

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah -
DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**ETUDE HYDRO-AGRICOLE DU PÉRIMÈTRE
D'IRRIGATION TELEGHMA SECTEUR NORD
(W.MILA)**

Présenté par :

M^r SASSI KHALED

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r T.KHETTAL	M C.A	Président
M^{me} A.AZIEZ	M A.A	Examinatrice
M^{me} D.DJODAR	M A.A	Examinatrice
M^r D.KOLIAI	INGÉNIEUR EN CHEF	Examineur
M^{me} S.LEULMI	M A.A	Examinatrice
M^r A.BOUFEKANE	M A.A	Promoteur

Juillet- 2012

DEDICACES

Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :

*D'abord à ma très chère mère **FATIMA**(Manina), à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien et me voir ainsi arriver à ce que je suis devenu aujourd'hui.*

*A mon très cher père **ABDELKADER**, pour ces conseils, son soutien matériels et moral et pour tout ses efforts et les faveurs qu'il m'a accordé et qui m'ont donné la volonté de réaliser et de finir ce travail.*

*A mes frères **KARIM(faiza)** et **BAGHDADI***

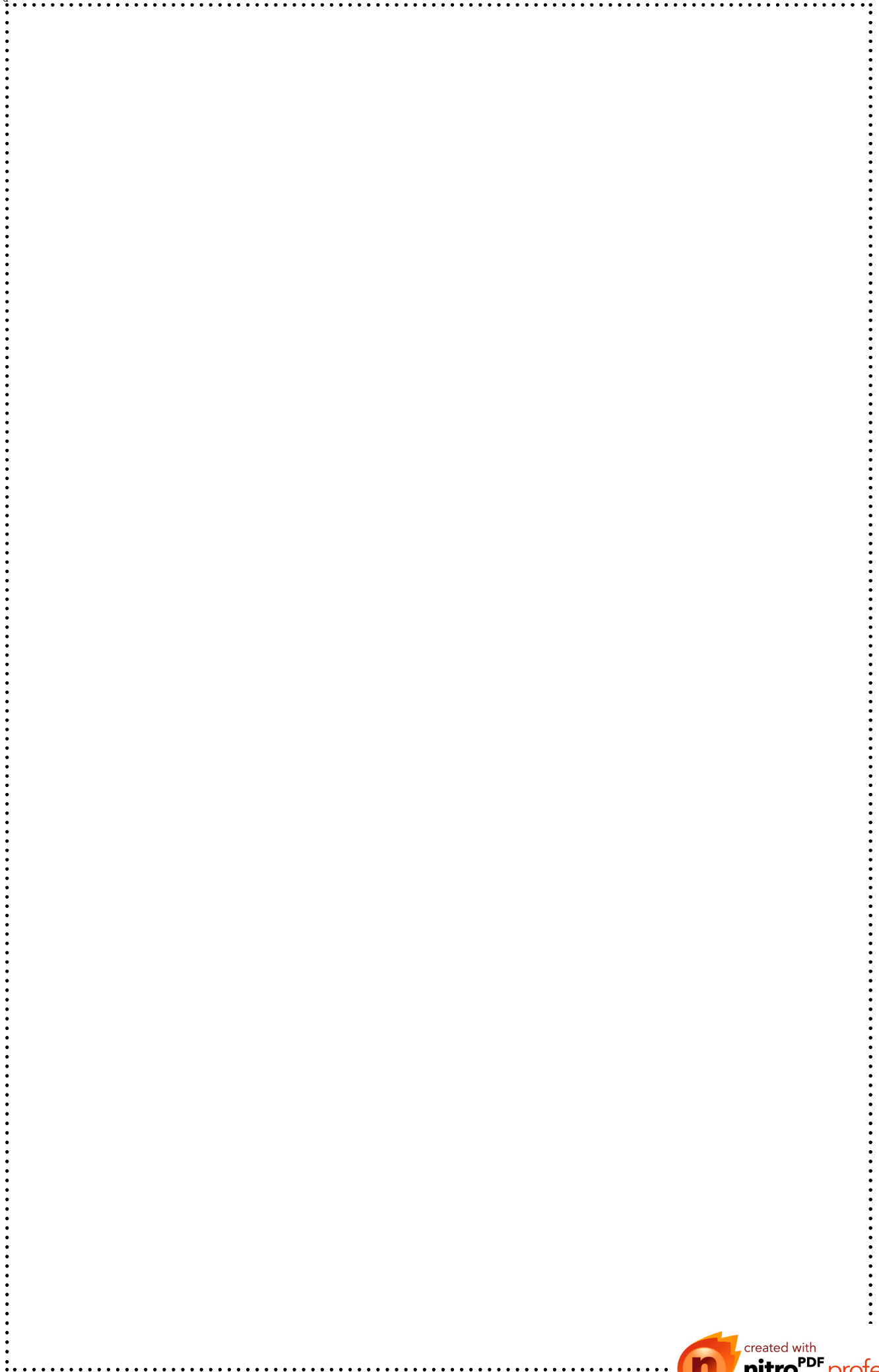
*A mon cher grand-mère **AICHA** et **RAZIKA***

*A toute la famille : **SASSI** et **TRAFI***

*Je dédie également ce travail à tous mes amis de L'E.N.S.H avec qui je partage tous les souvenirs inoubliables d'une formation qui m'a ouvert les yeux sur le monde. Je cite en particulier : **FALOUH, LARKAM, MOHEMED CHRIFE, HOUSSEM, AKERMI.***

Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option irrigation et drainage en particulier.

SASSI KHALED



REMERCIEMENTS

Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans mon élaboration

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Mon promoteur

Mr **BOUFEKANE.A** de m'avoir orienté et pour ces conseils judicieux.

Madame **L.S .BAHBOUH** de m'avoir enseigné le long de ma formation, m'a assisté, guidé et conseillé durant ce projet .je lui exprime ici ma profonde reconnaissance

Je Remercie également tout le personnel de l'ANRH de

CONSTANTINE et BLIDA

Je Remercie mes Enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation d'Ingénieur d'état en hydraulique

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les remercie vivement.

Merci

مُلخَص:

إنَّ الهدف من إنجاز مذكرة نهائية دراسة يندرجُ ضمنَ دراسة مشروع تسير المساحات الفلاحية على مستوى محيط بلدية تلاغمة ولاية ميلّة.
و كذلك التوزيع الأمثل للمياه على مستوى المساحات الفلاحية لمحيط تلاغمة و التي يوفرها سد واد العثمانية. وكل ذلك من أجل إيصال الكميات المطلوبة من مياه السقي

Résumé :

le but de ce mémoire de fin d'études est fait partie du projet de la gestion des périmètre agricoles au niveau de la région de Teleghma.

Et aussi assurer la distribution des eaux dans les terrains agricole appartenant au périmètre du Teleghma par l'intermédiaire du barrage de Oued Athmania.

Abstract :

The aim of our dissoration is included in the project of agricultural fields management in the region of Teleghma also.

our study aims at distributing water from the dam of Oued Athmania in good circumstances.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I: Présentation du périmètre

Introduction

I.1 Situation du périmètre d'irrigation.....	1
I.2. Situation climatique.....	4
I.2.1. Les précipitations.....	4
I.2.2. Humidité relative.....	5
I.2.3. Température de l'air.....	5
I.2.4. Evaporation.....	6
I.2.5. Les vents.....	6
I.2.6. Sirroco.....	7
I.2.7. Gelée blanche.....	7
I.2.8. La neige.....	7
I.2.9. Ensoleillement.....	8
I.3. Classification du climat.....	9
I.3.1. Indice d'aridité.....	9
I.3.2. Quotient pluviométrique'EMBERGER.....	10
I.3.3. Diagramme Ombrothermique deGaussen.....	12
I.4. Géologie.....	12
I.4.1. Géologie générale et stratigraphie.....	12
Conclusion.....	13

Chapitre II : Analyse des ressources en sol et en eaux

Introduction.....	15
II.1. Analyse de ressource en sol.....	15
II.2. Classification des sols de la zone d'étude.....	17
II.2.1. Les sols peu évolués.....	17
II.2.2. Les sols calcimagnésiques.....	21

II.2.3. Les vertisols	22
II.3. Analyse de ressource en eau	24
II.4. Evaluation de la disponibilité des ressources en eau.....	26
II.5. Estimation de la qualité de l'eau.....	26
Conclusion	29

Chapitre III : Etude hydrologique

Introduction	30
III.1. Le réseau pluviométrique.....	30
III.2. Homogénéité de la série pluviométrique.....	32
III.3. Ajustement de la série pluviométrique.....	34
III.3.1. Ajustement à la loi normale (gauss).....	34
III.3.2. Test de validité de l'ajustement à la loi Normale.....	37
8	
III.4. Détermination de l'année de calcul.....	37
Conclusion.....	38

Chapitre IV : Les besoins en eau des cultures

Introduction.....	39
a- Les besoins unitaires.....	39
b- Les besoins globaux.....	39
IV. Besoin en eau du périmètre.....	40
IV.1 Détermination de l'évapotranspiration.....	40
a- Définition	40
b- b- Méthode d'évaluation de l'évapotranspiration.....	40
IV.2 Calcul de la pluie efficace.....	42
IV.3 : Besoins net mensuel en eau d'irrigation des cultures.....	43
IV.4. : Calcul du débit maximum journalier (débit spécifique).....	45
Conclusion.....	46

Chapitre V : Calcul hydraulique

Introduction	47
V.1. Découpage du périmètre en ilots d'irrigation.....	47
V.1.1. Géométrie des ilots d'irrigation.....	47
V.1.2. Découpage de la zone étudiée.....	47
V.2 Système d'adduction d'eau.....	49.
V.2.1 Dimensionnement de l'adduction gravitaire.....	50
A-Barrage réservoir oued Athmania ver le Station de Pompage.....	50
V.3. Conduites.....	52
V.3.1. Matériaux.....	52.
V.3.2.Perte de charge.....	52
V.3.3.Diamètre.....	53
* Desserte gravitaire.....	53.
V.4.Appareillage de fonctionnement et de protection.....	54
V.4.1. Vannes de sectionnement.....	54
V.4.2. Ventouses.....	54
V.4.3.Vidanges	55
V.4.4.Regards de branchement.....	55
V.4.5 Ouvrages aux points de piquage des conduites à la conduite de transfert	55
V.5. Protection des conduites contre la corrosion.....	56
V.5.1.Corrosion interne.....	56
V.5.2.Principaux types de protection contre la corrosion intérieure.....	56
V.5.3 Corrosion externe.....	

V.5.4 principaux types de protection contre la corrosion extérieure.....	57
V.6. Borne d'irrigation.....	57
V.6.1. Type borne.....	57
V.7. Réseau de distribution.....	57
V.7.1. Tracé de distribution.....	57
V.7.2. Ilots d'irrigation.....	57
V.7.3. Débit de la borne d'irrigation.....	58
V.8.Caractéristiques des conduites du réseau d'irrigation.....	60
V.9.Calcul de l'installation de goutte à goutte.....	63
V.9.1 Besoins journaliers.....	63
V.9.2. Dose nette.....	63
VI.9.3. Dose pratique.....	64
VI.9.4. Fréquence d'arrosage.....	64
VI.9.5. Dose brute.....	64
VI.9.6. Duré d'arrosage.....	64
V.9.7.Le débit de pointe.....	64
V.9.8.Le débit calculé par un arbre.....	65
V.9.9.Le nombre d'arbres (de goutteurs).....	65
V.9.10.Le nombre de rampes porte-goutteurs.....	65
V.9.11.Le débit moyen par une rampe.....	65
V.10 Calcul hydraulique.....	66
1-Porte-rampe.....	66
2-Rampe porte-goutteurs.....	66
Conclusion.....	66

Chapitre VI Organisation de chantier

Introduction.....	67
VI.1. Les actions reçus par les conduites.....	67
VI.2. Exécution des travaux	67
VI.2.1 Vérification et manutention des canalisations.....	68
VI.3. Excavation des tranchées.....	68
A-Calcul de la largeur de tranchée	68
B-Calcul de la profondeur de tranchée.....	68
VI.4. Pose de canalisation.....	69
VI.4.1. Pose de la canalisation en galerie.....	69
VI.4.2. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire.....	69
VI.5. Principe de pose des canalisations.....	69
VI.5.1. Traversées des routes.....	69
VI.5.2. Robinet d'arrêt.....	70
VI.5.3. Les vannes papillons.....	70
VI.6. Calcul du volume de terrassements.....	70
VI.6.1. Calcul du volume de déblai.....	70
VI.6.2. Calcul du volume de remblai.....	70
VI.6.3. Décapage de la couche végétale ou la couche du goudron.....	71
VI.6.4. Calcul du volume de lit de sable.....	71
VI.6.5. Volume excédentaire.....	71
Conclusion.....	71
Conclusion générale	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau : I.2 : Données mensuelles moyennes de la pluie à la station de Teleghma.....	4
Tableau : I.2 : Répartition des précipitations à l'intérieur de l'année.....	4
Tableau : I.3 : Humidité moyenne mensuelle à la station climatique de Constantine.....	5
Tableau : I.4 : Répartitions mensuelle Tmax et Tmin.....	5
Tableau : I.5 : Evaporation mensuelle et annuelle à la station climatique de Constantine....	6
Tableau : I.6 : Vitesse de vent à la station climatique de Constantine.....	6
Tableau : I.7 : Nombre moyen jours du sirocco à la station climatique de Constantine.....	7
Tableau : I.8 : Nombre moyen mensuel de jours de gèle à la station Hammam Bouziane.....	7
Tableau : I.9 : Nombre moyen mensuel de jours de la neige à la station de Constantine.....	8
Tableau : I.10 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (en heure).....	8
Tableau I.11 : Classification du climat.....	9
Tableau: II.1 : Répartition des superficies par zones homogènes.....	15
Tableau. II.2: La description des sols par catégories.....	16
Tableau II.3 : Catégories des sols (par secteur).....	17
Tableau II.4 : Distribution mensuelle projetée des eaux du barrage de Beni-Haroun.....	25
Tableau II.5 : Volume pour irrigation dans le périmètre de Teleghma.....	26
Tableau. II.6 : analyse chimique de la qualité des eaux dans le périmètre.....	28
Tableau II.5 : Récapitulatif de calcul pour des eaux d'irrigation dans le périmètre.....	29
Tableau III.1.1: Caractéristiques de station pluviométrique.....	30
Tableau III.1.2 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles.....	31
A la station pluviométrique de Bir Drimil (période : 1985 – 2006)	
Tableau III.3 : Test d'homogénéité.....	33
Tableau III.4: Ajustement à la loi de Gauss.....	35
Tableau III.5 : Précipitations mensuelles moyennes.....	37
Tableau III.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	38
Tableau IV.1 : Calcul de l'Evapotranspiration en mm/jours Par la méthode de Penman&Motheith modifiée.....	42
Tableau IV.2 Calcul de la pluie efficace mensuelle.....	43
Tableau IV.3 : Détermination des besoins en eau net des cultures.....	44
Tableau V.1.Répartition de la surface totale équipée par secteurs et par wilaya.....	48
Tableau V.2.Répartition des parcelles par classes d'exploitation et par secteurs.....	48
Tableau V.3 : Détermination du diamètre de la conduite gravitaire.....	50
Tableau V.4. Frais d'investissement de la conduite gravitaire.....	51
Tableau V.5. Valeurs admissibles des vitesses maximale et minimale de l'écoulement.....	53
Tableau V.6. Diamètres conduite / ventouse.....	55
Tableau V.7. Diamètres des conduites d'évacuation des vidanges.....	55
Tableau V.8.Bordereau des bornes avec la répartition par types de périmètre nord.....	58
Tableau V.9.Bordereau des prises avec la répartition et débits du secteur Teleghma Nord...	59
Tableau V.9. Récapitulatif des longueurs des conduites distribution « Secteur Nord ».....	61

Liste des figures :

Chapitre I

Figure I.1 : Situation géographique	2
Figure I-3 : Schéma du réseau hydrographique de la zone d'étude	3
Figure I-4 : Diagramme bioclimatique	11
Figure. I.5 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	12

Chapitre II

Figure II.1 : Carte d'implantation des profils du secteur nord.....	20
Figure II.2 : carte pédologique de la plaine de Tleghma (partie nord).....	23

Chapitre III

Figure. III.1 : Ajustement à une loi normale.....	36
--	----

Chapitre VI

Figure. V.1 : Transfert Athmania – Schéma d'ensemble.....	49
Figure. V.1 : Les vannes de sectionnement.....	54

INTRODUCTION GENIRALE

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement économique d'un pays.

Dans le cadre des efforts de l'état pour le développement du secteur de l'agriculture et de la bonne exploitation des terres agricoles et dans le contexte du développement économique, avait bénéficié d'une importance majeure, on a fait une étude d'aménagement hydro-agricole de la plaine de Teleghma secteur nord (willaya de Mila) pour but de transférer les eaux vers les secteurs d'irrigation de la zone étudiée qui s'étend sur une superficie de 1141.6 ha divisée sur des petites, moyennes, et grandes îlots, dont les aptitudes culturelles se diffèrent en fonction de leurs surfaces et leurs pédologies.

Le périmètre de Teleghma se situe au sud ouest de la ville de Constantine. La topographie du périmètre est plane avec la présence de quelques montagnes aux alentours.

La réalisation des transferts du barrage de Béni-Haroun à permis au périmètre, de bénéficier d'un effort d'eau supplémentaire à partir d'un piquage de la conduite de transfert de barrage d'oued Athmania et à la station de pompage d'oued Seguin.

Passant par une spécification de la région, une analyse des ressources en sol et en eau, et analyse de la pluviométrie, et ce dans le but de déterminer les besoins en eaux des différentes cultures, par la suite nous calculerons le débit spécifique qui sera le paramètre essentiel dans le dimensionnement hydraulique. Connaissant les formules hydrauliques on dimensionne le réseau de distribution puis l'adduction qui alimente le périmètre.

Chapitre I

Présentation du périmètre

I. Situation du périmètre d'irrigation

Le périmètre d'irrigation de Teleghma est situé dans la partie nord-est de l'Algérie sur le territoire des wilayas de Mila et Oum El-Bouaghi. Au Sud-Ouest de la ville de Constantine à une distance de 30 km environ.

Du point de vue géographique, la zone d'étude se situe dans les limites des hauts plateaux constantinois qui prolongent les hauts plateaux d'Algérie séparés de ces derniers par la chaîne montagneuse du Honda. Les hauts plateaux constantinois sont envisagés en tant qu'une unité géo-structurale du tell oriental de l'Atlas.

Les cotes absolues de la surface terrestre dans les limites du périmètre d'irrigation évoluent entre 630 m et 830 m N.G.A.

Dans le plan géomorphologique, tout le territoire du périmètre d'irrigation en projet se trouve dans les vallées des oueds qui traversent le périmètre d'irrigation et dont le courant est orienté du sud et du sud-est vers le nord et le nord-est (Fig. I.2).

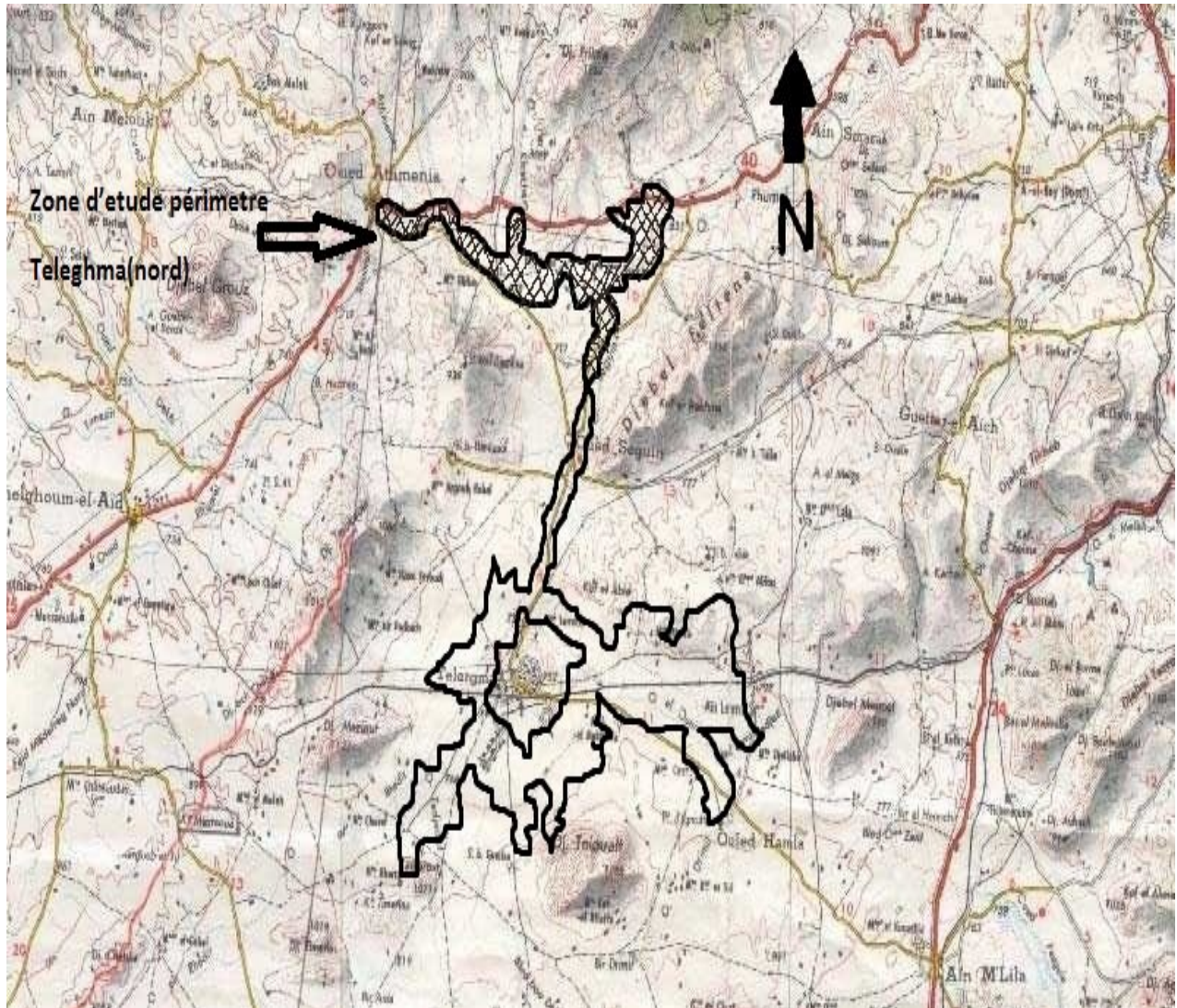
Les oueds les plus importants sont : Rhumel, Athmania, Seguin, El Rhédir et El Ouni.

La zone d'étude est suffisamment desservie par un réseau routier très bien réparti. Les routes principales sont la route nationale n°5 qui traverse la partie nord de la zone d'étude et les routes nationales n°100 et n°101 qui passent à travers les parties centrales d'ouest et d'est de la zone d'étude.

En plus de routes ci-haut énumérées la zone d'étude est desservie par un réseau les routes goudronnées d'importance locale (catégorie CW) qui prennent leur origine à partir des routes nationales.

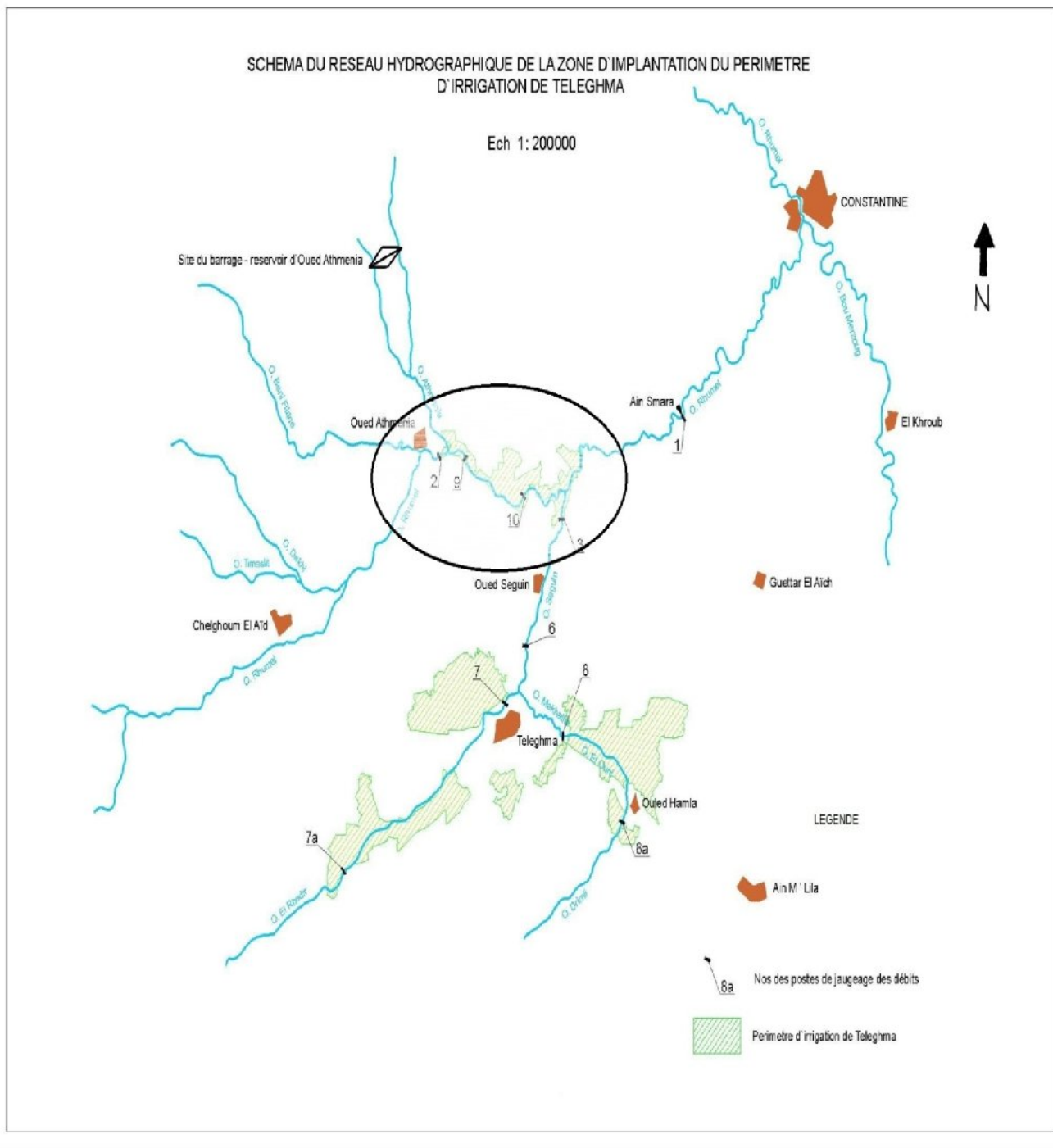
La voie ferrée traverse la zone d'étude dans la direction longitudinale. Les localités principales se trouvant dans la zone de projet sont : Oued Athmania, Oued Seguin, Teleghma, M'Chira, Oued Hamla qui sont les chefs-lieux des communes homonymes. Il est noté aussi, que la ville et la commune de Ouled Hamla entrent administrativement à la wilaya de Oum El Bouaghi. Les autres l'étant à la wilaya de Mila. La ville de Téleghma est localisée au centre du périmètre d'irrigation.

Situation géographique :



Ech:1/50000

Fig :I.1 : Situation géographique



**Fig. I.2 : Schéma du réseau hydrographique de la zone d'étude
Ech :1/200000**

I.2. Situation climatique

Le climat de la région est méditerranéen typique avec un été sec et chaud et un hiver doux et humide.

Les données climatiques (précipitation, température, humidité relative et vent) sont fournies par l'ANRH de Constantine à la station climatique de Constantine pour la période 1994 – 2003.

I.2.1. Les précipitations

Les précipitations sont réparties à travers le territoire de façon à créer une zone en verticale qui est caractérisée par une augmentation de précipitations en fonction de l'altitude.

Le tableau ci-dessous donne les précipitations réparties par mois et leur total annuel.

Tableau. I.2 : Données mensuelles moyennes de la pluie à la station de Teleghma 1994-1993

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	annuel
Pluie (mm)	22	28	32	45	43	39	36	32	28	13	4	8	330

Source : ANRH (Constantine)

Il est à noter que le total moyen des précipitations annuel est égal à 330 mm qui été défini pour la cote moyenne pondérée du périmètre d'irrigation qui est de 750 m N.G.A.

Le minimum de précipitations est enregistré au mois de juillet avec une valeur de 4 mm et le maximum est enregistré au mois de décembre avec un total de 45 mm.

Tableau. I.2 : Répartition des précipitations à l'intérieur de l'année

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Répartition des précipitations (%)	6,6	8,4	9,6	13,7	13,2	11,7	10,9	9,7	8,5	3,9	1,3	2,5	100

Source : ANRH (Constantine)

La répartition des précipitations à l'intérieur de l'année est caractérisée par la présence de deux périodes :

- la première humide (novembre – avril) : pendant laquelle il tombe 70% des précipitations annuelles.
- la deuxième sèche (Juin – Août) : dont la quantité ne dépasse pas les 8% de précipitations annuelles.

I.2.2. Humidité relative

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à celle que l'air pourrait contenir s'il était saturé à la même température. Les valeurs de l'humidité relative sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau. I.3 : Humidité moyenne mensuelle à la station climatique de Constantine

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Ann
Humidité relative de l'air (%)	64,3	69,3	74,1	78,5	78,6	76,3	71,2	69,3	63,5	53,5	47,6	50,0	66,4

Source : ANRH (Constantine)

D'après le tableau précédent, l'humidité moyenne annuelle est de l'ordre de 66%. Le mois le plus sec est le mois de juillet avec une valeur de l'humidité relative moyenne de l'ordre de 47%. Les mois les plus humides étant décembre et janvier dont l'humidité relative moyenne atteint une valeur de 78%.

I.2.3. Température de l'air

La température de l'air est un facteur du climat très important, car elle conditionne l'évapotranspiration. Les conditions climatiques de la zone d'étude sont formées sous l'influence des masses d'air du Sahara avec son climat sec et chaud et celles de la Méditerranée avec un climat plus tempéré et plus humide.

Le régime de température dans la région d'étude (périmètre d'irrigation de Teleghma) se caractérise par un été sec et très chaud et un hiver froid et humide. Les températures d'air moyennes et extrêmes moyennes, mensuelles dans la région étudiée sont présentées dans le tableau ci-après

Tableau. I.4 : Répartirons mensuelle Tmax et Tmin

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T _{max}	11.8	13.4	16.6	19.0	25.4	31.2	34.4	34.5	28.8	23.4	16.9	12.8	20.6
T _{moy}	7	7.9	10.7	12.6	18.4	23.2	26.2	26.5	21.8	17.4	11.8	8.3	16
T _{min}	2.3	2.6	4.6	6.2	10.9	15.2	17.8	18.4	14.8	11.4	6.6	3.4	7.4

Source : ANRH (Constantine)

La température moyenne mensuelle varie entre un minimum de 2.3 °C enregistré au mois de janvier et un maximum de 34.5 enregistré au mois d'août.

I.2.4. Evaporation

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle et annuelle des plans d'eau dans la région d'étude sont estimées à partir des données d'observation mesurées sous abri avec l'évaporomètre PICHE au niveau de la station de Constantine. Le tableau suivant présente l'évaporation mensuelle et annuelle.

Tableau. I.5 : Evaporation mensuelle et annuelle à la station climatique de Constantine

Mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O	Ann
Evapo	mm	104.7	77.9	56.4	42.9	40.1	41	61.9	70.6	104.3	143	183.7	175.9	1102.5
	%	9.55	7.07	5.12	3.89	3.64	3.72	5.61	6.40	9.46	12.97	16.66	15.96	100

Source : ANRH (Constantine)

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante durant les mois de mai à septembre correspond à un volume évaporé de 64.54 % et faible du mois de novembre à mars où le volume évaporé est de 21.98 %

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

I.2.5. Les vents

D'après les observations recueillies à la station climatique de Constantine, les vents prédominants sont d'ouest en est.

Le tableau suivant indique les variations concernant les moyennes mensuelles et annuelles.

Tableau. I.6 : Vitesse de vent à la station climatique de Constantine

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Vitesse du vent (m/s)	1,2	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,3	1,2	1,1	1,1	1,4

Source : ANRH (Constantine)

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 1,4 m/s. La vitesse moyenne mensuelle minimale du vent est de 1,1 m/s (juillet-août). La vitesse moyenne mensuelle maximale du vent est de 1,7 m/s (pour la période de décembre-mars).

I.2.6. Sirroco

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

Tableau. I.7 : Nombre moyen mensuel des jours du sirroco à la station climatique de Constantine

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Nombre de jours du sirroco	2,6	1,0	1,1	0,1	0,1	0,5	1,1	1,8	1,9	1,2	3,8	6,0	24,0

Source : ANRH (Constantine)

D'après le tableau ci-dessus, le nombre maximum de jours du sirroco est enregistré en juin-septembre. En moyenne, au cours de l'année il est observé 24 jours avec sirroco.

I.2.7. Gelée blanche

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

Le nombre moyen mensuel de jours avec les températures négatives (gèle) fourni par la station expérimentale de Hamma Bouziane (Constantine).

Tableau. I.8 : Nombre moyen mensuel de jours de gèle à la station Hammam Bouziane

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Nombre de jours avec gèle	-	-	0,7	1,8	3,4	2,0	1,5	0,1	-	-	-	-	9,5

Source (ONID)

I.2.8. La neige

Le nombre moyen mensuel des jours avec de la neige tombe sur la région ainsi que la présence d'une couche (de neige) sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau. I.9 : Nombre moyen mensuel de jours de la neige à la station de Constantine

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Nombre de jours avec la neige	0	0	0,6	0,4	1,7	2,0	1,0	0,7	0	0	0	0	6,4
Nombre de jours avec une couche de neige	0	0	0,3	0	1,0	0,8	0,3	0,3	0	0	0	0	2,7

Source : ONM (Constantine)

La neige peut tomber dans une période s'étale du mois de novembre au mois d'avril. Le plus souvent, elle est observée au mois de février par une couche de neige tient le plus longtemps en janvier. Le nombre moyen des jours avec de la neige tombante est de 6,4 jours par an et celui avec une couche de neige est de 2,7 jours par an.

I.2.9. Ensoleillement

Les valeurs maximales de l'ensoleillement sont observées au mois de juin et juillet. La durée d'ensoleillement descend à un minimum en décembre. Cette diminution est liée à la nébulosité pendant l'hivernage.

Tableau. I.10 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (en heure)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensoleillement (heures par jour)	243	223	168	159	157	185	236	250	289	350	295	240

I.3. Classification du climat**I.3.1. Indice d'aridité**

D'après l'indice d'aridité de MARTONNE I_A :

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

Avec : P : précipitation annuelle en mm $\Rightarrow P = 330$ mm

T : température moyenne en (°C) $\Rightarrow T = 16$ °C

AN :
$$I_A = \frac{P}{T + 10} = \frac{330}{16 + 10} = 12,69$$

Tableau de référence :

Tableau. I.11 : Classification du climat

Valeur	Type de climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 \leq I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 \leq I_A \leq 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 \leq I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$30 \leq I_A$	Humide	Utile

Selon la classification de MARTONNE notre climat est sec, ce qui rend l'irrigation nécessaire.

I.3.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

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

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

D'où :

Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Précipitation moyenne annuel mm.

M : Température moyenne maximale du mois la plus chaud en °K (degré kelvin).

m : Température moyenne minimale du mois la plus froid en °K.

Application :

Avec : P = 330 mm

M = 26.5°C

m = 7° c

On aura :

$$Q = \frac{2 \times 1000 \times 330}{(26.5 + 273)^2 - (7 + 273)^2} = 58.40 \text{ mm}$$

On se référant au diagramme bioclimatique la valeur de Q pour positionné notre région d'étude.

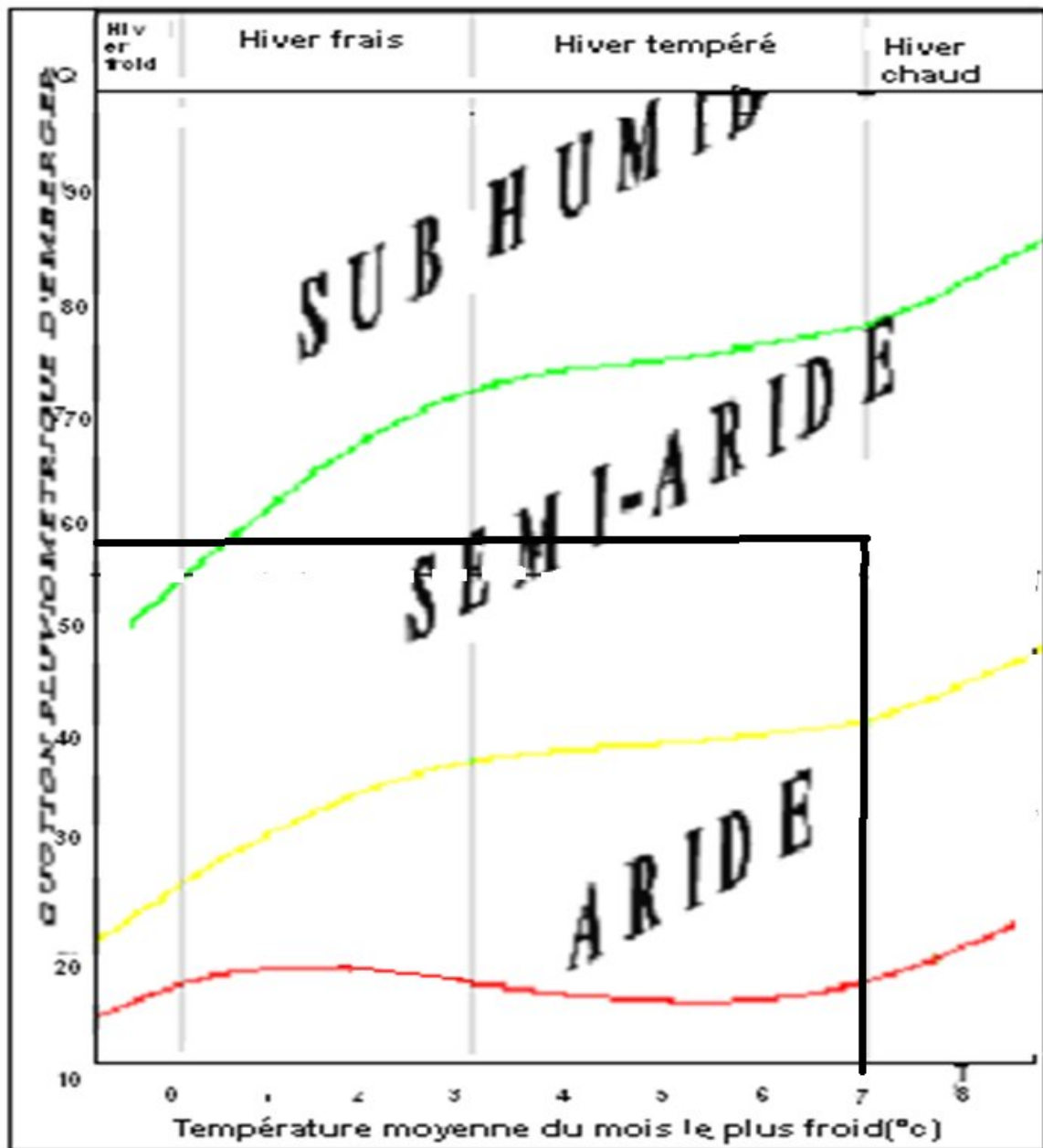


Fig. I.4 : Diagramme bioclimatique

D'après le diagramme bioclimatique notre région se trouve :

- dans un étage bioclimatique : semi-aride.
- Sous étage : hiver chaud.

I.3.3. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

C'est une représentation graphique de la variation des précipitations et des températures en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

Dans notre cas, l'irrigation est indispensable à partir de la fin du mois d'avril jusqu'à le début du mois d'octobre comme le montré la Fig. I.5.

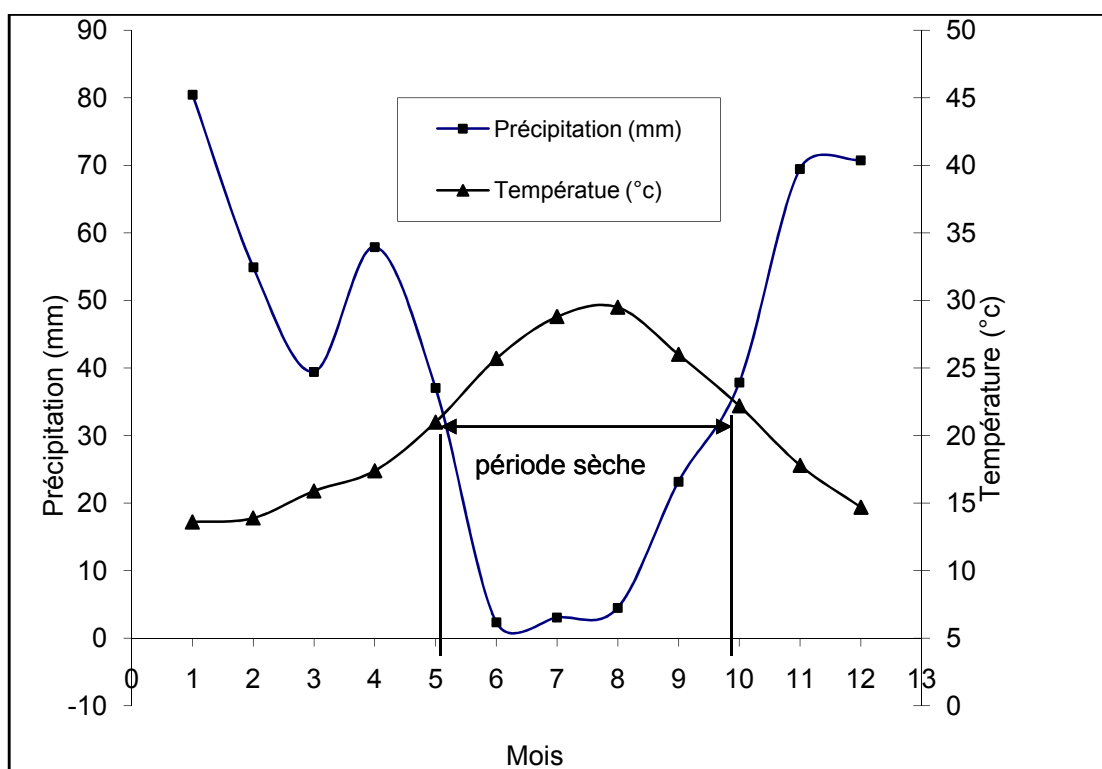


Fig. I.5 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen

I.4. Géologie

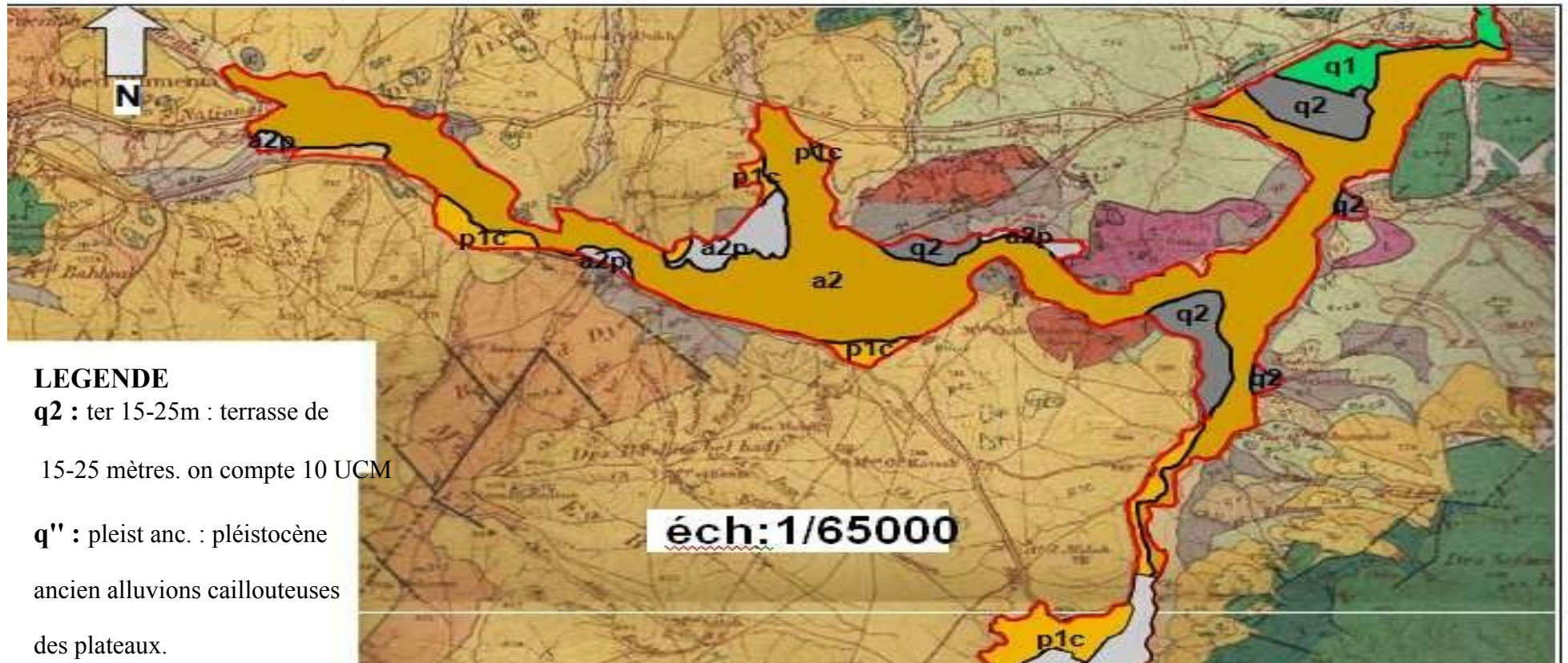
I.4.1. Géologie générale et stratigraphie

La géologie de l'axe Oued Athmania – Ourkiss – Ain Kercha – Koudiat Medaouar, ne peut être dissociée de la géologie assez complexe des hautes plaines constantinoises. Celle-ci est constituée par plusieurs unités disposées en "écaillés", au cours de l'orogénèse alpine, sur les formations allochtones situées plus au sud.

La carte géologique de Constantine (1/200 000) montre, l'existence de deux unités principales: l'autochtone sud aurésien et la nappe néritique constantinoise, sur laquelle reposent les nappes telliennes. Ces deux unités sont séparées par les écailles de Selloua.

Conclusion

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



Source : ONM (Constantine)

Fig I.12.4 : Carte gologique de pérétre de Teleghma parti nord

Chapitre II

Anlyse des ressource en sol et eaux

Introduction

Ce chapitre a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation afin d'apprécier leurs potentialités, en mettant sur une hiérarchie d'aptitude des différentes zones et sur l'identification des contraintes éventuelles pour l'aménagement.

La présente étude qui est celle des ressources en sols fait partie des études de base nécessaires pour l'élaboration du projet. L'objectif assigné aussi à cette étude est un contrôle des différentes études pédologiques réalisées.

L'objectif principal de notre étude de contrôle est de procéder à une analyse :

- * Critique des documents pédologiques existants.
- * Des contraintes de la classification de l'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage : la texture, la profondeur, la charge caillouteuse, la salinité, ... etc.

Le système d'information géographique SIG est utilisé pour l'élaboration des différents travaux sur les cartes (le logiciel Map-Info).

II.1. Analyse de ressource en sol

Suite à l'analyse de la genèse, des conditions de formation des sols, des indices morphologiques, des propriétés agro-physiques, hydrodynamiques et des autres propriétés et particularités des sols, les sols ont été répartis en cinq catégories d'après leur aptitude à l'irrigation et aux cultures.

La répartition de la superficie totale dans les limites des levés pédologiques par catégories est présentée au tableau. II.1 ainsi que la description des sols par catégories (voir tableau. II.2).

Tableau. II.1 : Répartition des superficies par zones homogènes

Catégorie	Superficies (ha)	%
1	2 596	23
2	2 032	18
3	3 107	27
4	1 221	11
5	1 881	16
Agglomérations et ruines romaines	553	5
Total	11 390	100

Tableau. II.2: La description des sols par catégories

Catégorie	Caractéristiques
1	<ul style="list-style-type: none"> - Zone caractérisée par de bons sols qui ne posent pas de problèmes majeurs à la mise en valeur. - Leurs aptitudes culturales sont bonnes pour toutes les cultures arbustives ou elles sont bonnes à moyennes.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Zone caractérisée par de bons sols où les labours profonds et sous-solages sont recommandés avant toute mise en valeur. - Leurs aptitudes culturales sont bonnes pour les cultures industrielles, bonnes à moyennes pour les cultures maraîchères et moyennes pour quelques cultures céréalières et fourragères.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Zone caractérisée par des sols profonds lourds, à structure défavorable, qui nécessitent donc, avant toute mise en valeur des labours profonds, sous- soulages et des apports des engrais organiques. - Leurs aptitudes culturales sont bonnes pour les cultures industrielles, bonnes à moyennes pour les cultures maraîchères et moyennes pour quelques cultures céréalières et fourragères.
4	<ul style="list-style-type: none"> - Zone caractérisée par de bons sols mais dont la profondeur ne dépasse guère 80 cm. - Leurs aptitudes culturales sont bonnes pour les cultures maraîchères, céréalières et fourragères, bonnes à moyennes pour les cultures industrielles et moyennes pour quelques cultures arbustives.
5	<ul style="list-style-type: none"> - Zone caractérisée par des sols non irrigables : profondeur du sol inférieur à 30 – 50 cm.

Remarque :

Une des particularités des propriétés hydrodynamiques des sols constituant la zone d'étude est leur perméabilité : le coefficient de perméabilité K est inférieur à 1 cm/heure (soit inférieur à 0,24 m/jour ou 0,17 mm/min ou 10,2 mm/h). Ces sols sont classés comme sols presque imperméables (selon la classification adoptée en Algérie).

La répartition des superficies équipées du périmètre d'irrigation Teleghma par catégories des sols et par secteurs est représentée dans le tableau suivant.

Tableau. II.3 : Catégories des sols (par secteur)

Secteur	Superficie équipée, ha					
	Catégorie des sols				Total	
	1	2	3	4	ha	%
Nord	484,4	99,3	557,9	-	1141,6	16,1
Centre	412,1	340,8	787,2	198,6	1738,7	24,6
Ouest	262,6	976	277,6	50,1	1566,3	22,1
Sud	51,2	-	-	307,2	358,4	5,1
Est	603,5	377,4	942,1	350,4	2273,4	32,1
Total	ha	1813,8	1793,5	2564,8	906,3	7078,4
	%	25,6	25,3	36,2	12,9	100

Le tableau montre que :

- d'après la répartition des superficies équipées par catégorie des sols, la catégorie N°03 est la plus grande avec une superficie de 2564,8 ha (36.2%).
- d'après la répartition des superficies équipées par secteur, le secteur nord (notre région d'étude) caractérisé pas trois catégories des sols (1.2.3), avec une superficie importante de la catégorie N°1.

II.2. Classification des sols de la zone d'étude

Dans ce qui suit, nous présentons les différentes classes pédologiques ainsi que les descriptions et les résultats de l'analyse physicochimiques des profils types.

Les analyses physicochimiques sont effectuées par trois laboratoires : ANRH de Constantine, Ferphos de Tébessa, ANRH d'Alger. Les sols de la zone d'étude sont répartis dans quatre (04) classes des sols : les sols minéraux bruts, les sols peu évolués, les sols calcimagnésiques et les vertisols.

II.2.1. Les sols peu évolués

Dans la zone d'étude, les sols peu évolués sont très bien présentés et occupent de grandes superficies dans la zone de oued Séguin – oued Athmania. Ce sont des sols peu évolués vertiques, modaux avec quelques parcelles, près de l'oued qui sont hydromorphes.

Les sols peu évolués se caractérisent par un taux d'argile moyen (20,52 %), un fort taux de calcaire total (50,62 %), un taux de matière organique faible (1,26 %), une conductivité électrique faible (CE = 1,41 dS/m), une CEC moyenne (CEC = 19,41 meq/100 gr sol) et un pH légèrement alcalin (7,87). La densité apparente indique une bonne porosité du sol. Les bases échangeables sont dominées par le calcium (Ca^{++}) dont les valeurs sont les plus élevées par rapport des autres bases, le Magnésium (Mg^{++}), le potassium (K^+) et le sodium (Na^+).

a- Classe peu évolué, sous classe : d'origine non climatique

*** Groupe d'apport alluvial, sous groupe : modal**

Ils sont localisés le long de l'oued Rhumel et de l'oued Seguin, limite au centre par des sols peu évolués hydromorphes.

Profil : 73

Situation : Est d'oued Athmania. X : 826.572 Km ; Y : 332.152 Km ; Z : 718.23 m

Topographie : pente de 2-3%. Végétation : céréaliculture. Géomorphologie : terrasse alluviale.

Description :

Ap 0-30 cm : 2,5 YR 6/2, à l'état sec, structure polyédrique fine à grumeleuse, texture limonosableuse, charge en cailloux 3-5% de gravier, nombreuses racines, présence des restes de coquilles, vive effervescence à L'hcl, transition graduelle.

C1 30-75 cm : 2,5 YR 5/2, à l'état sec, structure polyédrique grossière à massive, texture limoneuse fine, charge en cailloux (-3) %, peu de racines, vive effervescence à L'hcl, transition diffuse.

C2 75-200 cm : 10 YR6/3, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse très fine, très peu de racines, vive effervescence à L'hcl.

*** Groupe d'apport alluvial, sous groupe : hydromorphe**

Ces sols occupent une place restreinte parmi les sols peu évolués et sont localisés en une plage au nord ouest de oued Seguin et en petites taches au nord de oued Seguin et au Nord de Teleghma.

Profil : 75

Situation : Est d'oued Athmania. X : 830.33 Km ; Y : 331.000 Km ; Z : 660.39 m

Topographie : pente de 5-7%. Végétation : céréaliculture. Géomorphologie : terrasse alluviale.

Description :

Ap 0-40 cm : 10 YR 4/2, à l'état sec, structure polyédrique moyenne à fine, texture limono argileuse charge en cailloux (-3 %) sur tout le profil, très nombreuses de racines, vive effervescence à HCl, transition graduelle.

C1 40-100 cm : 10 YR 5/3, à l'état sec, structure massive, texture limono argileuse, peu de racines, vive effervescence à HCl, transition diffuse.

C2-100-160 cm : 10 YR 5/4, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse fine, Apparition des traces d'hydromorphie à partir de 100 cm, très peu de racines, vive effervescence à HCl.

b- Classe des soles peu évolué, sous classe : d'origine non climatique

***Groupe d'apport alluvial, sous groupe : verticale**

Groupe d'apport colluvial, sous groupe : modal

Ces sols ont été décrits au nord ouest de Teleghma.

Profil : 48

Situation : Nord-Est de Teleghma. X : 830.958km ; Y : 321.82km ; Z : 708.51m

Topographie : pente de 3-5%. Végétation : jachère. Géomorphologie : terrasse.

Description :

Ap 0-45 cm : 10 YR 5/4, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture limoneuse très fine, charge en cailloux de 3-5%, nombreuses racines fines, vive effervescence à HCl, transition graduelle.

C1 45-105 cm : 10 YR 6/4, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse très fine, charge en cailloux de 15-20 %, peu de racines, début d'encroûtement en profondeur, vive effervescence à HCl, transition diffuse.

C2 105-140 cm : 10 YR 4/4, à l'état sec, structure massive, texture limoneuse fine, charge en cailloux de 25-30%, vive effervescence à HCl.

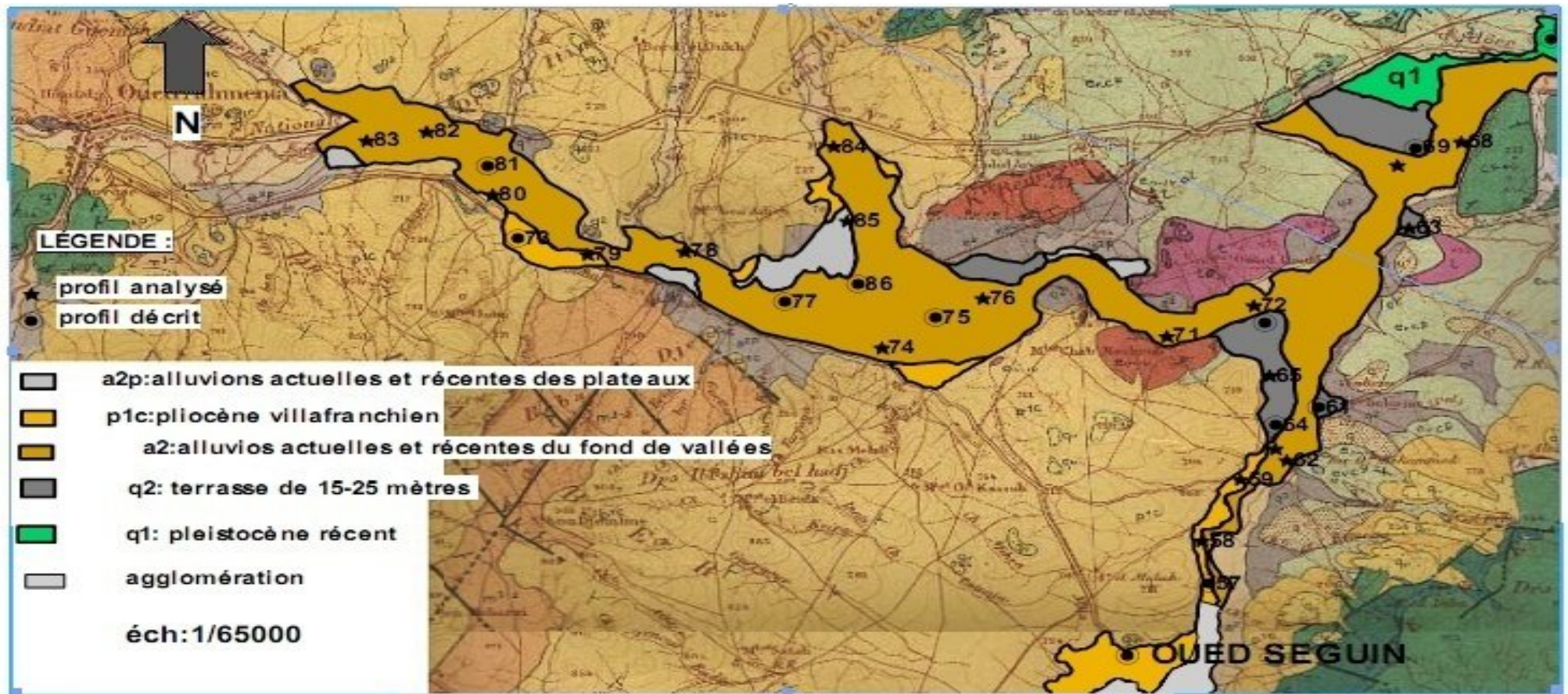


Fig. II.1 : Carte d'implantation des profils du secteur nord

II.2.2. Les sols calcimagnésiques

Les sols calcimagnésiques sont répandus dans la zone d'étude surtout au sud de oued Seguin. Ces sols calcimagnésique carbonatés, bruns calcaires peuvent être modaux, vertiques, à encroûtement ou hydromorphes.

Ils sont caractérisés par des taux moyens d'argile (23,49 %). Le taux de matière organique est faible (MO = 1,23 %), la conductivité électrique faible (CE = 0.74 dS/m), une CEC relativement moyenne (CEC = 21.39 meq/100 gr sol, le pH est alcalin (pH = 8,04). Les valeurs de la densité apparente indiquent une bonne porosité et une bonne structure du sol.

a- Classe calcimagnésique, sous classe : brun calcaire

* Groupe carbonaté, sous groupe : vertique

* Groupe brun calcaire, sous groupe : hydro morphe

Ils occupent une très petite surface au nord ouest de Tleghma.

Profil : 40

Situation : Nord-Ouest de Tleghma. X : 828,494 Km ; Y : 320.042 Km ; Z : 754.39 m

Topographie : plane. Végétation : jachère. Géomorphologie : terrasse

Description :

Ap 0-30 cm : 10 YR 4/3, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture argilo limoneuse, quelques fentes de retraits jusqu'à 30 cm, beaucoup de restes de racines, charge en cailloux de 2-5%, vive effervescence à HCl, transition graduelle.

B 30-90 cm : de couleur 10 YR 6/4, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture limoneuse fine, charge en cailloux 15-20 %, peu de racines, vive effervescence à HCl, transition diffuse.

C 90-200 cm : 7,5 YR 8/2, à l'état sec, structure polyédrique grossière, texture limoneuse très fine pas de racines, charge en cailloux de 5% de gravier, quelques taches d'hydromorphe de couleur bariolé à 50 %, vive effervescence à HCl.

* Groupe brun calcaire, sous groupe : modal

Ils se localisent au sud ouest et au nord de Teleghma, Nord-Ouest et Nord-Est de oued Seguin (à l'ouest de la carrière SONATIBA).

Profil : 53

Situation : Nord de Tleghma. X : 831.866 Km ; Y : 325.226 Km ; Z : 701.65 m

Topographie : pente de 30-35 %. Végétation : céréaliculture. Géomorphologie : terrasse alluviale colluviale.

Description :

Ap 0-40 cm : 10 YR 6 /3, à l'état sec, structure polyédrique fine à moyenne, texture limono-sableuse, charge en cailloux de 3-5 %, très nombreuse racines fines, vive effervescence à HCl, transition graduelle.

B 40-110 cm : 10 YR 7/3, à l'état sec, structure polyédrique moyenne, texture limono argileuse, charge en cailloux de 3-5 % sous forme d'amas et de grosses concrétions, peu de racines, vive effervescence à HCl, transition graduelle.

C-110-200cm : 7,5 YR 6/4, à l'état sec, structure moyenne, texture argilo-limoneuse, charge en cailloux de 5-7 % entre 50-60 % de restes de coquilles, pas de racines, vive effervescence à HCl.

II.2.3. Les vertisols

Dans la région de Oued Athmania quelques lambeaux de ces sols occupent les terrasses les plus élevées par rapport à l'oued.

Les vertisols à drainage externe possible occupent des zones à pente sensiblement plus forte que celles des vertisols à drainage externe réduit ou nul.

Ces sols se caractérisent par des taux moyens à forts en argile (31.55 %), faibles en matière organique (1,17 %), légèrement alcalins (pH = 7.87), non salés (CE = 1.57 dS/m) et sont pourvus d'une CEC relativement moyenne (CEC = 21.17 meq/100 gr).

a- Classe vertisols, sous classe : à drainage externe nul ou réduit

Groupe à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs, sous groupe : à caractère vertiques peu accentués

Ils sont localisés au Nord de la ferme DELORME et à l'Ouest de la carrière SONATIBA.

b- Classe vertisols, sous classe : à drainage possible

*** Groupe à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs, sous groupe : à caractère vertiques peu accentués.**

Ils se localisent au Nord de la ferme DELORME et à l'Est d'Oued el Athmania.

Profil : 81

Situation : Est d'Oued Athmania. X : 826.052 Km ; Y : 332.970 Km ; Z : 685.23 m
Topographie : pente 1-2 %. Végétation : céréaliculture. Géomorphologie : terrasse alluviale.

Description :

Ap-0-30 cm : 10 YR 4/2, à l'état sec, structure grumeleuse sur les 5 centimètre et polyédrique bas de l'horizon, texture limono argileuse, charge en cailloux de (-2 %), nombreuses racines, vive effervescence à HCl, transition graduelle.

B-30-50 cm : 10 YR 4/3, à l'état sec, structure polyédrique à tendance prismatique, texture argilo limono argileuse, nombreuses fentes de retraits traversant tout l'horizon, quelque fentes de retrait, peu de racines, charge en cailloux de (-2 %), vive effervescence à HCl , transition diffuse.

C-50-140 cm : 10 YR 3/4, à l'état sec, structure polyédrique à tendance prismatique.

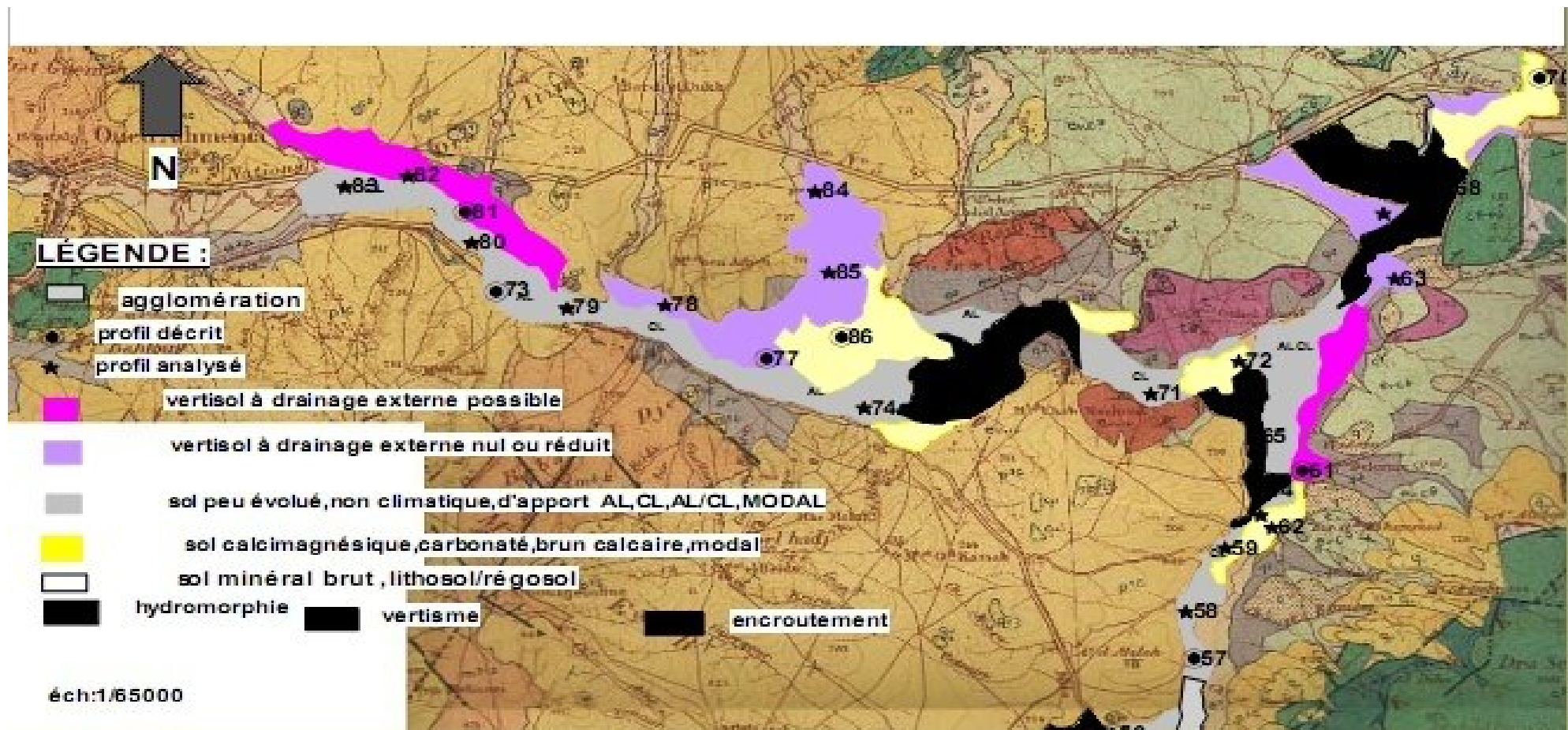


Figure II.2 : carte pédologique de la plaine de Tleghma (partie nord)

II.3. Analyse de ressource en eau :

Conformément au projet du barrage de Beni-Haroun, la source d'alimentation en eau du périmètre d'irrigation de Teleghma (secteur Nord), sont les apports régularisés du bassin de l'oued El Kebir et accumulés par les barrages de Boussiaba (à EL-Milia, Jijel) et Beni-Haroun.

Le système de transfert d'eau à partir du barrage de Beni-Haroun est destiné à l'alimentation en eau de 6 wilayas situées en majeure partie au Sud du barrage : Batna, Khenchela, Mila, Oum El Bouaghi, Constantine et Jijel (la région d'El Milia).

➔ Le système de transfert d'eau comprend :

- ✓ Barrage de Boussiaba ;
- ✓ Barrage de Beni-Haroun ;
- ✓ Barrage intermédiaire d'El Athmenia ;
- ✓ Barrage intermédiaire de Talizardane ;
- ✓ Barrage intermédiaire de Koudiat Medaour.

➔ Conduites de transfert et d'amenée d'eau.

Le système de transfert d'eau à partir du barrage Beni-Haroun est destiné à la satisfaction des besoins de l'alimentation en eau potable, industrielle et d'irrigation.

Le barrage de Beni-Haroun se trouve sur l'oued El Kebir à 3 Km en aval de la confluence des oueds Rhumel et Endja. En plus, de l'accumulation et de la régularisation des apports, le barrage de Beni-Haroun est destiné à l'écêtement de crues exceptionnelles.

La superficie du bassin versant de l'oued El Kebir, contrôlée par le barrage de Beni-Haroun est 7725 Km^2 , le volume des apports moyens annuels est de 435 M.de m^3 .

➔Caractéristiques principales de l'aménagement de Beni-Haroun :

- Niveau normal - $200,0 \text{ m NGA}$;
- Niveau des plus hautes eaux - $214,8 \text{ m NGA}$;
- Niveau minimum d'exploitation – $172,0 \text{ m NGA}$;
- Volume total – 998 M.de m^3 ;
- Volume de la tranche d'eau morte – 246 M.de m^3 ;
- Volume utile – 752 M.de m^3 .

D'après le projet du barrage Beni-Haroun, pour l'irrigation du périmètre de Teleghma l'eau sera prise en volume de 504 M.de m³ par an et transférée dans la retenue intermédiaire El Athmenia. Le volume total précisé pour l'irrigation est de 69,5 M.de m³ / an.

La retenue intermédiaire El Athmenia se trouve au sud de la wilaya de Mila, dans le cours amont de l'Oued El Athmenia sur son affluent de la rive droite qui est l'Oued El Kaim, dans la partie nordouest du périmètre d'irrigation. Le

volume total de la retenue est de 33,6 M.de m³, la superficie du plan d'eau au niveau normal est de 270 ha.

D'après le projet du barrage Beni-Haroun, les eaux seront allouées aux usagers et réparties dans les proportions suivantes:

- alimentation en eau potable et industrielle : 50 % ;
- irrigation : 50 %.

On prévoit les déficits admissibles suivants :

- Pour alimentation en eau potable : en temps 5 % ; en volume 2 % ;
- Pour l'irrigation : en temps 10 % ; en volume 5 %.

Dans le projet du barrage Beni-Haroun il est admis que les prélèvements dans la retenue seront constants au cours de l'année. En ce qui concerne la retenue intermédiaire d'El Athmenia et les retenues d'extrémité (Koudiat Medaour et Tallizardane) le projet prévoit la modulation mensuelle de la répartition habituelle qui est donnée dans le tableau II.4.

Tableau II.4 : Distribution mensuelle projetée des eaux du barrage de Beni-Haroun

Total annuel	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
100	9	10	10	10	12	12	12	11	10	8	8	8

Source : ANBT

Il en suit que sur le périmètre d'irrigation Teleghma dans les conditions habituelles, il sera amené à partir de la retenue El Athmenia les volumes d'eau suivants :

Tableau II.5 : Volume pour irrigation dans le périmètre de Teleghma

Volume pour irrigation M. de m ³	Mois												Année
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
	6.26	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	6.26	6.26	6.26	69.5

Source : ANBT

II.4. Evaluation de la disponibilité des ressources en eau

Pour évaluer les volumes disponibles de l'eau il est nécessaire d'analyser la consommation de l'eau par les cultures au cours de la période végétale et comparer les résultats avec les volumes d'eau disponibles au niveau de l'ouvrage de la prise d'eau d'irrigation piquée à la conduite de transfert du barrage de Beni Haroun.

L'évaluation des ressources en eau disponibles sera faite par deux paramètres principaux :

- 1- Besoins en eau annuels des cultures.
- 2- Volumes d'eau maximale alloués pour les besoins d'irrigation.

II.5. Estimation de la qualité de l'eau

Etant donné que le barrage de Beni-Haroun est récent, les analyses hydro chimiques de l'eau prélevée dans le barrage elles-même ne permettent pas de former une série d'observations assez longue et rendent impossible les généralisations et conclusions en ce qui concerne la qualité de l'eau qui sera transférée pour l'irrigation du périmètre.

C'est pour cette raison que la qualité de l'eau a été estimée d'après les données disponibles pour la période de (1984 – 2002) du poste hydrométrique de Garem sur l'oued Rhumel qui contrôle 69 % du bassin versant de l'oued El Kebir (attendant au barrage de Beni-Haroun).

Il est à souligner que les eaux de l'oued Rhumel, arrivées dans la retenue seront changées par suite de la dilution par les eaux de l'oued Endja et se verront les transformations sous l'effet des facteurs hydroclimatologiques différents et des processus qui ont lieu dans la retenue elle-même (« floraison » de l'eau, précipitations atmosphériques qui tombent sur le réservoir, arrivée de l'eau dans la cuvette de la retenue à partir des versants et des berges etc.).

Il est à signaler également que la qualité de l'eau a été estimée seulement du point de vue de la teneur en sels pour déterminer l'aptitude de l'eau pour irrigation et on n'a pas estimé les facteurs suivants :

L'estimation de la qualité de l'eau d'après la teneur en sels est très importante, parce que l'irrigation avec de l'eau à forte teneur en sels fait accumuler les sels dans les sols et par conséquent, est la cause de la baisse des rendements des cultures, du ralentissement de la croissance des végétaux et à la fin des fins, de la perte des plantes. Tout de même l'excès du sodium peut provoquer l'alcalinisation et la dégradation de la structure du sol.

Les coefficients ci-avant indiqués ont été calculés par les formules suivantes :

- Bogdanov M.F : $K1 = \text{NA}/\text{Ca}+\text{Mg}$ $K2 = \text{Na}/\text{Ca}$ $K3 = \sum \text{ions} / \text{dureté}$
- Département agricole des USA : **S.A.R.**

Où :

S.A.R. – coefficient d'absorption du sodium ;
K1, K2 et S.A.R. : méquiv/dm³.

En fonction des valeurs des coefficients et de la conductivité électrique de l'eau mesurée à 25 °C, qui permet de rendre compte de la salinité globale des eaux il existe des limites admissibles et des critères d'appréciation des risques salin et alcalin des sols qui sont ci-dessous classés :

- Bogdanov M.F : $K1 \leq 0,7$; $K2 \leq 1,0$; $K3 \leq 4,0$;

Tableau II.6 : analyse chimique de la qualité des eaux dans le périmètre

Caractéristique		Mois												Année
		J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	
Ca mg/l	Moyen	140	144	149	149	154	154	152	136	157	146	163	133	148
	Maximal	212	194	186	202	220	210	184	200	210	188	204	202	220
	Minimal	80	92	92	22	68	58	118	40	96	50	100	40	22
Mg mg/l	Moyen	42	51	35	40	47	42	61	50	49	66	46	49	48
	Maximal	113	168	50	65	101	102	132	82	64	242	74	121	242
	Minimal	17	11	13	11	11	8	26	29	36	32	26	10	8
Na mg/l	Moyen	142	134	130	165	173	174	199	168	192	147	154	124	158
	Maximal	250	222	195	302	250	208	214	280	238	200	182	226	302
	Minimal	66	70	76	114	112	6	184	35	160	68	104	24	6
K mg/l	Moyen	18	18	20	34	18	21	26	36	24	22	24	21	22
	Maximal	41	32	45	131	34	43	43	38	39	30	37	35	131
Cl mg/l	Moyen	206	193	136	256	230	280	320	292	306	228	202	230	247
	Maximal	290	277	255	470	330	400	350	480	385	325	300	325	480
	Minimal	100	95	115	165	15	210	285	45	235	100	205	25	15
pH	Moyen	8.2	8.0	8.1	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.2	8.3	8.0	8.02	8.2
	Maximal	8.8	8.7	8.5	8.8	8.7	8.9	8.7	8.6	8.7	8.7	8.8	8.8	8.9
	Minimal	7.8	4.8	7.7	7.9	7.6	7.9	8.0	7.6	7.5	7.6	7.7	7.6	4.8
Conductivité Electrique : mmohms/cm moyenne		1.45	1.58	1.55	1.72	1.79	1.94	2.06	1.93	1.95	1.7	1.64	1.52	1.74
Conductivité Electrique : mmohms/cm maximale		2.2	2.4	2.00	2.2	2.3	2.6	2.6	2.15	2.0	2.1	2.0	2.3	2.6

Source (ANBT)

● Département agricole des USA : S.A.R

S1 risque alcalin faible 0 – 10
S2 risque alcalin moyen 10 – 18
S3 risque alcalin élevé 18 – 26
S4 risque alcalin très élevé > 26

● Conductivité électrique de l'eau (CE), mmOhms/cm

C1 risque faible de salinité	$CE \leq 0,25$
C2 risque moyen de salinité	$0,25 < CE \leq 0,75$
C3 risque élevé de salinité	$0,75 < CE \leq 2,25$
C4 risque très élevé de salinité	$CE > 2,25$

Les résultats des calculs faits séparément sur la base des valeurs interannuelles (1984 – 2002) moyennes, maximales et minimales de la teneur en calcium, magnésium, sodium et des ions totaux (conductivité électrique) sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II.5 : Récapitulatif de calcul pour l'estimation de la qualité des eaux d'irrigation dans le périmètre de Teleghma

Valeurs adoptées pour le calcul	Méthode de Bodanov M.F.			Méthode du Département de de l'Agriculture des USA	
	K1	K2	K3	CE	S.A.R
Minimales	0.15	0.25	3.55	0.20	0.29
Maximales	0.42	1.19	2.77	2.6	3.34
Moyennes	0.69	0.93	3.26	1.70	2.9

Conclusion

L'étude des aptitudes agricoles fait apparaître la prédominance des cultures industrielles et fourragères mais exclut l'arboriculture, dans les zones sud et centrale du fait de la texture lourde et du fort taux de calcaire actif

Dans ce contexte, l'introduction d'un nouveau porte greffe capable de résister aux forts taux de calcaires actif peut favoriser l'introduction de quelques espèces arboricoles dans cette zones.

La faible vitesse d'infiltration en surface, accompagnée par de faibles à très faibles valeurs de conductivités hydrauliques en profondeur, recommande un choix judicieux du mode d'irrigation

Les mesures hydro dynamique confirment les grandes potentialités de recharge en eau des sols de la zone d'étude.

CHAPITRE III

Etude hydrologique

Introduction

Ce chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole.

Cette étude porte sur l'homogénéisation des séries pluviométriques, l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques et la détermination de l'année de calcul.

III.1. Le réseau pluviométrique

Pour l'étude des pluies nous avons utilisé la série pluviométrique de la station pluviométrique de Bir Drimil (Code : 11-14-05 de l'ANRH). Cette station qui dispose d'une série longue (période : 1985 – 2006) et représentative pour la zone d'étude.

Tableau. III.1.1: Caractéristiques de station pluviométrique

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X (Km)	Y (Km)			
Bir Drimil	11-14-05	835,3	311,1	854	1985-2006	22

La série des précipitations moyennes mensuelles (période : 1985 – 2006) de la station pluviométrique de **Bir Drimil** est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau. III.1.2 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles
A la station pluviométrique de Bir Drimil (période : 1985 – 2006)

année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel
1985	49,9	22,5	35	7,7	23,4	20	69,9	3	16,4	0,5	0,5	8,5	257,3
1986	56	27,2	33,5	56,3	12,4	80,6	41,8	18,5	42,3	11,7	27,3	1,8	409,4
1987	0	7	11,7	13,7	23,1	25,1	32,8	26,5	12,1	39	5	1	197
1988	20,2	3,5	16,2	100,3	24	28,5	22,6	51,2	12,4	35,8	2,2	7,5	324,4
1989	50,5	13	7,6	7,6	55,9	1,2	16,4	29,9	31,8	14,2	4,5	18,1	250,7
1990	13,9	6,6	61,2	69,9	12,9	32,9	108,1	53,4	29,6	43,4	35,3	21,6	488,8
1991	28,7	45,4	15,9	14,2	42,5	47,8	47,3	49,1	95,4	6,6	16,9	2,5	412,3
1992	26,3	15,5	79,6	70,6	35	23,1	28	1,7	42,3	13,8	25,5	12,1	373,5
1993	14,7	9,6	18	50,8	29,5	31,2	20,6	19,2	14,2	0	2,9	2,6	213,3
1994	19	65,8	6	18,6	106	4	56,4	9	21,4	22	0	1	329,2
1995	56,2	5,9	26	11,2	92,7	168,3	20	71,4	56,9	70,9	18,5	18,4	616,4
1996	24,2	13,4	6	25,3	56,9	29,9	16,4	44,5	22,5	13,7	22,6	12,4	287,8
1997	53,8	96,6	68	53,5	7	43,1	25	43,1	43,4	24,1	0	5,9	463,5
1998	6	2,9	16,2	7,7	10,1	12,9	1,7	2,2	1,6	0	0,3	0	61,6
1999	30	20,7	51,7	100,7	0	3	0	26,4	82	56,2	3,5	22,7	396,9
2000	11,2	20,5	18	33,9	57,8	23	17,8	31,5	17,4	6,5	5,4	17,8	260,8
2001	45,7	0	13,5	11,2	8,5	14	4,5	4,5	8,6	3,3	16,5	38,5	168,8
2002	13	13,5	47,4	42,6	77,3	17	14	46,3	28	15,5	7,5	5	327,1
2003	22,1	19	13	50,2	54,3	8,3	31,4	51,4	85,9	37,8	32	16,5	421,9
2004	43,5	27,2	59,1	120,1	58,3	30,5	33,6	38,1	5,5	9,3	3,5	27,3	456
2005	31,3	12,5	17,6	45,3	42,8	54,5	11	27,9	117,7	7,2	7,6	0	375,4
2006	35,5	10	14	58,7	17,7	30,1	70,3	62,5	14,8	8,2	10,5	0	332,3
Pmoy	29,62	20,83	28,87	44,10	38,55	33,14	31,35	32,33	36,46	19,99	11,27	10,96	337,47

Source : ANRH

➔ D'après les résultats du tableau pendant la période 1985 –2005, on a remarqué une irrégularité dans la répartition des précipitations avec une variabilité mensuelle et annuelle. Les pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août. Elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

III.2. Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on a procédé au test de **Wilcoxon** :

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

- On divise la série complète en deux sous séries : **x** et **y** tel que : N_1 et N_2 Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$

- 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 quels sous série elle appartient.

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

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

$$W_x = |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs des sous séries

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

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

Le tableau suivant détaille le procédé du test d'homogénéité pour la station pluviométrique de **Bir Drimil**.

Tableau. III.3 : Test d'homogénéité

	Série d'origine	Série - Y	Série -X	Tri	Y U X	Rang
1	257,3	257,3	61,6	616,4	Y	11
2	409,4	409,4	396,9	488,8	Y	6
3	197	197	260,8	463,5	Y	13
4	324,4	324,4	168,8	456	X	20
5	250,7	250,7	327,1	421,9	X	19
6	488,8	488,8	421,9	412,3	Y	7
7	412,3	412,3	456	409,4	Y	2
8	373,5	373,5	375,4	396,9	X	15
9	213,3	213,3	332,3	375,4	X	21
10	329,2	329,2		373,5	Y	8
11	616,4	616,4		332,3	X	22
12	287,8	287,8		329,2	Y	10
13	463,5	463,5		327,1	X	18
14	61,6			324,4	Y	4
15	396,9			287,8	Y	12
16	260,8			260,8	X	16
17	168,8			257,3	Y	1
18	327,1			250,7	Y	5
19	421,9			213,3	Y	9
20	456			197	Y	3
21	375,4			168,8	X	17
22	332,3			61,6	X	14
						253

$$W_x = 162$$

$$W_{\min} = 123$$

$$W_{\max} = 176$$

$$123 < W_x < 176$$

La condition de **Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle est **homogène**.

III.3. Ajustement de la série pluviométrique

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

III.3.1. Ajustement à la loi normale (gauss)

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp} \left(-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2} \right) dx$$

(Fréquence au non dépassement)

U est variable réduite de gauss. Elle est donnée par :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$$

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

Pour les calculs on a utilisé le logiciel **HYDROLAB** sous Microsoft Excel et de droite libre.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles sont regroupés dans le tableau et la figure suivantes :

Tableau. III.4: Ajustement à la loi de Gauss

Ajustement à une loi de Gauss

Taille

n = 22

Moyenne = 337,472727

Ecart type = 122,898577

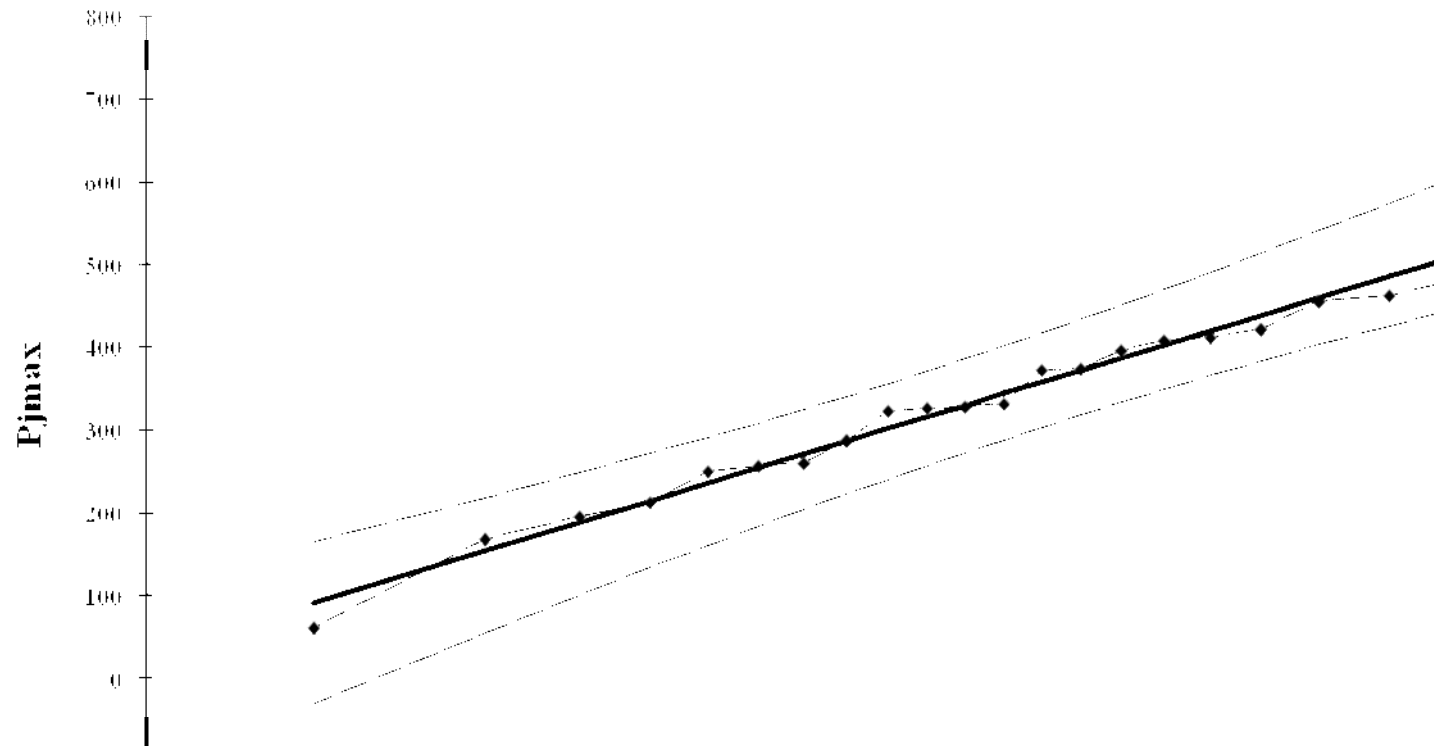
I.C. (en%) = 95

U Gauss = 1,9604

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
257,3	61,6	1	0,0227	-2,001	61,6	91,5700115	-29,475496	165,548055
409,4	168,8	2	0,0682	-1,490	168,8	154,382874	55,1115846	218,609512
197	197	3	0,1136	-1,208	197	189,06761	100,856606	248,872857
324,4	213,3	4	0,1591	-0,998	213,3	214,799279	134,169574	271,948445
250,7	250,7	5	0,2045	-0,825	250,7	236,042522	161,169851	291,500758
488,8	257,3	6	0,2500	-0,674	257,3	254,615841	184,33545	309,036858
412,3	260,8	7	0,2955	-0,537	260,8	271,46053	204,937859	325,348014
373,5	287,8	8	0,3409	-0,410	287,8	287,140443	223,728646	340,918297
213,3	324,4	9	0,3864	-0,288	324,4	302,031408	241,198995	356,08011
329,2	327,1	10	0,4318	-0,171	327,1	316,407442	257,697211	371,085632
616,4	329,2	11	0,4773	-0,057	329,2	330,485878	273,489421	386,145004
287,8	332,3	12	0,5227	0,057	332,3	344,459577	288,800451	401,456034
463,5	373,5	13	0,5682	0,171	373,5	358,538013	303,859822	417,248243
61,6	375,4	14	0,6136	0,288	375,4	372,914046	318,865344	433,746459
396,9	396,9	15	0,6591	0,410	396,9	387,805011	334,027158	451,216808
260,8	409,4	16	0,7045	0,537	409,4	403,484925	349,597441	470,007596
168,8	412,3	17	0,7500	0,674	412,3	420,329613	365,908597	490,610005
327,1	421,9	18	0,7955	0,825	421,9	438,902932	383,444697	513,775604
421,9	456	19	0,8409	0,998	456	460,146176	402,997009	540,775881
456	463,5	20	0,8864	1,208	463,5	485,877845	426,072597	574,088848
375,4	488,8	21	0,9318	1,490	488,8	520,56258	456,335942	619,83387
332,3	616,4	22	0,9773	2,001	616,4	583,375443	509,3974	704,42095

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,8	0,841	440,88656	385,292049	516,275187	440,88656	0,800	5,0
0,5	0,000	337,47274	281,190407	393,755075	337,47274	0,500	2,0

Figure. III.1 : Ajustement à une loi normale



III.3.2. Test de validité de l'ajustement à la loi Normale

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

Test d'adéquation : Loi Normale

Résultats :

Khi carré = 5,53 = χ^2 calculée

Probabilité p (χ^2 calculée) = 0,3386

Degrés de liberté : 4 = γ

Nombre des classes k = 7

III.4. Détermination de l'année de calcul

On a remarqué que l'ajustement à la loi de **GAUSS** est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région.

Comme nous sommes dans une région semi aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%.

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

Tableau. III.5 : Précipitations mensuelles moyennes

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Pluie (mm)	29,62	20,83	28,87	44,10	38,55	33,14	31,35	32,33	36,46	19,99	11,27	10,96	337,47

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

$$P_{\text{menseille } 80\%} = P_{\text{menseille moy}} * \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}}$$

D'après le Tableau. III.4 (Ajustement à la loi Log-Normal), on a trouvé :

$$P_{80\%}=440,88\text{mm}$$

$$P_{50\%}=337,47\text{ mm}$$

Donc le rapport : $(P_{80\%}/ P_{50\%}) = 1.30$

Donc le calcul est représenté dans le tableau suivant :

Tableau III.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel
$X_{80\%}(\text{mm})$	38.8	27.29	37.82	57.77	50.5	43.41	41.07	42.35	47.76	26.19	14.36	38.8	429

Conclusion

D'après l'analyse statistique des données hydrologiques, le périmètre est caractérisé par une pluie moyenne annuelle de l'ordre de **330 mm**.

La pluie de 80 % est de l'ordre **440,88 mm** et la pluie de 50 % est de l'ordre de **337,47 mm**.

La saison humide est dure de huit mois (d'octobre à mai) où la pluviométrie atteint 90% des précipitations moyennes annuelles avec des maximums répartis entre janvier et février.

La saison sèche est s'étale sur une période de quatre mois (juin à septembre) avec des minimums en juillet et août.

CAPITRE IV

Les besoins en eau des cultures

Introduction

Les besoins des plantes ne sont pas constants dans le temps, il y a une sensibilité particulière au déficit à certaines périodes de leur cycle végétatif.

De nos jours, la plupart des modes des conduites de l'irrigation résultent soit d'un bilan hydrique de la culture, soit de mesure in situ de la réponse à la sécheresse des plantes, dans les systèmes agraires modernes, la majorité des prévisions d'irrigation dépendent de l'évaluation de la quantité d'eau disponible dans le sol pour la culture.

Les besoins en eau à satisfaire par l'irrigation au niveau du champ représentent le volume et la fréquence des applications d'eau nécessaire pour compenser les déficits en eau du sol pendant le cycle végétatif d'une culture donnée. Les besoins en eau à satisfaire sont à estimer en deux phases :

* **Les besoins unitaires** : relatifs à un hectare de chacune des cultures envisageables pour la zone étudiée.

* **Les besoins globaux** : du périmètre d'irrigation.

→ Les besoins sont déterminés à partir du bilan hydrique.

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

D'où :

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.P : évapotranspiration (mm / jour)

RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z$$

Y : degré de tarissement

D_a : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

H_{cc} : humidité à la capacité au champ

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

P_{eff} : pluie efficace

La pluie efficace est calculée par la formule la plus utilisée qui est :

$$P_{eff} = a \cdot P_{net}$$

a : étant un pourcentage de 80.

Pour faire les calculs dans notre travail, on a utilisé le logiciel **CROPWAT.5**

IV.1. Besoin en eau du périmètre

Les besoins en eau des cultures peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celle-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

La pièce de base pour la quantification des besoins en eau du périmètre est le calendrier des cultures, établi par des agronomes. Il présente les différentes cultures occupant le sol à chaque instant de l'année. On prend soin d'indiquer le taux de surface couvert par chaque culture sur la base des enquêtes menées par les brigades concernées. L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

IV.1.1. Détermination de l'évapotranspiration

a- Définition

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 recouvre totalement le sol.

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

b- Méthode d'évaluation de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle est mesurée ou calculée par les méthodes suivantes :

- ✓ Méthodes des lysimètres.
- ✓ Méthode de bacs d'évapotranspirations.
- ✓ Formules empiriques. (turc, penman...)

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectuée à l'aide de logiciel Cropwat.5, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la formule empirique la plus appropriée de : **Penman et Moteith** modifiée.

► Méthode de Penman&Motheith modifiée

En Angleterre, précisément en 1948, Penman&Motheith 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 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 Penman&Montheit, modifiée est présentée comme suite :

$$ET_o = C*[W*R_n+(1-w)*f(u)*(e_a-e_d)]$$

Avec :

ET : 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.

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

F(u) : Fonction liée au vent.

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

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

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons introduire les informations mensuelles des données climatiques recueillies et traités dans le chapitre I.

Le résultat de ce calcul de l'évapotranspiration par cette méthode est présenté dans le tableau ci-après.

Tableau. IV.1 : Calcul de l'Evapotranspiration en mm/jours

Par la méthode de Penman&Motheith modifiée

Mois	Temp min c°	Temp max c°	Humidité %	Vent m/s	Ensoleillement heurs	Radiation M/J/m/j	ET0 mm/j
Janvier	2.3	11.8	78.6	1.7	5.23	9.0	1.13
Février	2.6	13.4	76.3	1.7	6.64	12.6	1.67
Mars	4.6	16.6	71.2	1.7	7.63	16.7	2.55
Avril	6.2	19.0	69.3	1.6	8.36	20.4	3.37
Mai	10.9	25.4	63.5	1.3	9.33	23.4	4.49
Juin	15.2	31.2	53.5	1.2	10.61	25.7	5.56
Juillet	17.8	34.4	47.6	1.1	11.32	26.4	5.91
Août	18.4	34.5	50.0	1.1	9.52	22.6	5.12
Sept	14.4	28.8	64.5	1.2	8.12	18.3	3.77
Octobre	11.4	23.4	69.3	1.5	7.22	14.2	2.62
Novem	6.6	16.4	74.1	1.5	5.62	9.9	1.5
Decem	3.4	12.8	78.5	1.7	5.14	8.3	1.07
moyen	7.4	20.6	66.4	1.4	7.9	17.3	3.24

IV.1.2. Calcul de la pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, le programme **CROPWAT**, 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.

On à :

$$P_{\text{eff}} = P_{P\%} \times 0.8$$

Avec :

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

$P_{P\%}$: pluie annuelle de probabilité en (mm/mois).

Le résultat de ce calcul des valeurs mensuelles $P_{P\%}$ et P_{eff} par cette méthode est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau. IV.2 Calcul de la pluie efficace mensuelle

MOIS	P _{80%} (mm)	P eff (mm)
J	50.5	40.4
F	43.41	34.7
M	41.07	32.9
A	42.35	33.9
M	47.76	38.2
J	26.19	21.0
J	14.36	11.8
O	14.36	11.5
S	38.8	31.0
O	27.29	21.8
N	37.82	30.3
D	57.77	46.2
TOTAL	442.77	383.7

IV.1.3 : Besoins net mensuel en eau d'irrigation des cultures

Les besoins net mensuel sont calculés après résumés dans le tableau suivant :

Tableau. IV.3 : Détermination des besoins en eau net des cultures

Culture	Délai	Besoins d'irrigation (mm)												
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Blé dur	Mois	14,09	36,74	83,80	129,72	146,90	72,98					8,93	12,83	
Orge en vert	Mois	29,25	59,41	114,49	142,99	149,25	64,65					24,20	26,55	
Pomme de terre saison	Mois							77,5	173,9	247,4	179,6	44,6		
Carotte	Mois	4,2	7,5	43,8	92,6	126,7	96,7							
Poirier	Mois			31,13	37,59	91,55	184,48	270,04	340,83	170,65	22,83	33,90		
La somme		47,54	103,65	273,22	402,9	518.4	418.81	347.54	514.73	418.05	202.43	111.63	39,38	3398.28 M <input type="checkbox"/>

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que le mois de pointe est le mois de mai avec besoin de **518.4 mm**. Soit un volume de **518.4 m³/ha**.

Effectivement vu la physiologie des cultures, le moins de mai est parfaitement le moins de pointe.

Pour les céréales par exemples, le mois de mai représente la période après épiaison, il faut donc l'eau pour que les grains grossissent et qu'on puisse obtenir un bon rendement et du blé de qualité.

Donc le volume total nécessaire du périmètre est de **3398.28 m³/ha** pour toute l'année.

IV.1.4. : Calcul du débit maximum journalier (débit spécifique)

Dans notre cas, le débit maximum journalier est le débit caractéristique. IL est calculé par la formule suivante :

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

D'où :

q_s : débit spécifique du mois de pointe en (l/s/ha).

S : la superficie totales à irriguer = 1141.6 ha.

Le mois de pointe est le mois de mai et les besoins de pointe sont de : 524.4 mm.

Le débit spécifique **q_s** est très important (le réseau soit surdimensionné) :

q_s = 2.61 l/s/ha > 1,2 l/s/ha, on choisira dans ce cas le débit spécifique de la culture la plus exigeante. La culture la plus exigeante c'est les orges en vert au mois de mai (**B_{net}**=149.25 mm.)

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe) qui se calculé par la formule suivante :

$$Q_s = \frac{B_{po\ int\ e} \cdot 10 \cdot 1000}{K \cdot Nh \cdot nj \cdot 3600}$$

Avec :

- **B_{po}** : Besoins de pointe (mm/mois).
- **Q_s** : Débit spécifique (l/s/ha).
- **K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation (k=0,75).
- **Nh** : nombre des heures d'irrigation = 24h.
- **nj** : nombre de jours du mois de pointe = 31 jours.

Dans notre région d'étude :

Le débit spécifique : $q_s = 0.743 \text{ l/s/ha}$. Il est inférieur à 1.2 l/s/ha , donc le choix reste valable.

$$q_s = 0.7431 \text{ l/s/ha}$$

$$Q_{\text{car}} = q_s * s = 0.7431 * 1141.6 = 848.33 \text{ l/s} \quad \rightarrow \quad Q_{\text{car}} = 0.8433 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alors notre débit de consommation journalier est :

$$Q_{\text{jour}} = 3053.98 \text{ m}^3/\text{h} \quad \rightarrow \quad Q_{\text{jour}} = 73295.52 \text{ m}^3/\text{j}$$

Conclusion

L'irrigation de cette partie de la plaine de Teleghma (secteur nord) a un cachet complémentaire du fait que les précipitations ne couvèrent qu'une partie des besoins en eau des cultures. Ce déficit est dû essentiellement à l'évapotranspiration des cultures, qui est supérieure à la pluviométrie moyenne de la région. Cette dernière couvrait relativement dans une large mesure, les besoins des plantes dans des périodes bien précises.

Toutefois, en raison d'une répartition défavorable des pluies et du caractère d'averses, le degré de satisfaction des plantes en saison sèche est très faible. Il est évident que ce déficit en eau provoque des chutes considérables de rendement surtout pour les grandes cultures, d'où la nécessité de bien quantifier les besoins en eau des cultures envisagées dans le périmètre avant de passer à l'aménagement du périmètre.

CAPITRE V

Calcul hydraulique

Introduction

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages.

Le développement de ces réseaux de dessert par les conduites sous pression est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes.

C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée sur l'optimisation du réseau de dessert d'irrigation sous pression.

V.1. Découpage du périmètre en ilots d'irrigation

V.1.1. Géométrie des ilots d'irrigation

L'ilot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Il est constitué par le regroupement d'une ou plusieurs parcelles appartenant ou non à une même exploitation.

Pour éviter toute tension entre agriculteurs les limites des ilots d'irrigation sont celles des exploitations ou des parcelles et à défaut les limites facilement matérialisées sur le terrain.

Le projet est conçu pour que la majorité des agriculteurs puissent disposer d'une prise d'eau autonome et d'une pression suffisante pour de l'aspersion classique.

Le remembrement n'étant pas envisageable et pour éviter de greffer les parcelles constituant l'ilot de servitude de passage, la borne est implantée à l'extrémité ou au centre des parcelles.

V.1.2. Découpage de la zone étudiée

Le découpage est réalisé par exploitation de la conclusion et document (cartes au 1/5000 et annuaire des parcelles) de l'enquête foncière. Par ailleurs, sa mise en œuvre a permis d'affiner la délimitation des zones à réaménager et le découpage en secteurs.

Les zones à irriguer (7078,4 ha) sont regroupées en 5 secteurs ou entités hydrauliques.

Les 7078,4 ha constituant ce périmètre se répartissent suivant Tableau V.1 La superficie équipée du périmètre d'irrigation est de 7078,4 ha. Le périmètre d'irrigation est divisé en cinq secteurs : Est, Ouest, Centre, Sud et Nord qui présente notre zone d'étude (avec une superficie de 1141,6 ha),

Tableau. V.1.Répartition de la surface totale équipée par secteurs et par wilaya

Wilaya	Secteur	Superficie équipée	
		ha	%
Mila	Nord	1141,6	16,1
	Centre	1738,7	24,6
	Ouest	1566,3	22,1
	Sud	358,4	5,1
Total de la wilaya de Mila		4805	67,9
Oum El Bouaghi	Est	2273,4	32,1
Surface Totale		7078,4	100

Tableau. V.2.Répartition des parcelles par classes d'exploitation et par secteurs

Secteur	Nombre des parcelles						
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Total	%
Nord	74	20	7	5	1	107	10,3
Ouest	128	33	11	5	1	178	17,1
Centre	449	37	3	2	1	492	47,4
Est	139	42	6	8	5	200	19,2
Sud	48	15	-	-	-	63	6,0
Total	838	147	27	20	8	1040	100
%	80,6	14,1	2,6	1,9	0,8	100	

Le nombre total des parcelles situées dans les périmètres d'irrigation est de 1040.

Le nombre des parcelles du périmètre de Teleghma (Secteur Nord) est de 107, soit un pourcentage de 10,3%.

V.2 Système d'adduction d'eau

La source d'alimentation en eau du périmètre d'irrigation de Teleghma est le système de transfert d'eau à partir du barrage de Beni Haroun.

Vu la situation géographique du périmètre et le tracé en plan de la conduite de transfert, il est prévu que la prise d'eau sera piquée à la conduite de transfert sur le tronçon allant de la retenue Oued Athmania jusqu'au réservoir de la régularisation Ouled Hamla.

On a adopté trois points de piquage des prises d'eau pour le périmètre à irriguer Teleghma (Fig. V.1) à partir de la conduite de transfert :

- Le point P1A : situé sur le tronçon de la conduite de transfert entre le barrage Oued Athmania et la station de pompage Oued Seguin de périmètre de Teleghma (Secteur nord).
- Les points P2 et P3 : sur le tronçon allant de la station de pompage Oued Seguin jusqu'au bassin de régularisation Ouled Hamla.

Les conduites principales CPN1 et CPN2 par lesquelles l'eau est amenée jusqu'au réseau de distribution du secteur «Nord» débouchent au point de piquage P1A.

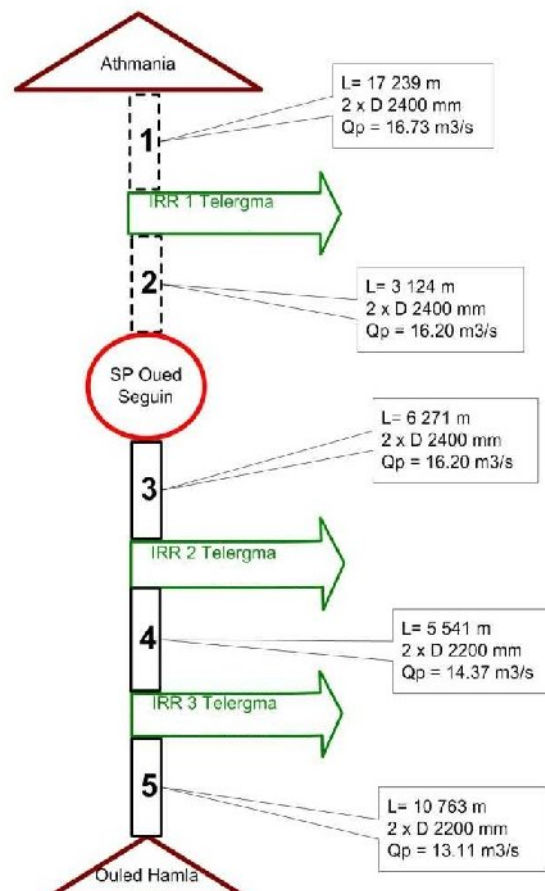


Fig. V.1 : Transfert Athmania – Schéma d'ensemble

V.2.1 Dimensionnement de l'adduction gravitaire

A-Barrage réservoir oued Athmania ver le Station de Pompage

* Détermination du diamètre avantageux :

$$Q = 8,365 \text{ m}^3/\text{s} \text{ et } L = 20363 \text{ m}$$

Pour la détermination du diamètre avantageux de la conduite gravitaire sachant que la côte radier du barrage réservoir oued Athmania est de : **807.11 mNGA**, on procède par un tâtonnement, tel que :

On détermine le diamètre avantageux moyennant la formule :

$$D_{av} = \sqrt[5]{\frac{K \cdot L \cdot Q^2}{\Delta H \cdot m}}$$

D_{av} : le diamètre avantageux moyennant

K : Coefficient de frottement

ΔH : Perte de charge totale (m)

L : Longueur équivalente de la conduite (m)

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

On choisit la côte, après, nous donnant un diamètre normalisé.

$$D_{av} = \sqrt[5]{\frac{K \cdot L \cdot Q^2}{\Delta H \cdot m}}$$

$$D_{av} = \sqrt[5]{\frac{0.013 \cdot 20363 \cdot (8.365)^2}{27.11 \cdot 1.49}} = 2378 \text{ mm}$$

Les résultats de calcul de tâtonnement figurent dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : Détermination du diamètre de la conduite gravitaire

Cote d'arrivé	Perte de charge	Longueur	Diamètre calculé
m.NGA	m	m	mm
780.00	27.11	20363	2378

On constate qu'avec une côte piézométrique d'arrivée de 780.0 mNGA, le diamètre normalisé de l'adduction gravitaire est de 2400 mm.

*** Détermination de la vitesse d'écoulement :**

On détermine la vitesse d'écoulement dans la conduite gravitaire moyennant l'équation de continuité :

$$Q=V*S \Rightarrow Q=V*D*\pi /4 \Rightarrow V= \frac{Q}{D*\pi /4}$$

Avec: **Q** : débit véhiculé par l'adduction (m³/s) ;

S : section de la canalisation (m²) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s) ;

D : diamètre nominal de la conduite (m).

$$V=4*8.11/3.14*2.4^2 \Leftrightarrow V= 1.79 \text{ m/s}$$

*** Détermination de la pression p dans le piquage N 1**

$$\Delta H=0.001735*1.15*17239*8.11^2 / 2.4^{5.3} \Rightarrow \Delta H= 21.85 \text{ m}$$

Donc: P=153.3 m

La pression dans le piquage en géniale entre (10 – 16bar)

*** Les frais d'investissement :**

Les frais d'investissement de la conduite gravitaire figurent dans le tableau suivant.

Tableau V .4. Frais d'investissement de la conduite gravitaire

Diamètre	Prix de ml	Longueur	Prix total	Annuité	Investissement
(mm)	DA	m	DA	DA	DA
2400	157612,29	20363	3,209E+09	0.08	284999964,5

Discussion

En ce basant sur les calculs précédents : diamètre normalisé (DN=2400mm) et la vitesse d'écoulement dans l'adduction gravitaire (V= 1,79m/s),on peut conclure que le calcul de la conduite gravitaire est admissible.

V.3. Conduites

V.3.1. Matériaux

Conformément aux prescriptions techniques, pour des systèmes d'irrigation on utilise comme règle générale, les canalisations principales et celles de distribution constituées de tuyaux non métalliques. Les matériaux de conduites sont choisis sur la base de la disponibilité dans le marché local et de leur production en Algérie. Dans notre étude on prend le béton précontraint. D'autres Matériaux dont les caractéristiques répondent aux besoins de l'aménagement peuvent être utilisés comme PVC et PEHD, mais les deux derniers utilisées généralement pour les conduites dont les diamètres inférieures ou égale a 500 mm.

V.3.2. Perte de charge

Les calculs hydrauliques et l'optimisation des paramètres du réseau d'adduction et de distribution ont été faits par application du logiciel créé pour les calculs hydrauliques et l'optimisation des réseaux d'adduction et de distribution ramifiés.

Les paramètres hydrauliques du système d'adduction dépendent de ceux du réseau de distribution, c'est pourquoi ce logiciel est appliqué pour les calculs hydrauliques de ces deux systèmes. Il est impossible de réaliser les calculs hydrauliques à part pour le système d'adduction et pour le réseau de distribution.

Ce logiciel se voit utiliser la formule de **CALMON-LECHAPT** pour définir les pertes de charge spécifiques linéaires :

$$J=L * Q^M * K / D^N$$

Avec :

J : Pertes de charge en mm/ml.

Q: Débit en m³/s.

D: Diamètre en m.

K: Coefficient de majoration tenant compte des pertes de charges singuliers. Ainsi : **M**, **L** et **N**: Constantes dépendantes de la rugosité absolue **K** des canalisations.

⇒ Pour le PEHD : **K**=0,02 ; donc : **L**=1,2 ; **M**=1,89 et **N**=5.

⇒ Pour le PVC : **K**=0,01 ; donc : **L**=1,821 ; **M**=1,96 et **N**=4,76.

Les pertes de charges singulières, par expérience, dans un réseau représentent environ 10% des pertes linéaires des conduites d'adduction. Donc, **K**=10%, on peut écrire la formule suivante

$$J=1.54 * Q^{1.96} / D^{5.19}$$

V.3.3.Diamètre

*** Desserte gravitaire**

Le choix du diamètre de ces conduites est effectuée de telle façon que la vitesse de l'eau dans les conduites soit comprise entre les vitesses admissibles 0,2 et 2,00 m/s (voir tableau. V. 5). Pour cela, pour ne pas provoquer certains inconvénients d'ordre pratique (risques de coups de béliers violents en cas de changement brusque du régime d'écoulement ou difficultés d'alimenter correctement les points à desservir).

Donc, ayant fixé les limites de la vitesse, le choix du diamètre est revenu à ce que les pertes de charges dans le tronçon de desserte doivent avoir une valeur qui permet d'assurer une pression suffisante pour le bon fonctionnement des équipements d'irrigation.

Tableau. V.5. Valeurs admissibles des vitesses maximale et minimale de l'écoulement d'eau dans les conduites de différents diamètres

Diamètre (mm)	Vitesse minimale (m/s)	Vitesse maximale (m/s)
100	0,20	1,8
125	0,25	1,85
150	0,25	1,95
200	0,35	2
250	0,4	2
300	0,4	2
350	0,5	2
400	0,5	2
500	0,5	2
1000	0,5	2
> 1000	0,5	2

V.4.Appareillage de fonctionnement et de protection

V.4.1. Vannes de sectionnement

Conformément aux recommandations techniques, afin d'assurer la réalisation des travaux de réparation, les conduites principales sont divisées à l'aide de regards de sectionnement en tronçons d'une longueur ne dépassant pas 3 km.

Conformément aux recommandations techniques, les conduites principales sont équipés de robinetterie appropriés à savoir, de vannes papillons et sur les conduites de diamètre supérieur à 500 mm, il est prévu l'installation de vannes papillons de type et cote inférieur.

Dans le cas d'installation des vannes papillons de diamètre de 1000 mm et plus, on prévoit l'aménagement de la ligne de by-pass équipées, ellesaussi, de vannes papillons.



Fig. V.1 : Les vannes de sectionnement

V.4.2. Ventouses

Conformément aux recommandations techniques sur les conduites principales, on prévoit l'installation des ventouses aux points hauts du profil en long et aux changements de pente.

En ce cas, on prévoit l'installation des ventouses à trois fonctions qui assurent l'élimination de l'air en régime de fonctionnement normal de la conduite, aussi bien que l'admission et l'évacuation de l'air au cours de la vidange et de la mise en eau de la conduite.

Selon les prescriptions techniques, les ventouses se montent sur un piquage vertical qui est représenté par une tubulure verticale aménagée au point d'installation de la ventouse. Le tableau ci-dessous montre la relation qui existe entre le diamètre de la conduite et le diamètre de la ventouse.

Tableau. V.6. Diamètres conduite / ventouse

Diamètre de la conduite (mm)	D < 500	600 < D < 900	900 < D < 1200	D > 1200
Diamètre et type de la ventouse (mm)	D 80	D 100	D 150	D 200

V.4.3. Vidanges

Pour la vidange des conduites principales, on prévoit l'aménagement des vidanges aux points bas de chacun des tronçons de réparation (indépendant) avec évacuation de l'eau par gravité dans les cours d'eau, oueds, fossés naturelles, etc.

Dans le cas où l'évacuation de l'eau par gravité est impossible, au droit de la vidange, on aménage un regard dit « le puits noyé » d'où l'eau sera partiellement pompée à l'aide des pompes portable à plongeur.

Au droit de l'aménagement des vidanges, les conduites principales sont équipées de tés à brides tangentielles. Les diamètres des conduites des vidanges sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau. V.7. Diamètres des conduites d'évacuation des vidanges

Diamètre des conduites principales (mm)	125 < D < 250	300 < D < 500	D > 600
Diamètre des vidanges (mm)	D 100 mm	D 200 mm	D 300 mm

V.4.4. Regards de branchement

Dans tous les points de branchement des conduites du réseau de distribution aux conduites principales, il est prévu l'aménagement des regards équipés de vannes papillons pour rendre possible la déconnexion des conduites de distribution de celles principales.

Avec cela, en fonction de la situation altimétrique du point de branchement par rapport au tronçon de la conduite suivant, les regards est équipé soit de ventouses, soit de vidanges qui sont à monter sur la conduite de distribution en aval de la vanne de sectionnement (type vanne papillon).

V.4.5 Ouvrages aux points de piquage des conduites principales à la conduite de transfert

Aux points de piquage des conduites principales à la conduite de transfert on prévoit d'aménager les ouvrages suivants :

*** Au point de piquage P1A :**

- 1 té à 3 brides DN 800 x 800 mm.

2. Sur la file CPN1 :

- Regard avec la soupape de décharge (soupape anti bélier) DN 200mm.
- Regard avec débit-mètre à ultra-son DN 800 mm.
- Regard avec vanne papillon DN 700 mm.

3. Sur la file CPN2 :

- Regard avec la soupape de décharge (soupape anti bélier) DN 200mm.
- Regard avec débit-mètre à ultra-son DN 600 mm.
- Regard avec vanne papillon DN 500 mm.

V.5. Protection des conduites contre la corrosion

V.5.1. Corrosion interne

Il arrive que les eaux fortement minéralisées provoquent, dans les canalisations, des dépôts se fixant sur les parois, surtout si la vitesse de l'eau est faible. Ces dépôts constituent alors autant de petites piles dans un milieu bon conducteur et il en résulte des attaques locales du métal et éventuellement, des perforations.

La présence de fer dans l'eau, même à des doses inférieures à 0,10 mg/l, peut, également, être la cause de perforation. En flocculant sous forme d'oxyde, il constitue des dépôts, donc des piles très actives. Il apparaît, sous chaque concrétion, une diminution rapide d'épaisseur du métal de la conduite. En vue de remédier aux inconvénients signalés ci-dessus, il est indispensable, tout d'abord, d'exiger un revêtement très soigné des canalisations. Par ailleurs, on devra étudier soigneusement notre canalisation de façon à éviter les faibles vitesses.

V.5.2. Principaux types de protection contre la corrosion intérieure

- * Revêtement intérieur au mortier de ciment,
- * Revêtement intérieur en polyuréthane.

V.5.3 Corrosion externe

Cette corrosion est caractérisée par une attaque du métal due à des phénomènes extérieurs en liaison, le plus souvent, soit avec la nature du sol, soit avec des installations électriques à courant continu situées au voisinage des réseaux d'alimentation en eau.

Si ces phénomènes sont importants, il peut se produire une destruction rapide des Canalisations par formation de cratères qui mènent à une perforation, ou à une attaque sous forme de couche de rouille croûteuse ou filandreuse, annonçant une diminution de l'épaisseur du métal. Particulièrement les réseaux de conduite en acier, lesquels, ordinairement, sont plus vulnérables que les conduites en fonte.

V.5.4 principaux types de protection contre la corrosion extérieure

- * Couche de zinc avec revêtement,
- * Couche de zinc-aluminium avec revêtement,
- * Revêtement en mortier de ciment armé,
- * Revêtement en polyéthylène.

Le découpage de la plaine de Teleghmadans le secteur nord d'irrigation et en étroite relation avec le volume en eau d'irrigation disponible au niveau des points de livraisons arrêtés. A cet effet, cinq secteurs sont créés pour l'irrigation de la plaine de Teleghma. Dans ce chapitre on parle seulement de réseau de distribution (secteur 1),

V.6. Borne d'irrigation

V.6.1. Type borne

Chaque ilot sera desservi par une borne a une, deux ou quatre prises et chaque prise sera équipée d'un limiteur de débit, d'un régulateur stabilisateur de pression et d'un compteur.

Pour éviter le recours à des équipements spécifiques et permettre une standardisation, le choix des bornes est fait parmi celles qui sont couramment commercialisées à savoir :

- D = 65 mm pour : $Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11 l/s) ;
- D = 100 mm pour : $Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22 l/s) ;
- D = 150 mm pour : $Q < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ (33 l/s).

V.7. Réseau de distribution

V.7.1. Tracé de distribution

Le tracé du réseau de distribution est pointé selon :

- ✓ la formation des ilots d'irrigation.
- ✓ l'implantation des bornes et du réseau de piste existant.

V.7.2. Ilots d'irrigation

Définition : l'ilot d'irrigation est la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation.

Pour éviter toute tension entre agriculteurs les limites des ilots d'irrigation sont celles des exploitations ou des parcelles et à défaut les limites facilement matérialisable sur le terrain.

En règle générale et selon les recommandations, il est préférable de placer aux limites des parcelles des bornes destinées à fournir l'eau sur quelques petites parcelles, tandis que les bornes qui fournissent l'eau sur les grandes parcelles, Il est plus rationnel de les placer au centre de ces parcelles.

Donc, la délimitation des zones à irriguer et l'établissement du plan de disposition des bornes ont été réalisés en tenant compte des principes suivants :

- au niveau de chaque petite parcelle l'eau sera amenée par une seule prise d'irrigation (autonome) ;
- le groupement de petites parcelles, sur lesquelles l'eau sera amenée par une borne a été fait compte tenu du nombre de prises à la borne (on admet 4 prises au maximum), du débit demandé pour l'irrigation et du débit nominal de la borne selon ses caractéristiques techniques.

Tableau.V.8.Bordereau des bornes avec la répartition par types de périmètre
Du secteur Teleghma Nord

Type de borne	Nombre de prises d'irrigation montées sur la borne	Nombre de borne
82/65	2	14
82/65	1	15
102/65	2	4
102/65	1	-
102/100	2	7
102/100	1	14
104/65	4	6
104/65	3	7
152/100	2	3
152/100	1	-
152/150	2	1
152/150	1	6
102/100	3	-
Total		77

V.7.3. Débit de la borne d'irrigation

Le calcul des besoins en eau dans le chapitre précédent (**Chapitre IV**) montre que le débit de la borne d'irrigation est déterminé pour la culture la plus exigeante, permet de laisser une totale liberté aux agriculteurs. Pour tout le secteur Nord, la culture la plus exigeante est *l'orge en vert*. Le débit de la borne est de l'ordre de $q = 0,743 \text{ l/s/ha}$ (déjà calculé).

Le tableau suivant résume le bordereau des

Dans le tableau suivant résume les différentes prises avec la répartition par types ainsi que le débit.

Tableau.V.9. Bordereau des prises avec la répartition par types et débits du secteur Teleghma Nord

Type de prises	Débit(m ³ /h)	Secteur Nord
DN 65	5	21
	7	8
	10	16
	15	16
	20	15
	25	9
	30	10
DN 100	30	1
	35	7
	40	6
	45	8
	50	4
	60	4
DN 150	45	-
	50	-
	60	-
	80	3
	100	2
	120	2
Total		132

V.8. Caractéristiques des conduites du réseau d'irrigation

Le traitement a été effectué pour déterminer les diamètres des conduites qui minimisent les coûts de premier établissement et d'entretien.

Les éléments et les hypothèses suivantes :

Le débit à la borne et la longueur des tronçons de conduite ;

Les cotes piézométriques des bornes ;

Les vitesses limites (minimale et maximales) à respecter dans chaque conduite ;

La loi des pertes de charge et la pression au niveau de la borne la plus défavorisée.

Tableau. V.9. Récapitulatif des longueurs des conduites du réseau de distribution « Secteur Nord »

Conduites	Longueur, ml											Total
	DN 800	DN 700	DN 600	DN 500	DN 400	DN 300	DN 250	DN 200	DN 160	DN 140	DN 125	
C-1-1				272.30	1109.0	879.8	403.90	373.30				3038.3
C-1-1-1											67.80	67.80
C-1-1-2							205.00	473.60	287.70		58.80	1025.10
C-1-1-2-1											223.70	223.70
C-1-1-2-2											29.10	29.10
C-1-1-3											200.60	200.60
C-1-1-4								291.60				291.60
C-1-1-5								307.90				307.90
C-1-1-6								302.70				302.70
C-1-1-7								300.40				300.40
C-1-2											116.90	116.90
C-1-3				230.60	1006.00	672.60	743.10		554.70			3207.00
C-1-3-1								103.50	135.30		542.80	781.60
C-1-3-1-1									174.30			174.30
C-1-3-2									283.80			283.80
C-1-3-3								306.30				306.30
C-1-3-4										338.50		338.50
C-1-3-5								306.30	221.10			527.40
C-1-3-6										228.50		228.50
C-1-4											181.50	181.50
C-1-5								977.50	98.50	81.50		1157.50
C-1-5-1									485.30		301.90	787.20
C-1-5-1-1										214.20		214.20
C-1-5-2											71.70	71.70

Suite tableau. V.9. Récapitulatif des longueurs des conduites du réseau de distribution « Secteur Nord »

Conduites	Longueur, ml											Total
	DN 800	DN 700	DN 600	DN 500	DN 400	DN 300	DN 250	DN 200	DN 160	DN 140	DN 125	
C-1-6									342.50			342.50
C-1-7									381.00			381.00
C-1-8									86.10			86.10
C-1-9								293.80	372.60			666.40
C-2-1									131.30			131.30
C-2-2									165.00			165.00
C-2-3								404.90	572.00			976.90
C-2-4								426.80	405.20			832.00
C-2-5										673.7		673.70
C-2-7											142.4	142.40
C-2-8											170.9	170.90
C-2-9								302.9	782.7			1085.60
C-2-9-1									204.2			204.20
C-2-9-1-1										175.9		175.90
C-2-9-1-2											203.6	203.60
C-2-10									134.2			134.20
C-2-11											156.5	156.50
C-2-12									402.9		795.1	1198.00
Total				502.90	2115.00	1552.40	1352.00	5171.50	6220.40	1712.30	3263.30	21889.80

V.9. Calcul de l'installation de goutte à goutte

D'après le tableau IV.3 (Chapitre IV), le mois de pointe est le mois de juillet avec une valeur : $B_p = 340,83$ mm/mois.

V.9.1 Besoins journaliers

Les besoins de mois de pointe est « mois d'août » est de : 340,83 mm.

Les besoins journaliers : $B_j = \frac{340,83}{31} = 10,99$ mm

Les besoins en eau dans irrigation localisée sera calculée par : $B_{il} = B_j (0,10 + CS)$

Avec :

B_j : Besoins journalière de l'irrigation traditionnelle.

CS : Couverture du sol, pour les agrumes : CS = 60 %

$$B_{il} = 10,99 \times (0,10 + 0,6) = 10,99 \times 0,7 = 7,69 \text{ mm/j}$$

$$B_{il} = 7,69 \text{ mm / j}$$

V.9.2. Dose nette

$$D_{nette} = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times P \times Z \%$$

Avec :

H_{cc} : L'humidité à la capacité au champ.

H_{pf} : L'humidité au point du flétrissement.

D'après les caractéristiques du sol (texture limoneuse), on a :

$H_{cc} = 22 \%$; $H_{pf} = 10 \%$.

Y : Degré de tarissement admissible ; $Y = 1/3$.

P : Profondeur d'enracinement.

Z : Pourcentage du sol humidifié.

Le pourcentage du sol humidifiée dépend de : débit de distributeur (goutteurs), espacement entre les goutteurs, écartement entre les rampes et la texture du sol.

D'où la dose nette : $D_{nette} = (H_{cc} - H_{pf}) \times y \times z \times \frac{p}{100}$

$$D_{nette} = (0,22 - 0,10) \times \frac{1}{3} \times 1200 \times 0,25 \quad \rightarrow \quad D_{nette} = 12 \text{ mm}$$

VI.9.3. Dose pratique

$$D_p = \frac{D_{nett}}{0.85} = \frac{12}{0.85} = 14.12 \text{ mm.} \rightarrow \mathbf{D_p = 14.12 \text{ mm}}$$

VI.9.4. Fréquence d'arrosage

$$I = \frac{D_{nette}}{\beta_{jil}} = \frac{12}{7.69} = 1.56 \approx \mathbf{2}$$

On prend la fréquence d'arrosage : **I = 2 jours.**

VI.9.5. Dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_{nette}}{\eta \times Cu}$$

Tel que :

η : Rendement d'irrigation = 0,85

Cu : Coefficient d'uniformité d'arrosage

$$D_{brute} = \frac{12}{0.85} = \mathbf{14,11 \text{ mm} .}$$

VI.9.6. Duré d'arrosage

$$d = \frac{D_{brut} \times Eg \times Er}{q} = \frac{14.11 \times 3 \times 4}{0.743} = \mathbf{227,88 \text{ heures.}}$$

→ Donc : l'irrigation journalière sera : $\frac{227.88}{12} = 19 \text{ heures.}$

Pour l'écartement entre les rampes porte-goutteurs (égal à 4 m), on peut prendre la valeur du paramètre P égale à 0,4.

V.9.7. Le débit de pointe

$$Q = \frac{B \cdot \delta \cdot 1000 \cdot P}{86400 \cdot T \cdot 0,95}; \text{ en l/s}$$

Où :

B : dose d'arrosage par décade, m³/ha ;

δ : Superficie en ha ;

P : fraction du sol humidifié ;(P=0.3)

86400 : nombre de seconde par 24 heures ;

T : durées d'arrosage en jours, égal 8 j ;

0,95 : efficience à la parcelle (95 %)

$$Q = \frac{1162,2 \cdot 5,0 \cdot 1000 \cdot 0,4}{86400 \cdot 8 \cdot 0,95} = 3,54 \text{ l/s}$$

V.9.8.Le débit calculé par un arbre

$$q_{\text{arbre}} = \frac{Q \cdot 3600}{N \cdot \delta} \text{ (l/s)}$$

Avec :

Q : débit de pointe en l/s ;

N : nombre d'arbres ;

δ : Superficie en ha ;

$$q_{\text{arbre}} = \frac{3,54}{40955} \cdot 3600 = 0,63 \text{ l/h}$$

On a retenu le nombre de goutteurs par un arbre égal à 1 avec le débit de :**0,63 l/h.**

La longueur maximale d'une rampe porte-goutteurs est de **192 m.**

V.9.9.Le nombre d'arbres (de goutteurs)

$$N_{\text{arbres}} = \frac{192}{3} + 1 = 65 \text{ arbres}$$

Le débit par 1 mètre linéaire de la rampe est :

$$Q_{ml} = \frac{65 \cdot 3,0}{192} = 1,02 \text{ l/h/ml}$$

V.9.10.Le nombre de rampes porte-goutteurs

$$N_r = \frac{244}{4} + 1 = 62$$

V.9.11. Le débit moyen par une rampe

$$Q_{\text{moy}} = L_m \times Q_{\text{ml}}$$

$$Q_{\text{moy}} = 192 \times 1,02 = 195,84 \text{ l/h} = 0,0544 \text{ l/s}$$

Le débit demandé pour le fonctionnement simultané de 62 rampes est :

$$Q_d = 62 \times 0,0544 = 3,37 \text{ l/s}$$

V.10 Calcul hydraulique**1-Porte-rampe**

Tronçon	Longueur, m	Diamètre		Débit, $\frac{\text{l/s}}{\text{m}^3/\text{h}}$	Perte de charge, $J \times L_e$
		mm	pouce		
Prise-A	244	70	$2\frac{3}{4}$	$\frac{3,37}{12,13}$	3,29

2-Rampe porte-goutteurs

Tronçon	Longueur, m	Diamètre, mm	Débit, l/s	Perte de charge, $J \times L_e$
1-2	192	20	0,0544	0,52

Conclusion

Le choix du diamètre des conduites de distribution au dépend de la vitesse admissible, est revenu à ce que les pertes de charges dans le tronçon de desserte doivent avoir une valeur qui permet d'assurer une pression suffisante pour le bon fonctionnement des équipements d'irrigation.

CAPITRE VI

**ORANISATION DE
CHANTIER**

Introduction

Le but de l'organisation de chantier est de réaliser des projets dans des délais courts et de moindres coûts.

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moins nécessaire pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter, ces travaux sont les opérations concourantes à la construction, la réparation, l'entretien ou la démolition d'un édifice (construction, bâtisse) de nature hydraulique ou génie civil.

Avant d'aller sur chantier et commencer la réalisation des travaux, il faut toujours commencer par une étude donnant les meilleurs outils de travail (engins), la stratégie des travaux, leur organisation et cherche constamment la meilleure façon et la plus économique d'utilisation des moyens fournis

VI.1. Les actions reçus par les conduites

Les conduites enterrées sont soumises à des actions qui sont les suivantes :

- ✓ La pression verticale due au remblai,
- ✓ La pression résultant des charges roulantes,
- ✓ La pression résultant des charges permanentes de surface,
- ✓ La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique,
- ✓ Le poids propre de l'eau véhiculée,
- ✓ Le tassement différentiel du terrain,
- ✓ Les chocs lors de la mise en œuvre,
- ✓ Action des racines des arbres.

VI.2. Exécution des travaux

Les principales étapes à exécuter pour la pose des canalisations sont :

- Vérification, manutention des conduites,
- Décapage de la couche du goudron (si elle existe),
- Emplacement des jalons des piquets,
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards,
- Aménagement du lit de pose,
- La mise en place des canalisations en tranchée,
- Assemblage des tuyaux,
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints,
- Remblai des tranchées.

VI.2.1 Vérification et manutention des canalisations

Les produits préfabriqués font l'objet sur chantier de vérification portant sur :

- Les quantités,
- L'aspect et le contrôle de l'intégrité,
- Le marquage en cas de défaut.

VI.3. Excavation des tranchées

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

- garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- Protéger la canalisation contre le gel.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive en commençant par les points hauts pour assurer s'il y lieu l'écoulement naturel des eaux d'infiltrations. Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que le calcul de la largeur et la profondeur de tranchée.

A- Calcul de la largeur de tranchée :

La largeur du fond de tranchée est obtenue par la formule :

$$b = (L * 2) + \emptyset$$

Où :

b : largeur de la tranchée (m).

∅: diamètre de la conduite (m).

L : la distance entre la conduite et le fruit de talus = 0,5 m.

B- Calcul de la profondeur de tranchée

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

La profondeur de la tranchée est l'excavation. Elle est déterminée par la formule :

$$H = e + \emptyset + h \quad (m)$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée (m).

e : hauteur de lit de sable posé (m).

∅: diamètre de la conduite (m).

h : la hauteur du remblai au dessus de la conduite.

VI.4. Pose de canalisation

VI.4.1. Pose de la canalisation en galerie

Dans certains cas le tracé de la canalisation peut rencontrer des obstacles qui nous obligent à placer la conduite dans une en galerie.

Les conduites de diamètre important (sauf aqueducs) doivent être placées sur des madriers (bois de chêne) et calées de part et d'autre pour éviter leur mouvement.

Les canalisations de petit diamètre peuvent être placées dans un fourreau de diamètre supérieur et reposant sur des tasseaux en béton. Les robinets vannes sont placés des deux côtés de la route.

VI.4.2. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire

La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm. Le fond de la tranchée est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 10 à 15 cm convenablement nivelé. Avant la mise en fouille, on possède à un triage de conduite de façon à écarter celle qui en subies des chocs, des fissures, ..., après cela, on pratique la décente en lit soit manuellement soit mécaniquement d'une façon lente.

Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butés de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée.

Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30 cm exempts de pierre et bien pilonné et sera par la suite achevé avec des engins.

VI.5. Principe de pose des canalisations

Le principe de pose de la canalisation est pratiquement le même pour toutes les conduites. Par contre le mode de pose varie d'un terrain à l'autre, ceci dans le but de diminuer l'effet des différentes contraintes agissant sur la canalisation.

L'épaisseur du remblai au dessus de la génératrice supérieure de la conduite est variable suivant les régions du fait du gel. En général, elle est de 1 m. Une conduite doit être toujours posée avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange, et des points hauts pour l'évacuation de l'aire entraîner soit lors du remplissage de la conduite soit pendant

VI.5.1. Traversées des routes

En raison des charges qui peuvent causées des ruptures, et par conséquents des infiltrations nuisibles à la conduite, comme à la route. Il sera donc prévu des gaines (buses de diamètres supérieurs) dans lesquels les conduites seront introduites à fin de les protéger contre les chocs et les vibrations. Dans les changements de direction, et dans les branchements, il y a lieu tendance, sur la poussée exercée par l'eau

Emboîtement des joints (réseau de distribution) ou à la rupture de soudures (adductions). On prévoit donc la construction des butées en béton qui s'opposeront à ces efforts.

VI.5.2. Robinet d'arrêt

Il est utilisé dans le réseau (petite diamètre) au niveau de branchement ($\emptyset < 100$ mm).

VI.5.3. Les vannes papillons

Ce sont des vannes à survitesses utilisées surtout au niveau des réservoirs d'eau (sortie de la conduite). C'est une vanne se fermant sous la pression de l'eau, à ne pas utiliser à l'aval d'une conduite. Elle occasionne une faible perte de charge et présente une rangeabilité importante. Pour la régulation, la manœuvre de l'obturateur est limitée à 60° , car au-delà le gain de débit est faible et le couple de manœuvre augmente rapidement à partir de 60° et présente un maximum vers 80° , ce qui est préjudiciable à la stabilité de fonctionnement.

VI.6. Calcul du volume de terrassements**VI.6.1. Calcul du volume de déblai**

La surface à calculer est la surface rectangulaire :

$$V = S * L$$

$$S = B * H$$

D'où :

$$B = 0.3 * (N-1) + (0.5 * 2) + (\emptyset * N) \quad ; \quad N = \text{nombre de conduite} = 1 \text{ Donc } b = 1 + \emptyset$$

VI.6.2. Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai. C'est le volume qu'occupe la conduite et le volume occuper par le lit de sable ;

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

Avec :

V_r : Volume du remblai compacté (m^3).

V_d : Volume du déblai (m^3).

V_s : Volume du sable.

$$V : \text{Volume occuper par la conduite } (m^3) ; \quad V = L * \frac{\pi * D^2}{4}$$

D'où :

L : Longueur de la conduite.

D : Diamètre de la conduite.

VI.6.3. Décapage de la couche végétale ou la couche du goudron

Le volume de la couche à décaper est :

$$V = \mathbf{B.h.L} \text{ (m}^3\text{)}$$

Avec :

B : largeur de la couche végétale (m).

h : hauteur de la couche (h=0.1m).

L : longueur totale des tranchées (m).

VI.6.4. Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 10 cm sur le fond de la tranchée. C'est une surface constante le long de la tranchée. On calcul cette surface en utilisant la formule suivante :

$$S = \mathbf{b * e * L}$$

D'où :

b : largeur de la tranchée (m).

e : hauteur de lit de sable (h=0.1m).

L : longueur totale des tranchées (m).

VI.6.5. Volume excédentaire

Il est calculé par la formule :

$$\mathbf{Vexc = Vf - Vd}$$

Avec :

Vf : Volume du sol excédentaire (m³).

Vexc: Volume du sol foisonné (m³).

Vd : Volume du déblai (m³).

Et : $\mathbf{Vf = Kf * Vd}$

Kf : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol pour notre cas le **K** = 1,24.

Conclusion

La planification des travaux est nécessaire pour une bonne exécution des travaux de réalisation du projet.

L'étude estimative des volumes des travaux, nous permet d'établir une estimation du coût total du projet.

Conclusion générale :

Nous venons de réaliser à la lumière de cette étude, l'aménagement Hydro agricole du périmètre de Teleghma secteur nord avec un réseau d'adduction gravitaire alimenté par le barrage d'oued Athmania

L'objectif de ce Mémoire de Fin d'Etude est de dimensionner le périmètre d'irrigation de **plaine de Teleghma secteur nord** dans le but d'assurer une répartition de l'eau de façon uniforme et économique.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat semi-aride. L'analyse du sol nous donne un sol moyen. La topographie est majoritairement plane hormis la présence de quelques montagnes.

L'étude de la pluviométrie nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques et agro-pédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de **Penman** et **Monteith** par le calcul sous le programme du logiciel **CROPWAT8.5**

Ce travail on est arrivé à :

- Projeter et dimensionner un réseau de distribution ramifié sous pression avec une longueur totale de **21 889,80 m**
- Dimensionner une conduite d'adduction gravitaire.

Bibliographie :

ALAIN ,V .Traite d'irrigation. Paris :2eme édition Tec and Doc ,2006 .1265 p

GEORGE,N. Efficacite de la gestion de l'eau et de la fertilite des sols en milieu semi aride.france:edition Duplit Print,2010.402 p

JEAN,R.Dynamique de l'eau et irrigation champagne .Paris :édition Johanet ,2010 .119 p

LAKSHIN ,R .Seepage in soils .USA:edition Acid free paper,2003 .402p

LAUREN,U.Introduction à la production sous serre .Paris :édition lavoriser Tec and Doc,2007.305 p

MESSAHEL,Mekki.Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation).Alger :édition OPU ,1988 .338 p

PIERRE,R .Irrigation agricole.Paris :3eme edition cemagref,2006.343 p

KEDACH,Zakaria .Gestion de l'eau d'irrigation et action collectives.Alger :édition amazon distribution,2008 .138 p

ZELLA ,L.Micro irrigation théorique et application.Alger :édition OPU,2010 .300 p

LES ANNEXES

ANNEXE I

Comparaison entre l'étude existante au 1/20.000 et l'étude de contrôle.

Numéros des profils de l'étude existante	Classifications	Numéros des profils de l'étude de contrôle	Classifications
3017	Calcimagnésiques,	45	Calcimagnésiques, brun
3037	Calcimagnésiques	46	Sols peu évolués
3039	Sols peu évolués	47	Sols peu évolués
3102	calcimagnésiques	48	Sols peu évolués
3086	Calcimagnésiques brun	54	Brun calcaire modal
1809	Sols rouges	24	Sols rouges
1439	Brun calcaire	87	Brun calcaire sur croûte
1917	Calcimagnésiques	27	calcimagnésiques
2030	calcimagnésiques	40	calcimagnésiques
2002	calcimagnésiques	41	isohumiques
43	isohumiques	74	Sols peu évolués
202	isohumiques	66	calcimagnésiques
187	calcimagnésiques	67	isohumiques
100	Sols peu évolués	69	Sols peu évolués
613	vertisols	7	Brun calcaire sur
1177	Calcimagnésiques, brun	16	Brun calcaire sur
629	Calcimagnésiques, brun	8	Brun calcaire épais
670	Sols peu évolués	49	Isohumiques sur
391	Brun calcaire	9	Brun calcaire
383	Sols peu évolués	4	Brun calcaire
358	Brun calcaire	51	Brun calcaire
231	Sols peu évolués	3	Sols peu évolués
1334	Isohumiques, sur	22	Brun calcaire, sur
1132	Calcimagnésiques, brun,	10	Sols peu évolués
1125	isohumiques	11	Brun calcaire
1104	brun calcaire	12	Brun calcaire
1080	Vertisols	13	Brun calcaire

ANNEXE I

Comparaison entre l'étude existante au 1/20.000 et l'étude de contrôle. (Suite)

Numéros des profils de l'étude existante	Classifications	Numéros des profils de l'étude de contrôle	Classifications
1025	Calcimagnésiques, brun Calcaire, sur encroûtement	14	Brun calcaire sur encroûtement
1416	Calcimagnésiques	22	calcimagnésiques
670	Sols peu évolués	49	isohumiques
2457	Rendzine	32	Rendzine
497	Sols peu évolués	95	Brun calcaire noirci
1629	Isohumiques, sur encroûtement calcaire	53	Brun calcaire sur encroûtement
2276	Isohumiques, marron, profond	35	Sols peu évolués
2325	Isohumiques sur croûte	34	Sols rouges sur croûte
3031	Brun calcaire	44	Brun calcaire
2002	Isohumiques	92	isohumiques
2001	Brun calcaire	94	Brun calcaire sur croûte
1846	Isohumiques	26	isohumiques
1341	Brun, calcaire, vertique	25	Brun calcaire sur encroûtement de nappe
649	Sol rouge	79	Sol rouge
631	Sol rouge	80	Sol rouge
848	Sols rouges	85	Sol rouge
204	Isohumiques	84	Sols peu évolués
670	Isohumiques	82	isohumiques
601	isohumiques	81	Sols rouges sur croûte
724	Brun calcaire vertique	91	Brun calcaire sur encroûtement
2241	Brun calcaire	38	Brun calcaire
2187	Brun calcaire	37	Brun calcaire
2354	Isohumiques	36	Isohumiques
2276	Calcimagnésiques	35	Sols peu évolués

ANNEXE I

Comparaison entre l'étude existante au 1/20.000 et l'étude de contrôle. (Suite)

Numéros des profils de l'étude existante	Classifications	Numéros des profils de l'étude de contrôle	Classifications
1607	Isohumiques	31	Isohumiques
2407	Isohumiques, sur croûte calcaire	30	Brun calcaire, sur croûte calcaire
1183	rendzine	17	Brun calcaire sur
1214	Calcimagnésiques	18	calcimagnésiques
1738	Brun calcaire sur croûte	20	Brun calcaire sur
1670	Rendzine	29	Rendzine
71	Sols peu évolués	50	Sols peu évolués
39	Sols peu évolués	59	Brun calcaire noirci
129	Sols peu évolués	2	Sols peu évolué
21	Sols peu évolués	57	Sols peu évolué
2	Sols peu évolués	1	Sols peu évolué
155	Sols peu évolués	56	Sols peu évolué
1556	Brun calcaire	21	Brun calcaire, encroûtement
3000	Brun, calcaire, sur	42	Brun calcaire sur
2106	vertisols	39	Brun calcaire
3070	Brun calcaire, sur	43	Brun calcaire sur
393	Brun calcaire	65	Calcimagnésiques
484	Brun calcaire	64	Brun calcaire
435	Brun calcaire	68	Sols peu évolués
440	Sols peu évolué	63	Sols peu évolué
353	Sols peu évolués	62	Sols peu évolués
2559	Sols peu évolués	71	Sols peu évolués
291	Brun calcaire sur	61	Brun calcique
518	Isohumiques sur croûte	76	Sol rouge

ANNEXE I

Comparaison entre l'étude existante au 1/20.000 et l'étude de contrôle. (Suite et fin)

Numéros des profils de l'étude existante	Classifications	Numéros des profils de l'étude de contrôle	Classifications
583	Sol rouge	77	Brun calcaire sur encroûtement
566	Isohumiques	78	Sols rouges recalcarifiés
549	Brun calcaire sur	5	Brun calcique sur
585	Brun calcaire vertique	6	Brun calcaire
2419	Isohumiques sur	33	Sol rouge sur croûte
1265	Brun calcaire	19	Brun calcaire sur croûte
409	Brun calcaire	89	Brun calcique épais
390	Brun calcaire sur croûte	90	Brun calcaire
540	Brun calcaire	88	Sol rouge
521	Sol rouge	55	Brun calcique
536	Brun calcaire	58	Brun calcaire
1480	Brun calcaire	52	Brun calcaire sur
8	Isohumiques	75	Isohumiques
1416	Brun calcaire	23	Brun calcaire

ANNEXE II CALCUL DES BESOINS UNITAIRES EN EAUX (CROPWAT 8)

➤ ORGE VERT:

Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff, mm/dec	Bes, Irr, mm/dec
Déc	3	Init	0,3	0,42	3,8	8,2	0
Jan	1	Crois	0,33	0,48	4,8	10,3	0
Jan	2	Crois	0,57	0,86	8,6	10,5	0
Jan	3	Crois	0,86	1,46	16	9,6	6,4
Fév	1	Mi-sais	1	1,87	18,7	8,4	10,3
Fév	2	Mi-sais	1	2,04	20,4	7,4	13
Fév	3	Mi-sais	1	2,41	19,3	7,8	11,5
Mar	1	Mi-sais	1	2,77	27,7	8,3	19,5
Mar	2	Mi-sais	1	3,14	31,4	8,5	22,9
Mar	3	Arr-sais	0,9	3,14	34,5	8,3	26,2
Avr	1	Arr-sais	0,64	2,46	24,6	8,1	16,4
Avr	2	Arr-sais	0,39	1,63	16,3	8	8,3
Avr	3	Arr-sais	0,25	1,15	1,1	0,7	1,1
					227,2	104,1	135,6

➤ BLE TENDRE :

Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff, mm/dec	Bes, Irr, mm/dec
Jan	1	Init	0,3	0,44	4,4	10,3	0
Jan	2	Init	0,3	0,46	4,6	10,5	0
Jan	3	Crois	0,3	0,51	5,6	9,6	0
Fév	1	Crois	0,45	0,85	8,5	8,4	0,1
Fév	2	Crois	0,69	1,41	14,1	7,4	6,6
Fév	3	Crois	0,9	2,17	17,4	7,8	9,6
Mar	1	Mi-sais	1,01	2,79	27,9	8,3	19,7
Mar	2	Mi-sais	1,01	3,16	31,6	8,5	23,1
Mar	3	Mi-sais	1,01	3,52	38,7	8,3	30,4
Avr	1	Mi-sais	1,01	3,88	38,8	8,1	30,7
Avr	2	Arr-sais	0,88	3,69	36,9	8	29
Avr	3	Arr-sais	0,64	2,95	29,5	7,4	22
Mai	1	Arr-sais	0,41	2,02	20,2	7,1	13,1
					278,2	109,7	184,4

ANNEXE II CALCUL DES BESOINS UNITAIRES EN EAUX (CROPWAT 8)

➤ VIGNE:

Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff, mm/dec	Bes, Irr, mm/dec
Jui	1	Init	0,31	2,24	2,2	0,1	19,5
Jui	2	Init	0,3	2,2	22	0,2	21,8
Jui	3	Init	0,3	2,15	23,7	0,3	23,3
Aoû	1	Init	0,3	2,13	21,3	0,3	20,9
Aoû	2	Init	0,3	2,09	20,9	0,3	20,6
Aoû	3	Init	0,3	1,89	20,8	1,1	19,7
Sep	1	Init	0,3	1,68	16,8	1,8	15
Sep	2	Init	0,3	1,49	14,9	2,4	12,5
Sep	3	Init	0,3	1,32	13,2	4	9,2
Oct	1	Init	0,3	1,14	11,4	6	5,4
Oct	2	Init	0,3	0,97	9,7	7,7	2
Oct	3	Init	0,3	0,84	9,2	7,8	1,4
Nov	1	Init	0,3	0,71	7,1	7,7	0
Nov	2	Init	0,3	0,58	5,8	7,9	0
Nov	3	Init	0,3	0,52	5,2	8,5	0
Déc	1	Crois	0,3	0,47	4,7	9,2	0
Déc	2	Crois	0,34	0,46	4,6	9,9	0
Déc	3	Crois	0,39	0,55	6	10	0
Jan	1	Crois	0,44	0,64	6,4	10,3	0
Jan	2	Crois	0,49	0,74	7,4	10,5	0
Jan	3	Mi-sais	0,53	0,89	9,8	9,6	0,2
Fév	1	Mi-sais	0,53	0,99	9,9	8,4	1,6
Fév	2	Mi-sais	0,53	1,08	10,8	7,4	3,4
Fév	3	Mi-sais	0,53	1,28	10,2	7,8	2,5
Mar	1	Mi-sais	0,53	1,47	14,7	8,3	6,4
Mar	2	Mi-sais	0,53	1,67	16,7	8,5	8,2
Mar	3	Mi-sais	0,53	1,86	20,4	8,3	12,1
Avr	1	Mi-sais	0,53	2,05	20,5	8,1	12,3
Avr	2	Mi-sais	0,53	2,24	22,4	8	14,4
Avr	3	Mi-sais	0,53	2,44	24,4	7,4	17
Mai	1	Mi-sais	0,53	2,64	26,4	7,1	19,3
Mai	2	Mi-sais	0,53	2,84	28,4	6,7	21,7
Mai	3	Arr-sais	0,53	3,11	34,2	5	29,3
Jui	1	Arr-sais	0,49	3,17	31,7	2,8	28,8
Jui	2	Arr-sais	0,43	3,01	30,1	1,1	29
Jui	3	Arr-sais	0,37	2,62	26,2	0,9	25,4
Jui	1	Arr-sais	0,31	2,24	20,1	0,6	19,5
					590,5	211,9	422,4