaces ayant des pentes très faibles près des plaines dont la pente augmente progressivement vers la montagne. En profondeur les traces de l'encroûtement sont fréquentes et présentent habituellement un aspect de croûtes feuilletées attribuées au Tensifien.

I.2 Mio pliocene :

Mp : Miopliocène continental : limon et conglomérat rouge, poudingues, argiles gypseuses et amas de galets et argiles rutilantes. C'est un ensemble complexe de formation d'origine continentale qui se répartit en deux masses principales le bassin de Béni –Fouda (ex sillégue) qui atteint vers le Sud la localité d'el Eulma et l'affleurement de la Mechta Smara à l'Est de la feuille. A l'Ouest de l'anticlinal de Djemila, au pied du djebel Medjounes et des ouled Sabors , la limite correspond à d'importante flexure récente, La base de la série est attribuée au Miocène supérieur ; ce sont des conglomérats à gros graviers surmontés d'argile grise rougeâtres . Au dessus de 150 m à 200 m d'argiles et de marnes à gypse diffus viennent quelques niveaux de calcaires lacustres. Plus en haut encore, la série devient très variable avec de grosses intercalations lenticulaire de poudingues grossiers, des argiles à lentilles de lignite friable, des lits gréseux gypsifères à petits bancs minces de calcaires (Draa Haloufa).Cet ensemble peut atteindre 150 à 200 m d'épaisseur. La série se termine par de puissants dépôts Fulvio-lacustres de constitution variée. Au niveau de la feuille de Bir el Ahrech le mio pliocène est représenté par des sables, limon rougeâtre, cailloutis, et conglomérat localisés dans l'angle de la feuille, autour du Djebel Tnoutit enveloppant le Nord du Djebel Tella,. Ce sont des dépôts fluviatiles typiques avec un grand développement de conglomérats autour du Djebel Tella .

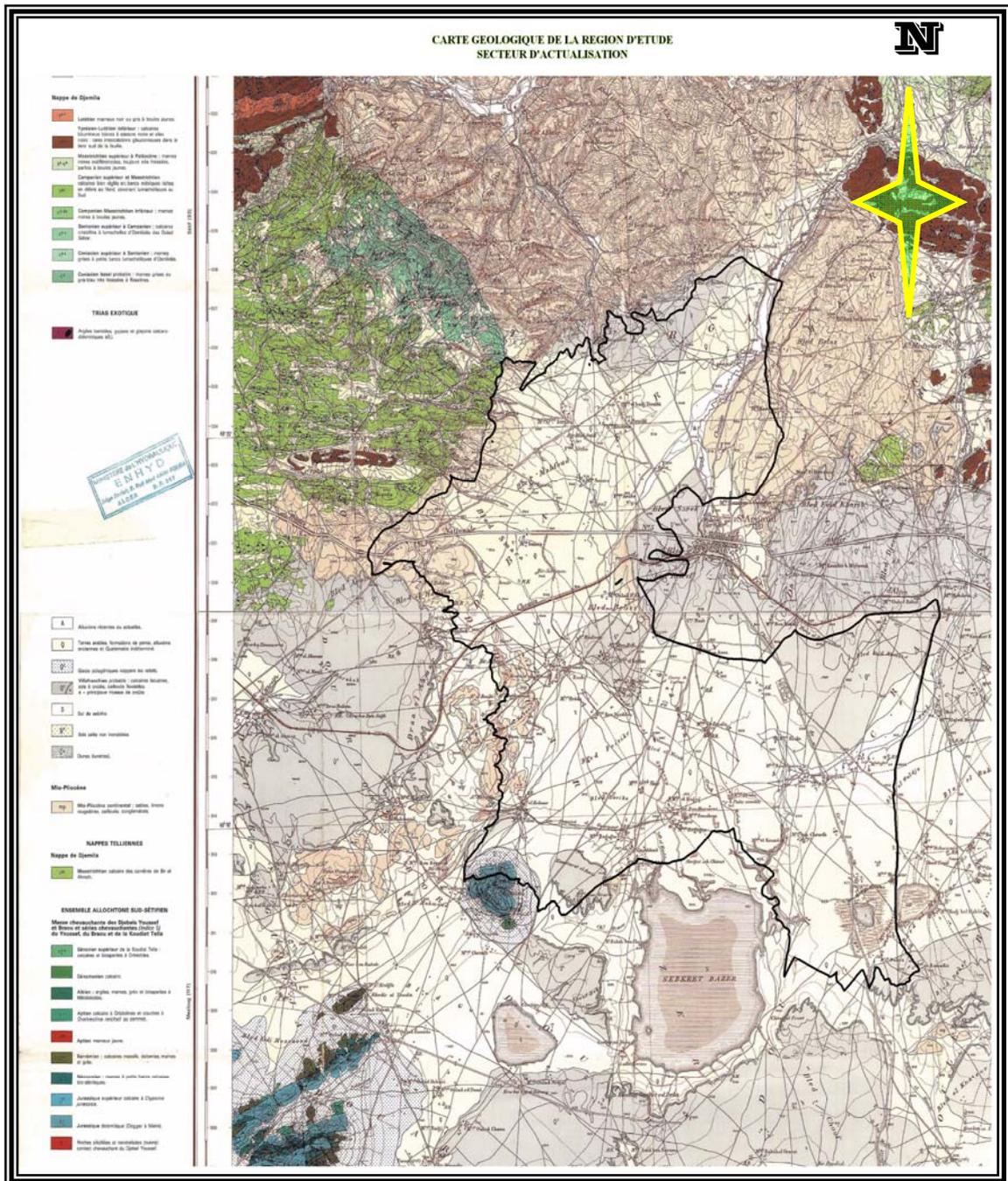


Figure II.1 : carte géologique

Source : Dossier I-B Analyse Des Ressources En Sol Stucky-Enhyd 2007

II.la pédologie :

L'étude agro-pédologique a pour but de définir le sol destinés a l'irrigation ainsi les sols qui n'ont pas besoin d'un drainage.

En ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle de réservoir. Les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement sont utiles à connaître dans un périmètre d'irrigation ; donc la pédologie est l'étude de reconnaissance des sols, et dans cette étude agro-pédologique on divise ce périmètre en trois secteurs :

- 1- Etude agro-pédologique secteur I (5718.81 ha échelle 1/20.000ème).
- 2- Etude agro-pédologique secteur II (7500 ha échelle 1/20.000ème).
- 3- Etude agro-pédologique secteur III (6781.82 ha échelle 1/20.000ème).

II-1 classe des sols :

Il existe quatre grandes classes de sols qui sont :

- Les sols peu évolués.
- Les sols calcimagnésiques.
- Les sols halomorphes.
- Les sols à sesquioxydes de fer.

II-1.1 les sols peu évolués :

Ce sont des sols bien représentés dans la zone d'étude. Ils sont présents principalement dans la partie nord et accessoirement dans la partie sud aux environs de la sebkha.

Ces sols s'étendent sur une superficie de 2809 ha (30% de la superficie).

Ce sont des sols peu évolués, d'origine non climatique, d'apport alluvial.

Les sous-groupes rencontrés sont les sols modaux, les sols vertiques, les sols hydromorphes et les sols halmorphes.

II-1.1.1 les sols peu évolués modaux :

Ces sols sont localisés dans la partie nord-ouest d'EL-EULMA et dans l'extrême sud avec une superficie de 2809 ha. ce sont des sols profonds calcaires, à texture équilibrée et à faible salinité. Les traits d'hydromorphie y sont très peu perceptibles. Le taux de calcaire varie entre 2.8% et 36% avec des encroûtements en profondeur (à plus de 100 cm)

Leur texture est, généralement limoneuse et quelque fois argileuse. leur salinité reste faible avec des valeurs de le CE inférieures à 4 ds/m .

II-1.1.2 les sols peu évolués vertiques :

Les sols peu évolués vertiques se regroupent dans la zone centrale autour de la voie ferrée avec une petite superficie sur les bords de la sebkha. Il occupe une position topographique plus basse que les sols modaux. La superficie totale de ces sols est de 939.90 ha (6.4% de la superficie de la zone d'étude).

Ces sols ressemblent aux sols modaux. Ce qui différencie ces sols reste principalement l'existence de petites fentes de retrait qui apparaissent dans le sol jusqu'à une profondeur de 50cm. leur couleur est plus foncée et le taut de graviers et de cailloux dans le profil reste bas. leur texture est souvent limoneuse fine avec des taux de calcaire élevés (de 20 à 40 %). Les encroûtements calcaires sont moins fréquents et plus profonds.

II-1.1.3 les sols peu évolués halmorphe :

Ces sols sont localisés à l'extrême sud de la zone d'étude entourant les véritables sols salés. ils s'étendent sur une superficie de 539 ha sont caractérisés par l'apparition de la salinité en profondeur avec une CE pouvant atteindre des valeurs de 6 Ds/m. Leur texture est limoneuse à légèrement argileuse avec des dépôts de gypse

II-1.1.4 les sols peu évolués hydromorphe :

Ces sols sont représentés que dans la partie sud à côté de Mechtet Echarfa sur le bord ouest de la sebkha. Ils occupent seulement 277 ha. les signes d'hydromorphie apparaissent à partir 40 à 50 cm de profondeur sous forme de taches d'oxydoréduction à faible contraste sur un substratum marneux.

II-1.2 les sols calcimagnésiques :

Ce sont les sols les plus représentés dans la zone d'étude. Ils occupent une superficie de 9788.25 ha soit 67% de la superficie totale. il apparaissent d'une manière non continue dans la partie nord et se densifient dans la partie sud. la caractéristique principale de ces sols reste présence de calcaire sous toutes ses formes avec l'absence des fortes teneurs en sols reste et une texture non argileuse. La présence ou l'absence d'un niveau limitant les différencie entre les sols modaux

Les sols à encroûtement, les sols vertique et rendzines.

II-1.2.1 les sols calcimagnétiques modaux :

Ce sont des sols bien profonds ne présentant pas de contrainte pour la mise en valeur.

Ils sont localisés exclusivement dans la partie nord et s'étendent sur une superficie de 870ha environ.

Leur texture est équilibrée et le taux de calcaire reste variable en passant de 6 à 30% mais jamais sous forme d'encroûtement. L'apparition de la croûte ne peut avoir lieu qu'après 100 cm de profondeur.

II-1.2.2 les sols calcimagnétiques à encroûtement :

Ce sont les sols les plus représentés de tous les sous-groupes avec une superficie de 5958.84 ha occupant une partie de la zone nord et une grande partie de la zone sud.

Les sols à encroûtement sont caractérisés par la présence d'un dépôt densifié de calcaire surmontant généralement une croûte endurcie de calcaire.

Le niveau d'apparition de cet encroûtement commence à partir de 40 cm et s'étend au-delà de 100 cm. Le taux de calcaire reste constant tout le long du profil mais se présente sous forme de concrétions dans la partie basse du profil. Le taux de calcaire actif reste très élevé dans ces sols et leur texture est généralement équilibrée.

II-1.2.3 les sols calcimagnétiques vertique :

Ces sols sont bien représentés dans la partie sud de la zone d'étude autour de bled fessikh et éparpillés au nord de la zone. Leur superficie totale avoisine 1488ha.

Ces sols sont caractérisés par une texture fine proche de celle des vertisols mais plus limoneuse qu'argileuse. Le taux d'argile atteint rarement 35% dans les premiers 50cm et celui du calcaire dépasse souvent 25% dans le profil mais sous des formes diffuses. Ces sols sont profonds et ne posent pas de problème de salinité et d'hydromorphie.

II-1.4 les rendzines :

Les rendzines sont des sols peu profonds et contenant de fortes charges en cailloux calcaire dans la partie supérieure du profil. Ils sont localisés sur les bordures du périmètre sur les pentes des glacis. Quelques lambeaux épars sortent dans le milieu de la partie sud. La superficie totale reste importante avec 1471.88ha.

II-1.5 les sols à sesquioxydes de fer :

Ce type de sols est très peu représenté dans cette zone. Quant la couleur rougeâtre est la caractéristique principale de ces sols. Du fait de l'absence d'un B bien structuré beaucoup la plupart des sols rouges de la région d'El-Eulma sont classés dans d'autres classes.

Dans le périmètre d'étude ces sols occupent seulement une petite surface au nord-est avec 34 ha environ. Leur texture équilibrée en surface devient plus argileuse en profondeur et leur taux de calcaire est très bas.

II-1.6 les sols halomorphes:

Ces sols sont localisés dans le sud du périmètre d'étude près de la sebkha et s'étendent sur une superficie de 204ha environ. Le caractère d'holomorphie reste primaire pour ces sols. Leur conductivité électrique est très élevée et dépasse 7 ds/m dans tout le profil avec une texture argileuse.

II-2.1 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS :

Les principales caractéristique physico-chimiques que nous avons étudiées sont : la texture, la structure, la teneur en calcaire total et actif, la conductivité électrique, le PH, le complexe adsorbant enfin les éléments fertilisants. Nous présentons ci-dessous les taux reflétant caractéristique sur l'ensemble du périmètre.

II-2.2 la profondeur :

La profondeur du sol est la tranche du sol accessible aux racines et leur permettant un développement optimal, cette profondeur peut être limitée par une croûte, un encroûtement calcaire, ou par un affleurement rocheux, les sols de notre périmètre sont en générale profond a moyennement profond.

II-2.3 texture et structure :

Sur l'ensemble de la zone étudiée, la texture étant fine a très fine. Quant à la structure, elle est en générale favorable excepté celle des sols peu évolués qui possèdent des structures massives.

II-2.4 calcaire total et calcaire actif :

Le calcaire actif est la fraction fine du calcaire total lorsqu'il est présent à des taux élevés il peut provoquer l'assimilation du fer qui entraîne un jaunissement des feuilles (chlorose), une fragilité des cultures aux différentes maladies et par la même une réduction des rendements, c'est un facteur très important dans le choix des cultures il est la cause de la chlorose de plusieurs espèces.

Teneur faible : $0 < \text{Ca CO}_3 < 7\%$

Teneur moyenne : $7 < \text{Ca CO}_3 < 12 \%$

Teneur riche: $12 < \text{Ca CO}_3 < 25 \%$

Teneur très riche : $\text{Ca CO}_3 > 25\%$

Les résultats d'analyses indiquent que les sols sont calcaires à très fortement calcaires cela est du principalement à l'origine matériaux parental qui est calcaire au niveau du périmètre le taux du calcaire est extrêmement élevé dépasse même les 50%.

II-2.5-matière organique :

Le taux de matière organique est faible dans l'ensemble et varie entre 0.9% et 1.77%.

II-2.6- le pH et la conductivité électrique :

La conductivité électrique est aussi un facteur très important dans le choix des espèces, les sels par leurs pouvoir asphyxiant blocs les espaces poreux des sols, ni l'eau ni l'air ne peuvent y circuler ils doivent être constamment irrigués il donc préférable d'avoir des sols salé que des sols sodique ou l'ion Na démantèles complètement la structure et le rend poudreuse son estimation a été faite sous la base de l'échelle de l'extrait aqueux rapport 1/5

CE : conductivité électrique :	Non salé	$\text{CE} < 0.6 \text{mmhos/cm}$
	Peu salé :	$0.6 < \text{CE} < 1.2 \text{ mmhos /cm}$
	Salé :	$1.2 < \text{CE} < 2.4 \text{ mmhos /cm}$
	Très salé :	$2.4 < \text{CE} < 6 \text{ mmhos /cm}$
	Extrêmement salé :	$\text{CE} > 6 \text{ mmhos /cm}$

Les résultats d'analyse montrent une CE très faible voire même négligeable, d'une manière générale les sols du périmètre ne sont pas salés.

le pH : il exprime l'acidité actuelle qui est définie par la concentration des ions H⁺ libre existant dans la solutions du sol , les pH supérieur à 7 est considéré comme basique inférieur a 7 est acide et égale a 7 neutre .une grande majorité des sols de la vallée le pH est supérieur à 7, il est aussi important dans le choix des engrais.

Tableau II-1 classification du sol selon le ph

pH	3.5-5	5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5
solution	Très acide	Acide	Neutre	Basique	Très basique

source (la F.A.O)

II-2.6-la CEC et les bases échangeables :

La capacité d'échange cationique est compris entre 21et 28 /100g .en moyenne elle est de 28.Meq /100.

Conclusion :

L'étude Agro-pédologique a mis en évidence un potentiel sol qui reposent sur un substrat calcaire qui leurs confèrent des particularités bien distinctes. Cette étude géologique a portée sur une superficie de 20000 ha (tous le périmètre) mais dans notre projet on s'intéresse a la partie sud du périmètre sur une superficie de 911.6 ha, où il ya principalement deux classes de sols ont été identifiées à savoir les sols hydromorphe et les sols halomorphe et ces sols sont présentent dans la partie nord de Sebkhath Bazer.

Introduction

Ce chapitre a pour objet de vérifier la disponibilité des ressources en eau qui pourront être affectées au périmètre d'irrigation d'El Eulma.

La plupart des périmètres irrigués sont confrontés aux problèmes de la rareté de l'eau d'irrigation qui diffèrent selon les régions bioclimatique et agro-pédologiques ; la dégradation avancée du sol suite à l'action conjuguée de l'irrigation non maîtrisée, la salinité des eaux, l'insuffisance et l'absence de drainage.

Pour notre périmètre il est alimenté par un grand transfert de triplex de barrages Erraguene, Tabbelout et Draa Diss. Le barrage de Draa Diss est la principale ressource de périmètre qui a une capacité de 189hm³.

Pour cela à travers ce chapitre nous présentons avec plus des détails les ressources en eau et leurs qualités.

I. La Ressource hydrique :

I.1 Les Eaux superficielles

Le bassin versant est formé de vases salées, inondées surtout en hiver, l'été elles sont recouvertes par des croutes de sel .on note trois principaux oueds : El Guitoune, Djermane et El Melah. Situé dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais, Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 343 mm avec une moyenne de 434mm .en 60 ans, les précipitations annuelles moyennes ont chuté de 90 mm environ.

Cette tranche pluviométrique est subdivisée selon les saisons, 77.75mm en automne, 104mm en hiver ,118.6mm au printemps et 42.5 mm en été.

Au nord D'EL-EULMA, l'oued Medjez recueille les eaux d'un bassin éocène pliocène et créacé en prenant la nomination de l'oued mellah.ces disparations.qui traduisent le caractère endoréique de ces oueds favorisent un ruissèlement en nappe pendant la période pluvieuse.

I.2- Les eaux souterraines:

La masse d'eau principale des hautes plaines sétifiennes se trouve dans les alluvions peu épais et faiblement consolidées et dans les dépôts lacustres allant des pliocène à l'ère actuelle. Ainsi les roches anciennes ne sont pas considérées génératrices d'eau et ne peuvent fournir une grande quantité d'eau facilement disponible. De même les puits creusés à une profondeur dépassant les 100 m fournissent peu d'eau.

Les puits creusés à la main ont été estimés à 500 avec un volume d'extraction de 788 400 m³/an au niveau de Sebkhaz Bazer.

L'étude géophysique a pu identifier la présence de couches de basse résistivité à une faible profondeur indiquant la présence d'eau souterraine salée.

Deux grands zones d'eau salée ont été identifiées à des profondeurs inférieures à 50m ; l'une sous la totalité de la région des terres basses de Sebkhaz Bazer, l'autre sous l'oued Bou Sellam au sud et à l'ouest de Sétif contenant d'importants dépôts de sels à Sebkhaz Melloul.

Au voisinage d'el-Eulma, les puits d'exploration seraient limités à des profondeurs inférieures à 50 m en raison d'eau salée peu profonde.

Actuellement des observations sur terrain ont permis d'avancer que le rabattement de la nappe est très important au nord-ouest. Il se situe généralement entre 20 et 52 m (zone Smara), et plus au sud elle dépasserait les 100 m.

II .Le système de transfert EST :

Ce système vise le transfert d'eau vers l'est de Sétif à partir du barrage D'Erraguene (Jijel) et de la future retenue de Tabbelout vers la future retenue de Draa Diss , à proximité d'EL Eulma , sur 60 km ; et avec 5 stations de pompage le projet consiste en des opérations d'adduction d'eau à partir des barrages d'Erraguene (wilaya. Jijel) et d'Ighil Emda (wilaya de Bejaia) vers Draa Eddis et à Mahouane entre la commune d'Ain Abbessa et le chef lieu de wilaya. Une quantité annuelle globale de 313 Mm³ sera ainsi transférée à partir des deux barrages, ce qui va permettre d'alimentation en eau potable d'une population totale évaluée à 1.7 million d'habitant et l'extension de l'irrigation à grande échelle sur une superficie de 36 000 ha.

Ce système comporte :

- le barrage Erraguene existant.
- Le barrage de Tabbelout
- Un tunnel de 13 km.
- Le réservoir tampon d'oued El Halib.
- 5 stations de pompes.
- Une adduction de 60 km.
- Le barrage de Draa Diss.

De part sa position, en aval, Tabbelout reçoit les eaux lâchées d' Erraguene et intercepte les eaux du bassin intermédiaire. Ces eaux seront transférées par gravité vers le réservoir tampon au moyen d'un tunnel puis vers Draa Diss par pompage sur 60km d'adduction pour une dénivelée de 470 m ; le débit d'équipement du pompage étant de 7.2 m³/s.

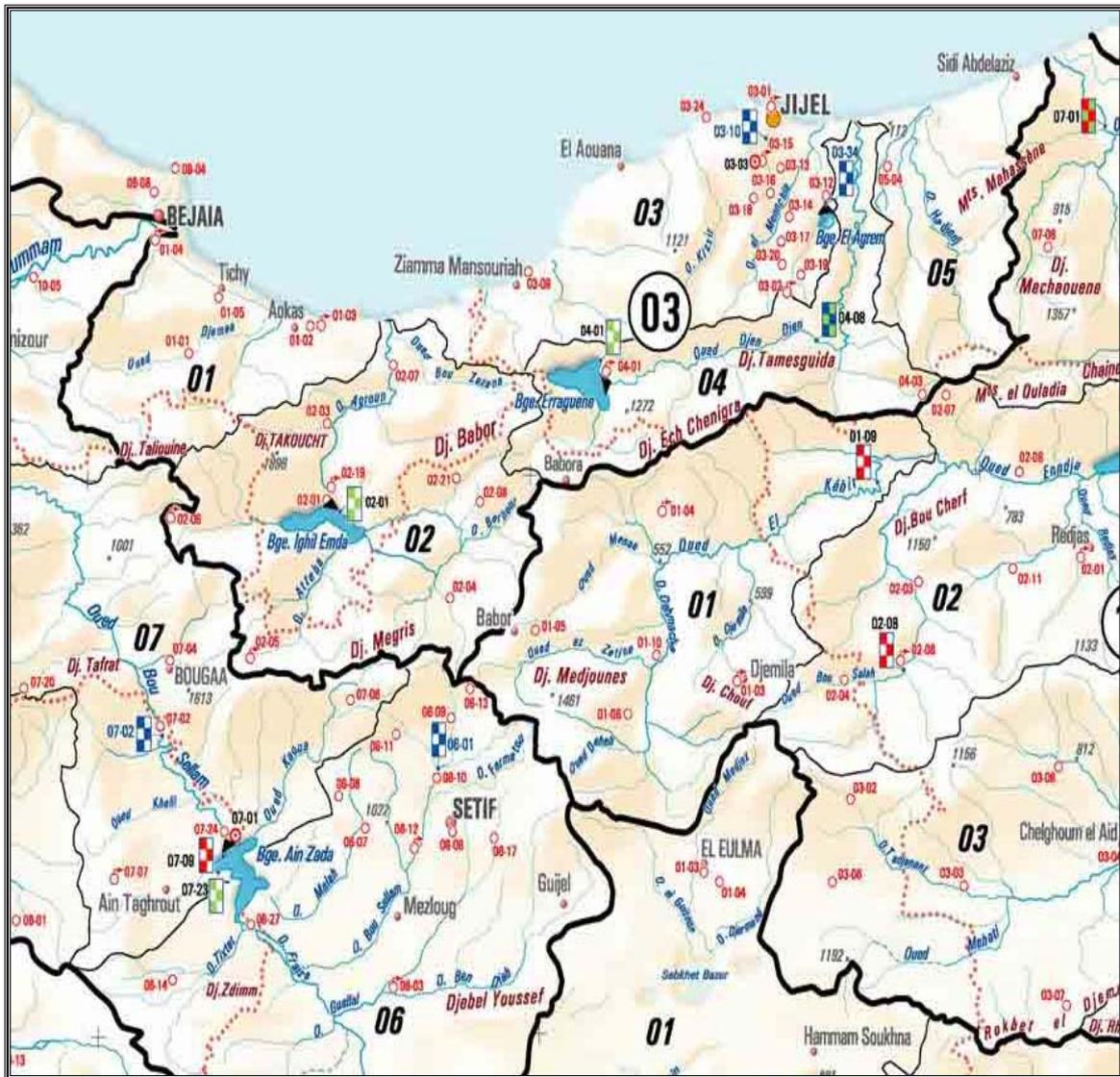


Figure.III.1 : réseau hydrographique de la région du transfert EST

Source ARNH (Alger)

III-Ressources en eau superficielle**III-1. Barrage erraguene:**

Le barrage d'Erraguène a été mis en service en 1964. Il est situé sur l'oued Djendjen à 11,2 km au sud de la ville de Ziama dans la wilaya de Jijel. La superficie du bassin versant intercepté est de 133 km².

La capacité du barrage était à l'origine 200Hm³. Avec l'envasement la capacité actuelle est estimée à 184Hm³ dont 19Hm³ constitué par le volume mort.

III-2. Barrage Tabbelout:

Le site a été identifié en 1977, il se trouve à l'entrée d'un resserrement de la vallée du Djendjen en aval de la confluence avec l'oued Raha à 30 km en aval du barrage d'Erraguène et à 7,5 km au sud de la commune de Texena. La capacité utile est de 215Hm³

L'Oued Djendjen et son affluent, l'oued Raha drainent un bassin versant de 402km², dont 133 km² sont interceptés par le barrage d'Erraguène.

III-3. Barrage Draa diss:

Le barrage de Draa Diss, est situé à 11,5 km au Nord-Est de la ville d'El Eulma, sur l'oued Medjez, à l'Est de l'agglomération de Tachouda.

L'ouvrage est implanté à la faveur d'un resserrement topographique de la vallée de l'oued Medjez marqué par un éperon calcaire en rive gauche. La capacité utile est de 137Hm³.

IV -composition chimique de l'eau d'irrigation :

D'après les analyses faites au laboratoire de l'anrh.la composition chimique moyenne de l'eau donnée les résultats suivants :

Tableau III-1 : composition chimique des eaux superficielles

Elément	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	No3 mg/l	So4 mg/l	Alcalinité totale mg Par ca co3	CE Mmhos/cm	pH
Barrage	70	26	17	0.3	167	130	0.740	7.9

Source ARNH (Alger)

A partir de ces résultats on peut conclure, que l'eau n'est pas salée

IV -1. Problème de salinité :

Les sels exercent sur la plante des effets spécifiques (par rapport à chaque sel), mais aussi des effets combinés relatifs à la salinité totale des cations et anions en solution dans l'eau d'irrigation. En outre, les sels affectent certaines propriétés physico-chimiques du sol, qui à leur tour peuvent avoir des conséquences sur la croissance des plantes.

IV-2. Problème de toxicité :

La toxicité pose un problème différent de celui de la salinité, car elle se manifeste dans le végétal lui-même comme le résultat de l'absorption et de l'accumulation de certaines substances contenues dans l'eau d'irrigation.

Chaque élément présent dans les solutions salines peut avoir un effet toxique spécifique sur la plante, ainsi la plupart des ions sont toxiques à forte concentration. Généralement les problèmes de la toxicité accompagnent ceux de la salinité, parmi les principaux éléments toxiques il y'a le sodium (Na), le chlore (Cl) et le bore(B).

V –les classifications des eaux d’irrigation :**V -1.la classification mondiale (F.A.O) :**

La classification donnée en fonction de la concentration des sels

Tableau III.2 : classification mondiale (F.A.O).

Concentration des sels (g/l)	La qualité d’eau d’irrigation
1	Bonne irrigation
1-3	Faiblement salée
3-5	Moyennement salée
5-10	Fortement salée
>10	Extrêmement salée

Source : la (F .A.O)

V -2.La classification Américaine :

La classification américaine est basée essentiellement sur deux paramètres :
(CE à 25°C et S.A.R)

V -2-1 La conductivité électrique :

La conductivité électrique est une propriété associée a la mobilité des ions, elle est mesurée a 25°Cet exprimée en mmhos/cm.

On distingue quatre classes de danger de salinité de l’eau en fonction de la conductivité électrique.

Tableau III-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 ≤ 0,25	Eau de risque faible
C ₂	0,25 < CE ≤ 0,75	Eau de risque moyen
C ₃	0,75 < CE ≤ 2,25	Eau de risque élevée
C ₄	CE > 2,25	Eau de risque très élevée

Source la (F .A.O)

V -2-2 le coefficient d’adsorption du sodium S.A.R :

S.A.R est calcule par la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺en meq/l.

On distingue les classes suivante ;

Classes S1:S.A.R<10

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

Classes S2:10<S.A.R<18

Les eaux contenant une faible quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

Classe S3:18<S.A.R<26

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matière organiques. S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps. S'il n'y pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

 Classe S4:S.A.R>26

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

On calcul la SAR des eaux du barrage d'Erraguène on trouve

Résultats du calcul :

$$SAR = \frac{17}{\sqrt{\frac{70 + 26}{2}}} = 2.45$$

Ainsi que : **CE**=0.74 mmhos/cm=740μ mhos/cm

Selon le Diagramme de classification des eaux d'irrigation on remarque que la classe de notre eau est le **C₂-S₁**.

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation et l'eau de risque moyen.

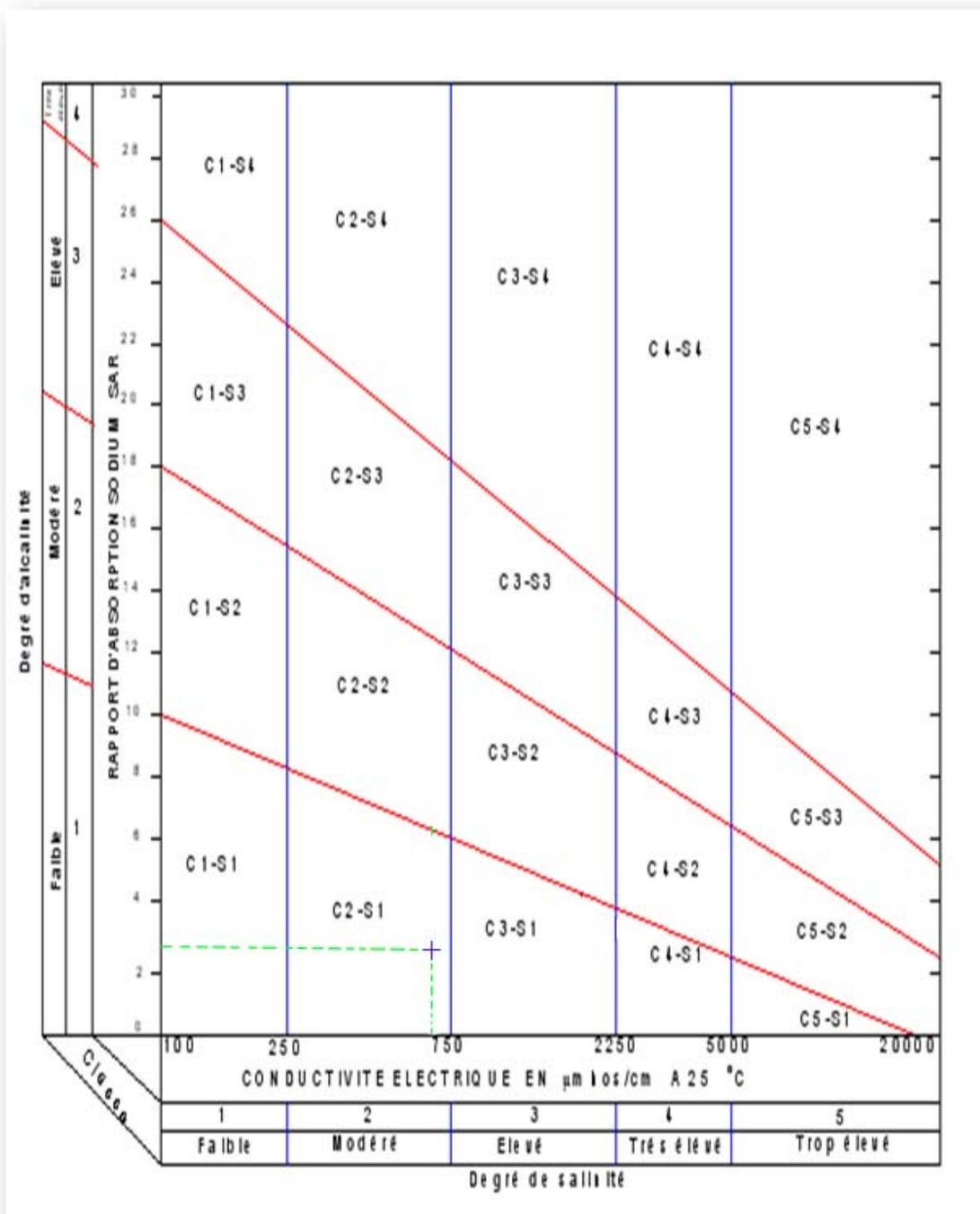


Figure III-2. Diagramme de classification des eaux d'irrigation

VI. Résoudre les problèmes de salinité et de toxicité :

Pour la salinité il faut :

- 1-Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.
- 2-Prévision et surveillance de la dynamique des sels et de l'évolution des sols sous l'effet de l'irrigation avec une telle eau.
- 3-Appliquer régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage.
- 4-Changer de méthode d'irrigation, en adoptant une qui permette de mieux lutter contre la salinité tout en modifiant les pratiques culturales.

Pour le problème de toxicité :

- 1-Arroser plus fréquemment.
- 2-prévoir un supplément d'eau pour le lessivage.
- 3-En cas de toxicité par le sodium, utiliser des amendements tels le gypse et le soufre.
- 4-Faire des cultures moins sensibles.

Introduction

Le but de ce chapitre est de déterminer la caractéristique des pluies de fréquences données dans notre étude on s'intéresse à la pluie de 80%,

On a réparti ce chapitre en deux parties :

La première partie consiste à étudier les séries pluviométriques (hydrologie, l'homogénéisation des séries à fin de déterminer l'année de calcul et puis les pluies de fréquence 80%.

Dans La deuxième partie on calcul les besoin nets des cultures envisageable à l'aide de logiciel cropwat et cela pour déterminer la quantité d'eau délivré pour l'irrigation pour bien comprendre d'ou vient l'excès d'eau.

I-Etudes statistique de la précipitation :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistique très nombreuses ; on Utilise pour notre projet, celles qui garantissent le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustements sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions homogénéité-stationnarité sont réunies parmi lesquelles :

- ✓ Loi gauss ou loi normale.
- ✓ Loi de Gibrat-Galton ou loi log-normale.
- ✓ Loi de Gumbel.

I-1.Critères de choix d'une loi :

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur du papier à de probabilité permet à prime abord d'accepter ou de rejeter la loi (toute sinuosité, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement)

I-2.Etudes de la précipitation annuelle :

I-2-1.Ajustement a la loi de gauss :

La méthode de gauss consiste a :
Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre décroissant.
Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F(x)=\frac{n-0.5}{N} \quad (4-1)$$

Avec :

n : Numéro d'ordre.

N : Nombre d'années observées.

On doit calculer :

I-2-1.1.La moyenne arithmétique :

c'est la somme des valeurs observées x_1, x_2, \dots, x_n divisée par le nombre d'observations n , dans le cas d'une série statistique, soit :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (4-2).$$

I-2-1-2.La Variance :

C'est la moyenne arithmétique des carrés des écarts par rapport à la moyenne. Pour une série statistique et elle est donnée par la relation suivante :

$$\delta^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N - 1} \quad \text{pour } n \geq 30 \quad (4-3).$$

I-2-1-3.La variable réduite de gauss : elle donnée par la relation suivante :

$$U = \frac{x - \bar{X}}{\delta} \quad (4-4).$$

I-2-1-4.Le coefficient de variation : c'est le rapport entre l'écart type et la moyenne arithmétique est elle donnée par la relation suivante :

$$Cv = \frac{\delta}{\bar{X}} \quad (4-5)$$

Pour les calculs on à utilisée le logiciel HYDROLAB :
Les résultats sont exprimés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI-1 : l'ajustement à la loi de gauss

Taille n= 21		Moyenne= 396,261905			I.C. à (en%)= 80		U Gauss= 1,2817	
		Ecart-type= 97,9584426						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
187,4	187,4	1	0,0238	-1,981	187,4	202,188035	145,20951	243,366142
295	295	2	0,0714	-1,466	295	252,702259	205,795644	287,921045
300,2	300,2	3	0,1190	-1,180	300,2	280,683793	238,844594	313,113262
301,9	301,9	4	0,1667	-0,967	301,9	301,500519	263,096508	332,189583
338,4	338,4	5	0,2143	-0,791	338,4	318,734454	282,903237	348,253816
341,3	341,3	6	0,2619	-0,637	341,3	333,84707	300,032088	362,580581
345,3	345,3	7	0,3095	-0,497	345,3	347,597253	315,394191	375,838308
348,9	348,9	8	0,3571	-0,366	348,9	360,442218	329,532457	388,435739
372,9	372,9	9	0,4048	-0,241	372,9	372,68975	342,806445	400,653941
390,5	390,5	10	0,4524	-0,119	390,5	384,567884	355,476525	412,70718
396,1	396,1	11	0,5000	0,000	396,1	396,261915	367,747995	424,775835
400,6	400,6	12	0,5476	0,119	400,6	407,955926	379,81663	437,047284
401,7	401,7	13	0,5952	0,241	401,7	419,83406	391,869869	449,717365
419,9	419,9	14	0,6429	0,366	419,9	432,081591	404,088071	462,991352
420,9	420,9	15	0,6905	0,497	420,9	444,926557	416,685502	477,129619
443,4	443,4	16	0,7381	0,637	443,4	458,67674	429,943228	492,491722
452,5	452,5	17	0,7857	0,791	452,5	473,789356	444,269994	509,620572
490	490	18	0,8333	0,967	490	491,02329	460,334226	529,427301
494,9	494,9	19	0,8810	1,180	494,9	511,840017	479,410548	553,679215
526,4	526,4	20	0,9286	1,466	526,4	539,82155	504,602765	586,728166
653,3	653,3	21	0,9762	1,981	653,3	590,335774	549,157667	647,3143

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	313,834115	277,299179	343,658237	313,834115	0,200	1,3
0,5	0,000	396,261915	367,747995	424,775835	367,747995	0,385	1,6
0,8	0,841	478,689694	448,865572	515,22463	478,689694	0,800	5,0

(Moyenne=396,26 écart-type=97,96 taille 21 et I.C. à 80%)

II -Homogénéité des séries pluviométriques :

En générale, l'homogénéisation des données hydrologiques est indispensable, préalablement à toute exploitation hydrologique de ces dernières, car les mesures ne sont pas menées souvent avec soin. En effet, outre que la possibilité de données défectueuses ou sujette à caution, il arrive fréquemment qu'une station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, rendant difficile son utilisation.

Il convient dans ce cas de procéder à une vérification de l'homogénéité des données recueillies, afin d'éliminer, puis de combler les lacunes des relevés défectueux. Dans une première étape on décèlera les anomalies flagrantes des séries pluviométriques en le comparant aux données homogènes d'une autre station avoisinante. La deuxième étape consistera à vérifier la constance de la relation liant les données de la station étudiée à celle prise comme référence. La méthode des doubles masses est la plus utilisée. Les erreurs sont détectées en comparant la série de données avec une autre station pluviométrique voisine homogène. Cette méthode présente l'avantage d'établissement de coefficients correcteurs au cas où la distorsion est trop importante.

L'homogénéisation des séries données pluviométriques sur une période d'observation unique, n'aura pas lieu, dans la plupart des cas. C'est le cas des séries pluviométriques de notre projet. Pour cela, deux méthodes peuvent porter sur des données prélevées sur des intervalles de temps divers, tels que : l'année, le mois et le jour, proposés ci- après:

II-1-Test de Wilcoxon :

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique d'enregistrement complet, par le test de Mr Wilcoxon, repose sur le procédé ci-dessous :

*On divise la série complète des pluies moyennes annuelles de référence 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_2 supérieure à N_1 .

*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 à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quelles sous-séries appartient-elle

*M^r Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de **95%**, si la relation ci-dessous est vérifiée ;

$$W_{MIN} < W_X < W_{MAX} \quad [2-6]$$

Avec :

$$W_X = |Rang|_X \quad [2-7]$$

W_X : Somme des rangs de sous-série x.

Et :

$$W_{MIN} = \left[\left(\frac{N_1 + N_2 + 1}{2} * N_1 - 1 \right) - 1.96 * \left(\frac{N_1 * N_2 * (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad [2-8]$$

$$W_{Max} = [(N_1 + N_2 + 1) * N_1 - W_{MIN}] \quad [2-9].$$

II-1-1-Test de Wilcoxon pour la station de Sétif code (070103) :

Le tableau n° 4-2 détaille le procédé de test d'homogénéité proposé par de M^r Wilcoxon pour la station D'EL-EULMA (070103).

On a donc : $W_{min} < W_X < W_{max}$

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

⇔ $82.67 < 120 < 137.33$ ⇒ La condition de M^f Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station d'el-Eulma code (070103) est homogène

Tableau VI. 1 : Test de Wilcoxon pour la station d'EL-EUMA (070103).

Rang	Série d'origine P (mm)	Série X P (mm)	Séries-Y (mm)	TRI ↓ (mm)	X Union Y
1	338,4	338,4	390,5	187,4	X
2	526,4	526,4	494,9	295	Y
3	187,4	187,4	301,9	300,2	X
4	653,3	653,3	372,9	301,9	Y
5	443,4	443,4	452,5	338,4	X
6	490	490	400,6	341,3	Y
7	300,2	300,2	348,9	345,3	X
8	420,9	420,9	401,7	348,9	Y
9	345,3	345,3	396,1	372,9	Y
10	419,9	419,9	341,3	390,5	Y
11	390,5	-	295	396,1	Y
12	494,9	-	-	400,6	Y
13	301,9	-	-	401,7	Y
14	372,9	-	-	419,9	X
15	452,5	-	-	420,9	X
16	400,6	-	-	443,4	X
17	348,9	-	-	452,5	Y
18	401,7	-	-	490	X
19	396,1	-	-	494,9	Y
20	341,3	-	-	526,4	X

III-Détermination de l'année de calcul :

Détermination de l'année de calcul à pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante ; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P_{80%}).

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

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

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 313.83 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 396.26 \text{ mm}$$

P_{moy} de chaque mois sont données par le tableau suivant :

Tableau VI-3 : la pluviométrie moyenne pour chaque mois (en mm)

MOIS	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
P _{moy}	42.4	34.26	39.90	33.12	40.71	23.61	10.50	17.09	38.16	29.69	27.77	50.11

Nous avons :

$$P_{\text{moy mensuelle de } 80\%} = P_{\text{moy mensuelle}} \cdot \frac{P_{\text{théorique}}}{P_{\text{moy annuelle}}}$$

$$P_{\text{moy mensuelle de } 80\%} = P_{\text{moy mensuelle}} \cdot \frac{313.83}{396.26} = 0.792 \cdot P_{\text{moy mensuelle}}$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

Tableau VI-4 : la pluviométrie mensuelle de fréquence (80%)

MOIS	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
P _{moy}	33.54	27.1	31.6	26.23	32.24	18.70	8.32	13.54	30.22	23.51	21.99	39.69

IV-Les besoins en eau d'irrigation :

Les cultures pour se développer, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs. La quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

IV-1-Les cultures envisageables :**IV-1-1.Les céréales :**

Les céréales, contrairement à beaucoup d'autres cultures, résistent mieux aux aléas climatiques Ce serait l'une des causes qui en font une spécialité des zones halomorphes

La culture de l'orge vient en première position. La superficie emblavée est de **311.6ha** soit **55 %** de la surface céréalière et **34%** de la superficie totale. Le blé dur vient en deuxième position, son superficie est de 250ha c'est-à-dire **45%** de la surface céréalière et de **27 %** de la surface totale.

IV-1-2.Les culture maraichages :

Les cultures maraîchères représentent 45 % de la superficie totale enquêtée.

La pomme de terre d'été est une culture stratégique, elle occupe **100ha** de la superficie totale environ **29 %** de la superficie enquêtée cultivée par le maraîchage.

En ce qui concerne les autres cultures maraîchères pratiquées, nous citons: le chou-vert avec 90ha de superficie, la tomate arrière saison et l'oignon avec 80ha de superficie cultivée pour chaque.

IV.2. Détermination de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration se définit comme étant le rejet global de vapeur d'eau par le sol et par les feuilles d'une plante. On distingue deux types d'évapotranspiration :

- Evapotranspiration potentielle ETP
- Evapotranspiration réelle ETR

L'évapotranspiration potentielle représente la quantité d'eau évaporée, et transpirée par une végétation qui recouvrirait totalement le sol en eau n'est pas limité.

L'évapotranspiration réelle représente la quantité d'eau effectivement évaporée, à un moment donné, par le sol et la végétation.

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ; **CROPWAT** version **8**, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^r Penman&Monteith modifiée.

IV.2.1 méthode de M^r penman&motheit modifiée

En Angleterre, précisément en **1948**, M^r Penman&Motheit a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de M^r Penman&Montheit modifiée, qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de M^r Penman&Montheit, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)]$$

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence ($ea - ed$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé **CROPWAT 8**, fondé sur la méthode de M^r Penman&Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO** tenue à Rome en Mai **1990**.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons introduire les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée.

- Température : les températures moyennes sont données en degré Celsius.
- L'humidité de l'air : l'humidité de l'air exprimé en pourcentage de (10 à 100).
- L'isolation : l'insolation journalière donnée en heures d'isolation de (1 à 20).
- Vitesse de vent : la vitesse du vent peut être introduire en m/sec de (1 à 10)

Dans le tableau n°V.4, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel **Cropwat 8**, selon la formule de Penman&Monteith, modifiée.

Tableau VI -6 Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith

Pays: ALGERIE							
							Station : El-Eulma
altitude:960m		latitude:36,17 N°			longitude:5,37° E		
mois	Min Temp	Max Temp	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	ETo
	°C	°C	%	m/s	Heurs	MJ/m²/jour	mm/jour
janvier	0.9	10.2	76	337	6.3	10.0	1.50
Février	1.3	11.7	69	328	7.9	13.9	2.15
Mars	2.4	14.9	63	337	7.5	16.6	3.11
Avril	4.7	18.4	59	363	8.6	20.8	4.30
Mai	9.1	23.8	53	397	8.5	22.2	5.85
Juin	13.5	30.2	41	311	11.1	26.4	7.57
Juillet	15.7	33.2	35	328	11.9	27.3	8.59
Aout	14.8	32.5	38	346	10.2	23.6	7.93
Septembre	12.5	28.1	54	328	9.3	19.9	5.66
Octobre	8.7	20.8	62	276	7.2	14.1	3.28
Novembre	4.3	15.4	72	320	5.7	10.0	2.08
Décembre	1.6	10.9	77	363	4.0	7.4	1.47
totale	7.5	20.8	58	336	8.2	17.7	4.46

IV-2-2. Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme **Cropwat.8**, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliseront couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode proposée et recommandée par l'United States Département of Agriculture-Soil Conservation Service. (**U.S.D.A-S.C.S**), basée sur les formules suivant, adaptée pour notre projet.

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{Tot}}(1 - (0.2 \times P_{p\%} / 125)) \quad \text{Pour } P_{p\%} < 250\text{mm.}$$

$$P_{\text{eff}} = 125 + (0.1 \times P_{p\%}) \quad \text{Pour } P_{p\%} > 250\text{mm.}$$

P_{eff} : Pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{p\%}$: Pluie annuelle de probabilité de dépassement de 80%, en (mm).

Les valeurs de précipitations de probabilité de dépassement 80% ($P_{80\%}$) et la pluie efficace (P_{eff}) sont regroupées dans le tableau ci-après :

Tableau VI -7 Les précipitations efficaces dans les zones de projet

pays: Algerie		Station : EL-EULMA	
Mois	ET0 (mm/j)	P80%(mm)	Peff(mm)
janvier	1.50	42.4	39.5
Février	2.15	34.3	32.4
Mars	3.11	39.9	37.4
Avril	4.30	33.1	31.4
Mai	5.85	40.7	38.1
Juin	7.57	23.6	22.7
Juillet	8.59	10.5	10.3
Aout	7.93	17.1	16.6
Septembre	5.66	38.2	35.8
Octobre	3.28	29.7	28.3
Novembre	2.08	27.8	26.5
Décembre	1.47	50.1	46.1
Total	4.46	387.3	365.1

IV.2-3.L'efficience d'irrigation :

Les besoins bruts du périmètre, dépendent de l'efficacité de l'irrigation, c'est à dire des pertes d'eau qui se produisent à partir du point du captage, jusqu'à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L'efficacité d'un réseau 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 ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d'éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s'avéraient rares.

La formule communément employée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation, est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t * E_a$$

Avec :

E_i : Efficacité d'irrigation en %.

E_t : Efficacité de transport en %.

E_a : Efficacité d'application de l'eau (Agronomique) en %.

Certains auteurs font une distinction ultérieure, tel que la formule suivante:

$$E_a = E_d * E_u$$

Dans la quelle :

E_d : Efficacité de type de distribution en %.

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution en %.

La thématique développée ci-après se base sur la formule suivante

$$E_i = E_t * E_d * E_u$$

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et pratiquement impossible. En tenant compte le mode d'irrigation et les cultures envisageables il est possible d'avoir en moyenne les degrés d'efficacité suivante :

Céréales : 75%

Cultures maraîchères : 80%

Arboricultures : 85%

Pour notre cas on calcul pour une efficience de 70 %.

IV.2-4. Les besoins nets et bruts en eau suivant le calendrier cultural :

L'appréciation des besoins nets en eau des cultures, par le logiciel **Cropwat 8**, nécessite l'introduction des renseignements ci-après :

- Durée des phases de croissance en (jour) : initiale, mi-saison, développement et récolte.

Coefficients culturaux (K_C) : pour les phases : initiale, mi-saison, et de récolte doivent être donnés et ceux de la phase de développement, sont déduits par interpolation linéaire.

- Profondeur d'enracinement (P) en (mètre) : la réserve facilement utilisable par la plante (RFU), dépend directement de la profondeur d'enracinement, d'où deux valeurs sont requises ; celle de la phase initiale et celle de la phase plein développement, quant aux autres elles sont interpolées par le programme.
- Tassement admissible (p) du sol, exprimé en fractions d'humidité totales disponibles: C'est le niveau critique de l'humidité du sol à partir duquel le stress dû au manque d'eau se fait sentir, affectant l'évapotranspiration et la production de la plante.
- Coefficients de réponse du rendement K_Y : pour estimer les réductions dues au stress hydrique, nous devons connaître les différents coefficients de réponse pour chaque phase de croissance.

Le calcul des besoins en eau nets par : culture, modèle et sont détaillés dans l'annexe I.

L'étude des besoins en eau repose uniquement sur la zone à drainée. Dont sa surface totale est estimée de 911.16 ha. Les résultats du calcul sont exprimés dans le tableau ci-dessus :

Tableau VI -8 : besoins en eau d'irrigation de périmètre d'EL-Eulma

CULTURES	Superficie En (Ha)	Besoins Nets (mm)	Besoins Nets (m ³ /ha)	Besoins nets totaux (m ³)	Efficienc (%)	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins bruts totaux m ³
❖ Céréales							
Blé dur	250	406.3	4063	1015750	70	5804.29	1451071.43
Orge	311.60	216.6	2166	674925.6	70	3094.28	96417.91
❖ Cultures Maraichères							
Tomate arrière saison	80	627.1	6271	501680	70	8958.57	716685.71
Pomme de terre d'été	100	739.7	7397	739700	70	10567.14	1056714.29
Oignons	80	120.7	1207	96560	70	1724.29	137943.2
Chou vert	90	116.9	1169	105210	70	1670	150300
Totale	911.6	222.73	2227.3	314465.56	-	31818.57	4492363.68

Les calculs des besoins sont représentés dans l'Annexe II.

Les besoins en eau pour 911.6ha sont de 4.49 Mm²

On remarque que les besoins en eau des cultures maraichages sont les plus importantes avec 47.24% de la quantité totale.

IV.2-5.Les besoins du mois de pointe :

Le tableau ci-dessous résume l'évapotranspiration du mois de pointe du modèle adopté

Tableau VI -9 l'ETM de mois de pointe du modèle adopté

Mois Culture	jan	fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Blé dur	7.2	38.7	87.2	130.6	125.2	-	-	-	-	-	17.3	0
orge	0.8	33.1	82.3	86	14.5	-	-	-	-	-	0	0
Chou vert	4.8	32.7	70.8	8.7	-	-	-	-	-	-	-	0
Tomate arrière saison	-	-	-	-	-	-	151.5	187.4	162.6	94.1	31.6	-
Pomme de terre	-	-	-	-	-	74.9	203.9	266.9	157.8	36.1	-	-
oignon	14.3	31.6	48.6	-	-	-	-	-	-	-	23.8	2.4

D'après le tableau au dessus on remarque que le mois de pointe pour les céréales c'est le mois d'avril **130.6 mm** pour le blé et **86 mm** pour l'orge. Dans cette période les céréales ont besoin à une quantité importante d'eau puisque c'est la période d'avant-récolte.

Pour les cultures maraichages le mois de pointe es celle d'aout **266.9 mm**

Conclusion :

Avant de passer au calcul des besoins en eau d'irrigation nous avons déterminé l'année de calcul, Cette étude permis de reconstituer l'année de pluie de probabilité 80% pratiquement, on est sur l'avoir ces donner de pluies 8 année/10.

Dans ce chapitre nous avons intéressés beaucoup plus aux besoins nets du mois de pointe et cela pour savoir calculer les doses de lessivage d'entretien.

On remarque que la quantité d'eau délivré pour l'irrigation est peu importante par rapport aux autres périmètres, on explique ca par le type de cultures envisageables où les céréales prennent la partie major (elles occupent 561.6 ha environ 62%de la surface totale).

Conclusion :

D'après les caractéristique chimique de l'eau du barrage tel que la conductivité (0.74mmhos/cm) on peut le classé suivant le diagramme de classification des eaux d'irrigation dans la classe C₂S₁.donc la qualité d'eau de ce barrage est bon pour l'irrigation.

Mais l'eau doit être interceptée par les trois barrages avec des caractéristiques différents donc la salinité de l'eau devient plus importante.

Introduction

La salinité est un processus d'accumulation de sels à la surface des sols et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol ; il s'en suit une diminution importante et remarquable des rendements et comme la surface des sols halomorphe dans notre zone d'étude est importante (660 ha) on est obligé de lessiver ces sols pour diminuer la quantité des sels et améliorer le rendement des cultures.

La lutte contre la salinité revêt deux aspects ; un, qui consiste en l'amélioration des rendements des cultures et l'autre concernant la préservation des sols le lessivage est toujours tributaire du drainage.

I-Le lessivage :

Le lessivage est une technique qui consiste à dissoudre les sels accumulés dans le sol par des apports d'eau supplémentaires, en dehors des besoins en eau des plantes, cela, afin d'entraîner tout ou une partie des sels dissout dans le sol en profondeur, hors de la zone racinaire des cultures.

Il permet le maintient de la salinité du sol à un seuil souhaité. Un lessivage ne peut être efficace que s'il est accompagné d'un drainage, surtout en présence de la nappe phréatique

Il est important de signaler qu'avec les systèmes d'irrigation à faible efficience, les pertes d'eau par percolation peuvent souvent suffire à lessiver les sels du sol. Il existe deux formes de lessivage, selon la manière d'apporter les doses :

I -1-Lessivage d'entretien :

Dans ce mode, la dose de lessivage est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, c'est à dire qu'on ne laissera pas les sels s'accumuler dans le sol, ils seront progressivement lessivés.

Le système d'irrigation en place sert donc à l'application des doses de lessivage avec les doses d'irrigation.

La formule [5-1], la plus simple pour l'estimation de la fraction de lessivage d'entretien serait:

$$LR = \frac{Dw}{Iw} = \frac{Ci}{Cd} = \frac{CEiw}{CEdw} \quad [5-1].$$

Tel que :

LR : Fraction minimal de lessivage d'entretien en%.

CE_{Iw} : la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.

CE_{dw} : la conductivité électrique des eaux de drainage

Cependant l'expression [5-1], est jugée trop grossière, car elle découle de la supposition $\Delta S = 0$.

Ainsi, plusieurs auteurs ont travaillé sur la détermination de la fraction de lessivage par des formules empiriques, qui dépendent essentiellement ; de la salinité de l'eau d'irrigation, de la salinité de sol que l'on voudrait obtenir et de la tolérance des plantes aux sels.

En 1972 M^r Rhodes a présenté la formule [5-2], qui permet l'appréciation de la fraction de lessivage d'entretien d'une manière plus raisonnable.

$$LR = \frac{C_{etw}}{5C_{es} - C_{etw}} \quad [5-2].$$

Suivant la quelle :

LR : Fraction minimal de lessivage d'entretien en%.

EC_{ew} : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation en mmhos/cm.

EC_{es} : Conductivité électrique du sol provoquant un chute de rendement de 10 à 20 % mmhos /cm.

I -1-1 -Composition chimique de l'eau d'irrigation :

D'après les analyses faites au laboratoire de l'Anrh.la composition chimique moyenne de l'eau donné les résultats suivants :

Tableau V-1 : composition chimique des eaux superficielles.

Elément	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	No3 mg/l	So4 mg/l	Alcalinité totale mg par CaCO ₃	CE mmhos/cm	PH
Barrage	70	26	17	0.3	167	130	0.740	7.9

Source ANRH (Alger).

A partir de ces résultats on peut conclure, que l'eau n'est pas salée. La classification de l'eau est bien détailler dans le chapitre ressource en eau (page 30) .

I-1-2 composition chimique du sol :

Ces sols sont localisés dans le sud du périmètre d'étude près de la sebkha et s'étendent sur une superficie de 660ha environ. Le caractère d'halomorphie reste Primaire pour ces sols. Leur conductivité électrique est très élevée environ 7mmhos/cm dans tout le profil avec une texture argileuse

I-1-3 calcul de la dose de lessivage d'entretien :

On a comme donnée :

La conductivité de l'eau d'irrigation : $C_{eiw} = 0.74$ mmho/cm.

On calcul tout d'abord LR (leaching requirement) :

On applique directement la formule :

À partir du tableau (crop tolerance tables for soil salinity FAO 1976 b) On tire la valeur de C_{ES} .

On prend la valeur de C_{ES} qui correspond une réduction du rendement de 10%.

I-1-3-1. Pour les céréales :

La valeur qui correspond un chute de rendement de 10 % est : $C_{ES} = 7.5$ mmhos/cm.

Donc :

$$LR = \frac{0.74}{5 \times 7.5 - 0.74} = 0.0201 \quad \text{donc} \quad \boxed{LR = 2.01 \%}$$

I-1-3.2 Pour les cultures maraichages :

Pour le maraichage la salinité du sol est trop importante, elle provoque un chute de rendement de 50%, donc avant de mettre en place cette culture il faut faire un lessivage initiale (voir page 64).

On a : $C_{ES} = 3.5$ mmhos/cm.

$$\text{Donc: } LR = \frac{0.74}{5 \times 3.5 - 0.74} = 0.044 \quad \text{donc} \quad \boxed{LR = 4.4 \%}$$

Pour calculer l'apport d'eau totale à assuré pour satisfaire les besoins en eau de lessivage il faut tenir compte les besoins en eau d'irrigation ainsi que la texture de sol.

La dose de lessivage est donnée par la formule suivante :

$$D_w = ETM * \frac{LR}{1 - LE} \quad (5-3).$$

Avec :

D_w : la dose de lessivage en (m³).

LR : leaching requirement (fraction minimal de lessivage d'entretien)

ETM : les besoins nettes du mois de pointe en eau d'irrigation (m³).

LE : leaching efficiency coefficient dépend d'efficience du lessivage (%).

Les valeurs de LE dépendent essentiellement de la texture de sol à lessivé, le tableau N° 5-2 présenté les valeurs de (LE) en fonction de la texture.

Tableau V-2 le pourcentage(LE) en fonction de texture.

Type de sol	LE(%)
les sols fissurés	30%
les sols de texture moyens	(50 à 60%)
les sols sableux	(90 à 100%)

Et comme notre sol est de texture moyenne on prend la valeur de LE =60 %.

Sur la base du type de culture on calcul les doses de lessivage en appliquant la formule (5-3).

I-1-3-1. Pour les céréales :

$$D_w = ETM * \frac{0.0201}{1 - \frac{0.0201}{0.6}}$$

$$D_w = 0.0201 * ETM$$

donc

$$D_w = 2.01\% \text{ de L'ETM}$$

I-1-3.2 Pour les cultures maraichères :

$$D_w = ETM * \frac{0.044}{1 - \frac{0.044}{0.6}}$$

$$D_w = 0.047 * ETM \text{ donc}$$

$$D_w = 4.75\% \text{ de L'ETM}$$

ETM : c'est les besoins nettes du mois de pointe.

On sait que la dose de lessivage (d'entretien) est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, il suffit de connaître la dose de mois de pointe pour éviter la sous-estimation.

Le tableau ci-après présente les doses d'irrigation du mois de pointe ainsi que les doses de lessivage.

Tableau V-3 : les doses de lessivage

Mois Cultures		jan	fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
		Blé dur	Doses d'irrigation	7.2	38.7	87.2	130.6	125.2	-	-	-	-	-
Doses de lessivage 2.01%d'ETM	0.145		0.78	1.75	2.63	2.52	-	-	-	-	-	0.348	0
Tomate Arrière saison	Doses d'irrigation En (mm)	-	-	-	-	-	74.9	203.9	266.9	157.8	36.1	-	-
	Doses de lessivage	-	-	-	-	-	3.56	9.68	12.68	7.5	1.71	-	-

Les doses d'irrigation et du lessivage sont exprimées en (mm).

Pour les céréales le mois de pointe c'est le mois d'avril, donc on doit délivrer une dose supplémentaire de **26.3 m³/ha** en même temps que les doses d'irrigation, ainsi que pour les zones occupées par les cultures maraichages (**126.8 m³/ha**).

Donc la quantité totale délivré pour lessiver le sol est : $26.3+126.8 = 153.1 \text{ m}^3/\text{ha}$.

I-2 –Lessivage initial :

Il consiste à apporter entre deux campagnes d'irrigation toute la dose de lessivage en une seule opération. Ainsi, les sels accumulés dans le sol lors de la campagne d'irrigation précédente, seront lessivés permettant ainsi au sol de prendre un seuil de salinité acceptable.

Le mode d'application de l'eau sur le sol utilisé à cet égard, est généralement un système d'irrigation de surface, plus précisément, l'irrigation par submersion.

L'appréciation des volumes d'eau de lessivage initial à appliquer sur le sol, est estimée par la formule de M^r Volubeev.

$$H = -\alpha * \theta * D * \log \frac{(S - S_i)}{(S_0 - S)} \quad (5-5).$$

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 en (ECw en mmhos/cm).

S_0 : La salinité moyenne avant lessivage en (mmhos/cm)

θ : L'humidité de sol en %.

α : Coefficient dépendant de la texture de sol :

-Sablo-limoneux à limono sableux : $\alpha = 0,5$ à $0,6$.

-Argilo-sablo-limoneux : $\alpha = 0,4$ à $0,5$.

-Argile : $\alpha = 0,2$ à $0,3$.

Le lessivage initial est préconisé sur les sols halomorphe, ainsi que sur certains sols présentant une salinité supérieure à **2mmhos/cm**.

Dans notre cas :

- La profondeur d'enracinement $D = 0.8 - 0.9\text{m}$ on prend $D = 0.85\text{m}$
- L'humidité moyenne du sol = 53% (tableau I-3).
- La salinité de l'eau d'irrigation $ECw = 0.74\text{mmhos/cm}$.
- La salinité moyenne avant le lessivage $S_i = 7.4\text{ mmhos/cm}$ pour la zone d'étude.

Notre sol est de texture argileuse et limono-argileuse donc on calcul pour un coefficient $a = 0.3$

2-1.Résultat du calcul :

Pour les zones occupées par les cultures maraichères, il faut abaisser la salinité du sol, puisque avec une conductivité électrique de 7.4 mmhos/cm on aura une chute du rendement très importante environ 50%.

Pour avoir une réduction du rendement de 10 à 20% il faut que la salinité ne dépasse par le 3.5 mmhos/cm.

La salinité à la quelle on veut amener le sol $S = 3.5$ mmhos/cm.

$$H = -0.3 \times 0.53 \times 0.8 \times \log \frac{3.5 - 0.74}{7.4 - 3.5} = 190.99 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Donc avant de lessiver (le lessivage d'entretien) il faut délivrer une dose de **190.99 m³/ha**, on donne cette quantité à une seule fois avant le semi ou bien après la récolte.

Le lessivage initial pour tout le périmètre :

$$H = -0.3 \times 0.53 \times 0.8 \times \log \frac{2 - 0.74}{7.4 - 2} = 803.93 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Si on utilise le lessivage initial on doit délivre chaque année une quantité de **803.93 m³/ha** à une seule fois avant le semi ou après la récolte.

Pour abaisser la salinité du sol à 2 mmhos/cm on doit délivrer une quantité totale de 803.93 m³/ha et on fait ca à une seule fois avant le semi ou bien après la récolte.

II Les pertes par percolation :

C'est la dose d'eau d'irrigation percolé dans le sol, son calcul est indispensable pour le dimensionnement d'un réseau de drainage, elle dépend essentiellement du système d'irrigation (l'efficience des systèmes).

Pour calculer le débit des pertes par percolation il faut tenir compte le nombre de mois d'irrigation ; ainsi que le nombre de jour par mois, dans notre cas on mesure pour 6 mois / année et 30 jours par mois.

Dans le calcul des besoins des cultures on à pris une efficience de 70% (liée au système d'irrigation utilisée).

On a : la quantité d'eau d'irrigation délivré =4492363.68m³.

Donc : la quantité d'eau percolé =4492363.68*0.2=898472.74m³.

La quantité d'eau évaporé : 4492363.68-(898472.74+ 3144655.6) =449235.34 m³.

II-1.Le débit des eaux d'irrigation percolé :

Il est exprimé en (l/s/ha) et donnée par la relation suivante :

$$Q_c = \frac{W * 1000}{S * N_m * N_j * 86400} \text{ en (l/s/ha)} \quad (5.6)$$

Avec :

W : la quantité d'eau qui percole (m³).

S : la surface totale irriguée (ha).

N_m : le nombre de mois d'irrigation.

N_j : les jours d'irrigation par mois.

Quant on à comme culture les céréales et les maraichères donc on irrigue 6mois par année

Donc :

$$Q_c = \frac{898472.74 * 1000}{911.6445 * 6 * 30 * 86400} = 0.0631 \text{ l/s/ha} \quad \text{donc : } Q_c = 0.544 \text{ mm/j}$$

D'après ces résultats on remarque que le débit d'irrigation percolé est faible.

On explique ca par :

- La durée d'irrigation est très courte (6mois /ans)
- les besoins nettes des céréales est moins importante que les autre types (arboricultures) et comme les céréales prennent un pourcentage énorme dans le champ ; donc les besoins deviennent moins importante.

Il faut comparer la quantité d'eau d'irrigation qui percole avec celle du lessivage pour savoir pour le lessivage on opte pour la quantité de pointe et pour ce la on aura :

$$w = \frac{12.68}{30} = 0.42\text{mm/j}$$

On remarque que la quantité des eaux d'irrigation total qui percole est largement supérieur au celle de lessivage donc le lessivage est assurer par les eaux d'irrigation (on n'est pas obliger de lessiver)

Conclusion:

D'après les résultats qu'on a, on remarque que la quantité d'eau qui percole est très faible, donc l'excès d'eau ne peut pas être provient de l'irrigation.

Pour les doses de lessivages elle est plus importante car la qualité du sol est très salé, et peut atteindre 7.5 mmhos/cm dans les zones occupées par les céréales.

Sur la base de ces résultats, le lessivage ne doit pas assurer par les doses d'irrigation car la quantité des eaux de lessivage est largement supérieure à celle d'irrigation, donc on doit ajouter la dose qui manque pour satisfaire le lessivage.

Introduction :

Le drainage est un mécanisme d'écoulement de l'eau, il désigne tout écoulement contribuant à vider un matériau poreux du liquide qu'il contient.

La gravité est le premier moteur de drainage, lorsqu'un matériau est assez sèche, les forces dues à la capillarité sont moins importantes que celle de la gravité, ainsi l'eau s'écoule vers la profondeur si elle ne rencontre aucun obstacle, c'est ce le drainage naturel.

Pour dimensionner un réseau de drainage on doit répondre à la question d'où vient l'excès d'eau ?

L'excès d'eau au niveau d'une zone agricole peut provenir essentiellement de :

-la pluviométrie.

-l'irrigation(les pertes par percolation, la dose de lessivage).

-l'apports du transfert latéraux

Dans notre étude on s'intéresse beaucoup plus à l'apport de la pluviométrie et celle de l'irrigation car en climat semi aride ; l'intensité des pluies est grande et occasionne ainsi beaucoup de problème, à savoir stagnation d'eau dans les sols si la pente est faible, si non un ruissèlement important accompagné de phénomène d'érosion.

Dans un périmètre d'irrigation peut aussi contribuer à un apport d'eau important surtout si l'efficacité du système utilisé est faible.

I. Drainage agricole:**I.1. Intérêt :**

Sous nos latitudes, si les terres agricoles ne disposent pas d'un bon drainage naturel, elles sont presque saturées en eau. Dans ce cas, la terre se gorge d'eau, surtout durant la période hivernale, et il faut impérativement installer un système de drainage artificiel. Ce qui retient l'eau dans les couches supérieures de la terre peut être de diverses natures : des zones d'accumulation d'argile ou des couches imperméables, par exemple de grès. Par ailleurs, les argiles dites gonflantes « capturent » l'eau et empêchent son évacuation. Afin de pallier les inconvénients du mauvais drainage naturel d'un sol, on installe des dispositifs adaptés.

Pour valoriser un terrain ou un territoire, on recourt à deux techniques de drainage principales : le drainage par fossés et le drainage par canalisations, auxquels il convient d'ajouter des opérations de pompage dans des cas particuliers, et notamment lorsque les sols à assécher se trouvent sous le niveau des voies d'évacuation des eaux. Afin qu'une installation de drainage soit d'un prix abordable.

I-2.techniques de drainage habituel :

L'objectif d'une technique de drainage est de permettre l'évacuation d'un certain volume d'eau en certain temps, d'une zone de sol bien délimitée.

I-2-1. Le sous solage :

Le sous solage a pour but de créer dans le sol un réseau de fissures aussi dense que possible.

La profondeur optimale, ou profondeur critique du sous solage est liée :

- 1-aux paramètres liés au sol, notamment la cohésion et l'angle de frottement interne.
- 2-paramètres liés à l'outil.

I-2-2.le drainage taupe :

Technique qui consiste à façonner dans le sol des galeries mouillées par un engin appelé chariaux taupe, l'organe de moulage est constitué par un obus métallique de 40 à 100mm de diamètre.

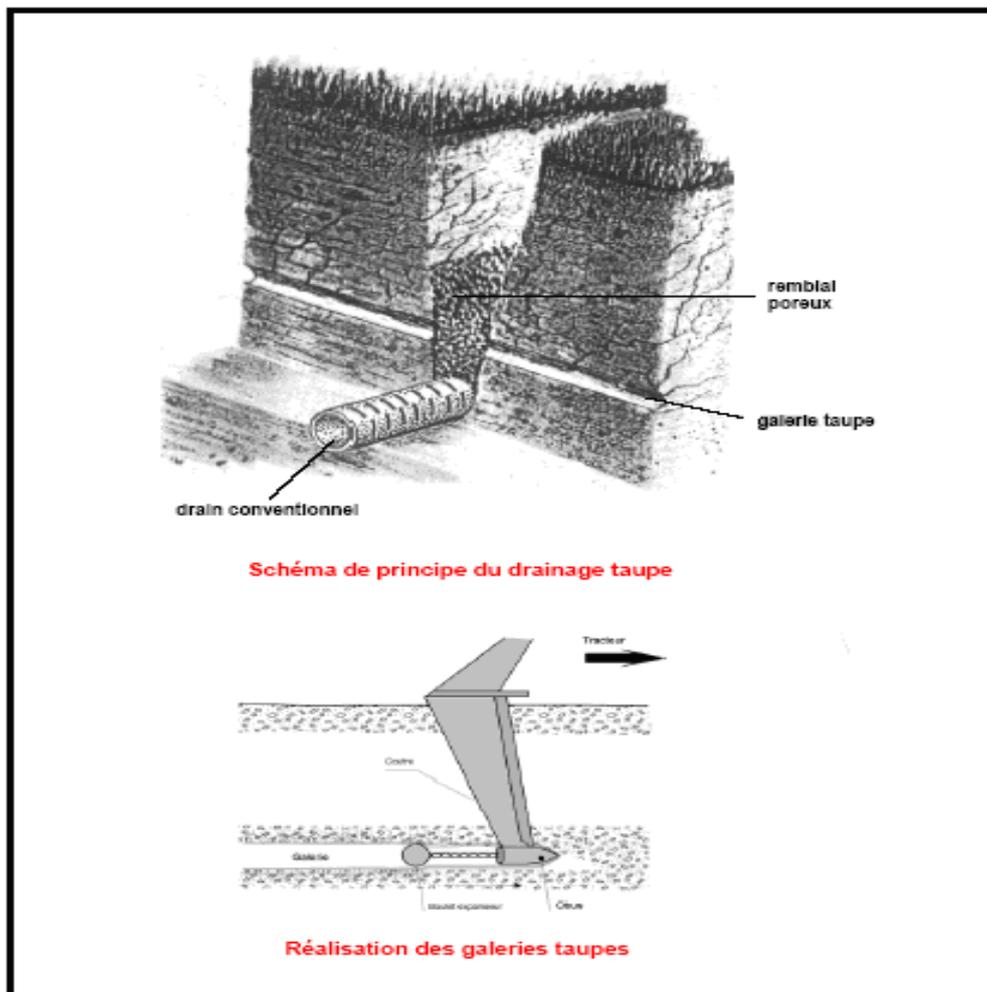


Figure VI-1: le drainage taupe

Source : Drainage basic (EPFL)

I -3.Le drainage artificiel :**I -3-1-Drainage par fossé :**

Technique consistant à creuser dans le sol à intervalles réguliers des fossés de profondeur pouvant atteindre 2m et de largeur variée entre 0.3 et 0.5m.

I -3-1-1.le rôle des fossés :

- intercepter le ruissèlement superficiel et l'évacuer ainsi un excès d'eau de surface.
- Crée un gradient hydraulique et provoque ainsi un écartement souterrain depuis le sol vers le fossé drainé, l'eau drainée évacuée vers un exutoire naturel (oued).

I -3-1-2.Les avantages des fossés :

- Mise en œuvre simple et rapide.
- cout peut élever.

I -3-1-3.Les inconvénients des fossés :

- pertes de terrain.
- Gêné les façons culturales, labour et autre travail mécanisé.
- entretien régulier (curage des fossés), pour maintenir une capacité d'écoulement.
- cout élevé.



Figure VI-2: drainage par fossé

Source : Drainage basic (EPFL)

I-3-2. Drainage par tuyaux enterrés :

Les drains sont des tuyaux enterrés et mis en communication à son extrémité aval avec la pression atmosphérique.

Installation dans le sol de drains: tuyaux perforés de 40 à 100mm de diamètre
- Les drains se jettent dans un réseau de collecteurs qui évacuent l'eau vers un émissaire (rivière, lac, oued... etc.).

- Les collecteurs recueillent également souvent les eaux de ruissellement de surface par l'intermédiaire de sacs (regards couverts d'une grille).
- En cas de pente insuffisante pour évacuer les eaux par gravité, les eaux sont relevées par une station de pompage.
- Aux points névralgiques (jonctions entre collecteurs, changements de direction et de pente...Etc.) on place des chambres de visite .

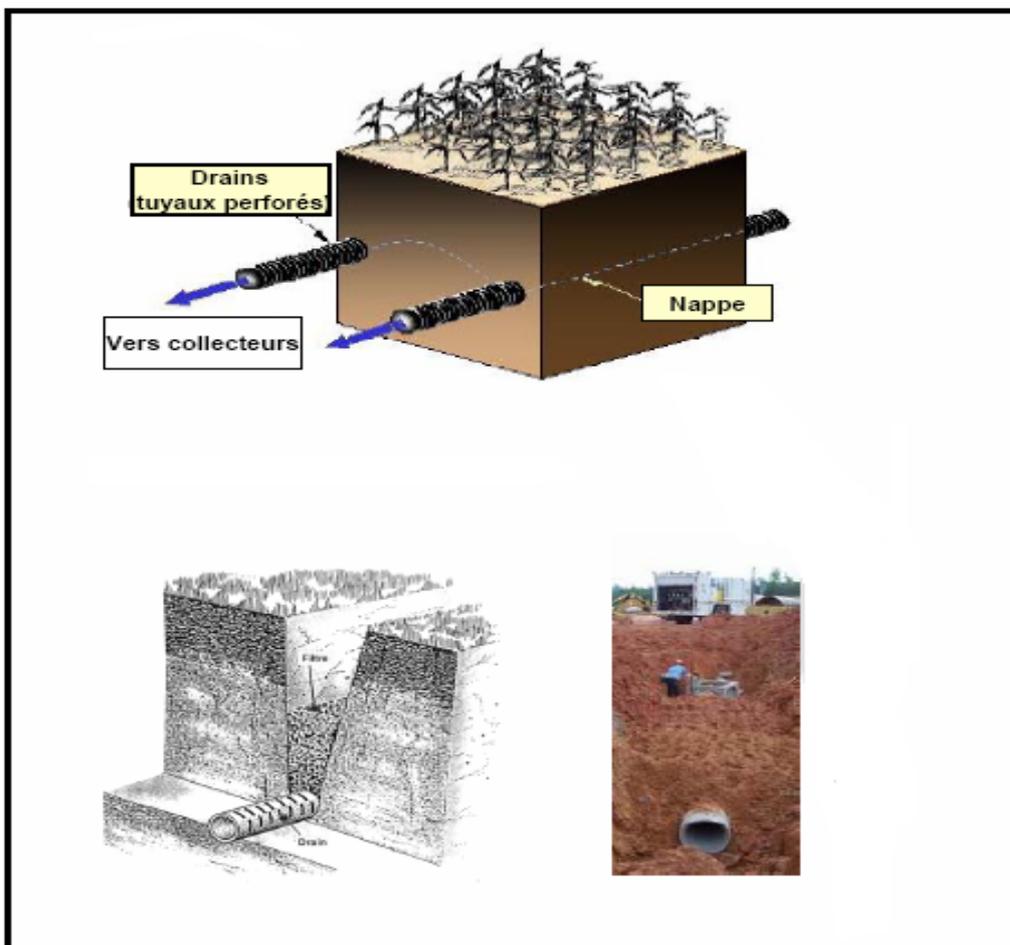


Figure VI-3 : drainage par tuyaux enterrés

Source : Drainage basic (EPFL)

I.3-3-Drainage par puits :

Il consiste à provoquer un abaissement de la nappe par pompage dans un réseau de puits régulièrement distribués dans l'espace, de sorte à ce que leurs cônes de dépression se recoupent

-Méthode utilisée principalement lorsque la nappe doit être abaissée fortement, en particulier pour prévenir une salinisation du sol par remontées capillaires (salinisation capillaire).

On va utiliser pour la conception du notre réseau les drains enterré donc on s'intéresse beaucoup plus au drainage par tuyaux enterrés.

I.4.Les Drains :

L'intervention la plus élémentaire visant à réduire le taux d'humidité d'un terrain consiste à creuser une tranchée, pour que les eaux ne pouvant pénétrer dans le terrain par gravité puissent couler vers ce creux et, ainsi, détourner une partie des eaux de la surface des terres avoisinantes. Si le terrain est en pente, la tranchée située en partie haute et perpendiculairement au sens de la pente soustrait une bonne partie des eaux de ruissellement aux terres en aval. De plus, si l'on accède, en creusant suffisamment, à une terre perméable, on pourra soustraire une plus grande quantité d'eau.

Un développement de ce type d'intervention consiste à canaliser les eaux pour les récupérer ailleurs. On peut aussi recouvrir la canalisation avec du matériel à condition que la perméabilité soit conservée. Lorsque l'on doit retirer de grandes quantités d'eau en un temps relativement court, on utilise des pompes.

En agriculture, un drain est une canalisation souterraine permettant de recueillir et d'évacuer l'eau en excès dans le sol. Les drains les plus usités sont des tuyaux en matière plastique (polyvinyle, polyéthylène), généralement souples et ajourés ; il existe également des drains constitués de cylindres en terre cuite, assemblés pour permettre la pénétration de l'eau. Ils peuvent être enrobés, ce qui augmente la performance du drain en diminuant la résistance de pénétration de l'eau. Afin d'éviter les éventuels problèmes de colmatage, mieux vaut que les perforations ne comportent pas d'opercule.

Les drains en PVC peuvent présenter des diamètres intérieurs variant entre 44 et 140mm. Le diamètre le plus important est plus performant, car il présente moins de résistance à l'entrée de l'eau, des risques de colmatage réduits, et un débit supérieur.

Afin de préserver l'installation de drainage, on ajoute généralement un drain de Ceinture, qui améliore l'assainissement des drains, vise à intercepter l'apport extérieur et à éviter le colmatage provenant des racines, en particulier de haies.

Les collecteurs sont constitués de tuyaux d'une section supérieure, qui recueillent l'eau provenant des drains qui y sont reliés, et qui s'écoule ensuite vers un émissaire.

Le drainage comporte 3 phases:

- captage : ou collecte des eaux excédentaires (drainage à la parcelle) .
- acheminement : par une réseau de collecteurs ou de fossés .
- restitution : au réseau hydro -graphique naturel (exutoire) .

I-4-1.principe du captage par drain :

Les drains utilisés pour capter des émergences diffuses, sont des conduites enterrées non étanches permettant de collecter l'eau d'un aquifère par gravité.

L'eau est captée dans les drains par un phénomène de rabattement de nappe : dans le drain l'eau à une charge hydraulique inférieure à celle du milieu aquifère.

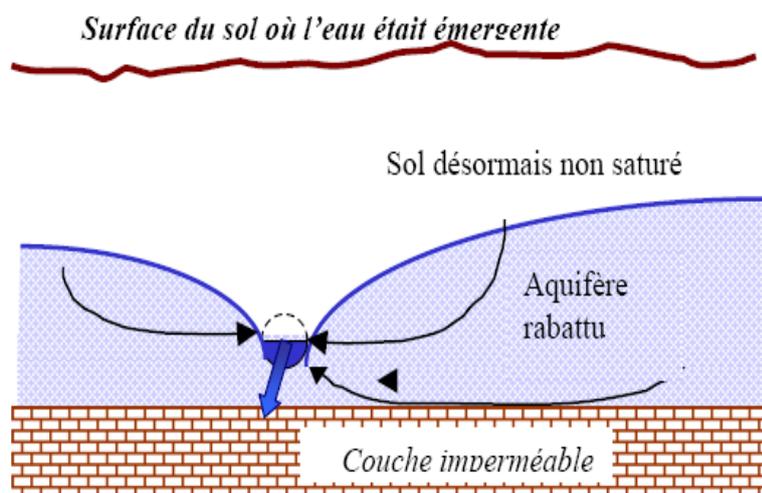


Figure VI-4 : principe du captage par drain

Le dispositif de drainage est installé au fond d'une ou plusieurs tranchées creusées au niveau de l'émergence et disposées au mieux pour capter l'ensemble des filets d'eau de la source.

Les drains peuvent :

Soit débouché directement dans une boîte de captage simple dont ils augmentent le rayon d'action et ce qui est présenté dans le schéma suivant :

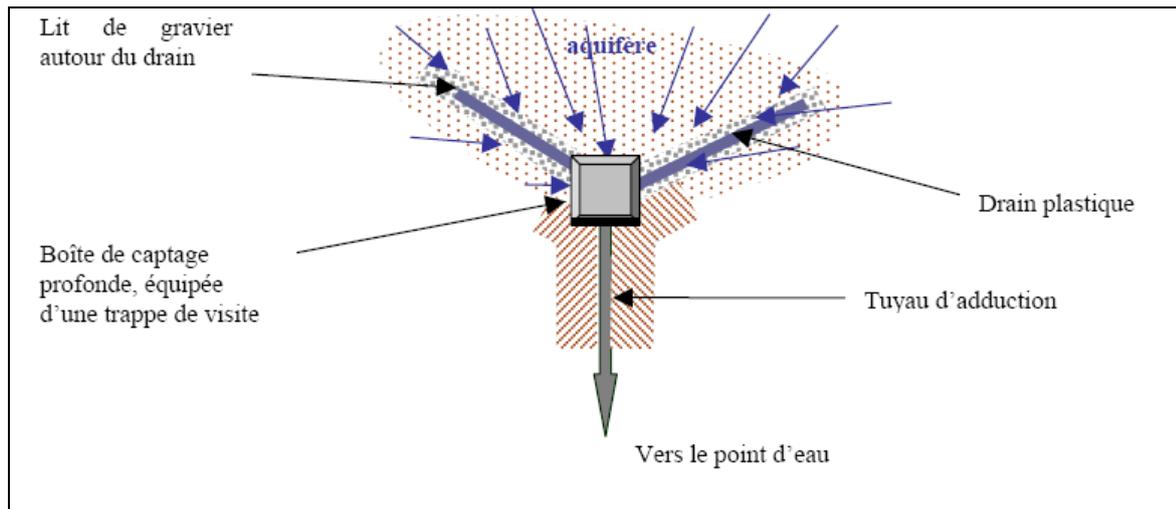


Figure VI-5 : position de la boîte de captage

Soit dans le cas de larges émergences, collecter l'eau dans des dispositifs en Y ou en T dont les branches, appelées ailettes sont situées en amont d'un drain principal puis d'un tuyau collecteur -disposé suivant la ligne de plus grande pente du terrain- débouchant dans une boîte de collecte.

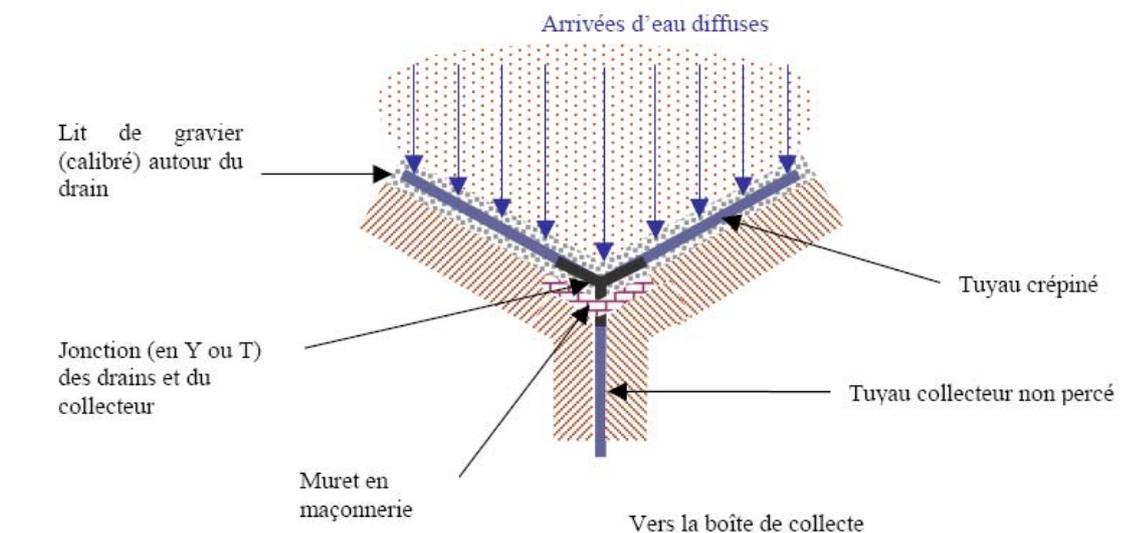


Figure VI-6 : le type de branchement des collecteurs

I -4-2. Les matériaux utilisés pour le drain.

Le drainage d'une source peut se faire par avec différents moyens et matériaux : drains en roches, galeries captantes, drains en poteries, drains plastiques préfabriqués ou drains fabriqués à partir d'un tuyau PVC.

La technique on utilise pour notre projet des **drains fabriqués à partir de tubes PVC**, ces tubes étant accessibles partout de nos jours et ce type de drain étant facile à fabriquer localement. Ils peuvent être fabriqués y compris sur le site même du chantier

(par les usagers) : il suffit d'un feu pour faire fondre une extrémité et la boucher, et de quelques coups de scie pour y tailler des crépines.

Ils ont un bon rendement et se colmatent moins facilement que les drains en roche. Leur mise en place est assez aisée car le drain PVC est facile à manipuler, facile à installer et il épousera bien la tranchée.

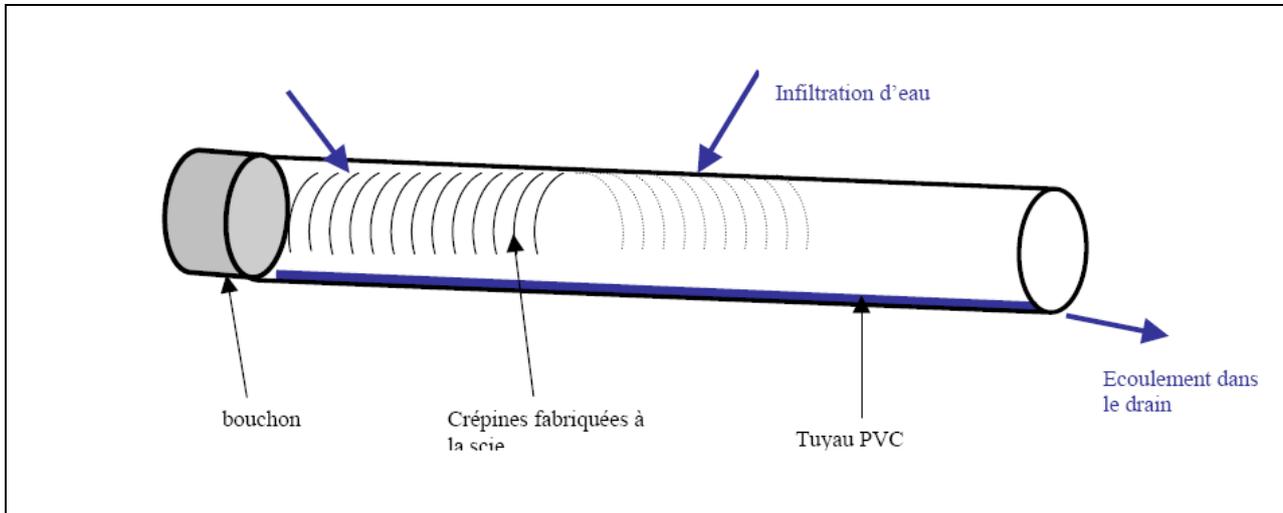


Figure VI-7 : drain fabriqué localement avec du tuyau PVC.

I.5. Les effets positifs de l'assainissement du sol :

- Meilleure aération du sol.
 - Amélioration de la structure du sol.
 - Pénétration plus profonde des racines.
 - échauffements plus rapide du sol.
 - Augmentation des processus de nitrification.
 - Diminution des mauvaises herbes et des maladies des cultures.
 - Travail du sol facilité.
 - Accès possible aux parcelles en temps opportun.
- ⇒ Augmentation du rendement des cultures et amélioration de la qualité des récoltes.

I-6. Causes de l'excès d'humidité du sol :

On distingue 3 causes essentielles :

- ◆ Apports externes d'eau ;
- ◆ Présence prolongée d'une nappe peu profonde ;
- ◆ Stagnation temporaire des eaux de précipitation.

I-7. Dimensionnement d'un réseau de drainage :

I-7-1. Critères de dimensionnement d'un réseau de drainage :

Les dimensions d'un réseau de drainage se distinguent par :

1-les dimensions d'installation qui sont :

- La profondeur de placement des drains.
- L'écartement entre les drains parallèles.
- La pente des drains ou des fossés.

2-les dimensions des équipements qui sont :

- Les diamètres des drains ou les largeurs des fossés
- Les longueurs des drains
- Les dimensions des collecteurs
- Les dimensions des enrobages de drains
- Les dimensions des équipements annexes regards

I-7-2. Critères du choix des drains

- Coût;
- disponibilité locale;
- Facilité de pose;
- Résistance à l'écrasement;
- Efficacité hydraulique;
- Caractéristiques chimiques du sol;
- Durabilité.

I -7-3. Prévention :

- Evaluation des risques;
- Si nécessaire, choix d'un filtre efficace.

I -8. Impacts du drainage sur les sols :

I -8-1. Impacts positifs du drainage sur les sols :

- ✓ Forte amélioration du potentiel agricole
- ✓ Evolution des caractéristiques fonctionnelles du sol (aération, régime thermique, activité biologique, potentiel redox, etc....)
- ✓ A moyen et long terme; l'amélioration de la structure du sol, de la capacité d'infiltration et de la circulation de l'eau ;nouvel équilibre biologique
- ✓ Réduction des contraintes d'exploitation (accès aux parcelles, diversification des cultures... etc.)
- ✓ Diminution des risques de salinisation

I -8-2. Impacts négatifs possibles :

- ✓ Augmentation de la pression inter granulaire et tassement;
- ✓ Affaissement des sols tourbeux .

conclusion :

Vu les différents systèmes du drainage le choix du procédé adéquate sa sera difficile, pour notre projet on va baser essentiellement sur deux types, le drainage par tuyaux enterrée et le drainage par des fossés et suivant le type du sol ainsi le calcul de l'écartement on va choisir le système utilisé.

Introduction :

Après la détermination de la quantité d'eau délivré pour l'irrigation, et celle percolé ainsi la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire le lessivage, on s'intéresse dans ce chapitre aux apports pluviométrique, nous allons repartez ce chapitre à trois partie, La première partie consiste à l'étude fréquentielle de la pluviométrie en utilisant la loi de Gumbel (détermination des pluies de 1j 2j...7j de période de retour 2, 5 et 10ans).

Dans la deuxième partie on calcul les débits caractéristiques du réseau en régime permanant et variable pour les céréales et les cultures maraichères.

En fin on va passer au dimensionnement de notre réseau on commence par le calcul de l'écartement à l'aide de la formule de **Hooghoudt**, puis on détermine les diamètres des drains et ceux des collecteurs.

I -Caractéristiques des zones à drainer :

Dans notre projet de drainage on s'intéresse aux sols hydromorphe et halomorphe qui sont représentés que dans la partie sud à coté de Mechtet Echarfa sur le bord ouest de la sebkha. Ils occupent 708.52 ha pour l'halomorphe et 203.07 ha pour les sols hydromorphe, les signes d'hydromorphie apparaissent à partir de 40 à 50 cm de profondeur sous forme de taches d'oxydoréduction à faible contraste sur un substratum marneux.

Les caractéristiques sont présentées dans le tableau 6-1 :

Tableau VII-1 : caractéristiques de la zone à drainé.

zones	Sol halomorphe		Sol hydromorphe
	Zone I	Zone II	Zone III
caractéristiques			
Pédologie	Halomorphe	Sol peu évolué	Calcimagnésique
classe	halomorphe	Sol peu évolué	Peu évolué
Sous classe	A structure non dégradé	D'origine non Climatique	Carbonaté
Groupe	Sol salin	D'apport alluvial	Brune calcaire
Sous groupe	modal	Halomorphe	Hydromorphe
Famille	-	-	Calcaire lacustres
Série	-	-	Profond
Type de sol	Argileux	Argilo-limono	Argilo-limono
Surface (ha)	195.445	513.08	203.07

II- Etude et quantification des sources possible de l'excès d'eau :

L'excès d'eau au niveau d'une zone agricole peut prévenir essentiellement de :

- 1- la pluviométrie.
- 2- L'irrigation (pertes par percolation et les dose de lessivage)
- 3- Les apports et les transfères latéraux.

II -1.La pluviométrie étude fréquentielle :

En matière de drainage se n'est pas la pluviométrie totale ou annuelle ou mensuelle qui impacte, ce sont les épisodes pluvieuse de courte duré et de forte intensité qui en dépassant la capacité naturel de drainage pour provoquer la formation et d'élévation d'une nappe jusqu'à proximité de surface de sol ; cette association durera un temps plus au mois prolongé.

Pour dimensionné un réseau de drainage il faudra connaitre la grandeur des épisodes pluviaux ainsi que leur fréquence d'apparition.

- 1-collecté les relevés pluviométrique journalières sur la zone d'étude (20 à 40ans) voir (ANNEXE III-1).
- 2-classé les pluies de 1jour ,2j ,3j ,4j ,5j, 6j, 7j et leur fréquence d'apparition.
- 3-ajuster une loi de distribution de gumbel ou loi normal ou formule de type Montana.

II -1-1.Ajustement a la loi de gumbel :

1-classé les valeurs d'observation par ordre croissant.

2-attribuer a chaque valeur une fréquence f_x au non dépassement : $f_{(x)} = \frac{r-1}{n}$

Avec :

r : le rang d'observation.

n : le nombre d'observation.

A l'aide d'une série pluviométrique de la précipitation maximale journalière de la zone d'El-Eulma (ANNEXE III-1) nous Allos établir l'ajustement de Gumbel

Les calculs sont faite a l'aide de logiciel hydrolab les résultats sont présenté dans le tableau VII-2:

Tableau N° VII-2 :l'ajustement à la loi de Gumbel

Taille n=	21	Xo=	0,37					
		g=	0,23		I.C. à (en%)=	95	UGauss=	1,9604
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
0,02381	16,2	1	0,024	-1,318	16,2	0,063162	-0,2171	0,200134
0,071429	17,8	2	0,071	-0,970	17,8	0,143373	-0,0844	0,268253
0,119048	20,2	3	0,119	-0,755	20,2	0,192953	-0,0054	0,313495
0,166667	23,4	4	0,167	-0,583	23,4	0,232615	0,05531	0,352103
0,214286	24,7	5	0,214	-0,432	24,7	0,267444	0,10643	0,388221
0,261905	25,2	6	0,262	-0,293	25,2	0,29961	0,15149	0,423731
0,309524	26,4	7	0,310	-0,159	26,4	0,330302	0,19234	0,459756
0,357143	29,1	8	0,357	-0,029	29,1	0,360294	0,23012	0,497091
0,404762	32,8	9	0,405	0,100	32,8	0,390165	0,26565	0,53638
0,452381	34,2	10	0,452	0,232	34,2	0,420407	0,29957	0,578211
0,5	37,7	11	0,500	0,367	37,7	0,45149	0,33245	0,623181
0,547619	38,1	12	0,548	0,507	38,1	0,483915	0,36487	0,671973
0,595238	38,5	13	0,595	0,656	38,5	0,518264	0,39744	0,725436
0,642857	39,6	14	0,643	0,817	39,6	0,555271	0,43085	0,784715
0,690476	40	15	0,690	0,993	40	0,595929	0,46596	0,851441
0,738095	41,3	16	0,738	1,192	41,3	0,641684	0,50393	0,928077
0,785714	41,4	17	0,786	1,422	41,4	0,694809	0,54647	1,018596
0,833333	43,5	18	0,833	1,702	43,5	0,75927	0,59649	1,130033
0,880952	52	19	0,881	2,066	52	0,843054	0,65969	1,27668
0,928571	55,3	20	0,929	2,602	55,3	0,966746	0,75064	1,495545
0,97619	57,3	21	0,976	3,726	57,3	1,225654	0,93623	1,958437
	Fréquence	U.Gumbel	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
	0,5	0,367	0,451	0,332	0,623	0,451	0,50	2,00
	0,8	1,500	0,713	0,561	1,049	0,713	0,80	5,01
	0,9	2,250	0,886	0,691	1,352	0,886	0,90	10,01

Pour retirer les valeurs de précipitation de périodes de retour 2, 5,10ans il faut qu'on trace le diagramme de précipitation en fonction de la fréquence sur un papier guembel .

Le graphe VI-1 présenté la précipitation en fonction de la fréquence.

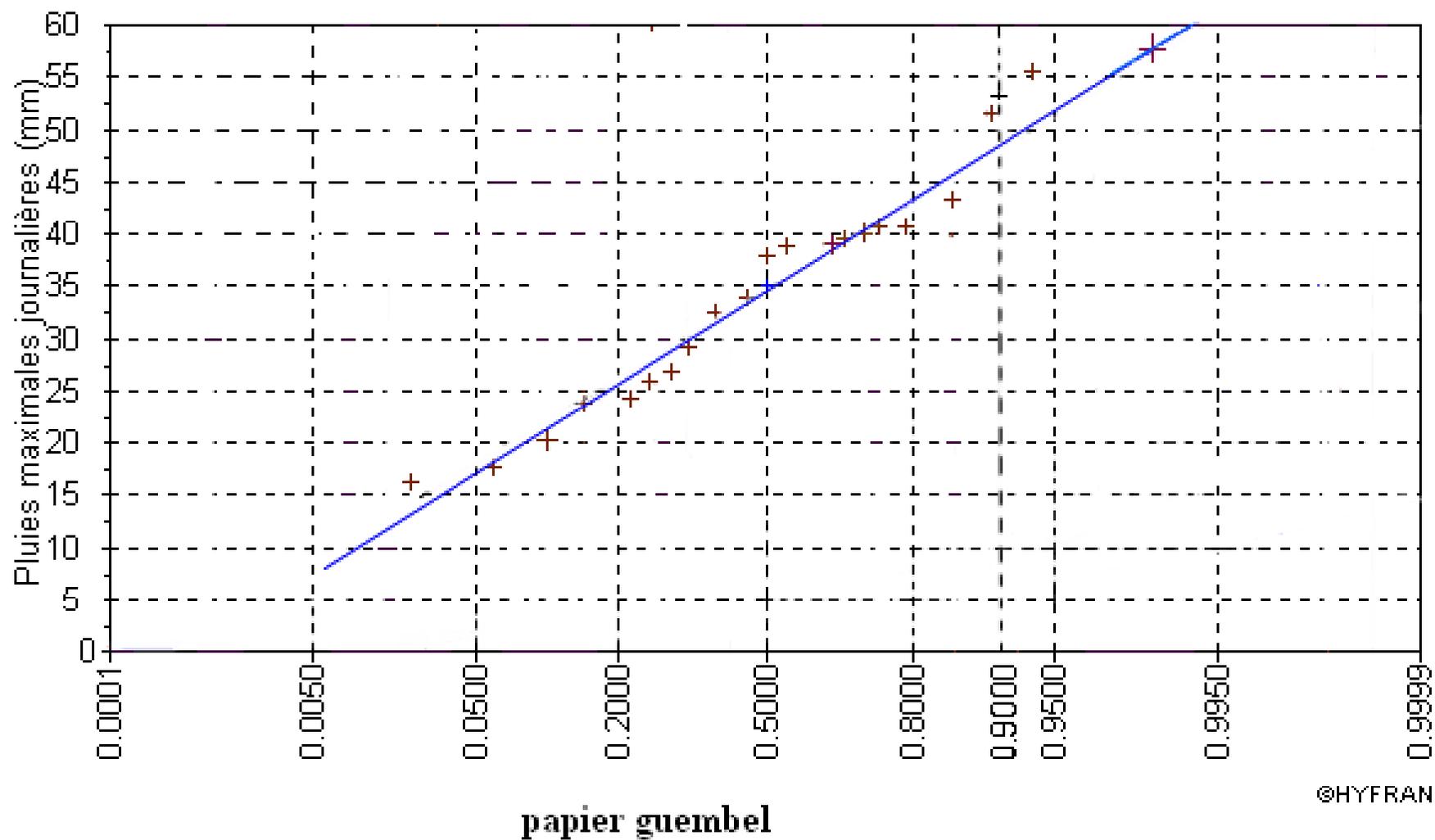


Figure N° VII-1 : les pluies maximales journalières en fonction de la fréquence.

Tableau VII-3 : les pluies de 1jour période de retour 2,5 et 10ans.

période de retour	2ans	5ans	10ans
fréquence	0.5	0.8	0.9
Pluie de 1j (mm)	35	42.5	49

II -1-2.La détermination des précipitations (formule de Montana) :

A l'aide de la formule de Montana on peut déterminer les pluies de 2, 3, 4, 5, 6, 7 jours. Pour appliquer cette formule il faut prendre en considération la pluie de 1 jour, donc à partir de cette dernière on calcule les autres pluies. Tout d'abord on commence par le calcul de l'intensité de pluie d'1 jour en appliquant la formule suivante :

$$i_p = \frac{a}{\sqrt{t}} \quad (6-1).$$

Avec : i_p : l'intensité de pluie de 1j (mm/h).

a : constant pour chaque station pour un période de retour donnée.

t : le temps de la pluie (24 h).

Donc : $a = i_p * \sqrt{t} \quad (6-2).$

Après la détermination de la constante on recalcule l'intensité de pluie (2.3...) j en appliquant la formule (5-6). On tenant compte la durée de la pluie :
 t=48 h pour la pluie de 2 j.

t=72 h pour la pluie de 3j. Ainsi de suite.

En fin on détermine les précipitations on applique la formule suivante :

$$\text{Pluie}_{\text{jours}=n} = n * i_p \quad (6-3).$$

Tableau VII-4 : les précipitations journalières pour les périodes 2 .5 et 10 ans

Pluies (mm)	2ANS	5 ANS	10ANS
P _{1J}	35	42.5	49
P _{2J}	44.61	54.16	62.45
P _{3J}	51.41	62.43	71.98
P _{4J}	56.85	69.04	79.6
P _{5J}	61.47	74.65	86.07
P _{6J}	65.43	79.59	91.74
P _{7J}	69.16	83.98	96.82

II-2. Calcul du débit caractéristique du réseau "q_c" :

La première phase du dimensionnement d'un réseau de drainage consiste à déterminer le débit caractéristique qui devrait être évacuer par le réseau; il existe plusieurs procédés de calcul en fonction des conditions culturales ainsi que le régime hydraulique (permanant ou variable).

II-2-1. Notion de régime permanent et régime variable :

- Dans les régions où les pluies se caractérisent par de longues durées, ne laissant entre elles que des intervalles trop courts pour permettre un ressuyage du sol suffisant sur une profondeur convenable, on adaptera, alors, un régime *permanent* d'évacuation d'eau qui maintiendra la nappe en dessous d'un niveau maximal à ne pas dépasser.
- Par contre, dans les régions où les pluies ont une très forte intensité mais de courtes durées, laissant entre elles des intervalles de temps suffisamment longs, on adoptera un régime *variable* pour le rabattement du niveau de la nappe à un niveau voulu en un délai bien déterminé après la fin de la pluie.

II-2-2. En régime permanent

II-2-2-1. En régime permanent sans tenir compte du stockage :

C'est le débit par unité de surface à recueillir et évacuer de la parcelle il sera donc directement fonction de l'intensité "i" de la pluie critique.

Le débit caractéristique du réseau sera donnée par

$$\left\{ \begin{array}{l} q_c = (1 - e) \times i_p \dots\dots\dots q_c : \text{en mm/jr} \\ q_c = \frac{1 - e}{0,36} \times i_p \dots\dots\dots q_c : \text{en l/s/ha} \end{array} \right. \quad (6-5).$$

- (1- e): Coefficient d'évaporation (nombre adimensionnelle) avec : $1-e < 1$

(1- e) : fraction de pluie non évaporé. (Données expérimentales).

- Prairie $\Rightarrow (1- e) = 0,5 \div 0,6.$
- Céréales $\Rightarrow (1- e) = 0,6 \div 0,8.$
- Culture maraîchage $\Rightarrow (1- e) = 0,8 \div 0,9.$

- i : Intensité de la pluie en (mm/h);

Avec
$$i = \frac{P_{c, j}}{\theta}$$

a-Les résultats de calcul :

Pour notre cas on a des céréales et les cultures maraichères donc on prendra :

a-1.Pour les céréales :

- $(1 - e) = 0,7;$
- $P_c = P_{3j, 2ans} = 55.38 \text{ mm}$ (d'après l'étude fréquentielle des pluies).

$$\Rightarrow i_p = \frac{P_c}{3 jr} = \frac{51.41}{3 \times 24} = 0,714 \text{ mm/h} \quad \Rightarrow \underline{i_p = 0,714 \text{ mm/h}}$$

$$\text{Donc: } q_c = \frac{0,7}{0.36} \times 0,714 = 1.39 \text{ l/s/ha} \quad \Rightarrow \quad q_c = 1.39 \text{ l/s/ha}$$

Donc

$q_c = 12.00 \text{ mm/j.}$

a-2. Pour les cultures maraichères :

$$(1 - e) = 0,6$$

• $P_c = P_{2j,5ans} = 53.59 \text{ mm}$ (d'après l'étude fréquentielle des pluies).

$$\Rightarrow i_p = \frac{P_c}{3 jr} = \frac{54.16}{2 \times 24} = 1.12 \text{ mm/h} \quad \Rightarrow \underline{i_p = 1.12 \text{ mm/h}}$$

$$\text{Donc: } q_c = \frac{0.6}{0.36} \times 1.12 = 1.86 \text{ l/s/ha} \quad \Rightarrow \quad q_c = 1.86 \text{ l/s/ha}$$

Donc :

$q_c = 16.07 \text{ mm/j.}$

II-2-2-2- En régime permanent en tenant compte du stockage :

On a dans ce cas:

$$q_c = \frac{p-s}{\theta} \quad (6-6)$$

Avec: - q_c : débit caractéristique

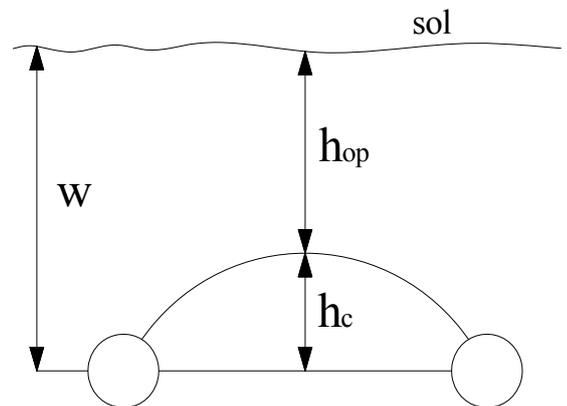
(En mm/jr).

- P : pluie critique (en mm).
- W : profondeur des faussés (m).
- θ : durée de submersion admissible.

- S : le stockage du sol (en mm) avec $S = h_c \times \mu$

Tel que : μ est la porosité de drainage.

Pour les sols argileux et limono-argilo la porosité de drainage $4 \% < \mu < 8\%$.



a-Les résultats de calcul :

Pour notre cas on à deux cultures :

a-1-Pour les céréales :

Généralement la profondeur des drains varié entre (1 et 2.0) m

On prend $w=1.3$ m.

Pour les céréales on prend $h_{op}=0.6$ m (donnée expérimentale).

Donc : $h_c = 1.3-0.6 = 0.7$ m.

La durée de submersion admissible $\theta = 3$ jours.

On prend $\mu=0.05$

On aura:

$$S = h_c \times \mu = (0.7 \times 1000) \times 0,05 = 35mm \quad \Rightarrow \quad \underline{S = 35 \text{ mm.}}$$

$$\text{Donc : } q_c = \frac{51.41-35}{3} = 5.47 \text{ mm/j.}$$

$q_c = 5.47 \text{ mm/j.}$

a-2Pour les cultures maraichères :

$h_{op} = 0.5-0.6$ m. On prend $h_{op}=0.5$ m.

donc : $h_c = 1.3-0.5=0.8$ m

La durée de submersion admissible $\theta = 2$ jours.

Tel que : μ est la porosité de drainage =5%.

On aura:

$$S = h_c \times \mu = (0.8 \times 1000) \times 0,05 = 40mm \quad \Rightarrow \quad \underline{S = 24.5 \text{ mm.}}$$

$$\text{Donc : } q_c = \frac{54.16-40}{2} = 7.08 \text{ mm/j.}$$

$q_c = 7.08 \text{ mm/j.}$

II-2-3 En régime variable :

Si on a une forte précipitation et il y'aura une remonté de la nappe il faut rebaisse se

Niveau avant un temps t ($t = \theta$ la duré de submersion).

On utilise ce système si on a des fortes averses ; et les épisodes sont éloignés.

On applique la formule suivante :

$$q_c = \frac{s}{t} = \frac{\mu \cdot \delta h}{t} \quad (6-7)$$

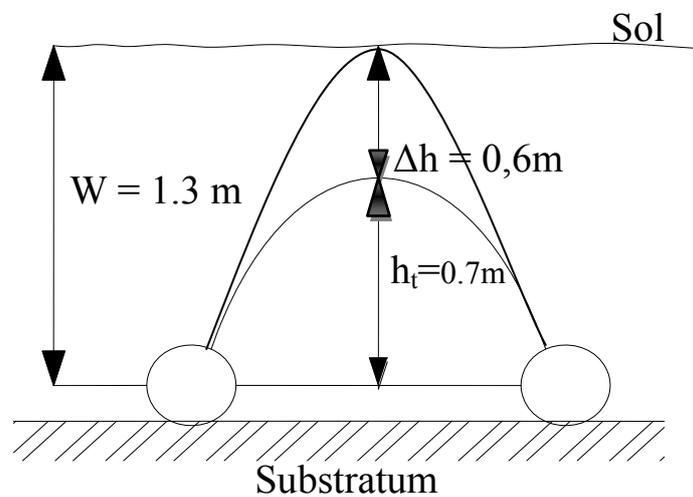
Avec :

$$\delta h = h_0 - h_t$$

Tel que :

h_0 : le niveau de la nappe avant le début de l'averse.

h_t : le niveau de la nappe juste à la fin de l'averse.



a-Les résultats de calcul :

a-1.Pour les céréales :

$$q_c = \frac{0.05 * (0.6 * 1000)}{3} = 10 \text{ mm/j.}$$

q_c=10 mm/j

a-2.Pour les cultures maraichères.

$$q_c = \frac{0.04 * (0.5 * 1000)}{2} = 12.5 \text{ mm/j}$$

q_c=12.5mm/j.

Le tableau suivant présenté le débit spécifique de chaque système :

Tableau VII-5 : les débits caractéristiques de chaque système

Les régimes	Régime permanent		Régime variable
	Sans stockage mm/j	avec stockage mm/j	
les cultures			
Les céréales	12.00	5.47	10
Cultures maraichères	16.07	7.08	12.5

Pour dimensionné un réseau de drainage il faut qu'on réponde à la question d'où vient l'excès d'eau ?

On prend le débit de pointe c'est-à-dire le plus grand débit pour ne pas avoir un sous dimensionnement.

Lorsque on compare les résultats qu'on à, on remarque que les débits d'irrigation (perte per percolation) et de lessivage sont très faible par rapport au celle provient de la pluie, et c'est tout à fait normale puisque les précipitations dans les régions semi-aride sont des averses à courte duré et une forte intensité.

III. Calcul les écartements des drains "E" :

Les différentes méthodes peuvent faire intervenir soit l'un ou tous les facteurs suivants:

- Les sols (profondeur, conductivité hydraulique, porosité...)
- Régime d'écoulement (permanent ou variable).
- Les cultures projetées.

Pour cela on aura la :

- Méthode proposée par **Hooghoudt** au régime permanent.
- Méthode proposée par **Glover - Dum** au régime variable.

➤ La formule de Hooghoudt : (régime permanent)

- Cas où les drains reposent sur la couche imperméable:

$$E^2 = \frac{4 \times k \times h^2}{q_c} \quad (6-8)$$

Avec :

E : Ecartement des drains en (m).

k : Conductivité hydraulique du sol (en m/j).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en mm.10⁻³ /j).

- Cas où les drains ne reposent pas sur la couche imperméable:

$$E^2 = \frac{4 \times h_c^2 \times k_s + 8 \times k_i \times d \times h_c}{q_c}$$

Avec :

E : Ecartement des drains en (m).

k_s : Conductivité hydraulique du sol en dessous des drains (en m/j).

k_s : Conductivité hydraulique du sol au dessus des drains (en m/j).

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains (en m).

h_c : Hauteur critique (en m).

q_c : Débit caractéristique (en mm.10⁻³).

La formule de Glover - Dum :(régime variable)

$$\left. \frac{h_t}{h_0} = 1.16 \times e^{-\alpha \cdot t} \right\} E^2 = \frac{10 \times k \times d \times t}{\mu} \left[\ln \left(1.16 \cdot \frac{h_0}{h_t} \right) \right]^{-1} \quad \alpha = \frac{10 \times k \times d}{\mu \times t^2}$$

Avec:

E : Ecartement des drains en (m);

k : Conductivité hydraulique du sol (en m/j);

μ : Porosité de drainage (en %);

d : Profondeur effective de l'imperméable par rapport au niveau des drains (en m);

t : Temps (en jr);

h_0 : Niveau initial de la nappe (en m);

h_t : Niveau de la nappe au temps t (en jr);

α : Facteur de réaction (en j^{-1})

q_c : Débit caractéristique (en $mm \cdot 10^{-3}$).

Dans notre projet on utilise la formule de Hooghoudt puisque elle nous donne des résultats plus au moins correctes.

III-1 En régime permanent:

Pour le calcul des écartements la conductivité hydraulique est un facteur

III-1-1-pour la Zone I :

On commence par la zone halomorphe, cette zone est caractérisée par un sol argileuse, et à partir d'une profondeur supérieure 1.3m il y'aura un changement dans les couche tel que l'argile devient plus lourde, alors on va la supposé comme une couche imperméable, donc le substratum se trouve a une profondeur de 1.3 m.

Les drains se reposent sur une couche imperméable donc on applique la formule suivante :

$$E^2 = \frac{4 \times k \times h^2}{q_c}$$

On a comme données :

Le sol est de type argileuse donc la conductivité hydraulique ($0.5 \leq k \leq 2 \text{ m/j}$).

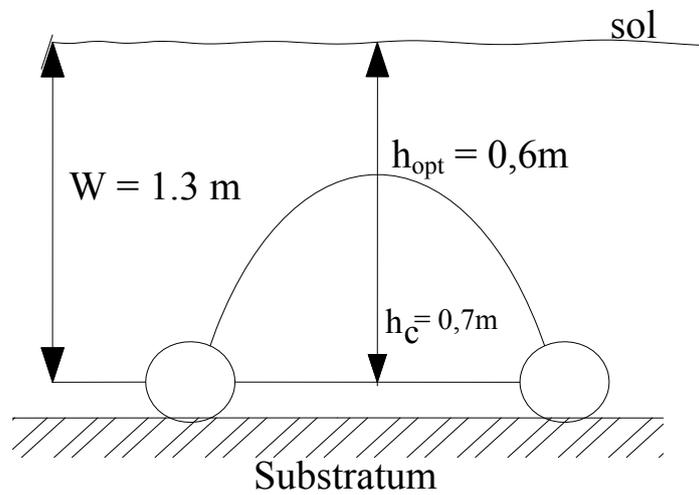
La hauteur critique : $h_c = w - h_{opt}$

Tel que : w la profondeur du drain ($w=1.3\text{m}$).

$h_{opt}=0.6 \text{ m}$ (pour les céréales).

Donc : $h_c = 1.3-0.6= 0.7\text{m}$.

On prend ; $k=0.5 \text{ m/j}$



On applique directement la formule.

On aura :

$$E = \sqrt{\frac{4 \times 0.5 \times 0.7^2}{0.00547}} = 13.38 \text{ m}$$

E=14m.

III-1-2. Zone II et Zone III :

Ces zone est caractérisées par une texture limono-argileuse, l'imperméable se trouve à une profondeur de 1.3 m, et la conductivité hydraulique $k=0.7$ m/j.

Pour la partie occupée par les maraichères on dimensionne avec le débit 5.47 mm/j.

III-1-2-1. Pour les zones occupées par les céréales :

On a comme donnés : $k=0.7$ m/j.

$$q_c = 5.47 \text{ mm/j.}$$

$$h_c = 0.7 \text{ m.}$$

Les drains se reposent sur une couche imperméable, donc on applique la formule de Hooghoudt.

$$E = \sqrt{\frac{4 \times 0.7 \times 0.7^2}{0.00547}} = 15.84 \text{ m.}$$

E=16m

III-1-2-2. Pour les zones occupées par les cultures maraichères :

On a comme donnés : $k=0.7$ m/j.

$$q_c = 7.08 \text{ mm/j.}$$

$$h_c = 0.8 \text{ m.}$$

Les drains se reposent sur une couche imperméable, donc on applique la formule de Hooghoudt.

$$E = \sqrt{\frac{4 \times 0.7 \times 0.8^2}{0.00708}} = 15.91 \text{ m.}$$

E=16m.

Vu notre type de sol, On trouve que l'écartement est assez petit, pour l'augmenter il faut prévoir une amélioration des propriétés physiques du sol (sous solage).

On recalcule l'écartement avec les nouvelles caractéristiques.

III-2. Les écartements après le sous solage :

III-2-1. Pour la zone I :

$k=0.9$ m/j donc l'écartement sera $E=17.96 = 18\text{m}$.

III-2.2 Pour les zones II et III :

$k=1.1$ m/j.

La zone occupée par les céréales : $E=19.85 = 20\text{m}$.

La zone occupée par les cultures maraichères : $E=19.94 = 20\text{m}$.

III-3 En régime variable:

Les drains reposent sur le substratum et on n'a pas de formules pour ce cas.

Remarque: L'écartement entre les fossés est généralement supérieur à 45m. Donc, il faut prévoir une amélioration des propriétés physiques du sol à savoir un travail du sol (un sous-solage) visant à augmenter la conductivité hydraulique du sol.

La texture de notre sol est de type argileux et limono-argileux donc la conductivité ne doit pas dépasser 2m/j.

Pour $k=2\text{m/j}$ on trouve un écartement de $E=38\text{m}$. Dans ce cas le drainage par des fossés est n'est pas faisable, à partir de ces résultats la conception du notre réseau se fait par les drains enterrés.

Tableau VII-6 : Récapitulation

Régime permanent			
	<i>Zone I</i>	<i>Zone II, Zone III</i>	
		<i>céréales</i>	<i>cultures maraichères</i>
<i>La conductivité avant le s-solage (m/j)</i>	<i>0.5</i>	<i>0.7</i>	<i>0.7</i>
<i>Ecartement avant le sous-solage(m)</i>	<i>14</i>	<i>16</i>	<i>16</i>
<i>La conductivité après le s-sous-solage (m/j)</i>	<i>0.9</i>	<i>1.1</i>	<i>1.1</i>
<i>Ecartement après le s- sous-solage(m)</i>	<i>18</i>	<i>20</i>	<i>20</i>

On n'est pas obligé de dimensionner avec des différents écartements car on a des assolements à faire durant l'année donc le type de culture va changer ainsi on remarque que les valeurs des écartements sont très proches donc pour faciliter le travail on doit prendre la moyenne des trois donc on aura un écartement de **20 m**.

IV. Calcul des diamètres des drains "d" :

IV.1. Pour le régime uniforme :

- Formule de DARCY – WEIBECH :

$$Q = 50 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites lisses.}$$

- Formule de CHEZY- MANING :

$$Q = 22 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites ondulées.}$$

IV.2. Pour le régime non uniforme :

- Formule de DARCY – WEIBECH :

$$Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites lisses.}$$

- Formule de CHEZY- MANING :

$$Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \dots\dots\dots \text{Pour les conduites ondulées.}$$

Avec :

Q : Débit de projet (en m³/s);

d : Diamètre du drain (en m);

i : La pente du drain (en %).

VI-3 calcul du diamètre des drains :

Compte tenu du régime du débit spécifique choisis, les calculs qui suivent se feront en régime permanent en tenant compte du stockage .

D'après CHEZY – MANING on a : $Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50}$ (conduite ondulée).

On admet généralement une pente supérieure à 0,10% pour les drains, mais le choix de la pente dépend essentiellement de la vitesse d'écoulement tel qu'elle doit être supérieure à **0.4 et 0.5 m/s.**

On travaille avec une chute de rendement de 50% c'est-à-dire : $Q_{proj} = \frac{Q_{cal}}{0,5}$

$$\text{D'autre part : } Q_{cal} = q_c \times S$$

Ou : S : la surface à drainer; $S = E \times L$;E étant l'écartement entre les drains et L la longueur du drain avec L = 200 à 300 m on calcul pour L=250m.

Pour l'écartement on prend la moyenne donc : **E=20m.**

Résultats et calculs :

VI-3 -1. Pour la zone I :

Cette zone est caractérisée par :

Type de cultures : les céréales.

L'espace entre les drains : $E = 20m$.

La conductivité hydraulique : $k = 0.9m/j$.

Le débit caractéristique : $q_c = 5.47 \text{ mm /j} = 0.633 \text{ l/s/ha}$.

On aura :

$$\Rightarrow S = 20 \times 250 = 5000 \text{ m}^2 \text{ (la surface drainée par un seul drain).}$$

$$\Rightarrow Q_{cal} = 5.47 \times 10^{-3} \times 5000 = 27.35 \text{ m}^3 / jr \Rightarrow$$

$$Q_{cal} = 27.35 \text{ m}^3 / jr = 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / s$$

$$\Rightarrow Q_{proj} = \frac{3.16 \cdot 10^{-4}}{0,5} = 6.32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / s \Rightarrow Q_{proj} = 6.33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / s$$

$$\text{Donc : } Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \Rightarrow d = \left[\frac{Q_{proj}}{38 \times i^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}}$$

$$\Rightarrow d = \left[\frac{6.33 \cdot 10^{-4}}{38 \times (0,004)^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}} = 0,0456 \text{ m} = 45 \text{ mm}$$

$d = 45 \text{ mm}$

VI-3 -2.Pour les zones (II et III) :

On remarque que dans cette zone il existe deux types de cultures.

VI-3-2-1.Pour la zone occupée par les céréales :

Cette zone est caractérisée par :

Type de cultures : les céréales.

L'espace entre les drains : $E= 20$ m.

La conductivité hydraulique : $k=1.1$ m/j.

Le débit caractéristique : $q_c =5.47$ mm/j.

On aura :

$$\Rightarrow S = 20 \times 250 = 5000 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow Q_{cal} = 5.47 \times 10^{-3} \times 5000 = m^3 / jr \Rightarrow Q_{cal} = 27.35 m^3 / jr = 3.16 \cdot 10^{-4} m^3 / s$$

$$\Rightarrow Q_{proj} = \frac{3.16 \cdot 10^{-4}}{0,5} = 6.33 \cdot 10^{-4} m^3 / s \Rightarrow Q_{proj} = 6.33 \cdot 10^{-4} m^3 / s$$

$$\text{Donc : } Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \Rightarrow d = \left[\frac{Q_{proj}}{38 \times i^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}}$$

$$\Rightarrow d = \left[\frac{6.33 \cdot 10^{-4}}{38 \times (0,004)^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}} = 0,0456 \text{ m} = 45 \text{ mm}$$

$d = 45 \text{ mm}$

VI-3-2-2. Pour la zone occupée par les cultures maraichères:

Cette zone est caractérisée par :

Type de cultures : les céréales.

L'espace entre les drains : $E = 20$ m.

La conductivité hydraulique : $k = 1.1$ m/j.

Le débit caractéristique : $q_c = 7.08$ mm/j.

On aura :

$$\Rightarrow S = 20 \times 250 = 5000 \text{ m}^2.$$

$$\Rightarrow Q_{cal} = 5.02 \times 10^{-3} \times 5000 = 25.1 \text{ m}^3 / \text{jr}$$

$$\Rightarrow Q_{cal} = 25.1 \text{ m}^3 / \text{jr} = 2.905 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\Rightarrow Q_{proj} = \frac{2.905 \cdot 10^{-4}}{0,5} = 5.81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s} \Rightarrow Q_{proj} = 5.81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{Donc : } Q = 38 \times d^{2,67} \times i^{0,50} \Rightarrow d = \left[\frac{Q_{proj}}{38 \times i^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}}$$

$$\Rightarrow d = \left[\frac{5.81 \cdot 10^{-4}}{38 \times (0,004)^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}} = 0,041 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

$d = 40 \text{ mm}$

Tableau VII-7 les caractéristiques des drains

zones		débit (m ³ /s)	débit Q_{proj} (m ³ /s)	Pente (%)	Diamètre en (mm)	V (m/s)
ZONE I		$3.16.10^{-4}$	$6.33.10^{-4}$	0.4	45	0.40
ZONE II	CEREALES	$3.16.10^{-4}$	$6.33.10^{-4}$	0.4	45	0.40
	MARAICHERES	$2.905.10^{-4}$	$5.81.10^{-4}$	0.4	40	0.462

Sachant que les diamètres des drains sont variés entre 40 et 100 mm, donc on dimensionne avec les diamètres qu'on a trouvé,

Pour les drains la vitesse d'écoulement doit être supérieure à 0.4m/s, et c'est ce qu'on a trouvé, donc avec ces dimensions on peut assurer un écoulement parfait.

A partir de ces résultats on remarque que les dimensions des drains dépendent essentiellement de la pente et le débit à évacué.

VI-4 Calcul du diamètre des collecteurs :

Pour les collecteurs, la pente est sensiblement supérieure a celle des drains mais pas assez pour pouvoir se jeter dans l'émissaire, on admettra une pente $i = 0,45\%$ et une chute de rendement de 25% c'est-à-dire :

$$Q_{proj} = \frac{Q_{cal}}{0,75}$$

$$Q_{cal} = Q_{cal, drain} \times N \quad \text{Où :}$$

$Q_{cal, drain}$: Débit véhiculé par un drain.

N : nombre de drains.

Il ya une autre méthode de calcul qui nous à donné de résultats plus correcte.

On aura : $Q_{cal} = q_c \times S$

Tel que : q_c : c'est le débit caractéristique exprimé en (l/s/ha).

S : c'est la surface drainé par un collecteur exprimé en ha.

Nous avons utilisé le logiciel autocad pour calculer la surface drainé par chaque collecteur.

VI-4 -1.CALCUL HYDRAULIQUE :

Pour les collecteurs sa sera la formule de DARCY – WEIBECH :

$Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57}$ (Pour les conduites lisses).

$\Rightarrow Q = 89 \times d^{2,71} \times i^{0,57} \Rightarrow d = \left[\frac{Q_{proj}}{89 \times i^{0,57}} \right]^{\frac{1}{2,71}}$

$i = \frac{c_1 - c_2}{L_{1-2}}$ avec : c_1 : la cote amont du collecteur exprimé en(m).

c_2 : la cote aval du collecteur exprimé en (m).

L_{1-2} : la longueur du collecteur exprimé en (m).

Pour la pente on prend celle du terrain naturel, les calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sa sera la même chose Pour les autres collecteurs, en tenant compte le changement des écartements ainsi que les types des cultures, les calculs sont détaillés dans l'annexe (.....).

Les dimensions des collecteurs sont présentées dans le tableau 5-12 :

Tableau VII-8 : Les caractéristiques des collecteurs

collecteur	Q _{car} (m ³ /s/ha)	S(m)	Q _{cal} (m ³ /s)	Q _{proj} (m ³ /s)	Cote bief amont (m)	Cote bief aval (m)	Longueur de collecteur(m)	Pente (%)	D mm	v(m/s)
1--2	0,000547	10,53	0,00576	0,00768	922,46	921,47	534,36	0,00185	115	0,74
3--4	0,000547	15,07	0,00824	0,01099	921,72	920,82	616,07	0,00146	139	0,73
5--6	0,000547	17,22	0,00942	0,01256	920,98	920,13	705,9	0,0012	152	0,69
7--8	0,000547	20,13	0,01101	0,01468	920,13	920	797,74	0,00016	247	0,31
2--4	0,000547	25,6	0,014	0,01867	921,47	920,82	262,44	0,00248	151	1,04
4--6	0,000547	40,67	0,02225	0,02966	920,82	920,13	270,32	0,00255	178	1,19
6--8	0,000547	57,89	0,03167	0,04222	920,13	920	269,8	0,00048	291	0,64
8--9	0,000547	78,02	0,04268	0,0569	920	918,13	376,02	0,00497	197	1,86
10--11	0,000547	16,87	0,00923	0,0123	919,09	918,26	659	0,00126	149	0,7
12--13	0,000547	14,98	0,00819	0,01093	918,26	918,15	551,89	0,0002	211	0,31
14--15	0,000547	25,03	0,01369	0,01826	919,09	918,19	782,41	0,00115	176	0,75
16-17	0,000547	23,85	0,01305	0,01739	918,09	916,78	687,95	0,0019	155	0,92
18-19	0,000547	5,1	0,00279	0,00372	916,68	915,55	291,32	0,00388	74,9	0,84
20--21	0,000547	11,12	0,00608	0,00811	918,12	915,51	558,01	0,00468	96,4	1,11
22-23	0,000547	17,42	0,00953	0,0127	920	918,57	887,76	0,00161	143	0,79
24-25	0,000547	15,7	0,00859	0,01145	918,41	917,13	626,86	0,00204	131	0,85
26--27	0,000547	18,02	0,00986	0,01314	917,24	915,53	708,44	0,00241	133	0,95
34-35	0,000547	25,19	0,01378	0,01837	917,36	915	1040,77	0,00227	153	1
23-25	0,000547	17,42	0,00953	0,0127	918,57	917,13	278,54	0,00517	112	1,3
25-27	0,000547	33,12	0,01812	0,02416	917,18	915,53	321,14	0,00514	142	1,52
27-35	0,000547	51,14	0,02797	0,0373	915,53	915	272,16	0,00195	206	1,12
28-29	0,000547	10,38	0,00568	0,00757	919,8	917,65	481,28	0,00447	94,9	1,07
29-30	0,000547	10,38	0,00568	0,00757	917,65	917,13	627,07	0,00083	136	0,52
31--32	0,000547	25,12	0,01374	0,01832	920	918,61	493,52	0,00282	146	1,1
32-33	0,000547	25,12	0,01374	0,01832	918,64	917,24	277,18	0,00505	129	1,41

36-37	0,000547	26,95	0,01474	0,01966	917,04	915,28	905,8	0,00194	162	0,95
38--43	0,000547	26,79	0,01465	0,01954	916,26	913,83	842,53	0,00288	149	1,13
39-40	0,000547	18,16	0,00993	0,01324	915,71	913,23	768,84	0,00323	125	1,07
41--42	0,000547	21,13	0,01156	0,01541	915,71	913,23	867,09	0,00286	136	1,06
37--43	0,000547	26,95	0,01474	0,01966	915,28	913,83	394,36	0,00368	141	1,25
43--44	0,000547	71,92	0,03934	0,05245	913,83	911,08	973,1	0,00283	216	1,43
40-42	0,000547	18,16	0,00993	0,01324	913,23	911,39	307	0,00599	110	1,4
46-47	0,000547	9,75	0,00533	0,00711	916,34	914,4	494,75	0,00392	95,3	1
48--49	0,000547	21,68	0,01186	0,01581	917,33	912,12	1126,18	0,00463	124	1,31
45--50	0,000547	19,65	0,01075	0,01433	918,1	916,45	597,54	0,00276	134	1,02
50-51	0,000547	26,41	0,01445	0,01926	916,45	911,96	889,39	0,00505	131	1,43
52-53	0,000547	28,44	0,01556	0,02074	917,1	912,36	1067,27	0,00444	139	1,38
54-55	0,000547	27,03	0,01479	0,01971	917,49	912,6	1094,94	0,00447	136	1,36
55-53	0,000547	27,03	0,01479	0,01971	912,6	912,36	1094,94	0,00022	258	0,38
53-56	0,000547	55,47	0,03034	0,04046	912,36	910,57	2162,21	0,00083	255	0,79
57-58	0,000708	30,3	0,02145	0,0286	919,49	913,72	1244,26	0,00464	155	1,52
59-60	0,000708	31,82	0,02253	0,03004	920	915,3	1190,87	0,00395	163	1,44
61.-62	0,000708	23,77	0,01683	0,02244	920	917,03	694,94	0,00427	144	1,38
63-64	0,000708	19,78	0,014	0,01867	920	917,45	942,66	0,00271	148	1,08
65-66	0,000708	26,33	0,01864	0,02486	921,29	919,25	1132,66	0,0018	180	0,98
67-68	0,000708	67,24	0,04761	0,06347	921,63	920,03	1130,55	0,00142	269	1,12
67-68	0,000708	67,24	0,04761	0,06347	921,63	920,03	1130,55	0,00142	269	1,12
62--60	0,000708	23,77	0,01683	0,02244	917,03	915,3	289,44	0,00598	134	1,59
60--58	0,000708	55,59	0,03936	0,05248	915,3	913,72	315,07	0,00501	191	1,83
58-72	0,000708	85,89	0,06081	0,08108	913,72	912,75	209,63	0,00463	229	1,97
68--66	0,000708	67,24	0,04761	0,06347	920,03	919,25	274,19	0,00284	232	1,51
66-64	0,000708	93,57	0,06625	0,08833	919,25	917,45	291,8	0,00617	222	2,28

64--69	0,000708	113,35	0,08025	0,107	917,45	915,79	425,09	0,00391	263	1,97
72-73	0,000708	22,25	0,01575	0,021	916,44	915	739,39	0,00195	166	0,97
74-75	0,000708	37,6	0,02662	0,03549	915,58	913,58	644,74	0,0031	183	1,35
73-75	0,000708	22,25	0,01575	0,021	915	913,58	644,74	0,0022	162	1,02
76--77	0,000547	30,5	0,01668	0,02224	915,87	910,86	1106,07	0,00453	142	1,41
78-79	0,000547	37,42	0,02047	0,02729	915	910,37	1365,43	0,00339	163	1,31
75-77	0,000547	59,85	0,03274	0,04365	913,58	910,86	622,25	0,00437	184	1,65
77-79	0,000547	90,35	0,04942	0,0659	910,86	910,37	111,51	0,00439	214	1,83
79-80	0,000547	139,04	0,07605	0,10141	910,37	909,26	434,21	0,00256	283	1,62
80-81	0,000547	4,6	0,00252	0,00335	909,26	908,18	301,4	0,00358	73,3	0,79
82-83	0,000547	11,44	0,00626	0,00834	909,35	908,51	481,7	0,00174	120	0,73
84-85	0,000547	11,35	0,00621	0,00828	909,18	907,17	736,21	0,00273	109	0,89
86-87	0,000547	8,95	0,0049	0,00653	915,41	912,34	743,26	0,00413	91,3	1
88-89	0,000547	18,6	0,01017	0,01357	914,85	910,5	1124,25	0,00387	122	1,17
35-90	0,000547	76,33	0,04175	0,05567	915	914,51	87,36	0,00185	244	1.41

VI-4-1: Les remarques :

Généralement les diamètres des collecteurs ne doit pas dépassé 30 cm, dans notre cas d'étude nous avons trouvé des résultats acceptable, mais il aura des exceptions (collecteurs **79-80**), lorsque on consulte la surface drainées par ce collecteur on trouve que c'est une surfaces très importante 139.04 ha.

Pour diminuer le diamètre de ce collecteur il faut réduire la surface drainée, et pour cela on doit augmenter la longueur ce dernier, dans ce cas le coût sa sera plus élevé. Donc il faut choisir la solution la plus économique. Mais en pend en considération le coté technique tel que la vitesse d'écoulement et la pente.

Les schémas explicatifs ci-dessous nous présentons l'état actuel du notre collecteur et la solution probable.

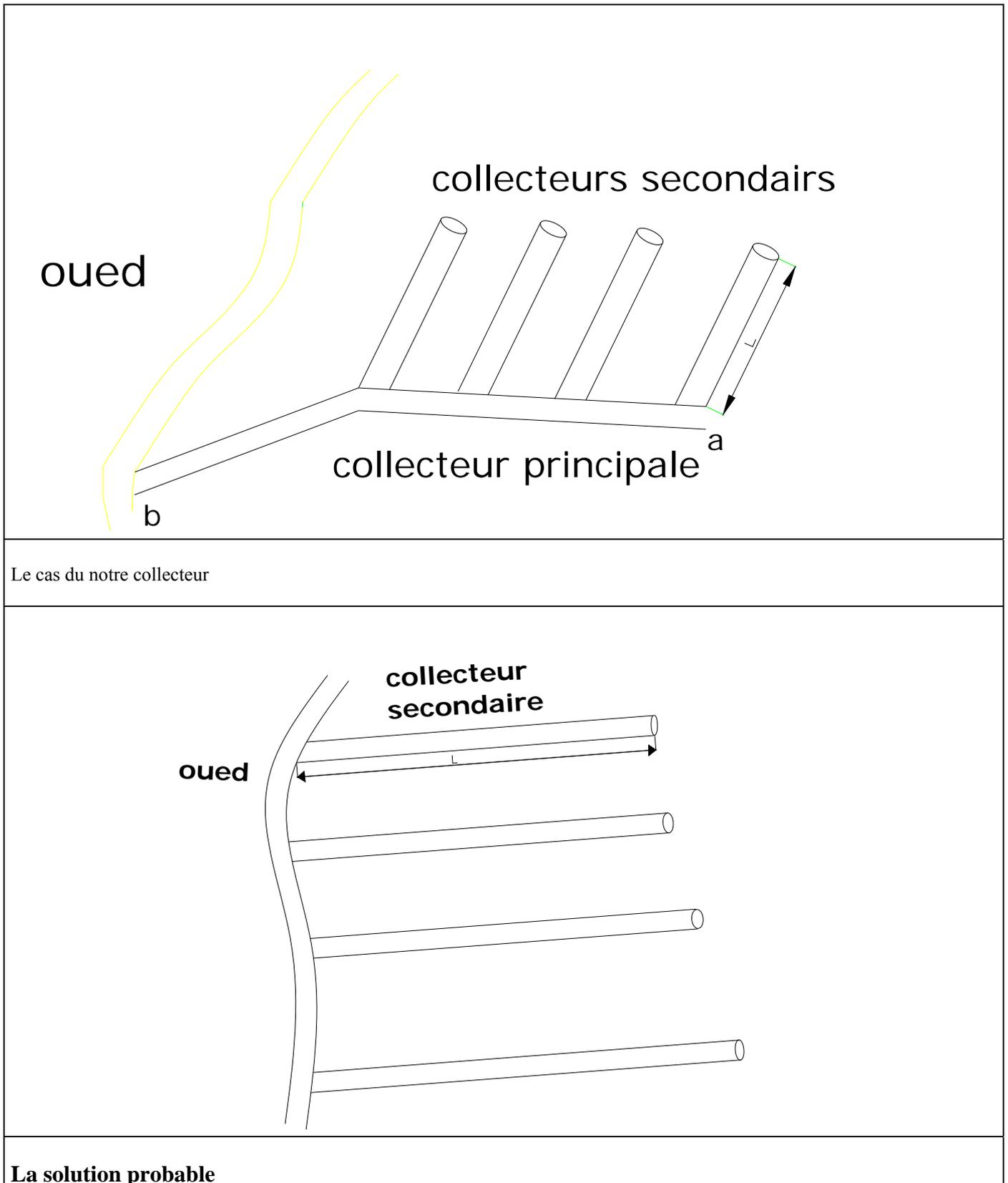


Figure VII-2. Les procédures de l'acheminement des eaux

Le collecteur 79-80 est un collecteur principal donc le débit véhiculé par ce dernier est très important, tel que son diamètre est proche au seuil (300 cm), pour résoudre ce problème nous avons proposé une solution à fin de diminuer le diamètre de notre collecteur, on doit partager la surface à drainé en plusieurs parties et on les draine par des collecteurs qui dirigent directement vers le oued, dans ce cas on aura une réduction du diamètre.

Techniquement la solution est bonne mais économiquement la différence du coût entre les deux propositions sera considérable puisque la longueur des collecteurs sont très importantes par rapport au premier cas, donc on préfère de laisser le collecteur à son état premier.

Les diamètres collecteurs 6-8 dépasse le 250 mm malgré que la surface drainée par ce collecteur est petite (57.89 ha) on explique ça par la faible pente tel que pour le collecteur 6-8 y'on à une pente de 0.05% donc il faut augmenter la pente pour diminuer le diamètre, il faut assurer que la profondeur des collecteur ne doit pas dépasser 3m.

Voire les vitesses d'écoulements on trouve qu'ils sont supérieurs à **0.4m/s** à **0.5 m/s** dans tous les collecteurs, l'écoulement est assuré, mais les vitesse dans collecteurs **7-8** et **12-13** et **55-53** ne dépassent pas **0.4 m/s**.

On explique ces faibles vitesse par la faible pente tel que dans les collecteurs qu'on a cité auparavant les pentes sont de l'ordre de 0.02 %, donc il faut l'augmenter en respectant la profondeur à ne pas dépassée 3 m

VI-5 Le rejet des eaux de drainage :

Le rejet des ces eaux de drainage se fait dans les oueds qui sont dirigé vers le sabkhat.

Au Nord d'El Eulma l'oued Medjez recueille les eaux d'un bassin éocène, pliocène et crétaé en prenant la nomination de l'oued Sarek. Ce dernier disparaît pour revenir dans la sebkha sous le nom d'oued **Mellah**. Ces disparitions, qui traduisent le caractère endoréique de ces oueds favorisent un ruissellement en nappe pendant la période pluvieuse

Les caractéristiques des oueds concernés sont présentées dans le tableau 5-13

Tableau VII-9 les débits des oueds existants

Cours d'eau		Oued Mellah	Oued safia	Oued bou-nessaine
Surface bassin versant (km ²)		34,8	15.4	7.4
Crue Quinquennale	Qp5 (m ³ /s)	15,4	3.9	4.3
	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)	0,44	0.25	0.58
Crue décennale	Qp10 (m³/s)	29,6	8.7	7.9
	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)	0,85	0.57	1.08
Crue vicennale	Qp20 (m ³ /s)	46,8	14.9	12.2
	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)	1,35	0.97	1.65

VI-6 Le débit des eaux de drainage :

VI-6 -1.Le débit des eaux dirigent vers oued Mellah :

1- On commence par les eaux dirigé vers Oued Mellah, d’après le réseau projeté on peut calculer le débit des eaux de drainage, on retire les collecteurs qui dirigent directement vers l’Oued puis on va faire la somme des débits des eaux véhiculées vers l’oued.

Les collecteurs concernés et ses débits sont présentés dans le tableau 5-14.

Tableau VII-10 : les débits des eaux véhiculées vers l’oued.

Collecteurs	Debit(m ³ /s)	Collecteurs	Debit(m ³ /s)
10-11	0,0123	14-15	0,01826
12-13	0,01093	16-17	0,01739
8-9	0,0569	18-19	0,00372
20-21	0,00811	86-87	0,00653
35-90	0,05567	39-40	0,01324
41-42	0,01541	43-44	0,05245
88-89	0,01357		

Donc le débit qu'on doit rejeter dans notre Oued sa sera la somme des débits des collecteurs citer dans le tableau ci-dessus.

On aura : $Q_t = 0.284 \text{ m}^3/\text{s}$

On remarque que le débit total véhiculé vers Oued Mellah est très faible par rapport au débit de ce dernier, donc on peut le négligé ($Q_t = \frac{Q_{\text{oued}}}{104}$).

VI-6 -2.Le débit des eaux dirigent vers oued Safia :

Pour les eaux qui sont dirigées vers Oued Safia, nous avons que deux collecteurs qui sont dirigés vers ce Oued , se sont le collecteur 32-33 avec un débit de $0,01832 \text{ m}^3/\text{s}$ ainsi le collecteur 29-30 son débit est estimé de $0,00568 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc le débit total est $0,01832 + 0,00568 = 0.024 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il est remarquable que le débit des eaux de drainage soit largement inferieur au débit de l'oued $Q_{\text{oued}} = 285 Q_t$, donc ce débit est négligeable devant le débit de l'oued,

VI-6 -3.Le débit des eaux dirigent vers oued Bou nessaine :

On fait la même chose pour oued Bou nessaine.

Les collecteurs concernés sont

1-Collecteur 79-80 avec un débit de $0,10141 \text{ m}^3/\text{s}$

2-Collecteur 80-81 avec un débit de $0,00335 \text{ m}^3/\text{s}$

3-Collecteur 82-83 avec un débit de $0,00834 \text{ m}^3/\text{s}$

4-Collecteur 84-85 avec un débit de $0,00828 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc la somme des débits est le $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$

On remarque que le débit total des collecteurs qui sont dirigées vers oued est négligeable devant le débit de l'oued $Q_{\text{oued}} = 55 Q_t$,

A partir de ces comparaisons on peut conclure que :

La quantité d'eaux de drainage sa va pas influencer sur le débit des oueds, donc on est pas obligé de requalibrer les trois oueds.

Dans le tracer du réseau y'on à un collecteur qui est dirigé directement vers la sebkha (collecteur 64-69), donc il est indispensable de dimensionné un fossé pour acheminé les eaux de ce collecteur.

Conclusion :

D'après l'étude on peut conclure que la conception d'un réseau de drainage dans le périmètre d'El-Eulma et surtout dans sa partie sud est indispensable, puisque l'excès d'eau est très important, le seul inconvénient de ce projet c'est le cout.

On peut remplacer le drainage par autres précèdes, le bio drainage ou bio-élimination des eaux d'infiltration l'un des solutions probable, l'avantage de cette dernière c'est le faible investissement supportables par les bénéficiaires ainsi que c'est un procédé naturel facile à associer mais elle est peu actif dans l'élimination des sels accumulés dans la zone racinaire, donc on préfère le drainage puisque il est plus efficace malgré son cout de conception.

Introduction :

Nous avons réparti ce chapitre en trois parties, dont la première partie sert à déterminer les types des colmatages et les causes de chacun.

Le colmatage c'est un processus d'accumulation des matières (organique ou chimique) aux parois intérieures des drains et des collecteurs, et ce colmatage provoque une réduction remarquable du diamètre, on se trouve ce problème dans l'assainissement et l'AEP mais son influence sur les conduites est trop lente.

Dans la deuxième partie on doit traiter les méthodes utilisées pour l'entretien des drains, ainsi que se soit dans le système de drainage par des fossés ou bien par drains enterrés.

Enfin on terminera par les moyens de la réutilisation des eaux de drainage et son influence sur l'environnement, ainsi les obstacles qui empêchent l'application de cette procédure.

I-Le colmatage des drains :

Le phénomène de colmatage est un processus lent, dont les causes peuvent être d'origine physique, chimique et même biologique, les facteurs qui peuvent induire le colmatage sont donc extrêmement variés et leurs interactions nombreuses, il existe trois type de colmatage se sont:

- ✓ le colmatage minéral.
- ✓ le colmatage ferrique (chimique ou biologique).
- ✓ le colmatage racinaire.

I-1.Le colmatage minéral :

Ce colmatage dépend essentiellement à la texture du sol tel qu'on trouve ce type de colmatage dans les sols d'origine silteux, il est provoqué par la migration des fines particules instables du sol, créant sédimentation de ceux-ci dans les tuyaux, les dimensions de ces particules sont en générales compris entre (0.05 et 0.15 mm).

Il existe autres facteurs qui provoquent le colmatage minéral parmi lesquelles la perforation des drains par les rongeurs ainsi la mauvaise joints ou la plupart des fois les dépôts se entre les drains (jonction drain-drain ou bien drain-collecteur), où on se trouve une quantité considérablement importante dans les points de jonction.

L'influence des membranes est très important tel qu'elles protègent les drains contre le colmatage, donc l'état de la membrane est parmi les causes de colmatage minéral donc son absence est provoquent directement le colmatage, En Algérie l'utilisation des membranes est très rare a cause de son cout élevé ainsi que son production se faite a l'extérieur du paye, le colmatage minéral se devise en deux types :

I-1-1.Colmatage minéral primaire :

La pose des drains en conditions extrêmes d'humidité peut provoquer un colmatage primaire donc l'humidité très élevée et la faible stabilité structurale c'est les causes essentielles de colmatage primaire.

I-1-2.Colmatage minéral secondaire:**I-2.Colmatage physico-chimique :**

Le colmatage physico-chimique représenté essentiellement par les dépôts ferriques qui peuvent résulter :

- ✓ d'une réaction chimique : en générale c'est des oxydations du fer ferreux (Fe^{2+}) en fer ferrique (Fe^{3+})
- ✓ de processus biologique (oxydation par des bactéries).

Les deux processus du colmatage physico-chimique sont :

I-2-1.Colmatage physico-chimique d'origine chimique :

Le colmatage ferrique des drains agricoles dépend de plusieurs propriétés intrinsèques du sol dont la nature du sol, sa texture. Il est surtout causé par les modifications des conditions physico-chimiques au voisinage des drains et la précipitation de substances préalablement dissoutes :

- ✓ les précipitations de bicarbonate de calcium.
- ✓ les précipitations du fer ferrique (Fe^{3+}) après l'oxydation du fer ferreux (Fe^{2+}) sous des conditions physico-chimique favorables.les bactéries oxydantes du fer transforment le fer libre en solution dans l'eau du sol et produisent des dépôts gélatineux qui obstruent les ouvertures de drain. Ce type de colmatage est fréquent dans les sols acides riches en sulfates et en fer.les facteurs les plus déterminants semblent être l'acidité du sol et celle de l'eau du sol ainsi que la présence de matière organique acide dans les horizons de surface



Figure VIII-1 : colmatage ferrique des orifices d'un drain



Figure VIII-2 : les dépôts à l'intérieur des drains

I-2-2.Colmatage physico-chimique lie à des réactions chimiques :

les dépôts ferriques résultant de l'action de bactéries faisant partie de la microflore des eaux souterraines (gallionella , lepthotrix).

Elles se reproduisent rapidement en colonies lorsque les conditions sont favorables et se développent à l'intérieur du drain.

Le dépôt de fer ferrique durcit au contact de l'air.

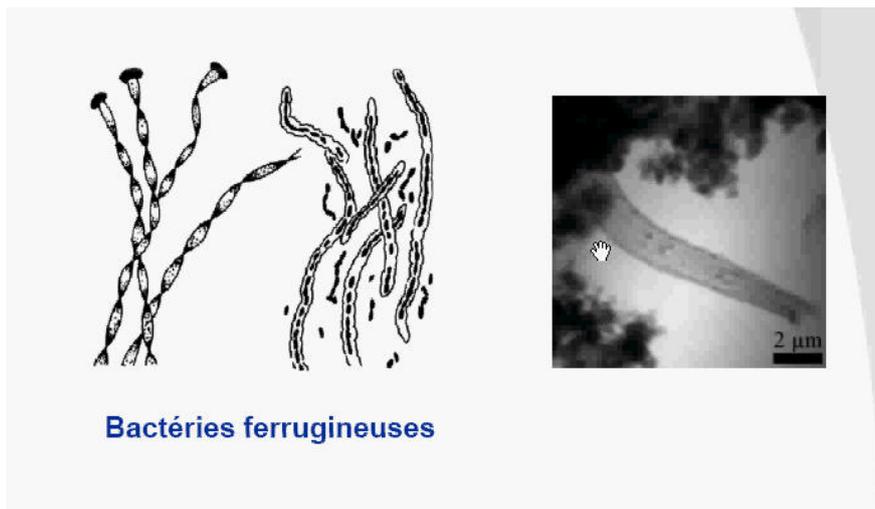


Figure VIII-3 : les bactéries ferrugineuses

I-3.Le Colmatage racinaire :

Le colmatage racinaire des drains agricoles dépend de plusieurs propriétés intrinsèques du sol dont la nature du sol, sa texture. On trouve ce type de colmatage dans les sols de texture grossier (sol sableux) et il est provient de:

- ✓ Les racines des arbres ou des certaines plantes qui développent et pénètrent dans le sol atteins les drains
- ✓ les arbres implantées à coté des fossés de drainage peuvent gêner l'écoulement des eaux par ses long racines.
- ✓ luzerne et moutarde blanche dans un sol nouvellement drainé, les racines pivotantes suivant les chemins préférentiels créent par le drainage ou par la sécheresse dans les sols sableux et argileux.

II. Entretien et pérennité des systèmes de drainage :

L'entretien des réseaux de drainage ne reçoit pas toute l'attention qu'il mérite. Pour une raison simple; le drainage est perçu comme moins crucial que l'irrigation, les eaux de drainage sont généralement de piètre qualité car, à la suite de leur passage dans le sol, elles s'enrichissent en sels, en nutriments et en éléments minéraux ou organiques à l'état de traces.

Deux autres aspects conduisent à négliger l'entretien :

- L'influence de l'entretien du réseau sur les performances du système n'est pas immédiatement perceptible ;
- Les gestionnaires du périmètre trouvent plus facilement des crédits pour réaliser des équipements que pour les entretenir.

II.1. Apprécier les besoins, évaluer la performance :

Vu les faibles vitesses de l'eau et les faibles tirants d'eau dans les fossés de drainage, ces derniers sont rapidement envahis par la végétation qui réduit les capacités d'écoulement. La dégradation des berges des fossés et des canaux peut être accentuée lorsque les eaux de drainage sont utilisées, notamment pour abreuver le bétail.

Il existe peu de données fiables sur l'influence de l'entretien du système de drainage sur les performances des périmètres irrigués. Les programmes d'entretien sont souvent établis en fonction des disponibilités financières des gestionnaires.

Deux situations doivent être distinguées :

- Celle de périmètres où le drainage sert au contrôle de la salinité ; dans ce cas l'appréciation de l'efficacité du drainage donne un bilan de sels réalisable par une mesure, à l'exutoire du système de drainage, des débits et de la salinité ; la masse de sels évacuée doit compenser les apports moyens par irrigation ;
- Celle de périmètres où le drainage sert au contrôle d'excès d'eau liés aux précipitations.

II.2. Méthodes d'entretien des canaux et fossés :

L'entretien des fossés et canaux repose sur la combinaison de trois types de méthodes : mécaniques, chimiques et biologiques.

II.2.1. Les méthodes mécaniques :

Ces méthodes sont les plus courantes, elles consistent en faucardage et curage des fossés au moyen de machines réalisant soit une coupe, soit un arrachage mécanique de végétation. Le curage qui induit un arrachage des racines a une plus grande efficacité que le simple faucardage. La mise en œuvre de ces méthodes est toute fois coûteuse.

II.2.2. Les méthodes chimiques :

Elles consistent à contrôler le développement de la végétation par application d'herbicides. Ces méthodes doivent être appliquées avec prudence, en raison de leurs éventuels impacts sur l'environnement et la santé, tout particulièrement efficaces si les eaux de drainages sont réutilisées. Elles sont particulièrement efficaces lorsqu'elles sont régulièrement appliquées (Brabben, 1993). La quantité d'herbicide mise en œuvre pour maintenir un faible pourcentage de végétation acceptable (de l'ordre de 5 % de couverture végétale) est en effet plus faible que pour des traitements d'urgences.

II.2.3. Les méthodes biologiques :

Utilisent des animaux pour contrôler la croissance des végétations. Des carpes chinoises, des manattes sont utilisés à cet effet en divers endroit du globe. Ces méthodes s'appliquent principalement aux grands canaux de drainage car ces espèces ont besoin d'apports d'eau réguliers et de quantités d'eau importantes.

II.3. Méthodes d'entretien des réseaux enterrés :

Des inspections régulières des réseaux de drainage enterrés sont nécessaires, tout particulièrement aux points névralgiques que sont les bouches de décharges. Les regards doivent également être visités : ils sont généralement placés en des points importants du réseau comme les jonctions ou les changements de diamètre des tuyaux.

Au besoin, des nettoyages sous pression des drains enterrés peuvent être réalisés. Cette pratique ne devrait toute fois pas être systématique car elle présente le risque de déstabiliser le sol au voisinage du tuyau.

II.4. Retour sur la conception :

Vu les difficultés de mise en œuvre des programmes d'entretien, une réflexion s'impose sur l'influence de la conception sur les coûts d'entretien. La profondeur du système drainant est le point essentiel à examiner. Elle influe en effet sur la largeur des fossés et canaux et donc sur les vitesses de dégradation et les coûts d'entretien. Largeur et profondeur influent sur les tirants d'eau et donc sur les vitesses. De faibles tirants d'eau et de faibles vitesses facilitent la croissance des végétaux et augmentent les vitesses de sédimentation dans les canaux.

III. Réutilisation des rejets des eaux de drainage :

Que faire des eaux de drainage ? Ce problème se pose avec acuité en périmètres irrigués dans lesquels les eaux de drainage présentent souvent des concentrations élevées en sels. Dans certaines situations, la qualité des eaux de drainage permet sa réutilisation pour l'irrigation ; différentes stratégies de réutilisation sont envisageables. Cependant, dans de nombreux autres cas, les effluents sont trop salés ou trop pollués pour envisager cette solution.

Il n'est en outre économiquement pas possible de dessaliniser d'importants volumes d'eau pour l'agriculture. Il est alors essentiel de prévoir le rejet des eaux de drainage vers des exutoires qui permettent d'éviter la réintroduction des sels dans le système aquifère.

III-1. Potentialités et stratégies de réutilisation :

Lorsqu'elles ne sont pas trop salées (moins d'environ 6 g /l de sels dissous au total) ou trop polluées, la réutilisation des eaux de drainage pour l'irrigation est sans doute la solution la plus intéressante au problème du devenir des eaux de drainage. Cette solution présente un double intérêt :

- La réduction des besoins en eau d'irrigation dans les nombreuses régions où les ressources en eau sont limitées.
- La réduction des volumes des réseaux de drainage et les problèmes de rejet.

Pour utiliser conjointement de l'eau de drainage, salée et de l'eau d'origine différentes généralement une eau de surface, **deux techniques sont envisageables** : l'utilisation cyclique ou l'utilisation simultanée des deux eaux mixées préalablement (Grattan and Rhoades, 1990).

III-1-1. La stratégie cyclique :

Implique une utilisation alternée des deux eaux. L'eau de bonne qualité est réservée soit à des cultures sensibles soit à uniquement certains stades de développement de la plante ou sa sensibilité à la salinité est accrue : l'eau de drainage est utilisée pour les cultures de nature plus résistante ou aux derniers stades de développement des cultures. Cependant, les moments de disponibilités des deux types d'eau ne coïncident pas forcément aux moments où la plante en a besoin. Cette contrainte peut impliquer la nécessité de stocker l'eau. En l'absence de zones de stockage naturelles, la construction de réservoirs peut être envisagée, mais cette solution est coûteuse.

III-1-2. La stratégie du mélange des eaux :

Consiste à atteindre une eau de qualité acceptable pour l'agriculture. La technique utilisée peut consister à simplement rejeter les eaux de drainage dans les eaux de surface, ce qui ne permet pas le contrôle de la salinité du mélange ; ce contrôle nécessite la construction de dispositifs qui permettent de mixer et de stocker les eaux.

La stratégie du mélange sera généralement utilisée au niveau du gestionnaire puisqu'elle nécessite la gestion des volumes d'eau importants. L'application cyclique, plus souple, sera préférée au niveau de l'agriculteur. Ces types de méthodes comportent cependant des risques à plus au moins long terme doivent être entreprises avec précautions. Les effets de ces stratégies doivent être au préalable testés sur de longues périodes dans des expérimentations au champ dans les conditions locales.

IV. Rejet des eaux de drainage :

Des problèmes de salinisation de l'aquifères par les eaux de drainage sont apparus dans de nombreux périmètres irrigués, faute de précautions, suffisantes concernant le rejet de ces eaux (Smedema.1993). En effet, la solution couramment pratiquée est le rejet des eaux de drainage dans le réseau hydromorphique, mettant en péril l'écologie à l'aval du périmètre et causant des problèmes de santé publique.

Peu de solutions fiables sont cependant disponibles pour rejeter les eaux de drainage dans de bonnes conditions. La meilleure solution consiste à rejeter les eaux à la mer par des canaux spécifiques. Elle n'est réalisable que lorsque le périmètre n'est pas trop éloigné d'une cote. Les zones humides peuvent éventuellement constituer un exutoire avec cependant un risque de perturbation de leur écosystème ; des normes de qualité des eaux doivent en conséquence être établies avant d'envisager le recours à cette pratique.

La construction de bassins d'évaporation peut être recommandée si aucune autre solution n'est possible ; ils présentent également des risques vis-à-vis de la nappe et de l'environnement.

Notons également l'existence de puits d'injection profonde pour évacuer les eaux de drainage. Cette solution est cependant probablement trop onéreuse dans la plupart des cas. Elle n'est, de plus, applicable que lorsque l'eau de drainage est suffisamment de bonne qualité pour éviter la pollution des nappes.

De toutes les solutions techniques possibles pour évacuer les eaux de drainage, aucune n'est exempte de risques à une échelle plus large que le périmètre. Il est en conséquence indispensable de réaliser des études d'impact afin d'en évaluer les conséquences à long terme.

conclusion:

Le problème essentielle de drainage c'est les colmatages des drains et des collecteurs, donc il faut qu'on trouve des moyens pour élargir la durée de vie des collecteurs et des drains ; donc il faut qu'on trouve des solutions avant la conception du réseau, je vois que l'exhausser des diamètres des collecteurs est l'un des solutions probables pour le faire il faut qu'on augmente le débit de calcul et pour cela on joue sur le coefficient de sécurité.

Pour notre projet on ne fait pas la réutilisation des eaux de drainage puisque la salinité du sol est très élevée il est estimé de 7.4 mmhos/cm, donc la qualité des eaux de drainage soient salées et il est nécessaire de les rejetées.



Conclusion générale

Notre étude a porté donc sur le drainage enterré d'une partie du périmètre d'el-Eulma avec une superficie de **911.6 ha**, le choix du site était fait après une étude géologique bien détaillé et on est intéressée au sols halomorphe et sols hydromorphe .

Pour le type de drainage on est choisit forcément le drainage par des drains enterré, tel qu'on on ne peut pas réaliser ce projet avec des fossés à ciel ouvert car il nécessite un écartement de 40 à 100 m et se n'est pas possible pour notre cas.

Le drainage par drains enterré s'est justifié par les différents avantages qu'il confère à savoir :

- ✓ Emprise du sol peu important par rapport aux fossés à ciel ouvert.
- ✓ Un contrôle plus efficace de la salinité,
- ✓ Le coût de l'installation risque au début d'être un peu élevé mais comparé aux Frais d'entretien des fossés à ciel ouvert, il nous paraîtra très raisonnable.

Expérimentalement les résultats sont très acceptables, les vitesses d'écoulements des drains et des collecteurs sont supérieures à 0.4 m/s, la même chose pour les diamètres ils sont inférieurs a **300 mm** pour les collecteurs.

Sur le plan technique l'écartement des drains était de **14 m** pour la zone I et **16 m** pour les zones II et III ce qui est acceptable vu la perméabilité du sol. Et pour rendre notre système de drainage plus fiable on procède au sous soulage qui augmente la perméabilité des sols, après l'amélioration des propriétés physiques du sol nous avons trouvé des résultats plus acceptables.

Les eaux de drainage sont collectées et dirigées directement vers Sebkhath Bazer à partir de trois oueds qui traversent le périmètre, on ne peut pas réutiliser ces eaux pour un simple raison, notre sol est très salé donc la qualité des eaux de drainage serait aussi salée et la réutilisation de ces eaux provoque une salinité secondaire du sol.

Plusieurs questions se sont posées à nous au cours de cette étude, quel est le but de ce projet ? Et pourquoi on dépense des millions de Dinars pour un projet de drainage.

La réponse est simple le périmètre d'El-Eulma l'un des plus grands périmètres en Algérie et l'élimination des eaux augmente la production agricole quantitativement et qualitativement et c'est le but essentiel de notre projet.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier I-A Etude Foncière
- 2) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier I-B Analyse Des Ressource En Sol
- 3) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau
- 4) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier I-D Etude Agro-socio-économie
- 5) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier II A - Délimitation des Surfaces à irriguer et allocation des eaux
- 6) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier II B - Etude des schémas d'aménagements hydrauliques
- 7) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier II C- Avant Projet Sommaire
- 8) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier phase IV Lot 1 - Réseau d'adduction
- 9) **Stucky-Enhyd&Brli** 2007* Dossier phase IV Lot 2 - Réseau de distribution
- 10) **ENSH 2004 Mr Temzi Djillali** Mémoire de Fin d'Etudes Intitulé :
Projection D'un Réseau D'irrigation Sous Pression Et Etude Comparative Entre L'irrigation Par Aspersion Et
L'irrigation Localisée Dans La Vallée Du Bas Isser Algérois (W-Boumerdes)

* Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'el Eulma (20 000 ha) établie par le groupement de bureau d'Etudes Stucky-Enhyd&Brli 2008

ANNEXES

ANNEXE

Annexe 1 : les données pluviométriques de la station d'El-Eulma.

TABLEAU I-1 les précipitations moyennes annuelles. (Station d'el Eulma)

Années	S	O	N	D	J	V	M	A	M	J	J	A	P _{moy}
1981	20,4	28,3	1,1	34,6	94,9	19	51,95	54,95	9,5	21,8	1,2	0,2	338.4
1982	58,4	82,6	54,7	35,3	15,8	67,1	68,7	22,9	73,4	8,4	12,8	34,6	526.4
1983	13,1	12,6	16,4	30	21	2,9	7,2	22	17,7	20	0,3	22,1	187.4
1984	50,4	33,1	40	42,1	147	65,5	60	85,1	52	43,2	15,8	20	653.3
1985	32,7	53,5	22,7	45	65,8	33	81	30,1	31,5	21,1	13,7	11,3	443.4
1986	26,5	11,1	15,1	45,1	42,1	131,6	46	54	67,3	65,6	9,3	15,8	490.0
1987	24,55	64,7	68,2	53,7	6,9	11	16,9	1,1	23,2	1,7	1,5	27,3	300.2
1988	46,6	32,2	21	16	59,8	12	25,9	55,4	105,5	0	2,6	51,1	420.9
1989	38,5	20,7	60,3	64,8	32,3	37,7	17	56,1	63,6	5,2	5	2,4	345.3
1990	25,8	32,4	31,9	24,2	24,4	53	31,5	122,1	9,7	31,1	2,5	7,8	419.9
1991	16,4	31,5	35,4	72,5	50,9	40	40,1	55,8	10,4	8,4	19,8	20,2	390.5
1992	100,8	79,9	25,7	67,6	32,3	22,8	64,3	49,6	35	3	22	2	494.9
1993	59,4	29,9	26,2	68,4	15,2	4,7	16,1	14,6	47,1	12,6	3,5	4	301.9
1994	7,1	36,4	7,4	48	60,2	46,5	14,5	20	52,7	20	0	5,6	372.9
1995	15,2	35	35	119,9	85	70	32,4	15,2	21,6	17,8	1,4	3,5	452.5
1996	39,1	42,5	29	58,7	12,5	65,6	66,9	55,8	21,9	11,7	9,1	2,1	400.6
1997	44	20,8	27,8	38,5	47	68,5	25,2	19	23,2	1,9	19,8	8,4	348.9
1998	83,3	19,8	78	54,1	67,3	19,2	25,3	13,7	8,1	18,3	4,7	16,2	401.7
1999	9,2	8,9	54,1	25	45,2	35,8	20,7	119,2	43,1	10,8	5,8	21,3	396.1
2000	15,7	8,4	24,6	87	81,5	24,6	26,8	44	6,7	12,1	0	10,4	341.3
2001	20,8	0,4	9,4	60,2	36,9	36,9	30,7	41,1	21,1	41,3	1,8	1,8	295.0
P_{moy} mens	38.16	29.69	27.77	50.11	38.16	34.26	39.90	33.12	40.71	23.61	10.50	17.09	338.4

ANNEXE

ANNEXE II les besoins en eau des cultures envisageables(ETM).

TEBLEAU II-1 les besoins du blé dur

Month	Decade	Stage	Kc	ETcrop	ETcrop	Eff. rain	Ir. Req.	Ir. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/day	mm/dec
Nov	1	Init	0.60	1.49	14.9	6.7	0.82	8.2
Nov	2	Init	0.60	1.25	12.5	6.3	0.62	6.2
Nov	3	Init	0.60	1.13	11.3	8.3	0.29	2.9
Dec	1	Init	0.60	1.00	10.0	11.3	0.00	0.0
Dec	2	Init	0.60	0.88	8.8	13.4	0.00	0.0
Dec	3	In/De	0.60	0.90	9.8	12.5	0.00	0.0
Jan	1	Deve	0.66	0.98	9.8	11.2	0.00	0.0
Jan	2	Deve	0.76	1.14	11.4	10.6	0.08	0.8
Jan	3	Deve	0.86	1.48	16.3	9.9	0.58	6.4
Feb	1	Deve	0.97	1.88	18.8	9.0	0.98	9.8
Feb	2	Deve	1.07	2.30	23.0	8.2	1.48	14.8
Feb	3	Deve	1.16	2.87	22.9	8.8	1.77	14.1
Mar	1	Mid	1.20	3.35	33.5	9.8	2.37	23.7
Mar	2	Mid	1.20	3.73	37.3	10.4	2.69	26.9
Mar	3	Mid	1.20	4.21	46.3	9.7	3.32	36.6
Apr	1	Mid	1.20	4.68	46.8	8.6	3.82	38.2
Apr	2	Mid	1.20	5.16	51.6	7.9	4.37	43.7
Apr	3	Mi/Lt	1.19	5.74	57.4	8.7	4.87	48.7
May	1	Late	1.10	5.87	58.7	10.1	4.86	48.6
May	2	Late	0.93	5.46	54.6	11.0	4.36	43.6
May	3	Late	0.77	4.98	39.8	6.8	4.13	33.0
Totals					595.6	199.1	406.3	

ANNEXE

TEBLEAU II-2 les besoins de l'orge.

Month	Decade	Stage	Kc	ETcrop	ETcrop	Eff. rain	Ir. Req.	Ir. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/day	mm/dec
Nov	2	Init	0.30	0.62	3.7	3.8	0.00	0.0
Nov	3	Init	0.30	0.56	5.6	8.3	0.00	0.0
Dec	1	Init	0.30	0.50	5.0	11.3	0.00	0.0
Dec	2	Init	0.30	0.44	4.4	13.4	0.00	0.0
Dec	3	Init	0.30	0.44	4.9	12.5	0.00	0.0
Jan	1	Init	0.30	0.45	4.5	11.2	0.00	0.0
Jan	2	In/De	0.37	0.56	5.6	10.6	0.00	0.0
Jan	3	Deve	0.57	0.97	10.7	9.9	0.07	0.8
Feb	1	Deve	0.79	1.52	15.2	9.0	0.63	6.3
Feb	2	Deve	1.00	2.15	21.5	8.2	1.33	13.3
Feb	3	De/Mi	1.13	2.79	22.3	8.8	1.69	13.5
Mar	1	Mid	1.15	3.21	32.1	9.8	2.23	22.3
Mar	2	Mid	1.15	3.58	35.8	10.4	2.54	25.4
Mar	3	Mid	1.15	4.03	44.4	9.7	3.15	34.6
Apr	1	Mi/Lt	1.07	4.18	41.8	8.6	3.32	33.2
Apr	2	Late	0.88	3.78	37.8	7.9	2.99	29.9
Apr	3	Late	0.65	3.15	31.5	8.7	2.29	22.9
May	1	Late	0.43	2.29	22.9	10.1	1.28	12.8
May	2	Late	0.28	1.66	5.0	3.3	0.56	1.7
Totals					354.9	175.4	216.6	

ANNEXE

TEBLEAU II-3 les besoins de la pomme de terre d'été .

Month	Decade	Stage	Kc	ETcrop	ETcrop	Eff. rain	Ir. Req.	Ir. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/day	mm/dec
Jun	1	Init	0.50	3.50	10.5	2.2	2.76	8.3
Jun	2	Init	0.50	3.79	37.9	5.9	3.19	31.9
Jun	3	Init	0.50	3.96	39.5	4.9	3.47	34.7
Jul	1	In/De	0.59	4.92	49.2	3.4	4.58	45.8
Jul	2	Deve	0.78	6.87	68.7	2.1	6.66	66.6
Jul	3	Deve	1.01	8.58	94.4	2.9	8.32	91.5
Aug	1	De/Mi	1.14	9.44	94.4	3.5	9.08	90.8
Aug	2	Mid	1.15	9.35	93.5	4.0	8.95	89.5
Aug	3	Mid	1.15	8.40	92.4	5.8	7.87	86.6
Sep	1	Mid	1.15	7.38	73.8	8.5	6.53	65.3
Sep	2	Mi/Lt	1.12	6.32	63.2	10.6	5.26	52.6
Sep	3	Late	1.02	4.95	49.5	9.6	3.99	39.9
Oct	1	Late	0.88	3.54	35.4	8.1	2.73	27.3
Oct	2	Late	0.78	2.49	12.5	3.7	1.76	8.8
Totals					814.8	75.1	739.7	

ANNEXE

TEBLEAU II-4 les besoins de la chou vert.

Month	Decade	Stage	Kc	ETcrop	ETcrop	Eff. rain	Ir. Req.	Ir. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/day	mm/dec
Dec	3	Init	0.70	1.04	7.3	7.9	0.00	0.0
Jan	1	Init	0.70	1.04	10.4	11.2	0.00	0.0
Jan	2	In/De	0.71	1.06	10.6	10.6	0.01	0.1
Jan	3	Deve	0.77	1.33	14.6	9.9	0.43	4.7
Feb	1	Deve	0.88	1.70	17.0	9.0	0.80	8.0
Feb	2	Deve	0.98	2.11	21.1	8.2	1.29	12.9
Feb	3	De/Mi	1.04	2.57	20.6	8.8	1.47	11.8
Mar	1	Mid	1.05	2.93	29.3	9.8	1.95	19.5
Mar	2	Mi/Lt	1.05	3.26	32.6	10.4	2.22	22.2
Mar	3	Late	1.01	3.53	38.8	9.7	2.65	29.1
Apr	1	Late	0.96	3.75	11.2	2.6	2.89	8.7
Totals					213.5	98.1	116.9	

ANNEXE

TEBLEAU II-5 les besoins de la tomate arrière saison.

Month	Decade	Stage	Kc	ETcrop	ETcrop	Eff. rain	Ir. Req.	Ir. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/day	mm/dec
Jul	1	Init	0.60	5.03	50.3	3.4	4.69	46.9
Jul	2	Init	0.60	5.27	52.7	2.1	5.07	50.7
Jul	3	In/De	0.61	5.16	56.8	2.9	4.90	53.9
Aug	1	Deve	0.68	5.65	56.5	3.5	5.30	53.0
Aug	2	Deve	0.82	6.67	66.7	4.0	6.27	62.7
Aug	3	Deve	0.96	7.05	77.5	5.8	6.52	71.7
Sep	1	De/Mi	1.09	7.03	70.3	8.5	6.17	61.7
Sep	2	Mid	1.15	6.51	65.1	10.6	5.45	54.5
Sep	3	Mid	1.15	5.60	56.0	9.6	4.64	46.4
Oct	1	Mid	1.15	4.61	46.1	8.1	3.80	38.0
Oct	2	Mid	1.15	3.66	36.6	7.3	2.92	29.2
Oct	3	Mi/Lt	1.10	3.10	34.1	7.3	2.44	26.9
Nov	1	Late	1.00	2.48	24.8	6.7	1.81	18.1
Nov	2	Late	0.88	1.83	18.3	6.3	1.21	12.1
Nov	3	Late	0.81	1.52	3.0	1.7	0.69	1.4
Totals					714.8	87.6	627.1	

ANNEXE

ANNEXE III les précipitations maximales journalières de la station d'el-Eulma.

TEBLEAU III-1les précipitations maximales journaliers (pluie d'1jour)

L'ordre	Les précipitations maximales journalières
1	16.2
2	17.8
3	20.2
4	23.4
5	24.7
6	25.2
7	26.4
8	29.1
9	32.8
10	34.2
11	37.7
12	38.1
13	38.5
14	39.6
15	40
16	41.3
17	41.4
18	43.5
19	52
20	55.3
21	57.3

ANNEXE

TEBLEAU III-2 les précipitations maximales journaliers (1,2....7 jours)

Période de retour	2ans			5 ans			10ans		
La duré (h)	$a' = I_p \cdot (t_{ij})^{0.65}$	$I_p = \frac{a'}{t_{ij}^{0.65}}$	$P = I_p \cdot t$	$a' = I_p \cdot (t_{ij})^{0.65}$	$I_p = \frac{a'}{t_{ij}^{0.65}}$	$P = I_p \cdot t$	$a' = I_p \cdot (t_{ij})^{0.65}$	$I_p = \frac{a'}{t_{ij}^{0.65}}$	$P = I_p \cdot t$
24	164.74	1,458	35	200.04	1,770	42,5	230.63	2,041	49
48	164.74	0,929	44,60	200.04	1,128	54,16 8	230.63	1,301	62,453
72	164.74	0,714	51,41	200.04	0,867	62,42 8	230.63	0,999	71,976
96	164.74	0,592	56,85	200.04	0,719	69,04 1	230.63	0,829	79,6
120	164.74	0,512	61,47	200.04	0,622	74,64 9	230.63	0,717	86,06
144	164.74	0,455	65,52	200.04	0,552	79,56 8	230.63	0,637	91,73
168	164.74	0,411	69,15	200.04	0,499	83,97 9	230.63	0,576	96,82

ANNEXE

