

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE d'ADRAR
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE



**Mémoire de Fin D'étude en Vue de L'obtention du Diplôme de
Master en chimie**

Option : chimie de l'environnement

Thème

**Apptitude à l'irrigation des eaux souterraine dans la
plaine de Ghriss**

-Etude Hydrochimique-

Présenté par :

GASMI ABDERRAHMANE
BEN HAMI ABDELFATAH

Membres de jury :

Président : SID AMER. A.

Encadré par :

Mr bderrahman. OUAINI

Examineurs

BOULAL. A.

Septembre 2015



Remerciement

Nous tirons remercier

- Nos encadreurs Mr **Ouaini. A**, qui a bien voulu suivre et diriger ce travail, Avec ses conseils précieux.
- les membres du jury, qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.
- les enseignants de science de matière, pour l'enseignement qu'il nous en disposé durant notre cycle de formation.
- Au personnel de la direction hydraulique de la wilaya de Mascara, surtout Mr Baghdad, d'avoir mis à nos disposition tous les données possibles pour le besoin de notre étude.

Dédicace

Les louanges sont à ALLAH seigneur des mondes qui comble de grâce en me permettant d'achever en bonne santé ce modeste travail que je dédie :

A ma mère qui ma donner la vie, la douceur et joie, et je lui remercie pour ces sacrifices.

A mon père qui a été toujours présent pour moi et a mes demandes, et qui permis de devenir ce que je suis.

A toutes les amis

Gasmi
Gasmi

Dédicace

Le louange sont a ALLAH seigneur des mondes qui comble de grâce en me permettant d'achever en bonne santé ce modeste travail que je dédie :

A ma mère qui ma donner la vie, la douceur et joie, et je lui remercie pour ces sacrifices.

A mon père qui a été toujours présent pour moi et a mes demandes, et qui permis de devenir ce que je suis.

A tous la promotion2014/2015

Ben hami

Sommaire

liste des tableaux	
liste des figures	
liste d'abréviations.....	
Introduction générale	1
PARTIE SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : Etude géologique et morphologique	
I.1.Introduction.....	3
I.2. Aspect géomorphologique et géologique.....	3
I.2.1.Situation géographique.....	3
I.2.2. Situation géomorphologique.....	4
I.2.3. Topographie.....	6
I-2.3.1. Répartition de la surface en fonction de l'altitude.....	6
I.2.3.2.: Les altitudes.....	7
I.2.4.géologie.....	9
I.2.4.1.Cadre géologique du secteur d'étude.....	9
I.2.4.1.1.Les monts de Beni Chougrane.....	9
I.2.4.1.2.Les monts de Saida.....	9
I.2.4.1.3.La plaine proprement dite.....	10
I.2.4.2.Litho stratigraphie (B. Sourisseau 1992).....	11
I.2.4.2.1.Le secondaire	12
I.2.4.2.1.1.Trias.....	12
I.2.4.2.1.2 Callovo-Oxfordien.....	12
I.2.4.2.1.3. Lusitanien.....	12
I.2.4.2.1.4. Jurassique supérieur.....	12
I.2.4.2.1.5. Crétacé inférieur.....	13
I.2.4.2.2 .Le Tertiaire.....	13
I.2.4.2.2.1. Eocène.....	13
I.2.4.2.2.2. Oligocène.....	13
I.2.4.2.2.3- Miocène.....	13
I.2.4.2.2.4. Pliocène.....	14
I.2.4.2.3. Quaternaire.....	15
I.2.4.2.4. Actuel.....	15
I.2.4.3.Tectonique.....	15
I.2.4.2Conclusion.....	17
CHAPITRE II : Etude climatologique	
II.1.Introduction.....	19
II.2.Caractères climatique	19
II.2.1.la pluviométrie	19
II.2.2.la température	20
II.2.3.Humidité relative.....	20
II.2.4.Tension de vapeur	23
II.2.5.Vitesse du vent.....	24
II.2.6.Evaporation.....	24
Conclusions.....	26

CHAPITRE III : Etude pédologique

III .1. Introduction.....	28
III.2 .Etude pédologique	28
III.3.Les 06 classes de sols	29
III.4. Les zones homogènes de mise en valeur.....	31
III. 5.Aptitudes culturales	34
III.5. 1.Aptitude des sols aux cultures arboricoles.....	34
III.5.2. Aptitudes des sols aux cultures céréalières et fourragères.....	35
III.6. Conclusion.....	37

CHAPITRE IV: Etude hydrogéologique

IV-I. Introduction.....	39
IV-2. Etude des nappes.....	39
IV-2-1. Le quaternaire (nappe superficielle).....	39
IV-2-2. Nappes des calcaires lacustres, sables et grès du Pliocène.....	39
IV-2-3. Nappe calcaréo-dolomitique du Jurassique supérieur.....	40
IV-3-1. Limites des nappes.....	40
IV-3-1-1. Limites Horizontales.....	40
IV-3-2. Limite des épontes.....	43
IV-4. Fonctionnement du système aquifère.....	43
IV-4-1. Nappe superficielle.....	43
IV-4.2. La nappe des calcaires lacustres, sables et grès du Pliocène.....	44
IV-4.3. La nappe des calcaires et dolomies du Jurassique supérieur.....	45
IV-S. Etude des caractéristiques hydrodynamiques.....	45
IV -5-1. Piézométrie.....	47
IV.5.1.1. Carte piézométrique.....	47
IV-5-1.2. Evaluation des paramètres hydrodynamiques.....	49
IV-6 conclusion.....	51

PARTIE EXPERIMENTALE (ETUDE HYDROCHIMIQUE)

CHAPITRE V : Matérielle et méthode

V .1. Introduction	54
V .2. Sources des éléments majeurs et leurs normes de concentration dans les eaux souterraines.....	57
V.2.1 Calcium (Ca).....	57
V.2.2. Magnésium (Mg).....	57
V.2.3 Sodium (Na).....	57
V.2.4 Potassium (K).....	58
V.2.5 Chlorures (Cl-).....	58
V.2.6 Sulfate (SO ₄ -).....	58
V.2.7. Nitrate (NO ₃ -).....	59
	59

V.3. paramètre physico-chimiques de l'eau.....	59
V.3.1. Propriétés physiques.....	59
V.3.1.1. La température.....	59
V.3.1.2. Le pH.....	60
V.3.1.3. La conductivité électrique.....	60
V.3.2. Propriétés chimiques.....	60
V.3.2.1. Expression des concentrations des différents éléments.....	60
V.3.2.2. Les chlorures dans l'eau.....	60
V.4. Méthodes usuelles de détermination des propriétés physique.....	61
V.4.1. Détermination du pH.....	61
V.4.2. Détermination de la conductivité.....	61
V.5. Différents dosages des éléments chimiques de l'eau.....	62
V.5.1. Dosage des anions.....	62
V.5.1.1. Détermination de l'alcalinité.....	62
V.5.1.2. Dosage des nitrates dans l'eau.....	62
V.5.1.3. Dosage des chlorures.....	62
V.5.1.4. Dosage des sulfates.....	62
V.5.2. Dosage des cations.....	63
V.5.2.1. Dosage de calcium.....	63
V.5.2.2. Dosage du sodium et du potassium.....	63
V.5.2.3. Dosage de magnésium.....	63

CHAPITRE VI : Résultat et discussion

V.6. Résultats et interprétation.....	65
V.6.1. Représentation graphiques des eaux de la plaine de la Ghriss.....	65
V-6-2. Etude des rapports caractéristiques de la nappe.....	66
V-6-3. Détermination des faciès chimiques des eaux.....	69
V.6.4. Risque de salinisation et d'alcalisation.....	72
V.6.5. Classification des eaux de la nappe selon le diagramme de Scoeller Berkaloff.....	80
V-6-6-La classification des eaux de la nappe selon Piper.....	85
V-6.7. Interprétation des cartes d'aptitude à l'irrigation : et du degré du risque à l'usage).....	89
V.6.7.1-Ions phytotoxiques.....	89
V.6.7.1.1. Les chlorures.....	89
V.6.6.1.2. Le Sodium.....	92
V.6.6.1.3. les sulfates.....	95
V-6-6.1.4. Les bicarbonates.....	98
V-6-6-1.5. Les nitrates.....	101
V.6.6.1.6. la salinité.....	104
V-6-6-1.7. Le SAR.....	107
Conclusion.....	109
conclusion générale.....	111

Annex.....

References bibliographique.....

Resumé.....

Liste des tableaux

N°	DESIGNATIONS	PAGES
1	Répartition par tranches d'altitude de la superficie du B.V (Hattabe. S. 1993)	04
2	Répartition de la précipitation annuelle (1990-2008)	20
3	Pluviométrie moyenne mensuelle et température moyenne mensuelle 1990-2008) :	21
4	Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %	23
5	Répartition mensuelle de la tension de vapeur d'eau (mbar)(2007)	23
6	Vitesse du vent (m/s)(2007)	24
7	Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne(2007)	25
8	Les évaluations d'infiltration efficace < B. Sourisseau -1972-)	46
9	Etude statistique des paramètres analysés dans les eaux souterraines de la plaine de Ghriiss (Haute eaux 2009)	65
10	Les rapports caractéristiques de la nappe :	67
11	Pourcentages des faciès chimiques (hauts eaux ,2009)	70
12	Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs du SAR	73
13	Analyse des classes de salinité et d'alcalinité	79
14	Degré de restriction a l'usage pour les chlorures (FAO ,1989)	89
15	Degré de restriction a l'usage pour le sodium (FAO ,1989)	92
16	Tableau 16:Degré de restriction a l'usage pour le sulfates	95
17	Degré de restriction a l'usage pour le bicarbonate (FAO ,1989)	98
18	Degré de restriction a l'usage pour le nitrate (FAO ,2009)	101
19	Degré de restriction a l'usage pour la conductivité (FAO)	104

LISTE DES FIGURES

N°	Désignations	Pages
01	Carte géologique du plain de Ghriss (Benfetta. H. 1997).	05
02	Carte des tranches d'altitudes de la plaine de la Ghriss	08
03	log stratigraphique	11
04	Précipitation annuelle, 1990 à 2008	20
05	Diagramme ombrothermique	22
06	Carte différent zone homogène de plaine de Ghriss .	32
07	Carte des aptitudes culturales une irrigue dans la plaine de Ghriss	35
08	Les nappes principe de la plain de ghriss	42
09	Carte des points de prélèvement (hautes eaux ,2009)	48
10	Carte des points de prélèvement (hautes eaux ,2012/2013)	55
11	Carte piézométrique de la plaine de Ghriss (basse eau 2009)	56
12	Représentation sur l diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss au niveau a Tighennif, sidi Kada,, Matemore et Maoussa	75
13	Représentation sur le diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss au niveau au Kaouir, Tizi, Froha et Ghriss	76
14	Représentation sur le diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss au niveau de oued Taghia et Ain Fken	77
15	Représentation sur l diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss (hautes eaux , 2012/2013).	78
16	Représentation des eaux souterraines a Tighennif, sidi Kada, Matemore et Maoussa dans le diagramme de schoeller Berkaloff	81
17	Représentation des eaux sous terrainne a Kaouir, Tizi, Froha et Ghriss dans le diagramme de Schoeller Berkaloff	82

18	Représentation des eaux sous terraines a Oued. Taghia et Ain Fken dans le diagramme de Schoeller berkaloﬀ	83
19	Représentation des eaux souterraines a plaine deghriss dans le diagramme de schoeller Berkaloﬀ (hautes eaux 2012/2013) .	84
20	Représentation sur le diagramme d piper des eaux Souterraines de la plaine de Ghriss pour la région de tighennif, sidi Kada, Matemore et Maoussa(Hautes eaux ,2009)	85
21	Représentation sur le diagramme de Piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss pour la région de l'oued Taghia et Ain Fken (hautes eaux ,2009).	86
22	Représentation sur le diagramme de Piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss au niveau de Kaouir, Tizi, Froha et Ghriss, (hautes eaux ,2009).	87
23	Représentation sur le diagramme de Piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss, (hautes eaux ,2012/2013)	88
24	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la chlorures [hautes eaux , 2009]	90
25	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la chlorures [hautes eaux , 2012/2013]	91
26	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la sodium [hautes eaux , 2009]	93
27	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la sodium [hautes eaux , 2012/2013]	94
28	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la sulfates [hautes eaux , 2009]	96
29	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la sulfates [hautes eaux , 2012/2013]	97
30	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la bicarbonate [hautes eaux , 2009]	99
31	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la bicarbonate [hautes eaux , 2012/2013]	100
32	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la nitrates [hautes eaux , 2009]	102
33	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la nitrates [hautes eaux , 2012/2013]	103
34	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la salinité [hautes eaux , 2009]	105
35	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la	106

	salinité [hautes eaux , 2012/2013]	
36	Carte Du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la SAR [hautes eaux , 2009]	107
37	Carte du degré de restriction a l'usage des eaux Souterrain de la plaine de Ghriss pour la SAR [hautes eaux , 2012/2013]	108

LISTE DES ABREVIATIONS

%	: Pour cent
°C	: Degré Celsius
Ca ⁺⁺	: Calcium
CaCl ₂	: Chlorures de calcium
Cl ⁻	: chlore
cm	: Centimètre
CO ₂	: Dioxyde de carbone
Co ³⁻	: Carbonate
FAO	: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fig.	: Figure
g	: Gramme
K ⁺	: ion de potassium
KCL	: Chlorure de potassium
Km	: Kilomètre
Km ²	: Kilomètre carré
L	: Litre
m ³	: Mètre cube
Meq	: Milliéquivalent
Mg ⁺⁺	: Magnésium
MgCl ₂	: Chlorure de magnésium
ml	: Millilitre
mm	: Millimètre
mMol.L ⁻¹	: Mili Mol par litre
N	: Normalité
Na ⁺	: ion de sodium
NaCl	: chlorure de sodium
NO ³⁻	: Nitrate
O ₂	: Oxygène
P	: Phosphore

r	: Coefficient de corrélation de Pearson
RFU	: Réserve facilement utilisable.
So ₄ ⁻²	: Sulfate
T°	: Temperature
m/s	: Mètre par second
m ² /s	: Mètre carré par second
ANRH	: Agence National des Ressources Hydriques
P2O5	: Le pentoxyde de phosphore
K2O	: L'oxyde de potassium
PH	: Le potentiel hydrogène (mesure l'acidité ou la basicité)
Ha	: Hectar
Mmhos/cm	: Micromhos par centimètre
l/s	: Litre par second
HCO3	: Bicarbonate
OMS	: L'Organisation mondiale de la santé
TA	: Titre alcalimétrique
TAC	: Titre alcalimétrique complet
SAR	: Taux de sodium adsorbé

Introduction

Générale

INTRODUCTION

L'eau joue un rôle essentiel et indispensable dans la subsistance de tous les organismes vivants, animaux ou végétaux de la biosphère.

Face aux besoins en eaux dans les domaines agricoles (l'irrigation), industriels et urbaines, l'utilisation des nappes souterraines devient de plus en plus indispensable.

L'Algérie connaît aujourd'hui le problème des ressources en eau mobilisables qui ne se pose pas uniquement en termes de quantité disponible, mais en termes de qualité aussi.

En zone aride et semi-aride, l'approvisionnement en eau d'irrigation constitue l'un des facteurs déterminants de l'expansion de la production agricole, tant dans le sens de l'intensification des cultures, que de l'extension des surfaces irriguées. Pour beaucoup de pays, les eaux superficielles constituent la principale source d'eau d'irrigation ; dans les endroits où cette ressource est rare ou inexistante, on fait appel aux eaux souterraines. Cependant, la réussite de toute mise en valeur agricole dépendra donc de l'emploi rationnel et le contrôle périodique des ressources en eau disponible.

L'agriculture irriguée rencontre de nos jours de nouveaux problèmes tels que le risque de salification. Dans ce contexte, notre étude a pour objectif de caractériser les ressources en eaux souterraines de la plaine de Ghriss du point de vue physico-chimique et leur usage en indiquant degré de risque qu'elle peut causer.

Synthese bibliographie

Chapitre I

Etude géologique et morphologique

I.1.Introduction:

Avant d'entreprendre toute étude concernant un bassin versant, nous devons étudier sa morphologie, en déterminant ses limites, sa superficie, son périmètre, la répartition des altitudes et talwegs et d'autres paramètres caractéristiques. L'étude géologique est la base principale de toute étude hydrogéologique. En effet la connaissance de la nature des terrains est indispensable pour l'interprétation des résultats de paramètres hydrodynamiques, et celle de la composition physico-chimique des eaux souterraines.

I.2. Aspect géomorphologique et géologique

I.2.1.Situation géographique:

Mascara, ville historique et bastion de la résistance se situe sur le flanc Sud des montagnes de Beni Chougrane. C'est le chef lieu de la Wilaya comprenant des localités très modestes autour desquelles vit une importante population dans des douars disséminés dans la plaine.

Le bassin versant de Ghriss est limité:

- Au Nord, par les monts de Beni Chougrane ;
- Au Sud, par les monts de Saida ;
- A L'Ouest par les monts de Bouhanifia ;
- A L'Est, par le plateau de Tighennif.

Le boudeur limitent un bassin versant de 1157m dont l'exutoire unique est constitué par l'Oued Fekan .Ce bassin est d'un périmètre de 157 Km,

Il représente une légère inclinaison vers l'Ouest avec un relief quasiment plat dans le centre (Fig. I.1) (Benfetta. H. 1997).

I.2.2. Situation géomorphologique

La morphologie présente différents aspects:

Au Nord et à l'Ouest des pieds montagneux formants de bas reliefs.

Au centre, des témoins d'un autre environnement et des monticules rocheux assez élevés.

Au Sud, d'importants massifs d'aspect tabulaire et coiffés de sommets dépassant 1000 mètres (montagnes de Nesmoth).

A l'Est, un relèvement du sol forme le col de Tamazougha entre Tighennif et la vallée d'Oued Haddad.

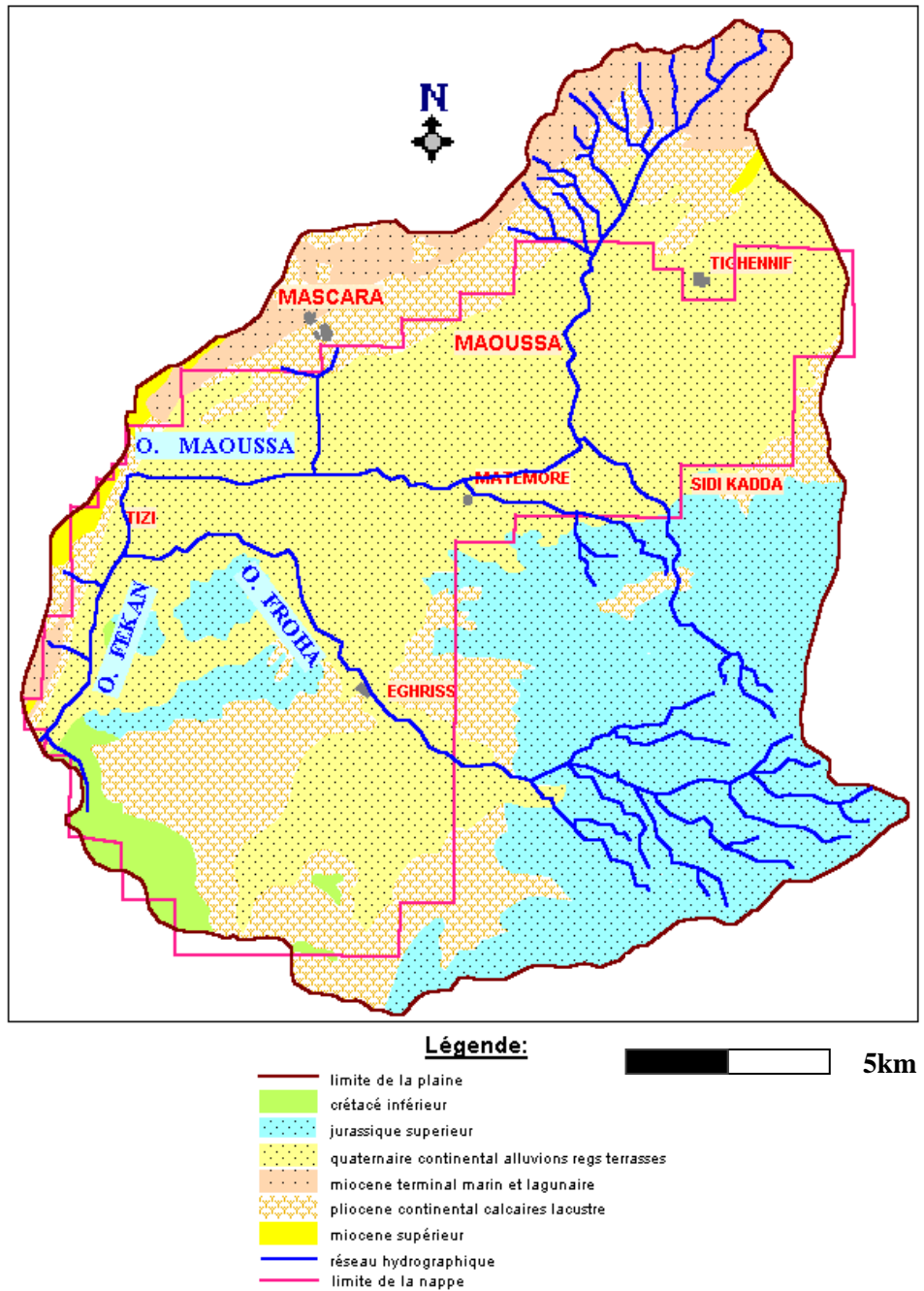


Fig 1 : Carte géologique de la plain de Ghriess (Benfetta. H. 1997).

I.2.3. Topographie:

I-2.3.1. Répartition de la surface en fonction de l'altitude:

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques (précipitations, températures. etc..) sont en fonction de l'latitude, il est intéressant de calculer la répartition du bassin par tranche d'altitude (Km^2 ou en % de la surface totale), le tableau (1) donne le résultat d'un tel travail pour le bassin versant

Tableau 1: Répartition par tranches d'altitude de la superficie du B.V (Hattabe. S. 1993)

Surface	Tranche d'altitude [cm]	Surf partielle [Km^2]	% de la surface totale	% des surfaces cumulées.
S1	1100-1000	43	3,7	3,7
S2	1000-900	60	5,2	8,9
S3	900-800	52	4,5	13,4
S4	800-700	104	9	22,4
S5	700-600	145	12	34,4
S6	600-500	309,1	27,04	61,44
S7	500-400	436,5	37,77	99,21
S8	400-300	7	0,64	99,85

A partir de même données, on dresse la courbe hypsométrique du bassin versant étudié, laquelle donne des cotes d'altitude en ordonnées et des superficies (en %) en abscisse. La courbe hypsométrique peut être remplacée par une courbe des fréquences altimétriques qui donne par un diagramme en échelons, les superficies (en Km^2 ou en%) des éléments du bassin compris entre des altitudes échelonnées. (Fig .2)

I.2.3.2: Les altitudes:

A partir de ces courbes, on détermine les altitudes caractéristiques:

A) **Altitude maximale:** Elle correspond au point le plus haut du bassin.

$$H_{\max}=1100\text{m.}$$

B) **Altitude minimale:** Elle correspond au point le plus bas du bassin

$$H_{\min}=300\text{m}$$

C) **Altitude la plus fréquente:** Elle correspond au maximum du diagramme fréquences altimétriques $H_{\text{freq}}=400$ à 500m

D) **Altitude médiane:** Elle correspond à l'ordonnée moyenne de la courbe hypsométrique.

$$m = 640 \text{ m.}$$

E) **Altitude moyenne:** Elle correspond au rapport de la somme des produits de surfaces élémentaires par l'altitude moyenne sur la surface totale du bassin versant.

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum H_{i\text{moy}} \times S_i}{S}$$

Avec

H : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m].

S_i : surface élémentaire comprise entre deux courbes de niveau [m^2].

S : surfaces du bassin versant [Km^2].

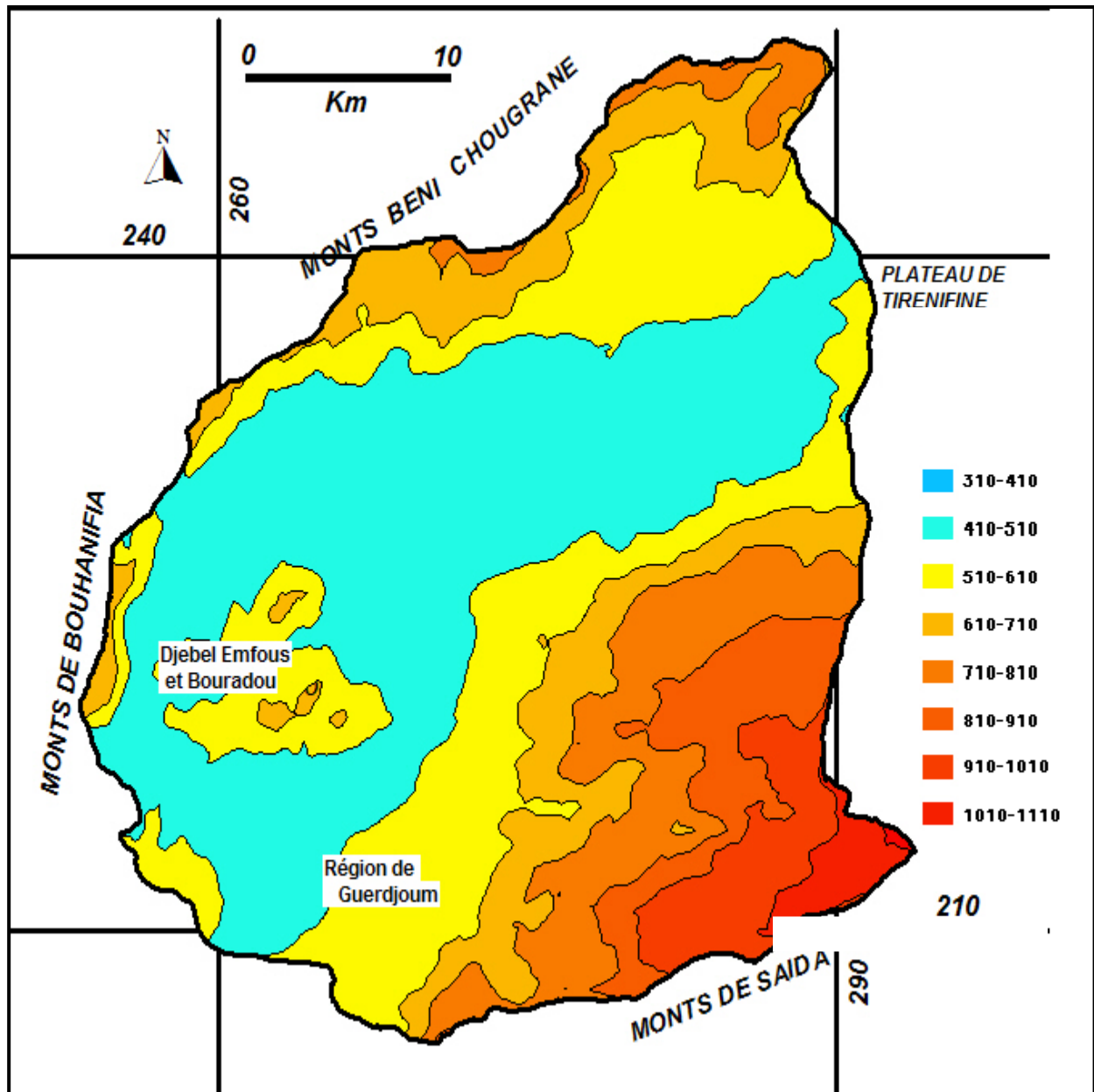


Fig 2 : Carte des tranches d'altitudes de la plaine de la ghriss (Bekkoussa 2006).

I.2.4. La géologie

I.2.4.1. Cadre géologique du secteur d'étude:

Le secteur d'étude fait partie du domaine géologique tellien Oranais, il concerne le bassin versant de Ghriss (Sourisseau 1973), ces reliefs sont représentés par les monts de Saida au Sud et les monts de Béni Chougrane au Nord .

I.2.4.1.1. Les monts de Beni Chougrane:

Sont allongées en arc de cercle dans la direction Sud-Sud -Ouest et Nord-Nord-Est.

Ils représentent les vestiges de l'ancien sillon méditerranéen effondrés et charriés. Le transport de ces vestiges a donné naissance à deux types de formation:

- Le crétacé moyen et supérieur, formés de marries et de calcaires gris à semelle de Trias gypseux et salifère qui recouvre, en contact anormal, les terrains du Miocène anté-nappe.

- Le Nummulitique (Eocène et Oligocène), formés de marnes et de bancs de grés, qui recouvre, en contact anormal, soit le crétacé, première nappe, soit le Miocène anté-nappe. Sur ces deux formations allochtones, se sont déposées en deux phases différentes, l'une sur l'autre, les formations du Miocène post-nappe et du Pliocène. Les assises du Néogène, légèrement ondulées par la tectonique récente, couvre actuellement la presque totalité de la bordure méridionale des monts du Beni Chougrane.

I.2.4.1.2. Les monts de Saida:

Les monts de Saida constituent la bordure Sud de la plaine. Ils ont la forme d'un plateau rectiligne et continu de Sidi Kada, à l'Est jusqu' a Tizi vers l'Ouest.

De faibles ondulations modulent en reliefs. ces ensembles s'enfoncent légèrement vers le Nord ce qui favorise l'écoulement et le drainage des eaux vers la plaine.

Ils ont subi une tectonique cassante, avec mise en place de horsts comme le Djebel Enflouss.

Cet ensemble calcaro-dolomitique a un pendage faible (10° vers le Nord),

La bordure Sud des montagnes de Saida fait partie intégrante des hauts plateaux, zones rigides entre le sillon atlasique au Sud, déformés à l'Eocène et bordés au Nord par un bassin sédimentaire Néogène dans lequel se sont mises en place les nappes telliennes.

I.2.4.1.3. La plaine proprement dite:

La plaine de Ghriss est une cuvette d'effondrement dont la subsidence est marquée par la flexure des couches du Néogène en bordure des monts de Beni Chougrane. De nos jours, celle-ci se poursuit par l'alluvionnement argilo-sableux de l'Oued Maoussa.

En plan structural, la plaine correspond à un fossé d'effondrement à substratum Jurassique et remplissage Plio-Quaternaire.

En profondeur, on trouve parfois un conglomérat de base, puis un remplissage d'argile et marnes grises et vertes, marines du Miocène inférieur et moyen.

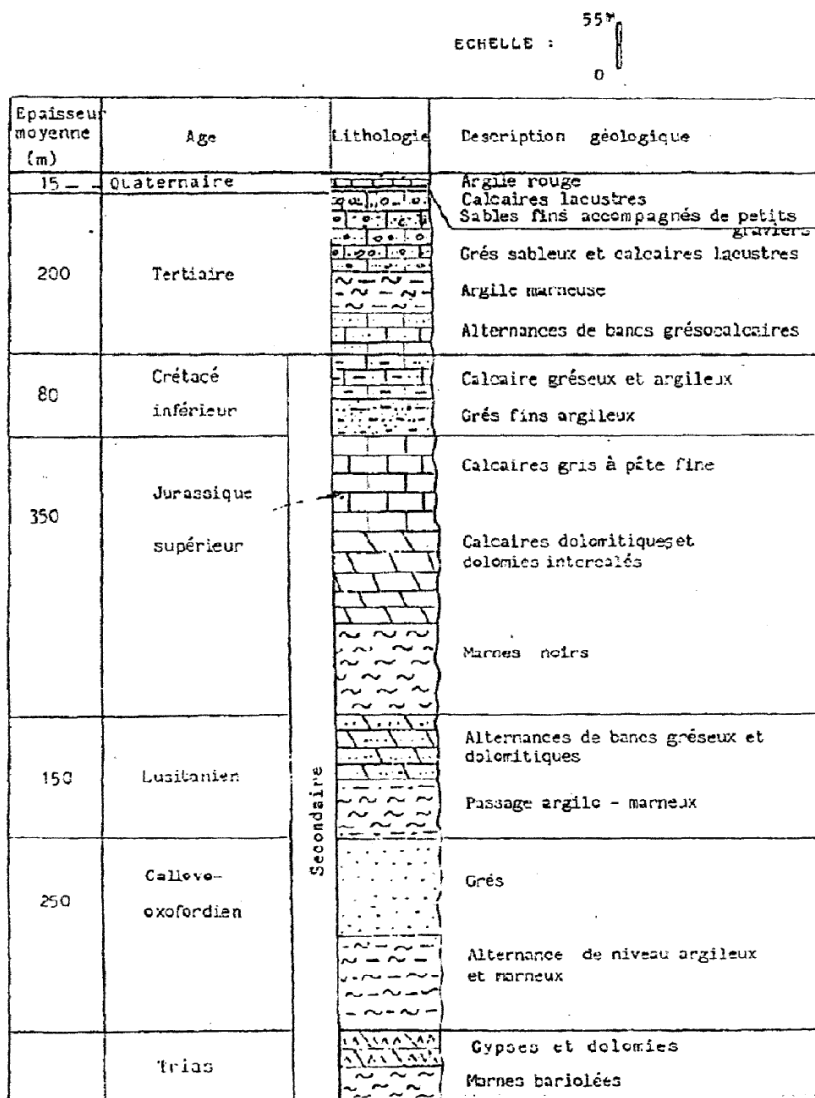
Au centre de la plaine, la subsidence favorise l'accumulation d'une grande épaisseur de calcaires lacustres. Après assèchement complet du lac, l'érosion reprend et des argues briques détritiques continentales se déposent au Quaternaire. Cette formation est bien représentée à Khaldia.

Autour de l' 'Oued Maoussa, on observe une terrasse alluviale de quelques mètres de sables fins et graviers, qui a pu atteindre Tighennif et dans laquelle, on a découvert des restes de faune du Quaternaire moyen (Hipparition Sitifense) actuellement après chaque crue, des sables argileux fins se déposent entre Maoussa et Tizi.

I.2.4.2.Litho stratigraphie (B. Sourisseau 1992):

La succession stratigraphique telle que nous la rencontrons a l'affleurement et en sondage s'établit comme suit. de bas en haut voir (Fig. 3).

FIG 3 : log stratigraphique



I.2.4.2.1. Le secondaire:**I.2.4.2.1.1 Trias**

Il est inconnu dans le bassin versant. On le rencontre dans les monts de Béni Chougrane à la base des nappes du Crétacé et en accident diapirique, au Sud, dans la vallée de l'Oued Taria.

Il est toujours gypseux parfois salifère, accompagné de roches vertes, ophites et gabbro de dolomies, cargneules et brèches fétides et marnes bariolées.

I.2.4.2.1.2 Callovo-Oxfordien:

Il affleure au Sud du bassin, dans la vallée de l'Oued Taria. C'est un ensemble de bancs gréseux peu épais, alternant avec de puissantes séries d'argiles et de marnes jaunes et vertes. Son épaisseur est de l'ordre de 250 mètres.

I.2.4.2.1.3. Lusitanien:

Il affleure dans la partie Sud des montagnes de Sidi Kada et a été rencontré en sondage dans la plaine. Il est composé d'une alternance de bancs gréseux et dolomitique, qui font corniches à l'affleurement de passage argilo-marneux, également épais la puissance totale de la formation est de l'ordre de 150 mètres.

I.2.4.2.1.4. Jurassique supérieur:

Il comprend le Kimméridgien supérieur et Purbeckien. Il affleure largement tout le long de la bordure méridionale de la plaine. Il constitue également le substratum résistant effondré.

Au sommet on trouve des calcaires gris à pâte fine, Zoogénies, riches en nérimées.

Et polypiers, exploités en carrière dans les Djebel Enfouss et Bon Rhaddou. La formation se poursuit avec des calcaires dolomitiques. On observe des petits niveaux de marnes noires qui ralentissent l'infiltration des eaux et peuvent donner naissance à des résurgences perchées. La puissance totale de la formation doit dépasser 350 mètres.

I.2.4.2.1.5. Crétacé inférieur:

Attribué à l'Hauterivien, il affleure en amont à l'ouest de Djebel Enfouss et dans le Sud-ouest de la plaine du Guerdjoum. Il est représenté par des calcaires gréseux devenant plus argileux en profondeur et de grés fin argileux.

I.2.4.2.2 .Le Tertiaire:

I.2.4.2.2.1. Eocène:

Il affleure dans la bordure ouest de la plaine. Il est représenté par une alternance de bancs métriques grésocalcaires et de couches argilo-marneuses de plusieurs mètres d'épaisseur.

I.2.4.2.2.2. Oligocène:

Il affleure à Beni Chougrane et à l'Est de Tighenif. Cette formation présente les mêmes faciès que la précédente qu'elle recouvre en discordance. Elle est constituée de couches argilo-marneuses avec de bancs de grés. A la base s'intercale un conglomérat de base polygénique. peu épais.

I.2.4.2.2.3. Miocène:

Il affleure dans les monts de Beni Chougrane, faute d'indice paléontologique sûr. Nous ne pourrions individualiser le Miocène inférieur et moyen marneux de Miocène supérieur marno-sableux (B.SOURISSEAU 1972) C'est un ensemble monotone, épais, à prédominance de marnes vertes avec des passages très riches en macrofaunes de gastéropodes et de lamellibranches et conglomérat de base

polygénique sous la plaine, il est composé de terrains qui ont comblé les fosses d'effondrement du Jurassique supérieur.

Dans le Djebel Oucilles le Miocène marin disparaît et passe à une formation continentale argilo-sableuse rouge dite de Bou Hanifia., sur cet ensemble marneux reposent en concordance des sables fins argileux à concrétions calcaires. Sable et des calcaires récifaux massifs à lithothamnium, qui affleurent en lambeaux au Djebel Oucilles et au Nord d'El-Bordj. Ces deux dernières formations sont attribuées au Miocène supérieur terminal (Saharien). Elles sont absentes dans le sous-sol de la plaine.

I.2.4.2.2.4. Pliocène.

On le rencontre dans les monts Beni Chougrane et sous le recouvrement de la plaine. Il est alors sub-affleurant sous une couche mince de limons. A la base, on observe des grès marins transgressifs qui ont été déposés par La mer de l'Astien. Au sommet, les grès passent à des sables consolidés, de plage et dunaires de couleur jaune.

L'épaisseur de cette formation varie entre 40 et 100 mètres y compris les sables de désagrégation en surface. Ils affleurent à proximité de Mascara et de Khalouia, puis plongent vers la plaine dans laquelle, ils se biseautent dans le Djebel Oucilles, leur épaisseur est de l'ordre de 10 mètres.

Directement sur les grès et sables, ou séparés par une faible épaisseur d'argile sableuse rouge détrique. Reposent des calcaires blancs crayeux à traces d'oxygène de manganèse et de fer. Ces calcaires lacustres très érodés sur le plateau de Mascara, affleurent sur toute la bordure des Beni Chougrane. A Ce niveau, une grande flexure les fait plonger sous la plaine où leur épaisseurs augmente rapidement.

Vers l'Ouest et le Sud l'épaisseur des calcaires lacustres diminue puis devient nulle.

A l'Ouest de Mascara, la formation devient moins calcaire et plus argileuse la couleur blanche est remplacée par celle des marnes jaunes et vertes.

En bordure des montagnes de Sidi Kada, les formations lacustres sont absentes. Elles sont remplacées par de grandes épaisseurs d'éléments roulés de nature calcaire et calcaro-dolomitique, reliés par un ciment argilo-carbonaté.

Ces conglomérations sont accompagnées d'argiles rouges silteuses et de sables argilo-magnésiens provenant de la décomposition de roches calcaires.

I.2.4.2.3. Quaternaire

Au Moulayen, on a observé sur toute la bordure ouest et Nord de la plaine, des argiles rouges détritiques qui surmontent les calcaires lacustres.

Au Quaternaire moyen une terrasse alluviale de sables fins, accompagnés de quelques petits graviers décimétriques, a envahi la région comprise entre Maoussa et Tighanif.

I.2.4.2.4. Actuel:

Les sols, de la plaine sont principalement formés par des sables limoneux et argileux dont l'épaisseur ne dépasse pas 6 mètres. La nature de ces dépôts dépend de la nature : du transport et de la roche mère sous-jacente. Ces formations sont le support agricole de la région.

I.2.4.3. Tectonique:

Le bassin versant de la plaine de Ghriss, n'est le siège d'aucun phénomène tectonique majeur (absence de Trias) les seuls phénomènes tectoniques connus sont les failles d'effondrement du substratum Jurassique, dont le jeu se poursuit

de nos jours, et l'origine par faille des sources d'Ain Fekan (B. SOURISSEAU, 1972).

Les assises du Néogène, légèrement ondulées par la tectonique récente recouvrent actuellement la presque totalité de la bordure méridionale des montagnes de Beni Chougrane.

La bordure Sud du bassin (les monts de Saida) ont subi une intense tectonique cassante dont subsistent quelque témoins (horsts djebel Enfunss et ben Rhadou)

Le massif calcaro-Dolomitique des montagnes de Sidi Kada est surtout affecté par une tectonique cassante suivant deux directions principales de failles qui sont les reflets des mouvements du socle sous jacent (proximité du mole granitique de Tiffrit). (B. Sourisseau 1972)

I.2.4.2 Conclusion:

La plaine de Ghriss constitue un fossé d'effondrement à caractère subside. Le substratum calcaro-dolomitique jurassique est morcelé par un réseau de failles très redressé. Il résulte une tectonique en dernier. On distingue Un affaissement en marches d'escaliers depuis les reliefs du Sud en direction du Nord.

Des anomalies transversales provoquent des fossés effondrés de direction Nord-Sud (Froha) et des hauts fonds (Mascara, Matemore). Les formations marneuses et argileuses plastiques du Miocène ont oblitéré en grande partie le substratum accidenté. Toutefois, la persistance de la tectonique continue à diriger la sédimentation, si bien que les calcaires lacustres du Pliocène, sont développés dans les zones effondrées avec réduction des épaisseurs au voisinage des blocs surélevés,

Chapitre II

Etude climatologique

II.1.Introduction:

Les conditions climatiques plus que d'autres facteurs jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des eaux souterraines.

En effet, les précipitations qui sont de loin les plus importantes agissent directement sur la recharge et le renouvellement des eaux de la plaine de Ghriss.

Les températures atmosphériques ont une grande influence sur le régime d'écoulement ou l'évaporation favorise ainsi le déficit.

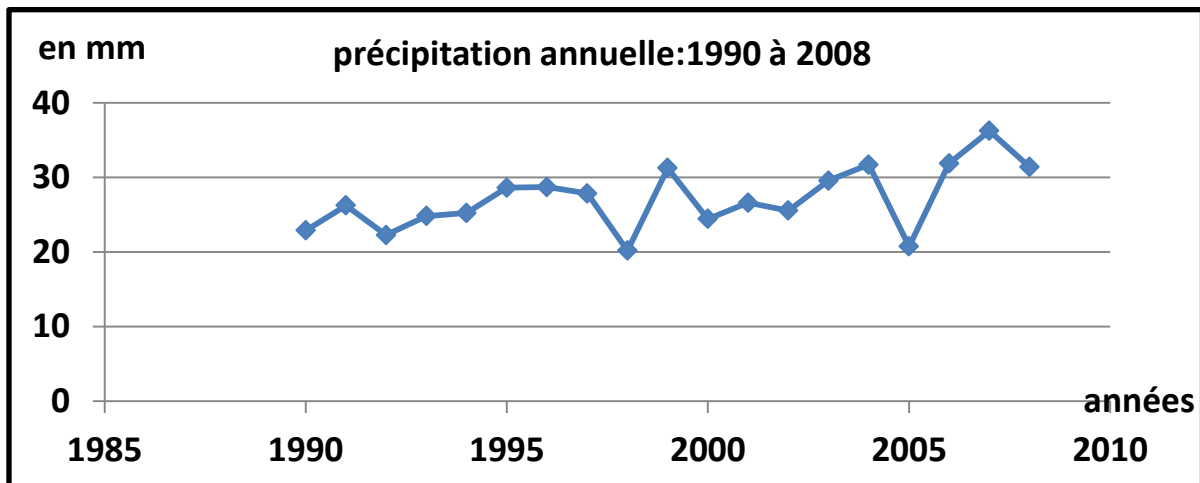
II.2.Caractères climatique :**II.2.1.La pluviométrie :**

Dans la plaine de Ghriss la répartition des pluies est irrégulière est insuffisante pour le développement des cultures céréalières, elle est de l'ordre de 450 mm/an. Les mois de novembre, décembre et janvier sont les mois les plus pluvieux de l'année, tandis que les mois de juin, juillet et aout sont les plus chauds.

Tableau 2 : Répartition de la précipitation moyenne annuelle (1990-2008) a la station météorologique de Matemore.

année	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008
Pluies (mm)	22.9	22.3	25	29	20	24.5	25.5	32	32	31.5

FIG 4: précipitation annuelle, (1990 à 2008) à la station de matemore



II.2.2.la température :

La zone de La plaine de GHRISS se caractérise par des températures variables, par des hivers froids et des étés chauds. Les éléments essentiels de ce facteur ont été relevés à partir de la station météorologique de matmour (mascara). Elle en ressort que :

- Le mois d'aout est le plus chaud avec 27,8 C°.

-le mois de décembre est le plus froid avec 8,9 C°..

-Synthèse climatique : La plaine de GHRISS est caractérisée par un climat méditerranéen sec en été et chauds en été.

-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN 1953 :

Le digramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de calculer la durée de la saison sèche en portant pour la station donnée, la pluviométrie moyenne mensuelle (P) et la température moyenne mensuelle (T) sur le même graphe.

Ils sont construits en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur un axe placé à gauche et les températures sur un second axe placé à droite. L'échelle de la pluviométrie Est double de celle de la température ($P=2T$).

Tableau3: Pluviométrie moyenne mensuelle et température moyenne mensuelle (1990-2008) à la station de Matemore :

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
P (mm)	37,1	34,01	32,95	29	25,61	5,29	3,27	5,7	18	33,5	46,2	41,09
T(°c)	8,66	10,28	12,55	13,94	18,12	23,76	26,9	26,86	22,77	17,78	12,38	9,61

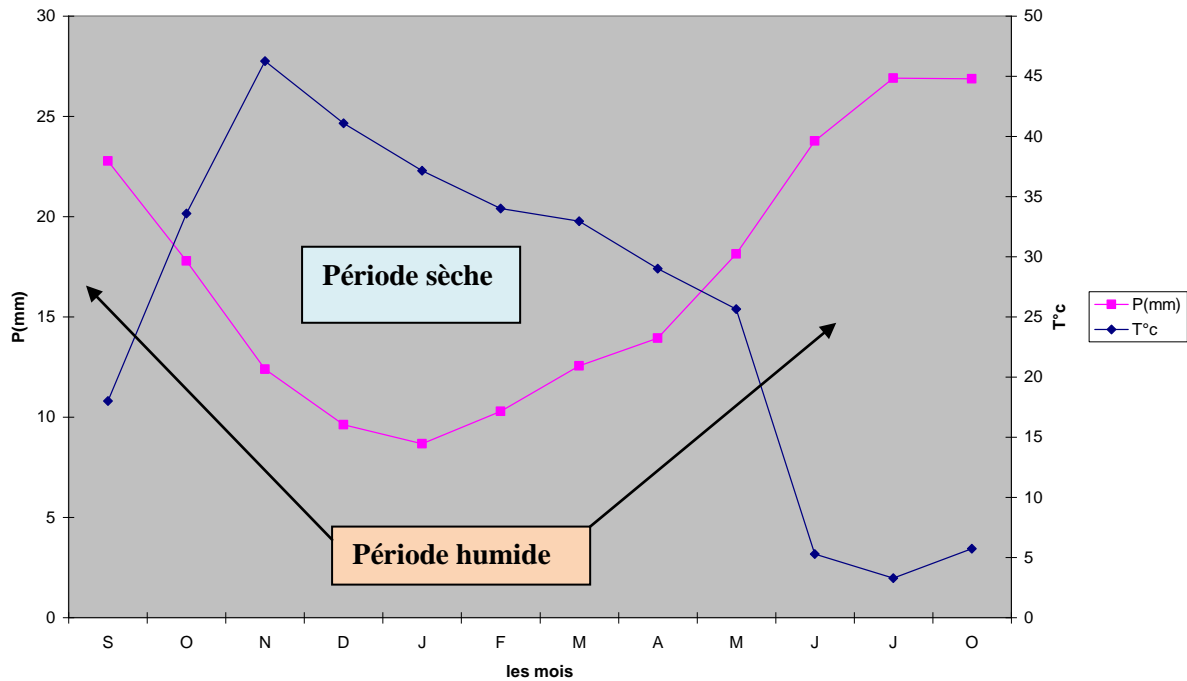


FIG 5: Diagramme ombrothermique

II.2.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air décroît du littoral vers l'intérieure.

Il a été enregistré au niveau de Mascara une humidité moyenne mensuelle qui se situe aux environs de 70%.

La distribution mensuelle de l'humidité de l'air est donnée par le tableau ci-dessous.

Tableau 4: Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %(station de matemore ,2007)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ann.
Mascara	78.6	80.6	74.5	72.8	67.8	61.4	54.4	57.2	63.3	70.2	75.7	80.2	69.7

II.2.4.Tension de vapeur

La répartition moyenne mensuelle de la tension de vapeur d'eau est donnée par le tableau N° 5.

Tableau 5: Répartition mensuelle de la tension de vapeur d'eau (mbar) (station de Matemore)(2007)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Mascara	8.4	8.8	9.4	10.6	12.7	15.7	18.5	19.1	16.7	13.5	10.6	8.8	12.7

Les valeurs moyennes minimales et maximales de la tension de vapeur d'eau se situent respectivement au mois de Janvier et Août

II.2.5.Vitesse du vent

Les valeurs mensuelles et annuelles de la vitesse du vent enregistrées au niveau de la station climatologique de Mascara sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Vitesse du vent (m/s) Station météo matemour (2007)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Mascara	2.7	3	3.1	3.1	3.1	3.0	2.8	2.8	2.7	2.4	2.5	2.6	2.5

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année.

La moyenne annuelle est de 2.5 m/s.

II.2.6.Evaporation

L'évaporation est l'un des phénomènes les plus importants du cycle hydrologique.

Il permet l'alimentation en vapeur d'eau de l'atmosphère par les cours d'eau, les lacs ainsi que les végétaux.

C'est le déficit d'humidité dans l'air ambiant qui provoque l'évaporation.

Cette fonction constitue une perte directe à partir des écoulements et des plans d'eau.

En Algérie, la hauteur d'eau évaporée annuellement par une surface d'eau libre est presque toujours supérieure à la quantité de pluie tombée sur la même surface.

Les valeurs de l'évaporation mensuelle sont estimées à partir de la formule de l'évaporation de la surface d'eau libre des retenues en Algérie, elle est donnée par la formule suivante :

$$E = 0.233 n (e_s - e_a) (1 + 0.39 V)$$

Où :

- E – Evaporation en mm ;
- e_s - Tension de vapeur d'eau saturante correspondante à la température de la surface en mb ;
- e_a - Tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère en mb ;
- V – Vitesse du vent en m/s ;
- N – Nombre de jours du mois considéré.

Le calcul de valeurs de l'évaporation est donné par le tableau suivant :

Tableau 7 : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne(2007) Station de matmour.

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Mascara	27	41.1	72.1	97.7	133.2	163	178.7	161.8	109	69.3	38.3	23.6	1114.8

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant de Mai à Septembre et devient plus faible du mois d'octobre à Février.

Conclusions

Avec un climat continental à grands écarts de température et aux précipitations moyennes, la plaine de Ghriss s'insère dans l'étage bioclimatique semi-aride caractérisé par :

- La diminution de la précipitation du Sud au Nord ;
- L'irrégularité des précipitations saisonnières ;
- Une large période de sécheresse ayant favorisée la surexploitation et la vulnérabilité des ressources.

Chapitre III

Etude pédologique

III .1.Introduction

L'étude pédologique de contrôle d'une superficie, permet de caractériser les sols et en dégager leurs aptitudes culturales.

Les principaux objectifs de cette étude se résument comme suite :

- Synthétiser les études existantes avec contrôle sur terrain
- Présentation synthétique des résultats sur cartes au
 - carte des aptitudes culturales des sols
 - carte d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage

III.2 .Etude pédologique

L'objectif essentiel de cette étude, était de définir les terres aptes à la mise en valeur en irrigué, l'identification des principaux types de sols et la mise en évidence de leurs aptitudes culturales avec des recommandations pour l'aménagement hydro-agricole.

Cette étude a été réalisée en 1970 par l'ANRH (N. Mechai), elle a couvert une superficie de 55.600 ha couvrant les deux plaines celle de Ghriss et de Guerdjoum, les différentes cartes établies sur fond topographique au 1/50.000^{ème} sont les suivantes :

- carte d'implantation des profils
- carte pédologique
- carte d'aptitudes culturales des sols en irrigué
- carte des zones homogènes de mise en valeur

La méthodologie utilisée pour la réalisation de cette étude est celle adoptée par les pédologues de l'ANRH, implantation et description morphologique de 937 profils, soit une densité d'observation d'un (01) profil tous les 59 ha dont 174

échantillonnés et analysés au laboratoire central des eaux et des sols de l'ANRH -Alger.

Les analyses effectuées ont portés sur :

- la granulométrie
- La matière organique
- Le calcaire total et actif exprimé en %
- P₂O₅ assimilable
- K₂O Total
- K₂O assimilable
- Sodium échangeable
- Carbone organique
- Conductivité électrique
 - PH

III.3. Les 06 classes de sols :

- **Sols peu évolués** : Ils sont les plus répandus, constitués généralement d'une texture sableuse, ils sont rencontrés au niveau de Maoussa et Matemore. Les sols de cette classe sont localisés aussi sur des dépôts alluviaux, colluviaux ou éolien récent et ancien, caractérisés par : une faible différenciation du profil, une altération minérale réduite et une structure défavorable.
- **Sols calcimagnésiques** : Ils constituent la catégorie de sols la plus représentative dans le périmètre, les deux sous classes qui les représentent sont les : carbonatés et les sols saturés.

- **Vertisols** : Ce sont des sols très peu répandus, et sont développés sur des alluvions, ils appartiennent à la sous classe des sols à drainage externe nul ou réduit, ils sont caractérisés par une texture très fine rendant ainsi les sols très lourds, difficiles à travailler et limitant ainsi la mise en place d'une certaine gamme de cultures non adaptées aux textures fines.
- **Sols isohumiques** : cette classe de sols est répandue un peu partout dans la plaine, ces sols sont connus généralement sous le nom de sols marrons, leur caractéristique principale est le taux de la matière organique en surface relativement élevé, ils sont considérés comme de bons sols agricoles
- **Sols à sesquioxydes de fer** : appelés aussi sols rouges méditerranéens, sols répandus dans toute la plaine, ils sont moyennement profonds à profonds.
- **Sols hydromorphes** : ces sols sont très peu répandus dans la plaine

III.4. Les zones homogènes de mise en valeur

L'élaboration de la carte des zones homogènes repose sur le regroupement des unités ayant les mêmes aptitudes culturales en irrigué et les mêmes problèmes d'aménagements.

L'étude agro-pédologique actualisée a mis en relief une certaine baisse de la superficie de certaines classes. Cinq zones ont été mises en évidence

- **Zone I** :

Les sols de cette catégorie se caractérisent par des sols profonds **P > 120 cm** ; une texture favorable au bon développement du système racinaire des différentes cultures, ces sols sont caractérisés par une bonne perméabilité, avec un taux de calcaire actif qui ne pose pas de problème. En général les sols de cette zone ne posent pas de problèmes de mise en valeur, cette zone est favorable à toutes les cultures possibles sous le climat de la région.

La superficie totale est de **4438.1 ha**

- Zone II :

Ce sont des sols profonds à moyennement profonds (80-120 cm), la texture est sablo limoneuse, limono sableuse, limono argileuse et équilibrée.

La salinité exprimée en mmhos/ cm est nulle à très faible.

Les travaux d'aménagements sont mineurs et ne concernent que les amendements minéraux et organiques, avec une recommandation d'irrigation par le système de l'aspersion ou le goutte à goutte. La superficie totale est de

1677.6 ha

- Zone III :

Ce sont des sols à potentialités agronomiques moyennes, ils sont d'une texture argilo limoneuse et argilo- sableuse, parfois la texture est sablo-limoneuse à limono-sableuse.

La perméabilité est variable suivant le type de texture et une profondeur comprise entre 50 et 80 cm, Les travaux d'aménagements préconisés sont : les labours profonds, les amendements minéraux et organiques et le drainage à cause de la texture qui est fine à très fine. La superficie totale est de **6700.58 ha**

- Zone IV :

Les sols de cette zone ont une aptitude à l'irrigation, limitée à cause de la présence de croûte, et d'encroûtements entre 30 et 50cm, la texture est fine à très fine.

Les travaux d'aménagements sont : l'épierrage, l'apport d'engrais et de fumier.

La superficie totale est de **7050.85 ha**

- Zone V :

Ces zones sont à exclure de l'irrigation à cause de la faible profondeur exploitable par les racines ($P < 35\text{cm}$), la charge caillouteuse gênante, du niveau limitant (croûte et encroûtement calcaire) en affleurement par endroit et de l'urbanisation etc....

Cette zone peut être utilisée pour les parcours ou pour les cultures en sec après des aménagements adéquats. La superficie totale est de **2335.75 ha**

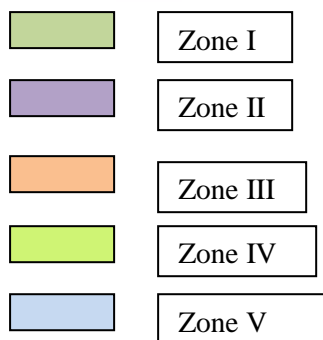


Fig. 6 : Carte déferent Zone homogène de plaine de Ghriss(ANRH1998)

III. 5. Aptitudes culturales

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

III.5. 1. Aptitude des sols aux cultures arboricoles

- **B 10** : Bon pour toutes cultures arbustives sous réserve de sélectionner les cultures qui conviennent sous le climat de la région et l'irrigation par une eau de bonne qualité chimique. Sols de profondeur > 120 cm - de texture moyenne à grossière
- **B 11** : Idem que le précédant mais l'aptitude est moyenne pour agrumes, cerisier sur Ste Lucie, poirier sur franc et sur cognassier à cause de la texture fine en profondeur.
- **B 25** : Sols convenant bien au pêcher, prunier sur prunier st Julien, pommier sur doucin, figuier. Aptitude moyenne aux autres espèces arboricoles.
- **B 32** : Sols à aptitude moyenne à toutes les cultures arbustives sauf pour les agrumes, cerisier sur Ste lucie, pommier sur franc, poirier sur franc et sur cognassier.
- **B 34** : Aptitude moyenne pour pêcher sur franc et sur amandier, abricotier sur pêcher, franc sur amandier, amandier sur franc, olivier et figuier, pommier sur doucin et sur paradis.

III.5.2. Aptitudes des sols aux cultures industrielles

- **I 11** : Bon pour toutes les cultures industrielles possibles sous le climat de la région. Sols de profondeur > 80 cm- texture moyenne ou fine, taux d'inclusions <10%, conductivité < 2 mmhos / cm.

- **I 13** : Bon pour la betterave à sucre, le coton, le tournesol. Sols de profondeur > 80 cm, texture grossière, moyenne ou fine.
- **I 21** : Moyen pour toutes les cultures industrielles. Sols de profondeur variant de 50 à 80 cm, texture grossière, moyenne ou fine.
Taux d'élément grossier < 30 %, conductivité < 4 mmhos/cm.

III.5.3. Aptitudes des sols aux cultures céréalières et fourragères

- **C 10** : Bon pour toutes les cultures céréalières et fourragères. Catégorie de sols à profondeur > 80 cm, texture moyenne, taux d'inclusions < 30 %, conductivité < 2 mmhos/cm, structure favorable sur au moins 80 cm.
- **C 11** : Idem que le précédent, avec sols d'aptitude moyenne pour la luzerne. Catégorie de sols à profondeur > 80 cm, texture moyenne ou fine, taux d'inclusions < 30 %, conductivité < 4 mmhos/cm, structure favorable sur au moins 50 cm.
- **C 12** : Aptitude bonne pour luzerne, ray-grass, blé tendre et orge. Aptitude moyenne pour les autres cultures.
- **C 13** : Aptitude bonne pour blé tendre et dur, orge, vesce avoine, fétuque. Aptitude moyenne pour luzerne, bersim, sorgho et Mais.
- **C 22** : Aptitude moyenne pour blé tendre et dur, orge, vesce avoine, fétuque. Exclure les autres cultures. Catégorie de sols à profondeur > 30 cm - texture grossière ou très fine.
Conductivité < 7 mmhos/cm. Calcaire actif < 25 %.

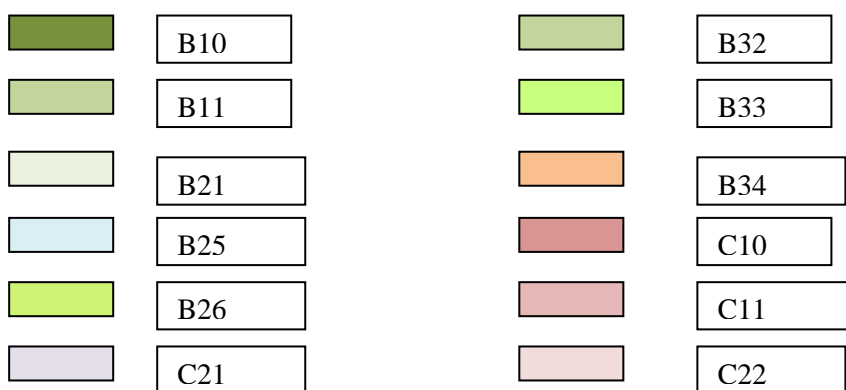


Fig. 7 : Carte des aptitudes culturales en irrigué de plain de Ghriss(ANRH 1998)

III.6. Conclusion

L'étude de contrôle à aboutit, est une légère différence des classes des zones homogènes de mise en valeurs ou l'étude existante avait dégagé 05 classes de superficies compris la zone d'extension, par contre l'étude de contrôle en à fait ressortir seulement cinq classe de sols.

Chapitre IV

Etude hydrogéologique

IV.1. Introduction

Nous tenterons de dégager l'étude hydrogéologique des nappes de la plaine de Ghriss qui a pour but l'identification des différentes nappes, l'évaluation de leurs ressources en eaux souterraines, leurs caractéristiques hydrodynamiques, leur distribution dans l'espace et enfin la possibilité de leur exploitation.

La plaine de Ghriss est une identité hydrogéologique indépendante, formée par une superposition de couches perméables aquifères séparées par des formations imperméables qui retiennent ou mettent en charge ces nappes (Ben fetta. H ,1997).

IV.2. Etude des nappes

Il existe trois principaux aquifères au niveau de la plaine de Ghriss "fig.8".

- Les alluvions du Quaternaire.
- Les calcaires lacustres, les grés et les sables du Pliocène.
- Les calcaires dolomitiques et les dolomies du Jurassique.

IV-2-1. Le quaternaire (nappe superficielle)

Le Quaternaire représente un aquifère superficiel qui s'étend sur toute la plaine de Ghriss. Il est formé de dépôts alluvionnaires et par terrains d'altération des roches sous-jacentes comprenant des calcaires blancs altérés, poreux et fissures, des argiles caillouteuses, des graviers et sables de désagrégation, enfin des débris de calcaires dolomitiques.

IV.2.2. Nappes des calcaires lacustres, sables et grés du Pliocène

Les formations du Pliocène constituent un ensemble perméable. Ce dernier se localise au niveau des monts Beni Chougrane et sous le recouvrement de la plaine.

En contact direct avec les grès et les sables ou séparés par une faible épaisseur d'argiles -sableuses rouges détritiques, reposent des calcaires blancs crayeux qui affleurent sur toute la bordure des monts Beni Chougane.

A l'Est de Maoussa, la formation devient moins calcaire et plus argileuse. La couleur blanche est remplacée par celle des marnes qui sont jaunes et vertes.

IV.2-3. Nappe calcaréo-dolomitique du Jurassique supérieur

L'imperméabilité de cette nappe qui correspond au kimméridgien et au Portlandien, occupe toute la partie Sud de la plaine de Ghriss. Il est constitué par la formation Carbonatée, fissurée et karstique. Le substratum est formé par la roche mère résistante de cette même formation.

Les calcaires et dolomies présentent une perméabilité élevée tout au moins dans les parties altérées. Les fissures jouent un rôle d'aqueducs.

Dans la stratification des bancs calcaréo-dolomitique, il a été observé de petits niveaux de marnes noires qui ralentissent l'infiltration des eaux et peuvent donner naissance à des émergences perchées. Le mur imperméable de l'aquifère est constitué par des assises marneuses du sommet du Lusitanien.

IV.3.1. Limites des nappes

IV.3.1.1. Limites Horizontales

a) Nappe alluvionnaire:

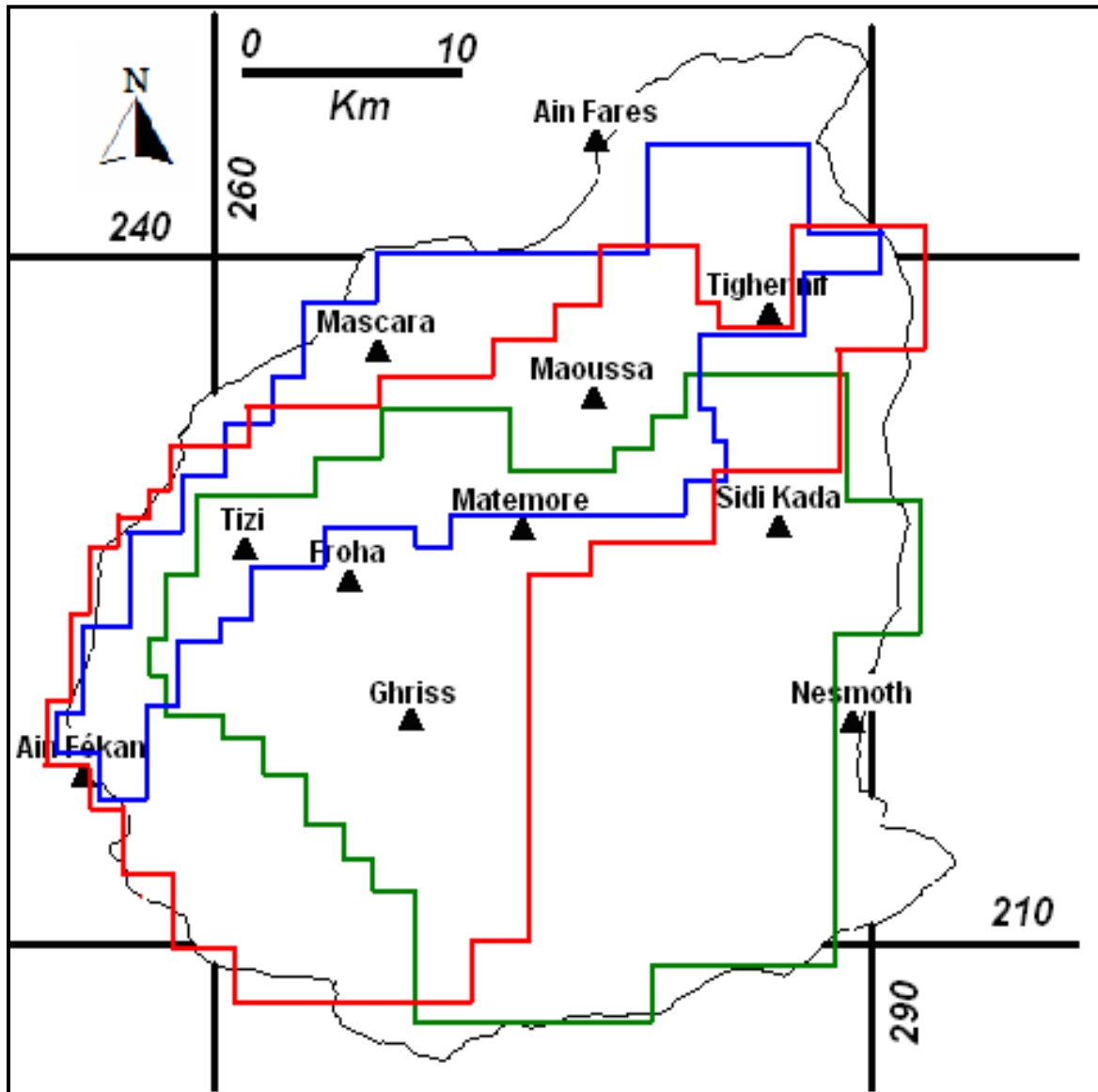
Cette nappe est limitée géologiquement par l'interruption de cette formation sur les bordures.

b) Nappe des calcaire et grés du pliocène

Les limites de cette nappe sont purement géologiques (biseautage de cette formation sous la plaine) au Sud. Au Nord, les limites sont représentées par l'interruption de l'aquifère.

c) Nappe du Jurassique supérieur

Cette nappe est limitée hydro géologiquement par une ligne de partage des eaux souterraines au Sud et Sud-Est au Nord. Cette nappe est limitée géologiquement par le biseautage de cette dernière sous les marnes Miocène.



Légende:

- | | | | |
|---|---------------------|---|--|
| — | Limite de la plaine | — | Nappe des calcaires lacustres |
| ▲ | Agglomération | — | Nappe des calcaires et dolomie
du jurassique. |
| — | Nappe superficielle | | |

Fig. 8: les nappes principales de la plaine de Ghriess(Bacoussa2004)

IV.3.2. Limite des épontes

a) Nappe Alluvionnaire

Le mur de cette nappe est constitué par les marnes bleues du Miocène. Le toit correspond à la surface lithologique de la nappe.

b) Nappe des calcaires et grès du Pliocène

Le toit de cette nappe est libre au Nord et captif sous les marnes Miocène dans la plaine.

c) Nappe du Jurassique supérieur

Le toit de cette nappe est constitué par les marnes Miocène au Nord dans la plaine et par la surface libre piézométrique au Sud. Le mur est formé par les argiles callovo-oxfordienne et la roche saine de dolomies.

IV-4. Fonctionnement du système aquifère:

IV.4.1. Nappe superficielle:

Cette nappe s'étend presque sur la totalité de la plaine avec une superficie de 650 m². Elle est uniforme et continue dans toute la partie abaissée et remblayée de la plaine. Hétérogène et discontinue sur les reliefs des bordures, elle est renfermée dans les dépôts alluvionnaires et dans les terrains d'altération des roches sous-jacentes.

L'aquifère est constitué par des sables, des grès, des calcaires blancs altérés, poreux et fissurés, des sables de désagrégation, des argiles sableuses et détritiques. Ce qui entraîne des variations locales des paramètres hydrauliques. La nappe est limitée géologiquement par l'interruption de l'aquifère sur les bordures. (B.Sourisseau, 1972).

a)Alimentation de la nappe superficielle

Cette nappe superficielle est alimentée par l'infiltration des eaux de pluies, dont on a vu qu'elle était importante. Le taux d'infiltration efficace est estimé à environ 20% des précipitations sur la plaine.

A cela viennent s'ajouter les retours à la nappe sur les zones irriguées évaluées en première approximation à 10% des débits prélevés pour l'agriculture.

La nappe reçoit par ailleurs une partie des eaux de crue et la totalité des débits de base des oueds Maoussa et Froha, Qui se perdent entre l'entrée de ces oueds dans la plaine et l'exutoire de l'Oued Fekan, de plus de nombreux thalwegs récoltent le ruissellement sur les monts Beni Chougrane et les montagnes de Saida, et viennent aboutir aux bordures de la nappe phréatique, apportant un débit d'alimentation parfois important.

L'exutoire naturel de la nappe phréatique est constitué en majorité par les sources d'Ain Fekan.

Une partie du débit souterrain poursuit son écoulement en profondeur à l'aval du bassin.

IV4.2. La nappe des calcaires lacustres, sables et grés du Pliocène

Est une nappe libre dans les monts Beni Chougrane, captive sous la plaine et localisée à la moitié occidentale de la plaine sur une superficie de "125,1 Km²" l'aquifère est constitué par une formation hétérogène de grande extension.

L'artésianisme de la nappe est favorisé par la différence de perméabilité, diminution vers Ain Fekan, Tizi.

En profondeur, cette nappe s'individualise de la nappe superficielle par la variation verticale de la perméabilité, il y aurait donc mise en charge importante.

a) Alimentation de la nappe calcaire et grès du Pliocène

Cette nappe est alimentée par les affleurements de Beni Chougrane où l'on estime le taux d'infiltration efficace à 12 % des précipitations.

Dans la plaine les calcaires lacustres se trouvent à une charge supérieure à la fois à la nappe phréatique et aux dolomies du Jurassique. Ain Fekan, Tizi ,

(2 à 6 l/s) constitue un exutoire de faible importance pour la nappe des calcaires lacustres.

A l'Est les grès de Tighennif sont également mis en charge dès que l'on atteint la plaine. Le principal exutoire naturel de cet aquifère est donc constitué par la nappe phréatique vers laquelle les eaux du Pliocène percolent à travers leur toit marneux. Une percolation en profondeur vers le Jurassique est peu probable et en tous cas de faible importance en raison de l'épaisse formation de marnes vertes qui sépare les deux couches .

L'oued Maoussa constitue également un exutoire pour la partie libre de Tighennif dont le drainage constitue le débit de base de l'oued.

IV.4.3. La nappe des calcaires et dolomies du Jurassique supérieur

Cette nappe est localisée dans la partie supérieure des calcaires dolomitiques qui sont fissurés et Karstiques, son impluvium est vaste. Il occupe toute la partie Sud de la plaine. Le cheminement des cours d'eau s'effectue au niveau des fissures Karstiques.

Le toit est constitué par une épaisse formation de marnes vertes au Nord (entre 100 et 500m) passant vers le Sud-Est et l'Ouest à des argiles rouges moins épaisses (20 à 25 m).

Alimentation de la nappe du Jurassique

La nappe du Jurassique est exploitée par de nombreux forages. Destinés aussi bien à l'alimentation, elle est limitée hydrogéologiquement par une ligne de partage des eaux souterraines au Sud et Sud - Est. Le compartiment occidental, ou aval est alimenté par les affleurements des Djebels Enfouss et Bou Ghaddou.

La, l'aquifère est caractérisé par une perméabilité en grande importance, mise en évidence en deux points et communique directement avec la nappe phréatique sur une grande superficie: Ain Fekan constitue l'exutoire naturel de la nappe.

Tableau 8. Les évaluations d'infiltration efficace (B. Sourisseau 1972)

Aquifère	Alluvionnaire	Calcaire du pliocène	Jurassique
Coefficient d'infiltration	20%	12%	15%
Pluie moyenne	410 mm	520 mm	550 mm
Taux unitaire	2.64 L/S/Km ²	1.98 L/S/Km ²	2.6 L/S/Km ²
Superficie d'infiltration	605 Km ²	125.1 Km ²	375 Km ²
Débit infiltre	1600 L/S	245 L/S	980 L/S

IV .5. La Piézométrie

IV.5.1. Carte piézométrique:

La distribution des charges hydrauliques d'une nappe est représentée par la morphologie de la surface piézométrique. Cette dernière est figurée par le sens des lignes équipotentiels.

La surface piézométrique est définie par l'ensemble des courbes d'égal niveau piézométrique qui correspondent à des lignes équipotentiels.

La carte piézométrique de la plaine de Ghriss a été établie à partir des relevés des niveaux statiques de 27 puits Dans la période des basses eaux en Mai 2009 .

La carte piézométrique indique un écoulement général vers le Sud-Ouest. La profondeur de la surface piézométrique varie de 370 à 570m.

La nappes superficielle et alimentée à la l'EST par les plateaux de Teghennif où une partie de débit souterrain poursuite son écoulement pour alimenter oued Maoussa , toutefois au sud-ouest a Ain Fken les lignes de courant convergent vers Ain fkan et alimentent ces sources.

Plus au nord, Ain fares constituent un exutoire des eaux sous terraines de la plaine ainsi que les montes de Beni chougrane au sud-ouest

Au nord de Tizi le gradient hydraulique devient fort et les lignes de courant trace une zone d'alimentation dans cette partie.

A l'EST au sud de Sidi kada une autre zone d'alimentation s'étende avec un gradient hydraulique fort où ces eaux sont drainées par l'oued de MOUSSA, et une partie s'écoule vers le sud, vers Nesmoth.

Au centre de la plaine, à matemore et Maoussa, les lignes de courant convergent et le gradient hydraulique devient relativement faible, indiquant une zone d'exploitation (pompage).

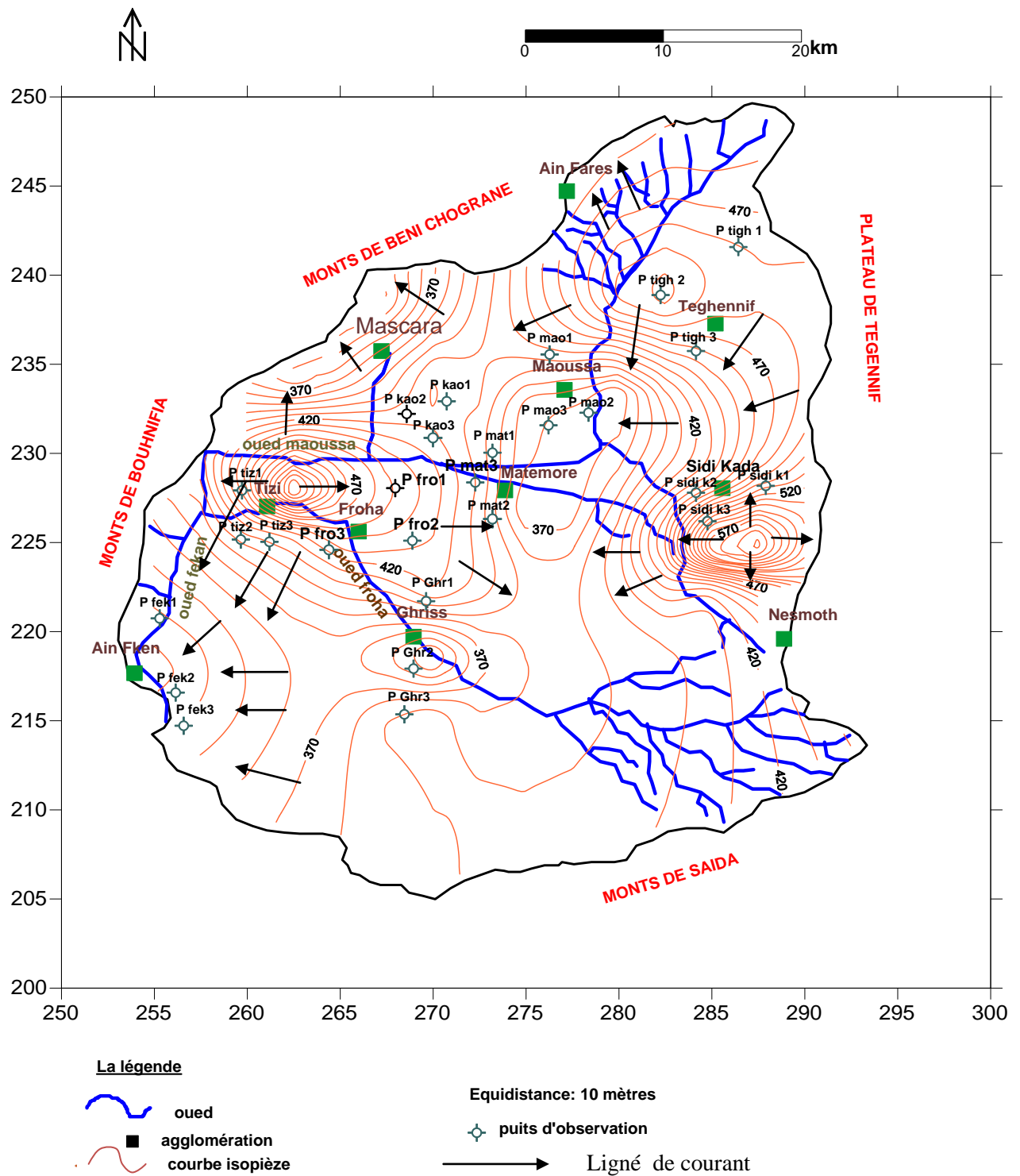


Fig. 9: Carte piézométrique de la plaine de Ghriss [basses eaux, 2009].

IV.5.2. Evaluation des paramètres hydrodynamiques

L'expression généralisée de la loi de Darcy dégage trois grands groupes de paramètres de l'écoulement de l'eau souterraine dans les aquifères.

A) la transmissivité

La transmissivité est le produit de coefficient de perméabilité (K) par l'épaisseur de l'aquifère (b). Elle exprime en (m^2/s).

La répartition des valeurs de la transmissivité établie par "Sourisseau" est assez homogène sur la partie basse de la plaine de Ghriss. Elle est plus forte dans la moitié Sud ($10^{-3} m^2/s$) que dans la moitié Nord ($5 \times 10^{-3} m^2/s$). Pour le Pliocène, la transmissivité est de [10^{-5} à $4,85 \times 10^{-3} m^2/s$] (Sourisseau 1974).

La transmissivité est variable. Elle augmente dans le sens de l'écoulement des eaux. Plus on se rapproche de Ain Fekan, plus la nappe du substratum Jurassique est fissurée et karstique. Elle est comprise entre [10^{-4} et 10^{-2}] (Sourisseau 1974).

B) Le coefficient d'emmagasinement

C'est le rapport du volume d'eau libéré ou emmagasiné par l'unité de la surface de l'aquifère à la variation de charge hydraulique correspondante. Pour la nappe libre, le coefficient d'emmagasinement établi par "Sourisseau" est compris entre [0,1 et 0,25], ceci implique que la nappe libre a une porosité élevée. Pour la nappe des calcaires lacustres, le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de $3 \text{ à } 5 \times 10^{-3}$. Pour la nappe des calcaires dolomitiques du Jurassique le coefficient d'emmagasinement est environ de 3×10^{-3} à 0,05 (Sourisseau 1974).

C) La perméabilité

C'est le volume d'eau gravitaire traversant le sol, en l'unité de temps, sous l'effet de l'unité de gradient hydraulique, et par unité de section. Elle s'exprime en (m/s).

Les perméabilités verticales d'après "Sourisseau" et "ARMINES" sont:

Marnes blanches: $K = 10^{-7}$ m/s

Argues rouges: $K = 10^{-8}$ m/s

Marnes vertes $K = 10^{-10}$ m/s

IV.6. Conclusion

Notre bassin versant est représenté par les trois principales nappes suivantes

- Nappe du Quaternaire alluvionnaire qui s'étend sur une superficie de 605 Km².
- Nappe des calcaires lacustres et des grés et sables de Pliocène, qui occupent une superficie de 125,1Km².
- Nappe du Jurassique supérieur d'une superficie de 375 Km².

Les paramètres hydrodynamiques caractérisant ces différentes nappes

La transmissivité : varie entre $[10^{-5}$ et $10^{-2}]$.m² /s.

La perméabilité : varie entre $[10^{-10}$ et $10^{-7}]$ m/s.

Le coefficient d'emmagasinement varie entre $(3 \times 10^{-3}$ et $10^{-1})$.

D'une façon générale, les nappes convergent vers le Nord Ouest de Ain Fekan .

Parti expérimentale

(Etude hydrochimie)

Chapitre V

Matérielles et méthodes

V .1. Introduction

Nous avons effectué des analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la plaine de Ghriss. Ces analyses permettent de caractériser ces eaux et de décider de leur destination ou leur utilisation d'irrigation.

Pour réaliser cette étude, 36 échantillons ont été prélevés dans les forages exploitants la nappe de la plaine de la Ghriss 27 dans l'année 2009 et 09 durant la période 2012/2013.

Les analyses chimiques de ces échantillons ont été effectuées au laboratoire d'hydraulique de l'université –Mustapha Stambouli et ANRH de wilaya d'Oran.

L'analyse a porté sur les éléments majeurs suivants : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ pour les cations et HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} et NO_3^- pour les anions.

Les calculs et les comparaisons des analyses sont grandement facilités en exprimant les teneurs des éléments en milliéquivalents par litre (désignés par la lettre (r) précédant le symbole chimique) au lieu du mg/L.

Ces prélèvements ont été faits en raison d'effectuer les différentes analyses pour la détermination de la qualité de cette eau et leur aptitude à l'irrigation.

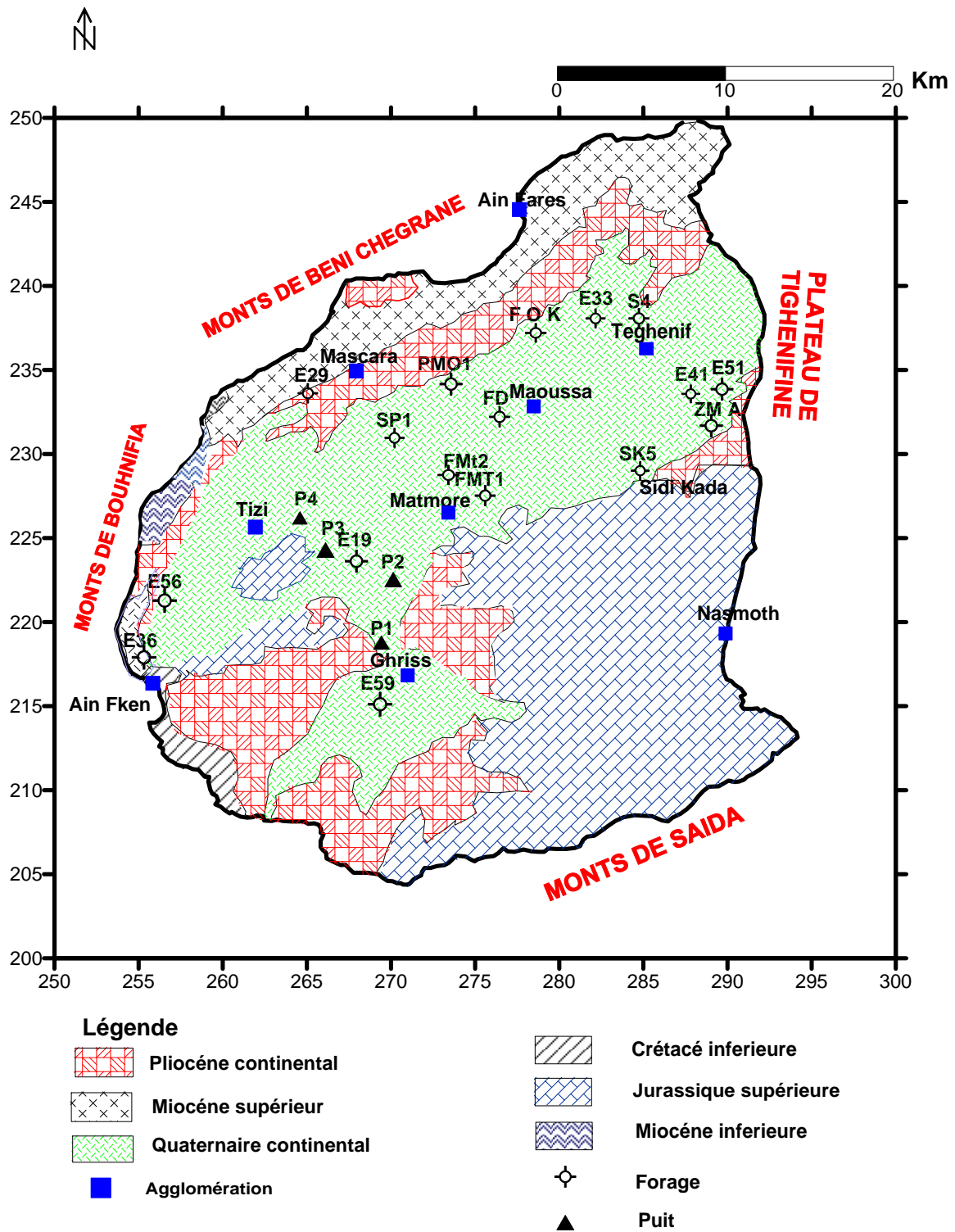


Fig. 10: Carte des points de prélèvement (hautes eaux ,2009)

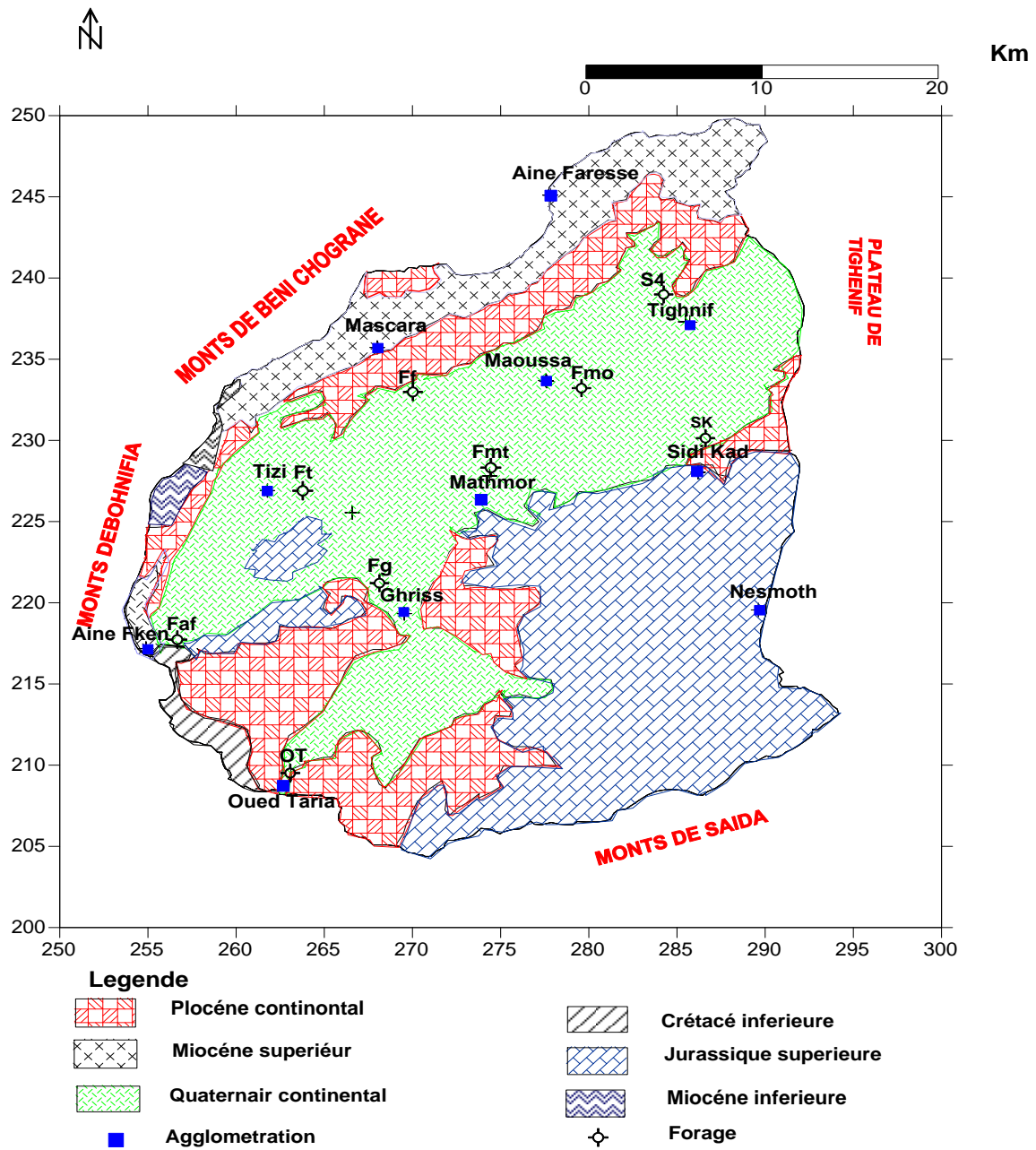


Fig. 11: Carte des points de prélèvement (hautes eaux ,2012/2013)

V.2. Sources des éléments majeurs et leurs normes de concentration dans les eaux souterraines:

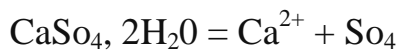
V.2.1 Calcium (Ca):

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles :

- Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3).



- Soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4).



Leur teneur dans l'eau, qui peut varier de 1 à 200 mg/l, est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. (CO_2).

V.2.2. Magnésium (Mg):

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, dans de nombreux minéraux et dans les calcaires (2,1 % de l'écorce terrestre). Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

La plupart des eaux naturelles présentent des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/l. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés. Le magnésium dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de magnésium sous forme de carbonates (MgCO_3) et de bicarbonates (Mg_2HCO_3). L'organisme humain a besoin d'environ 240 mg de Mg par jour, et la concentration maximale admissible pour l'eau potable est de 150 mg/l.

V.2.3 Sodium (Na):

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites). La roche Halite (évaporite NaCl) est le sel de cuisine. Il est très soluble dans l'eau.

Le sodium est par contre généralement peu présent dans les roches carbonatées. Notons que les argiles peuvent être saturées en ion Na^{2+} , par le processus d'échange de bases.

V.2.4 Potassium (K):

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées, des argiles potassiques, des évaporites (sylvinite KCl) et de la dissolution des engrais chimiques (NPK).

V.2.5 Chlorures (Cl^-):

Le chlore est le 20^{ème} élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Il n'existe pas sous forme libre, mais à l'état des chlorures qui sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). L'ion Cl^- est présent en petite quantité sur la terre. La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporites.

L'invasion d'eau de mer (où le Cl^- est très présent), ainsi que les phénomènes d'évaporation dans les bassins endoréiques sont également des sources de chlorures possibles. Le rôle des roches cristallines dans la minéralisation en chlorures est faible.

L'apport par les précipitations est d'autant plus important que la distance à la mer est faible. Les apports anthropiques (salage des routes, urine..) sont mineurs dans les zones d'intervention humanitaire.

V.2.6 Sulfate (SO_4^-):

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées. Les origines naturelles sont l'eau de pluie (évaporation d'eau de mer: $1 < c < 20$ mg/l), les argiles, la dissolution des formations gypseuses, et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite).

Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies), et l'utilisation d'engrais chimique et de lessive.

D'une façon générale, la présence de sulfate dans des eaux naturelles "non polluées" invoque la présence de gypse ou de pyrite. D'un autre côté la concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable, mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre, et l'OMS a fixée cette teneur en sulfate admissible de l'eau potable à 400mg/l.

V.2.7. Nitrate (NO_3^-):

Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote organique et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. L'augmentation du taux de nitrates dans les eaux superficielles et souterraines est due pour une large part à l'enrichissement des sols par des engrais chimiques ou organiques, ainsi qu'aux rejets d'eaux usées ou mal traitées dans les cours d'eau, donc l'utilisation d'une grandes quantités de ce composé présente une menace potentielle pour la qualité de l'eau souterraine, particulièrement dans le cas de captages peu profonds, de ce fait l'OMS a fixée La concentration maximale admissible pour l'eau potable est de 50 mg/l de NO_3^- .

Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé, c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac qui peut être toxique

V.3. paramètre physico-chimiques de l'eau :

La qualité des eaux c'est à dire leurs propriétés physico-chimiques, détermine les domaines de leurs utilisation (irrigation,).

V.3.1. Propriétés physiques :

Les propriétés physiques qui permettent de caractériser l'eau sont :

V.3.1.1. La température :

La température est un facteur indispensable dont la mesure doit être effectuée sur place avec une grande précision. La température est la qualité physique à considérer en premier lieu. Une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents sur les jeunes pousses. La température optimale se situe aux environs de 25°.

V.3.1.2. Le pH :

Dans le domaine de l'eau, Le pH joue un rôle primordial, à la fois :

- Dans la propriété physico- chimique (acidité, alcalinité, agressivité).
- Dans les processus biologique dont certains exigent des limites très étroites de pH.
- Dans l'efficacité de certains traitements : coagulation, adoucissement, contrôle de corrosion, chloration.

V.3.1.3. La conductivité électrique:

La conductivité électrique de l'eau reflète assez bien sa teneur en sels dissous ou minéralisation. Une eau pure présente une très faible conductivité alors qu'une eau fortement minéralisée voit sa conductivité croître jusqu'à 10 ordres de grandeurs.

L'unité de mesure est le micro siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25 °C.

V.3.2. Propriétés chimiques :

Les propriétés chimiques proviennent essentiellement des sels dissout, certains de ces sels sont utiles même si les eaux en sont très riches comme le Ca^{+2} , d'autre utiles à faible dose, deviennent nocifs à forte dose. Le sel le plus nocif est le chlorure de sodium.

V.3.2.1. Expression des concentrations des différents éléments:

Les études chimiques ont montré que la capacité chimique de réaction d'un élément en solution, ne dépend pas de sa teneur en poids de sel dissout, mais plutôt du nombre d'équivalent entrant en réaction, c'est pour cela que les concentrations sont exprimées en milliéquivalent/L.

D'autres expressions de la concentration sont utilisées:

- Milligramme par litre (mg/l).
- Gramme par litre (g/l).

V.3.2.2. Les chlorure dans l'eau:

Les teneurs en chlorures dans les eaux sont extrêmement variées, La présence des chlorures dans les eaux peut avoir plusieurs origines, leur teneur doit être inférieure à 50 g/l, mais elle peut subir des variations;

- Provoquées par un lessivage superficiel, en cas de fortes pluies dans les zones arides.
- Dues aux pollutions liées à des rejets d'eaux usées (mines de potasse, industrie chimique...).

Une teneur en chlorure provoque les conséquences suivantes :

- Confère à l'eau une saveur désagréable.
- Peut provoquer une corrosion des canalisations et réservoirs.
- Limitent les rendements des terres agricoles.

V.4. Méthodes usuelles de détermination des propriétés physiques:**V.4.1. Détermination du pH:****Principe:**

La mesure de pH de l'eau analyser est réalisé avec un ph-mètre portatif CG718.

Mode opératoire:

La mesure de pH est faite comme suit:

On étalonne le pH-mètre avec des solution étalons pH=4,6 et pH=9 après avoir rincé l'électrode en verre, à l'eau distillée, on introduit dans l'eau

les résultats correspondent à la valeur lue sur le pH-mètre.

V.4.2. Détermination de la conductivité:

La mesure de la conductivité a été réalisée à l'aide d'un conductimètre portable. Une fois l'appareil étalonné, on introduit l'électrode de ce dernier dans l'eau à analyser. Après stabilisation, on note la valeur indiquée.

Les valeurs lues sur conductimètre sont exprimées en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

V.5. Différents dosages des éléments chimiques de l'eau :**V.5.1. Dosage des anions :****V.5.1.1. Détermination de l'alcalinité :**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH et le volume d'eau à analyser

La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique TA, la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet TAC. Aucun remplissage de la burette n'intervenant entre les deux lectures. TA sera inclus dans TAC, et de ce fait, lui

sera toujours inférieur. On peut opérer soit en présence d'indicateur coloré soit en utilisant un pH-mètre.

V.5.1.2. Dosage des nitrates dans l'eau

Dans les eaux résiduaires, les teneurs en nitrates sont en général peu élevée ; mais dans les campagnes, ces teneurs peuvent être très importantes (100mg/l).

En présence de salicylate de sodium ; les nitrates donnent du paranitro salicylate de sodium coloré jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

V.5.1.3. Dosage des chlorures :

Des ions Cl^- sont dosés en milieu neutre par précipitation avec une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur.

La fin du dosage est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge brique due à la formation d'un précipité de chromate d'argent.

6.5.1.4. Dosage des sulfates :

Méthode par Spectrophotomètre électronique.

Les ions SO_4^{2-} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évaluée gravimétriquement.

V.5.2. Dosage des cations :

V.5.2.1. Dosage de calcium :

On a utilisé le spectrophotomètre à flamme.

V.5.2.2. Dosage du sodium et du potassium :

Ils étaient dosés par spectrométrie à flamme.

V.5.2.3. Dosage de magnésium :

Il était dosé par Spectrophotomètre électronique.

Il se fait par simple calcul de la teneur du magnésium et obtenu par la différence de la valeur du calcium.

Chapitre VI

Résultat et discussion

V.6. Résultats et interprétation :

Etant donné que les forages qui ont fait l'objet de nos analyses exploitent le même aquifère qui est le Plio-quadernaire, la caractérisation des eaux souterraines ne concerne que les eaux de cet aquifère.

Une fois l'analyse terminée, nous avons d'une part reporté les résultats sur le diagramme – Reverside – de l'USSL, sur le diagramme de SCHOLLER-BERKHALOF, et sur le diagramme de Piper, et d'autre part, nous avons déterminé les faciès des eaux en comparant les différentes caractérisations des ions.

Pour apprécier le risque de salinisation et le risque d'alcalinisation, nous avons mesuré la conductivité électrique et nous avons calculé le SAR (taux de sodium adsorbé).

V.6.1. Représentation graphique des eaux de la plaine de la Ghriss :

Tableau 9: étude statistique des paramètres analysés dans les eaux souterraines de la plaine de Ghriss

1) - Hautes eaux (2009)

nom	ca ⁺⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	cl ⁻	So ⁴⁻	Hco ³⁻	No ³⁻	SAR	CE(25°C)
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	(µs.cm ⁻¹)
MAX	37,25	36	33,52	1,12	79,06	7,14	8	1,67	36	7774
MIN	1,85	4,83	1,3	0,05	1,93	0,88	2,85	0,06	4,83	762
ecartype	7,673	7,169	18,602	0,229	18,620	1,346	1,186	0,3360	7,169	1688,20
moynne	6,430	9,356	9,186	0,178	14,782	2,210	4,784	0,557	9,356	1944,67
variance	1.193	0.768	2.025	1.28	1.259	0.609	0.247	0.603	0.766	0.868

2) - Hautes eaux (2012/2013)

Nom	ca ⁺⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	cl ⁻	So ⁴⁻	Hco ³⁻	No ³⁻	SAR	CE(25°C)
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	(µs.cm ⁻¹)
MAX	5.58	8.31	8.69	0.15	14.07	1.506	11	0.37	3.76	1793.0
MIN	1.49	3.78	0.825	0.025	1.125	0.165	3.915	0.03	0.4	683.0
ecartype	1.55	1.62	2.38	0.039	4.20	0.49	2.105	0.12	1.009	438.92
moynne	3.53	5.86	3.14	0.075	4.24	0.68	6.60	0.16	1.43	1100.1
variance	0.43	0.27	0.75	0.52	0.99	0.72	0.31	0.75	0.7	0.39

V-6-2. Etude des rapports caractéristiques de la nappe :

L'étude des rapports caractériellement le plus courant en hydrochimie permet de préciser le milieu de provenance des eaux souterraines et de comparer leurs concentrations en éléments chimiques.

Le tableau ci-dessous nous indique les différents rapports caractéristiques :

Tableau 10: Les rapports caractéristiques de la nappe :**1) –Hautes Eau (2009)**

Forage au puit	Mg /Ca	so4/Cl (mg/l)	Na/Cl (mg/l)
E33	1,07	0,62	0,5
E41	0,73	1,08	0,52
S4	0,83	0,57	0,63
E51	0,55	0,1	0,25
ZM A	0,76	0,43	0,51
SK5	0,87	0,46	0,39
PMO1	1,43	0,35	0,41
FD	1,09	1,14	0,51
F O K	1,57	0,4	0,73
FMT1	1,97	0,41	0,58
FMt2	1,52	0,26	0,38
SP1	0,3	0,4	0,43
E29	1,68	0,46	0,42
P3	1,75	0,55	0,44
P4	1,07	0,55	0,45
P1	1,62	0,73	0,44
P2	0,66	1,37	0,19
E59	1	0,49	0,98
E19	1,61	0,79	1,47
OT ₅	0,67	0,18	0,44
OT4	1,44	0,72	1,47
OT7	0,65	0,18	0,48
OT 2	1,21	0,72	0,44
OT 3	1,31	0,7	0,46
Oued TARIA	3,45	0,31	0,42
Oued FEKAN	0,43	0,08	0,2
E56	1,09	0,83	0,39
E36	1,36	1,37	0,42

2) –Hautes Eau (2012/2013)

Forage au puit	Mg /Ca	so4/Cl (mg/l)	Na/Cl (mg/l)
S4	2.1	0.14	0.398
Sk	2.73	0.85	0.46
Fmt	0.77	0.35	0.31
Fmo	0.8	0.47	0.52
Ft	1.23	0.55	0.4
Ff	0.58	1.62	0.97
Fg	0.88	0.61	0.52
ot8	0.95	1.17	1.17
Faf	0.77	0.86	0.46

Rapport Mg^{++}/Ca^{++} :**1) - Hautes Eau (2009) :**

Les valeurs de ce rapport sont généralement supérieur à 1, ce rapport indique que ces eaux souterraines contiennent un nombre ions de Mg^+ légèrement supérieur a ce du Ca^{++} .

Les eaux sont plus magnésiennes que calciques dans la majorité des points étudiés et plus calciques que magnésiennes dans les points (E51).

2)–Hautes Eau (2012/2013) :

Contrairement aux valeurs de ce rapport chez les points de 2009, les résultats sont généralement inférieurs à 1, cela indique que ces eaux souterraines contiennent un nombre des ions de Ca^{++} légèrement supérieur à Mg^+ .

Les eaux sont plus calciques que magnésiennes dans la majorité des points étudiés et plus magnésiennes que calciques dans les points (forage S4,Sk ,Ft).

Rapport $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$:**1) - Hautes Eau (2009) :**

Le rapport $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ est généralement inférieur à 1, On remarque donc que l'eau souterraine est plus chargée en ions Cl^- que d'ions SO_4^{2-} , sauf les points (E41, FD P2, E36) en trouve que le rapport $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ supérieur à 1 .

2) –Hautes Eau (2012/2013) :

Les résultats de rapport $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ est généralement inférieur à 1 comme l'année 2009. On remarque donc que l'eau souterraine est chargée en ions Cl^- que d'ions SO_4^{2-} . Sauf 2 forages (Ff ,Ot8) le rapport $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ est supérieur à 1.

Rapport Na^+/Cl^- :**1) - Hautes Eau (2009) :**

Ce dernier rapport est inférieur à 1 pour l'ensemble des points, donc la concentration de sodium est inférieure aux chlorures, sauf les forages (Ot4 .E19).

2) –Hautes Eau (2012/2013) :

Comme le précédent le rapport est inférieur à 1 pour l'ensemble des points, donc la concentration de sodium est inférieure aux chlorures, sauf le forage (Ot8).

V-6-3. Détermination des faciès chimiques des eaux :

Les calculs et les comparaisons des analyses sont grandement facilités en transformant les poids en milliéquivalents et qui seront désignés la lettre **r** précèdent le symbole chimique.

La formule ionique consiste à classer de haut en bas et par ordre décroissant, les quantités en réaction des éléments chimiques en commencent par les anions puis les cations. Le Tableau V-3 résume le faciès chimique des eaux de la nappe.

D'après les formules ioniques, on peut dire que le faciès chimique dominant dans l'eau de la nappe en (2009) est chloruré magnésien. Par contre en (2012/2013) le faciès chimique dominant dans l'eau de la nappe est bicarbonate magnésien.

Les Tableau 11: pourcentages des faciès chimiques

- (hauts eaux ,2009)

Année 2009	1	Faciès chimique	Nombre total	Pourcentage(%)
		Cl-Mg	12	48%
		Cl-Ca	02	8%
		Cl-Na	05	20%
		HCO ₃ -Mg	06	24%
		HCO ₃ -Ca	0	0%
		HCO ₃ -Na	0	0%
		SO ₄ -Mg	0	0%
		SO ₄ -Na	0	0%
		Anion dominant	Pourcentage	
	Cl ⁻	76		
	HCO ₃ ⁻	24		
	SO ₄ ⁻	0		
	Cation dominant	Pourcentage		
	Mg ⁺⁺			
	Ca ⁺⁺			
	Na ⁺			

2)- Hauts Eaux (2012/2013) :

Année 2012/2013	2 Faciès chimique	Nombre total	Pourcentage(%)	
	Cl-Mg	1	11.11%	
	Cl-Ca	0	0%	
	Cl-Na	01	11.11%	
	HCO ₃ -Mg	06	66.66%	
	HCO ₃ -Ca	01	11.11%	
	HCO ₃ -Na	00	0%	
	SO ₄ -Mg	0	0%	
	SO ₄ -Na	0	0%	
	Anion dominant		Pourcentage	
	Cl ⁻		22.22	
	HCO ₃ ⁻		77.77	
	SO ₄ ⁻		0	
	Cation dominant		Pourcentage	
Mg ⁺⁺				
Ca ⁺⁺				
Na ⁺				

V.6.4. Risque de salinisation et d'alcalisation :

- Le SAR :

Les eaux superficielles et souterraines peuvent être utilisées aussi bien pour l'irrigation que pour l'alimentation humaine ou l'industrie.

Pour l'irrigation, en raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, on devra tenir compte de ce que l'on dénomme le taux d'absorption du sodium que l'on appelle **SAR** qui est donné par la relation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{rNa}^+}{\sqrt{(\text{rCa}^{++} + \text{rMg}^{++})/2}}$$

Les concentrations de chaque cation, sont exprimées en milliéquivalent : (meq)

Les eaux se classent d'après le S.A.R de façon suivante :

SAR < 10 : eau excellente ;

10 < SAR < 18 eau bonne ;

18 < SAR < 26 eau convenable ;

SAR > 26 : eau médiocre.

Les valeurs du SAR mesurés pour les 27 point d'eau, sont globalement inférieurs à 10 voir tableau V-4, ce qui indique que les eaux de la nappe de la Ghriss ne présentent pas un grand risque d'alcalinisation pour les sols, elles sont bonnes pour l'irrigation.

- Les eaux d'oued Fken et oued Taghia sont mauvaises, elles peuvent présenter un risque d'alcalinisation des sols agricoles.

Tableau 12: Classification de qualité des eaux en fonction des valeurs du SAR.

1) - Hautes Eau 2009

N° puits et le oued	S.A.R	Qualité des eaux
E33	5,83	Excellent
E41	4,91	Excellence
S4	5,75	Excellent
E51	20,41	convenable
ZM A	5,75	Excellente
SK5	6,66	Excellente
PMO1	8,25	Excellente
FD	6,58	Excellente
F O K	6,83	Excellente
FMT1	6,41	Excellente
FMT2	7,25	Excellente
SP1	8,66	Excellente
E29	14,5	Bonne
P3	7,16	Excellente
P4	4,83	Excellente
P1	5	Excellente
P2	8,16	Excellente
E59	5,83	Excellente
E19	6,58	Excellente
OT ₅	13,33	Bonne
OT4	7,08	Excellent
OT7	8,91	Excellent
OT 2	6,5	Excellente
OT 3	6,66	Excellente
OUED TARIA	36	Médiocre
OUED FEKAN	26,83	médiocre
E56	5,75	Excellente
E36	5,58	Excellente

1- Hautes Eau 2012/2013

N° puits et le oued	S.A.R	Qualité des eaux
S4	3.76	Excellent
Sk	0.4	Excellence
Fmt	0.8	Excellent
Fmo	1.76	convenable
Ft	1.81	Excellente
Ff	0.72	Excellente
Fg	0.73	Excellente
ot8	1.36	Excellente
Faf	1.54	Excellente

Après avoir mesuré d'un coté, les conductivités électriques des eaux des 25forages et de 2 oued (Hautes Eau 2009) , et 9 forage(Hautes Eau 2012/2013) , considérés dans notre étude et d'un autre coté calculé la valeur du SAR (taux d'absorption du sodium), nous avons reporté ces résultats sur le diagramme de Richards Riverside de l'USSSL (**Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14 et Fig. 15**)

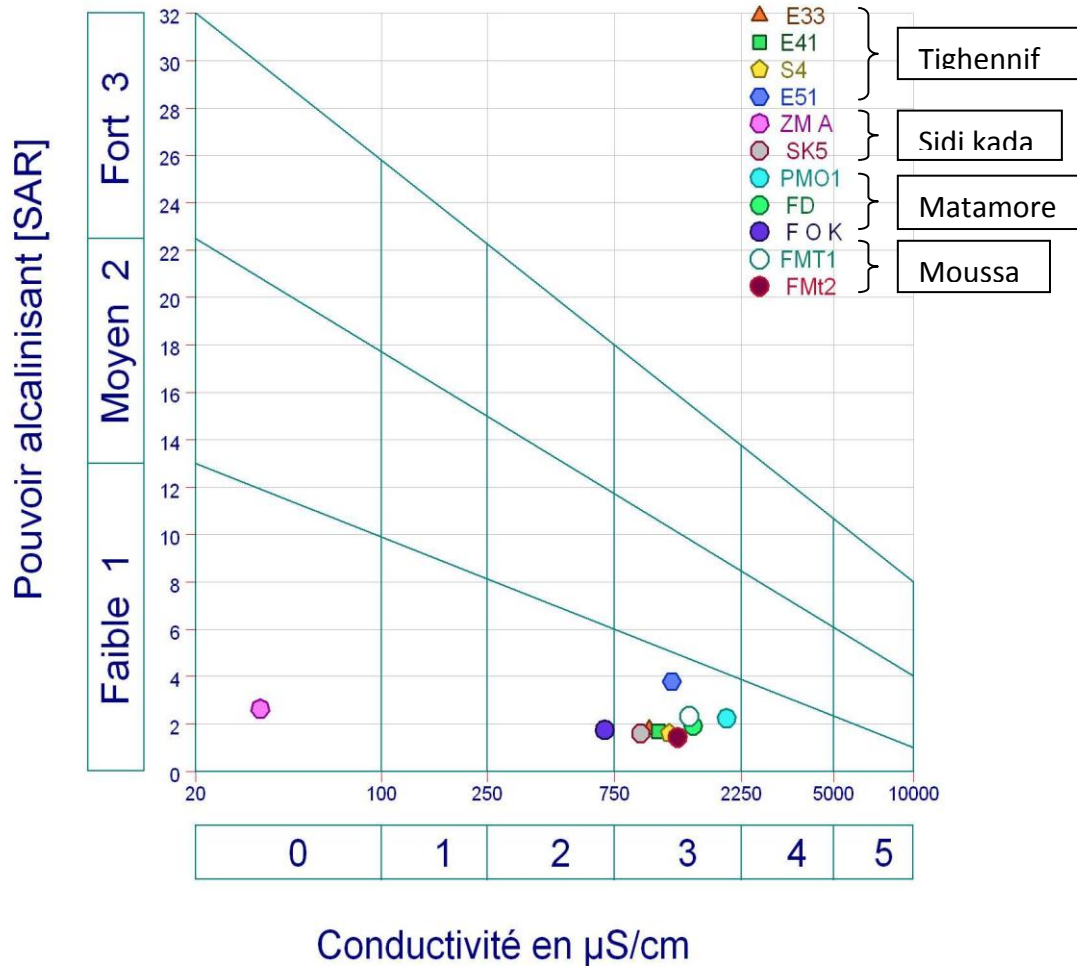


Fig. 12: Représentation sur l diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss au niveau a Tighennif, sidi Kada,, Matemore et Maoussa

D'après la figure (Fig.12), les eaux de la nappe à Tighennif ,sidi Kada, Matemore et Maoussa appartiennent a la classes C3S1,sauf pour le forage ZAM a sidi Kada (C0S1), et le forage F O K a Matemore (C2S1) .

C'est à dire la plupart de ces eaux dans ces régions présentent un légère risque de salinisation et un faible risque d'alcalinisation.

Dans ces régions, les eaux sont admissibles convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés, cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée.

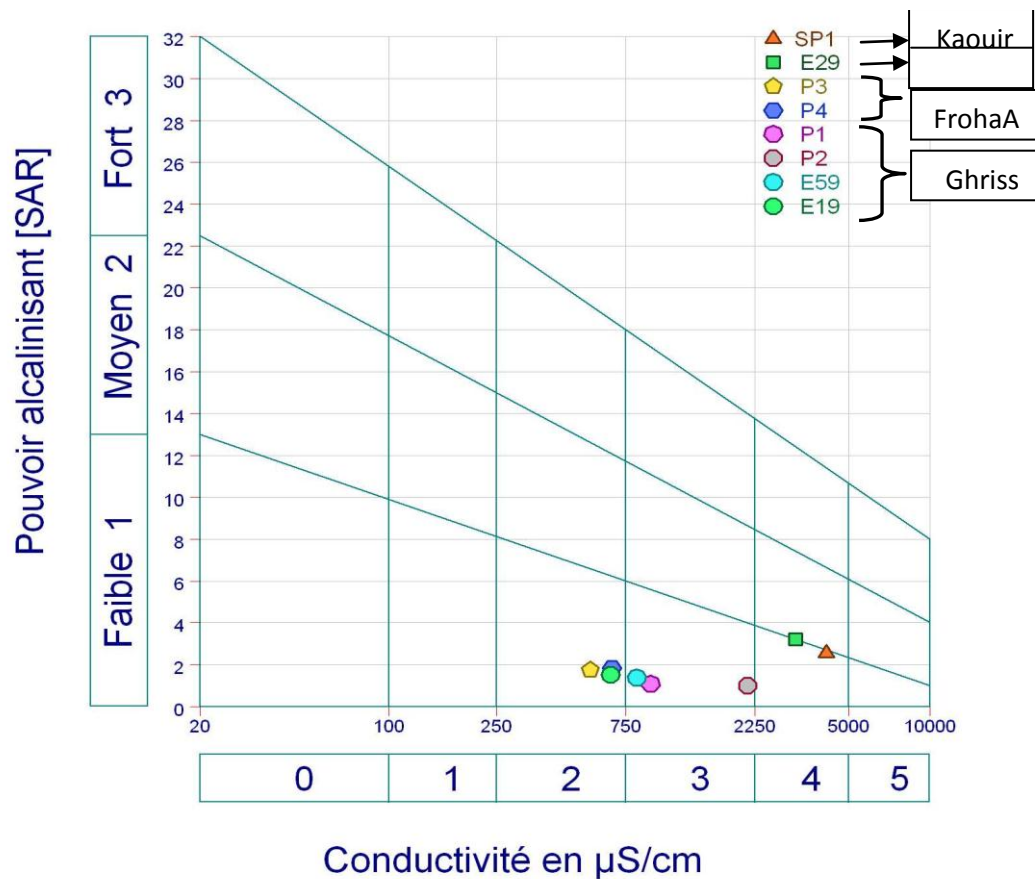


Fig. 13 : Représentation sur le diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss au niveau au Kaouir, Tizi, Froha et Ghriss

Les eaux des forages à Kaouir, Tizi, Froha et Ghriss montrent trois classes, C3S1, C4S2 et C4S3 correspondant respectivement à des eaux admissibles, médiocres et mauvaises.

D'après la figure (Fig.13), les eaux de la nappe à Ghriss et Froha appartiennent pour la plupart aux classes C3S1 et C2S1.

Il s'agit d'une eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés, cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée à Kaouir.

et Tizi les eaux appartiennent a la classe C4S1, donc ces eaux sont de qualité médiocre.

Ces eaux fortement minéralisées et sont susceptibles de convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre) bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.

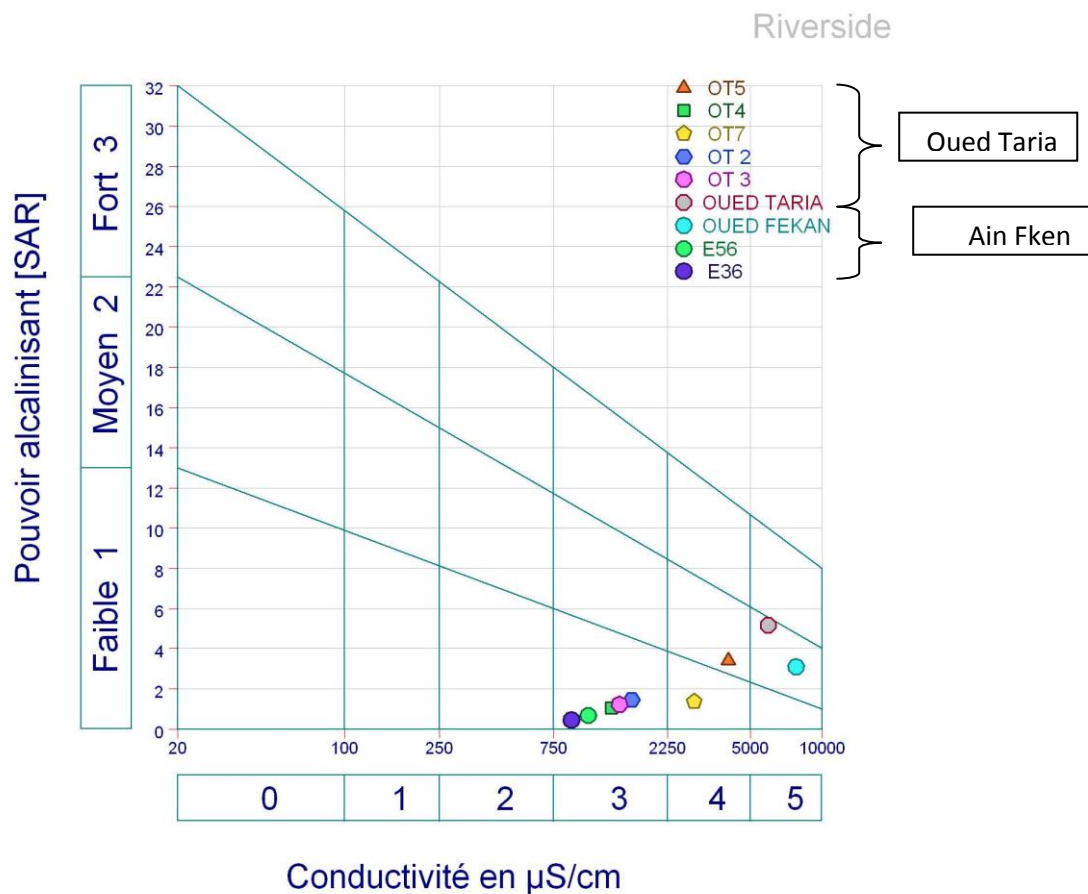


Fig. 14 : Représentation sur le diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss au niveau de oued Taghia et Ain Fken.

-D'après la figure (Fig. 14), les eaux de la nappe appartiennent pour la plupart à la classes C3S1. C'est à dire que ces eaux sont de qualité admissible.

Les eaux de oued Fken et oued Taghia sont mauvaises, la présentant une forte due probablement aux eaux usées domestique (urines), donc l'irrigation à partir de ces cours d'eaux est déconseillée.

C'est à dire que ces eaux présentes un risque de salinisation élève et un risque d'alcalinisation faible.

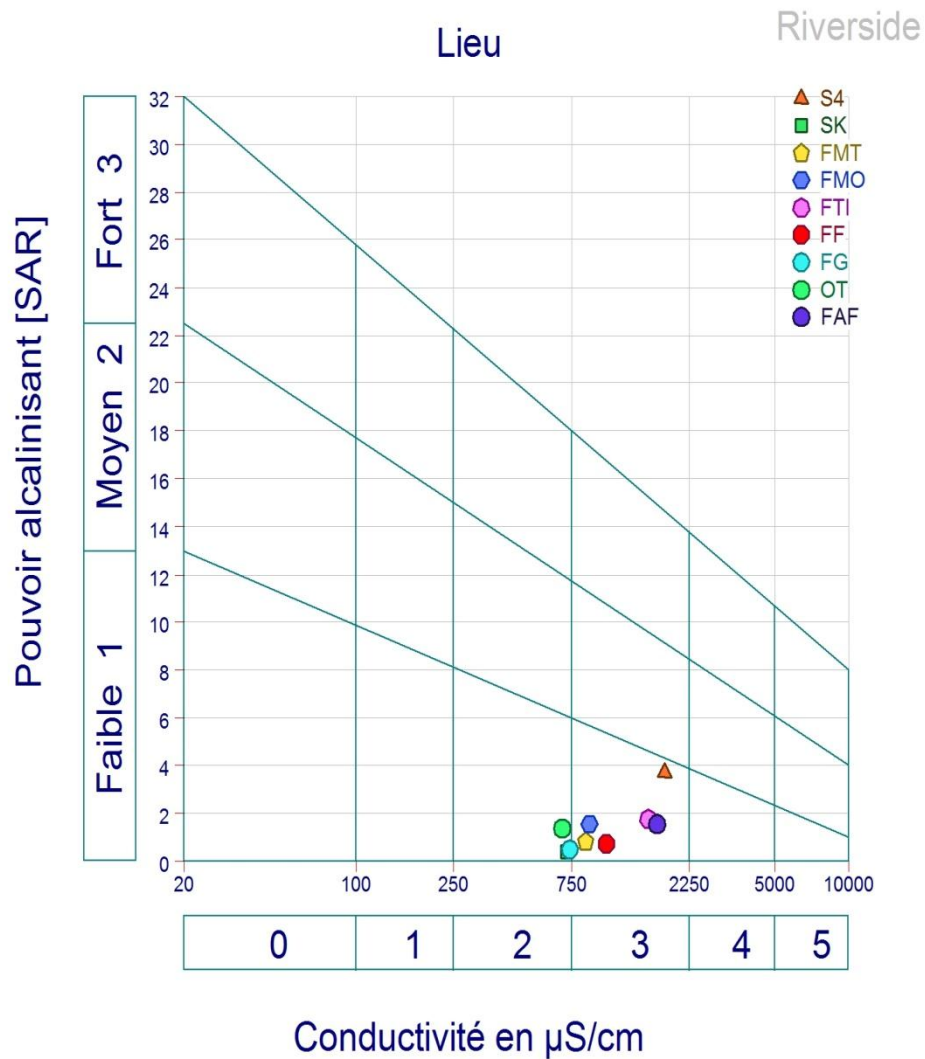


Fig. 15: Représentation sur l diagramme de Richards des eaux de la plaine de Ghriss (hautes eaux , 2012/2013).

D'après la figure (Fig. 15), les eaux de la nappe à Tighennif ,sidi Kada, Matemore et Maoussa et ghriss et tizi et frohaet aine fken appartiennent a la classes C3S1,sauf oued taria (C2S1) .

C'est à dire la plupart de ces eaux dans ces régions présentent un léger risque de salinisation et un faible risque d'alcalinisation.

Dans ces régions, les eaux sont admissibles convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés, cependant, l'évolution de la salinité doit être contrôlée.

Tableau 13 : Analyse des classes de salinité et d'alcalinité :

Classe	Nbr de point d'eau	qualité des eaux d'irrigation	pourcentage(%)	
C0 S1	1	eau admissible	78.56%	Hautes Eau 2009
C2 S1	4	eau admissible		
C3 S1	17	eau admissible		
C4 S1	3	eau médiocre	14.28%	
C4 S2	1	eau médiocre		
C5 S2	2	eau mauvaise	7.14%	
C2 S1	1	eau admissible	100%	Hautes Eau 2012/2013
C3 S1	8	eau admissible		

V.6.5. Classification des eaux de la nappe selon le diagramme de Scoeller Berkaloff .

Il existe plusieurs méthodes de la représentation graphique des données hydrochimiques.

Nous avons choisi parmi les méthodes utilisées, celle du diagramme logarithmique de SCHOLLER-BERKALOF.

Nous avons reporté les résultats des analyses de l'eau de 26 et 2 oueds(Hautes Eau 2009) , et 9forage(Hautes Eau 2012/2013), ce sur diagramme de SCHOLLER-BERKALOF. Ce qui nous a permis de déduire que cette eau est d'une potabilité mauvaise à passable donc elle peut être destinée à l'irrigation et l'industrie. fig.16. fig. 17 et fig. 18 et fig. 19.

-Cette classification a révélé la prédominance des ions chlorures et magnésium et à un degré moins les calciums.

Et révélé la prédominance des ions bicarbonate et magnésium et à un degré moins les calciums . Hautes Eau (2012/2013).

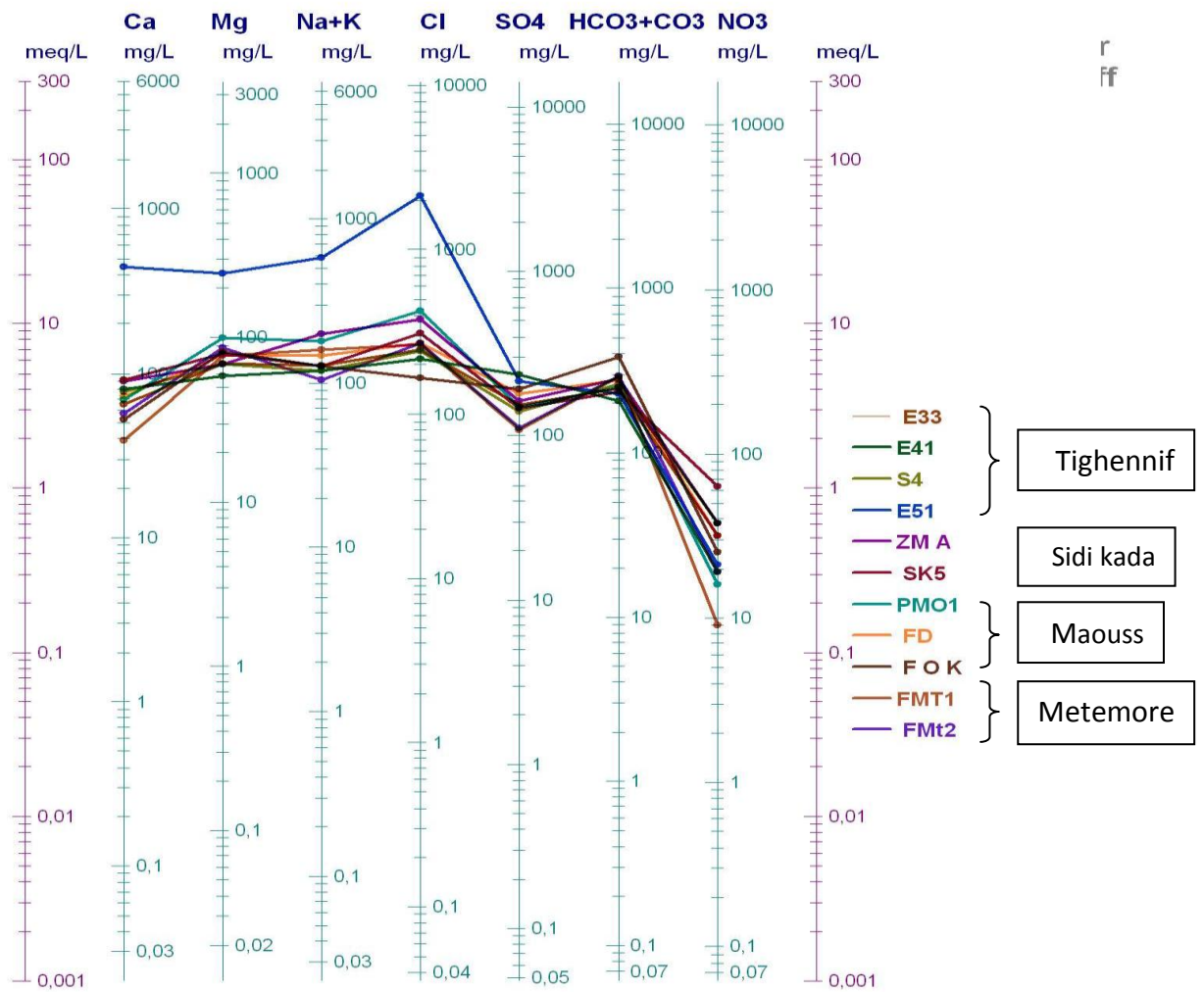


Fig. 16 : Représentation des eaux souterraines a Tighennif, sidi Kada, Matemore et Maoussa dans le diagramme de schoeller Berkaloff

- D'après la figure (Fig. 16), les forages de Tighennif ,sidi Kada , Matemore et Maoussa , la lecture des échelles a montré la prédominante des chlorures avec des valeurs atteignant 60.39 meq/l ,22.25 meq/l pour le calcium,20.41 meq /l. pour le magnésium (forageE51)

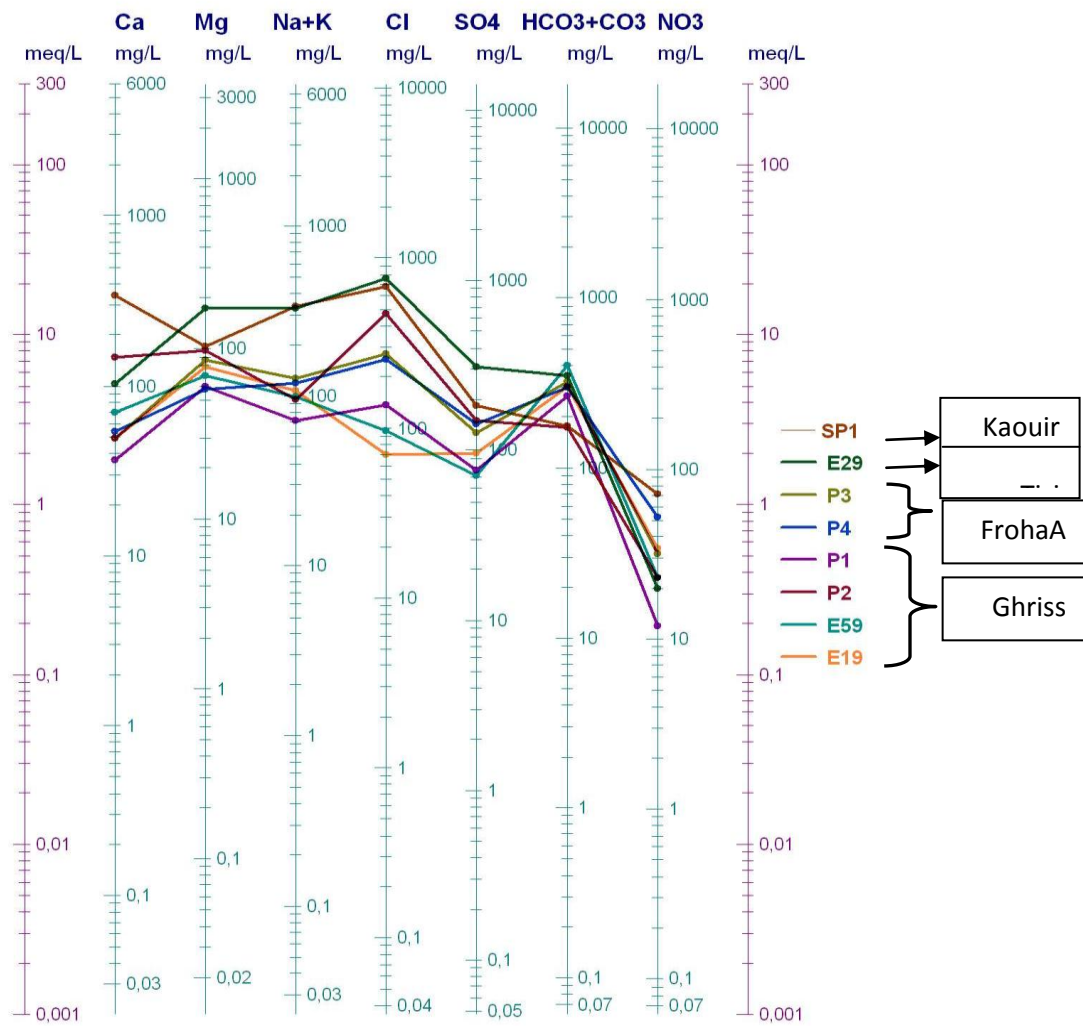


Fig. 17 : Représentation des eaux sous terraines à Kaouir, Tizi, Froha et Ghriss dans le diagramme de Schoeller Berkaloff

- D'après la figure (Fig. 17) forages de Kaouir, Tizi, Froha, C'est la prédominance des chlorures avec des valeurs atteignant 21.52 meq/l, 5.15 meq/l pour le calcium et 14.5 meq/l pour le magnésium (forage E29)

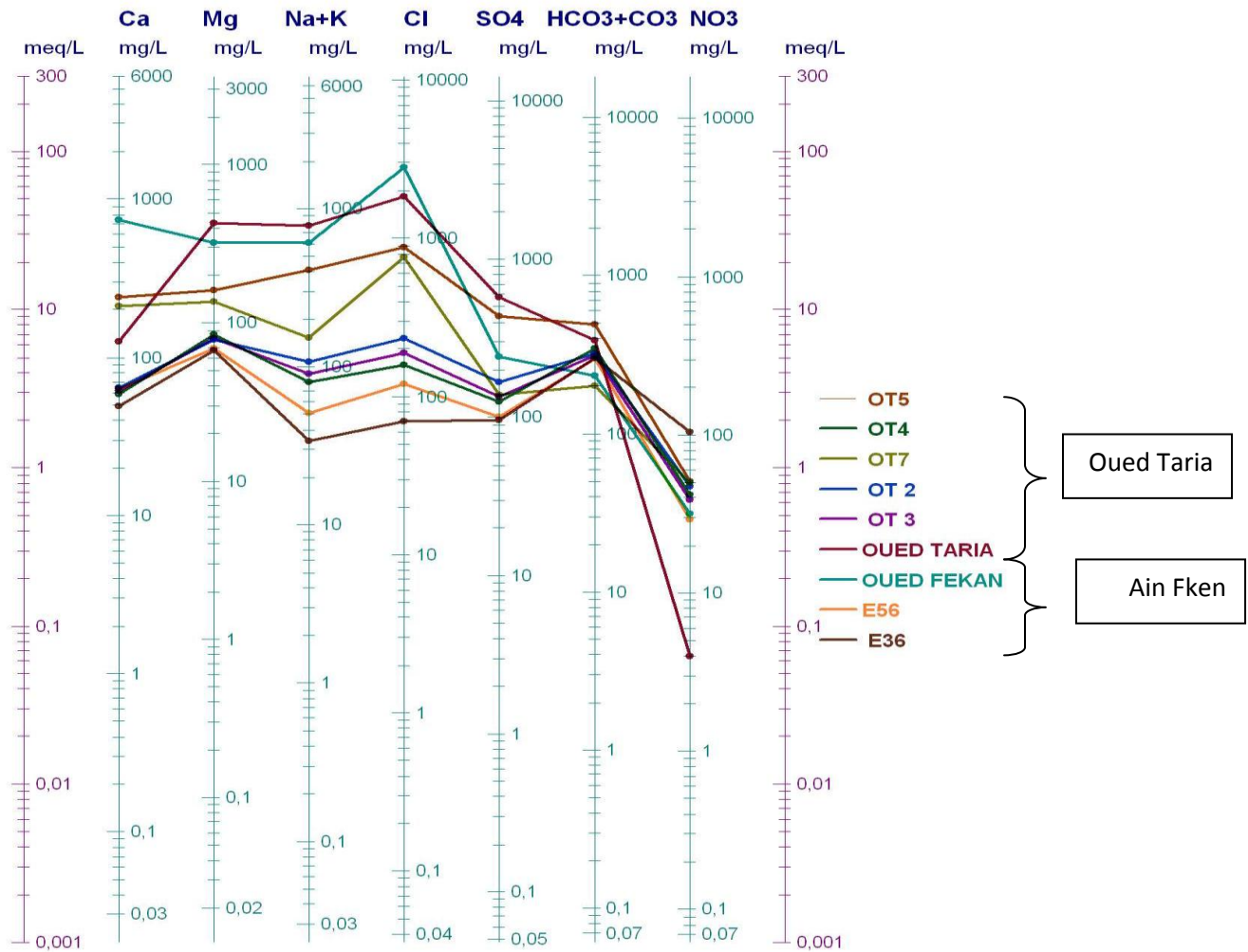


Fig. 18: Représentation des eaux sous terraines à Oued. Taghia et Ain Fken dans le diagramme de Schoeller berkloff

- D'après la figure (Fig. 18), Dans la région de oued Taghia et Ain Fken, c'est les ions chlorures qui sont prédominants, pour les cations c'est le calcium et le magnésium. Les fortes teneurs en chlorures à oued Taghia et oued Fkan sont dues aux eaux usées domestiques combinées à la dissolution des formations géologiques riches en chlorures.

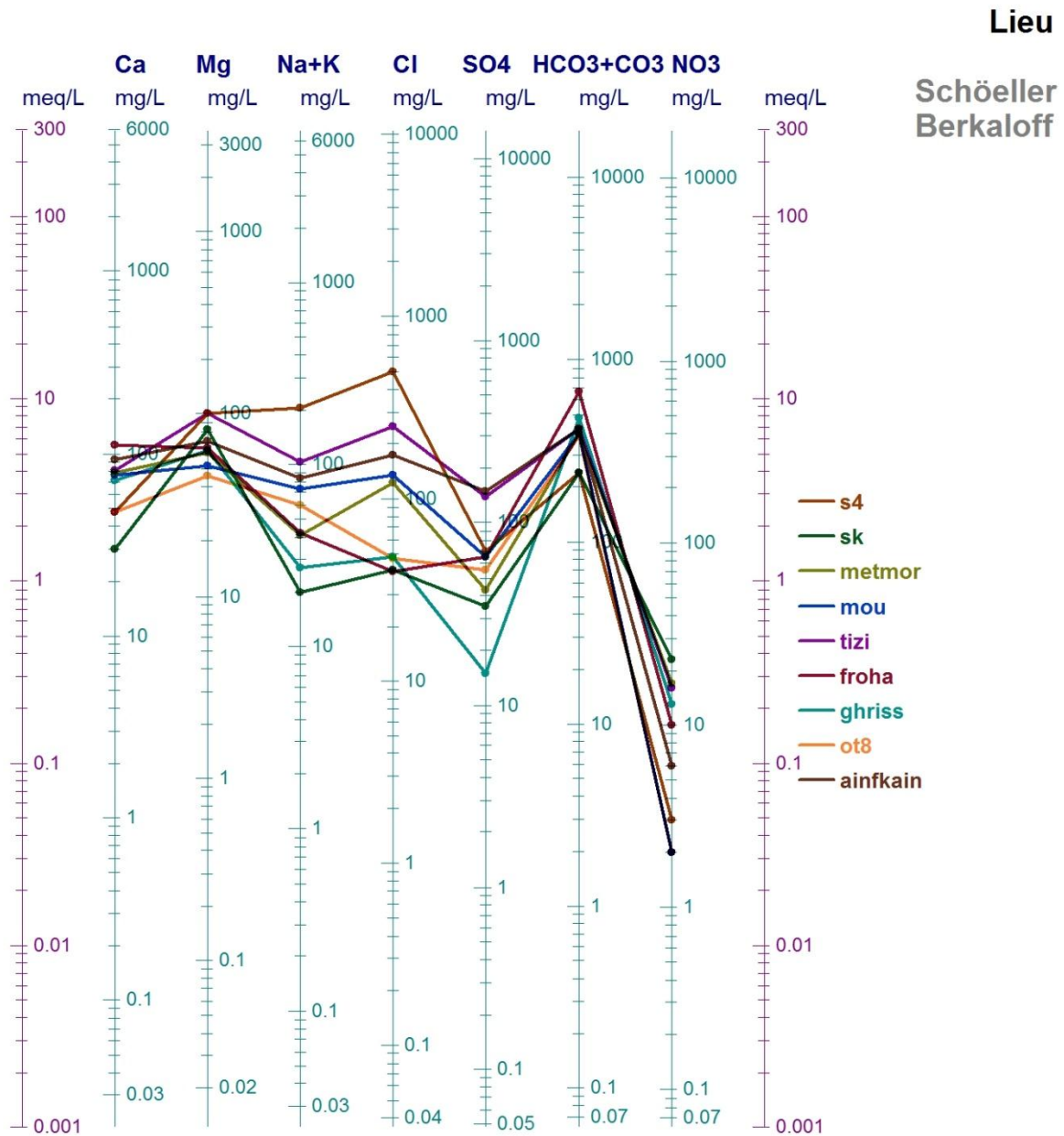


Fig. 19 : Représentation des eaux souterraines a plaine de ghriss dans le diagramme de schoeller Berkaloff (**hautes eaux 2012/2013**) .

- **D’après la figure (Fig. 19) ,** en trouve que dans la plupart des régions de plaine de ghriss, les ions bicarbonates sont les plus prédominants dans les échantillons, sauf les forages (S4 Ft) le chlorures est plus prédominait, pour les cations le magnésium reste toujours l’élément le plus dominant, sauf le forage (S4) où le sodium est prédominant et le forage (Ff) où le calcium est prédominait.

V-6-6-La classification des eaux de la nappe selon Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite).

V.6-5.1. Faciès chimiques des eaux de puits (haute eaux ,2009):

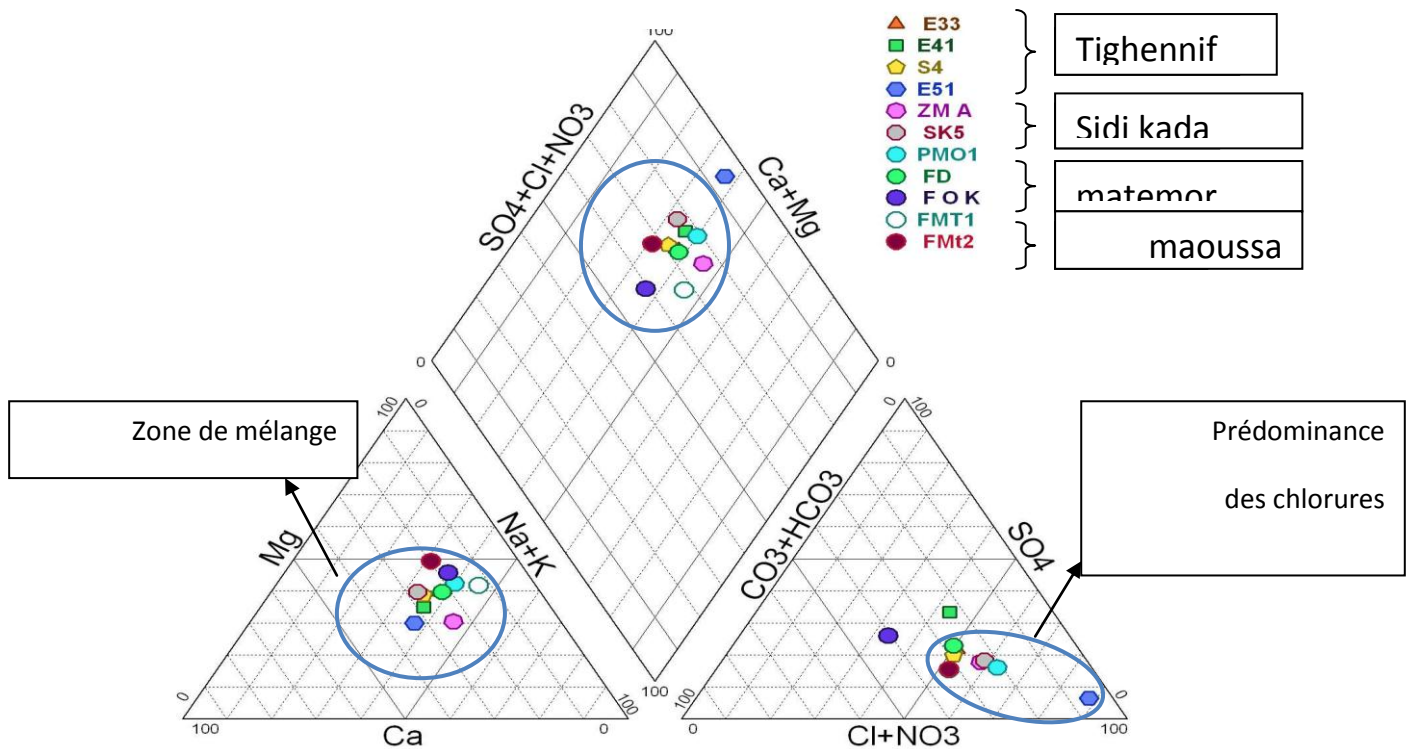


Fig. 20: représentation sur le diagramme d piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss pour la région de tighennif, sidi Kada, Matemore et Maoussa

(Hautes eaux ,2009)

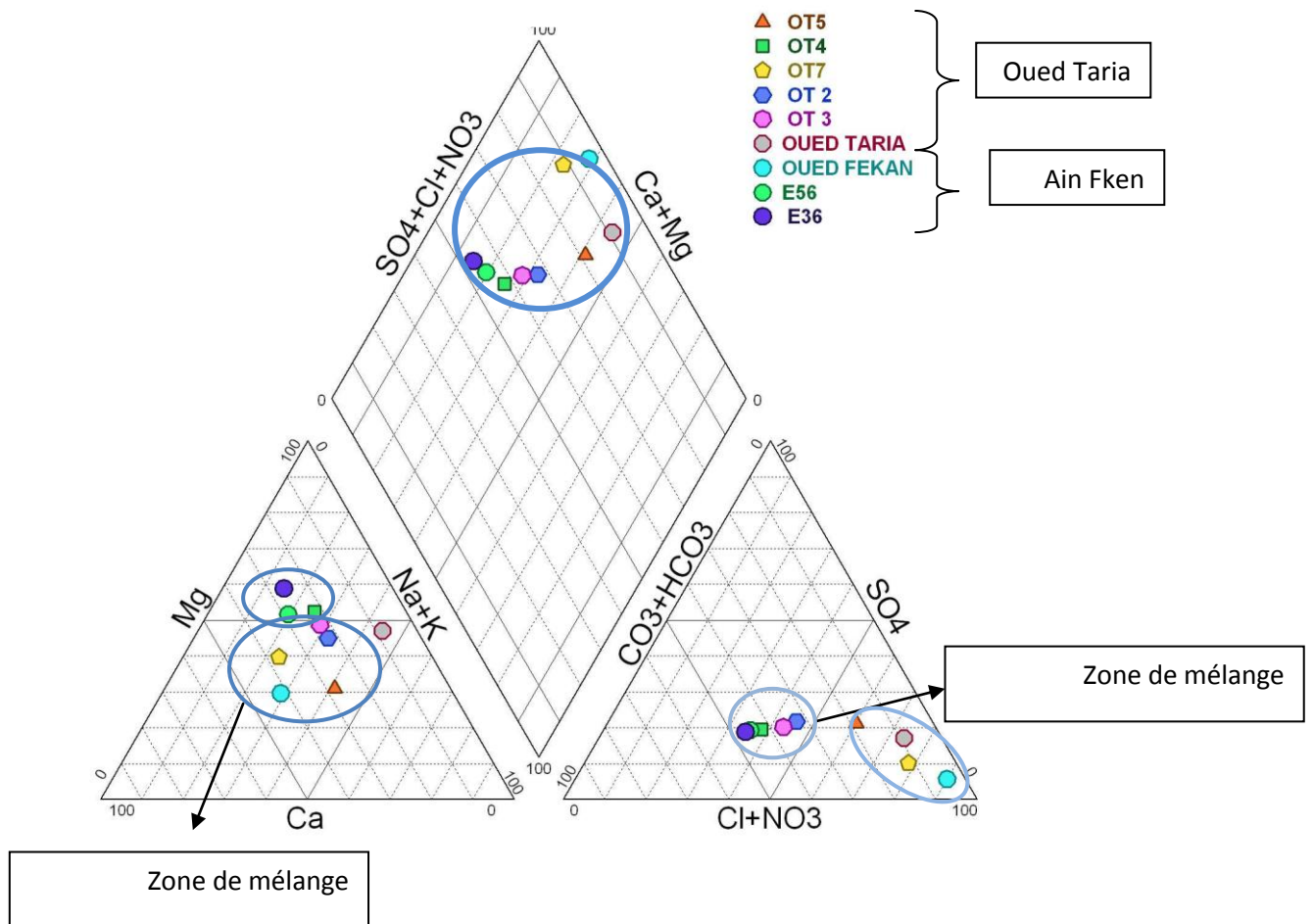


Fig. 21: représentation sur le diagramme de Piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss pour la région de l'oued Taghia et Ain Fken (hautes eaux ,2009).

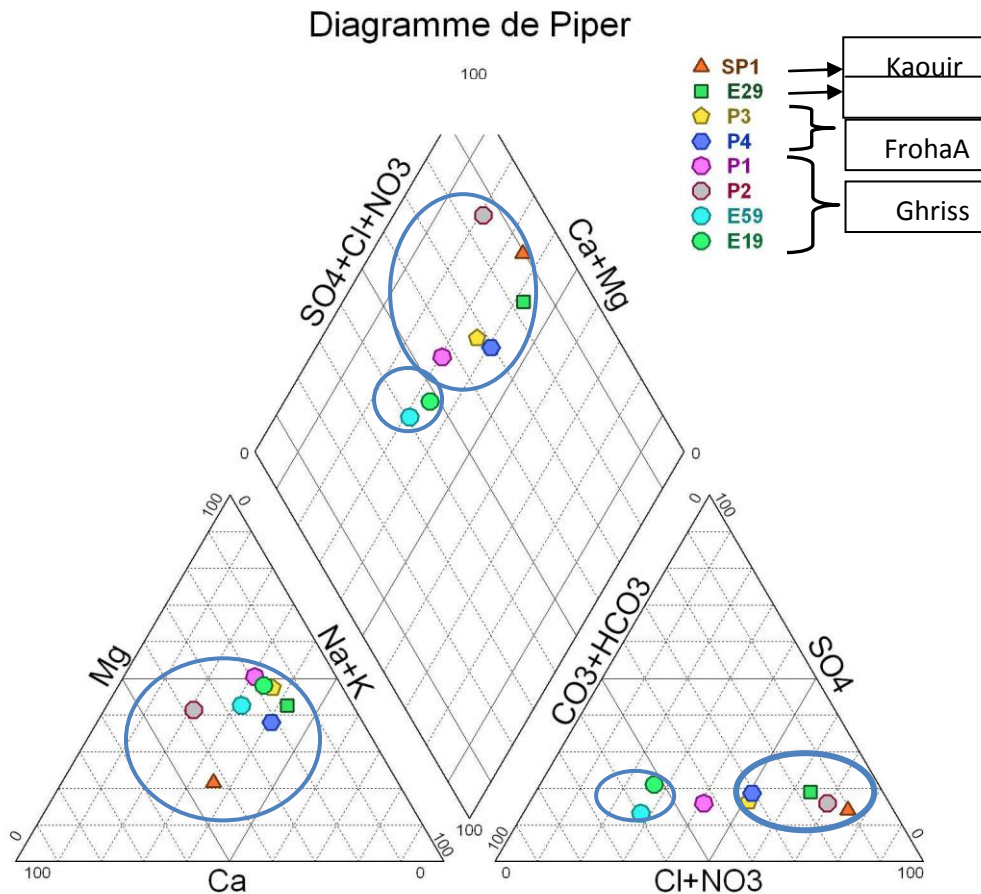


Fig. 22 : représentation sur le diagramme de Piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss au niveau de Kaour, Tizi, Froha et Ghriss, (hautes eaux ,2009).

Concernant l'année 2009 d'après les 3 figures (20, 21 et 22) les eaux des forage tighennif ,Sidi Kada Matamore et Maoussa montrent un faciès chlorure et sulfate calcique et magnésien cependant c'est les chlorures qui prédominent pour les anions (fig. 22).

A oued Tghia et Ain Fken, c'est toujours le même faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien qui est prédominant pour plus de 90% des échantillons prélevés.

Pour les forges de Kaour, Tizi, Froha, Tighennif, leurs eaux sont aussi caractérisées par le même faciès chloruré et sulfate calcique et magnésien, avec la prédominance relative des chlorures pour les anions, toutefois un deuxième

faciès bicarbonaté calcique et magnésien apparait à Ghriss dans les forages E59 et 19.

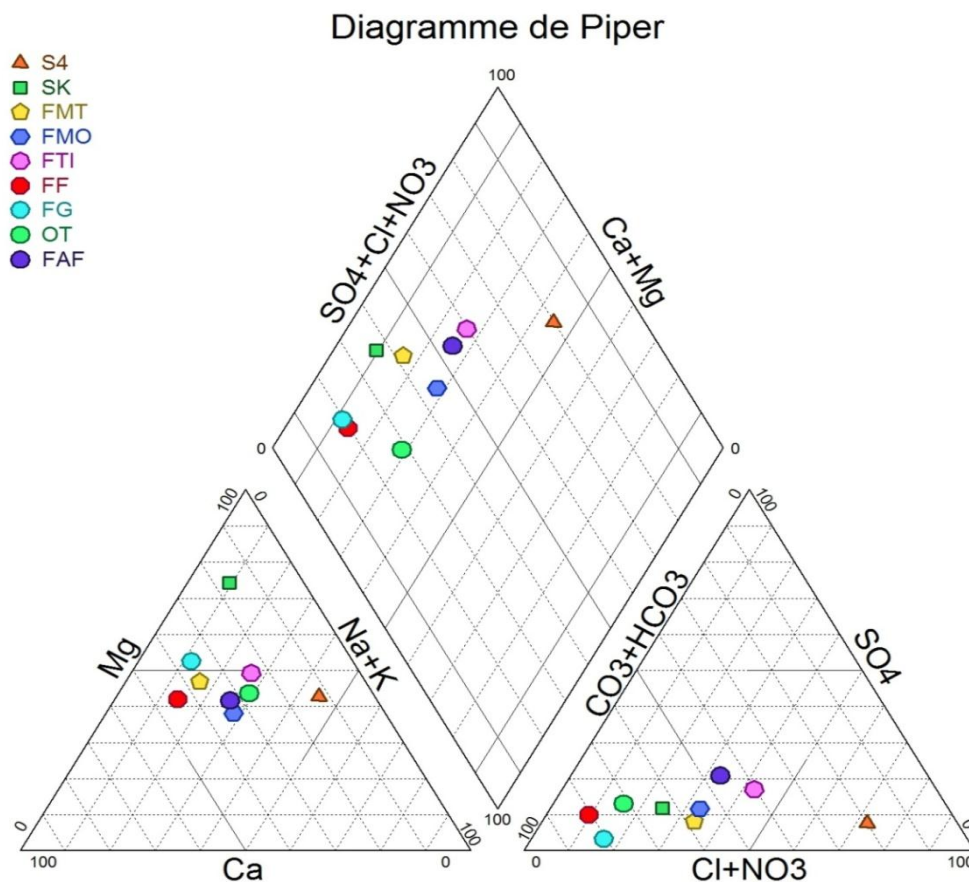


Fig. 23: représentation sur le diagramme de Piper des eaux souterraines de la plaine de Ghriss, (hautes eaux ,2012/2013)

- **En 2012/2013 (figure 23)** les eaux des forage ,Sidi Kada Matamore et Maoussa et froha et ghrisse et oued taria montre faciès bicarbonate calcique et magnésien qui prédominant pour plus de 67% des échantillons prélevés, cependant les bicarbonate sont prédominants pour les anion.

En revanche les forages Tizi et Tighennifet aine fken montre faciès chloruré et sulfate calcique et magnésien qui prédomine pour plus de 33% des échantillons prélevés cependant les chlorures sont prédomines pour les anions.

V-6.7. Interprétation des cartes d'aptitude a l'irrigation : et du degré du risque a l'usage) .

Pour suivre l'évolution des éléments chimiques dans l'espace à travers la plaine de Ghriss, nous avons tracé des cartes d'aptitude à l'irrigation indiquant le degré de risque de chaque paramètre

L'ensemble de ces cartes ont été établie grâce au logiciel « Surfer version 08 ».

V.6.7.1-Ions phytotoxiques :

Les ions toxiques les plus communs dans les eaux d'égouts sont les chlorures et le sodium sont habituellement absorbés par les racines. Lorsque l'absorption se fait par les feuilles le taux d'accumulation est plus grand. L'absorption directe se produit habituellement dans des systèmes d'irrigation par arrosage dans des conditions de faible humidité et de hautes températures ce qui est le cas pour notre zone d'étude. La convenance de concentration de ces anions dépend du type de récolte, de l'état de Croissance, de la concentration en ions, du climat et de l'état des sols

V.6.7.1.1.Les chlorures :

Tableau 14: Degré de restriction a l'usage pour les chlorures (FAO ,1989)

Risque	teneur en chlorures (meq /l)
Nul	< 4
Léger à Modéré	4 – 10
Sévère	> 10

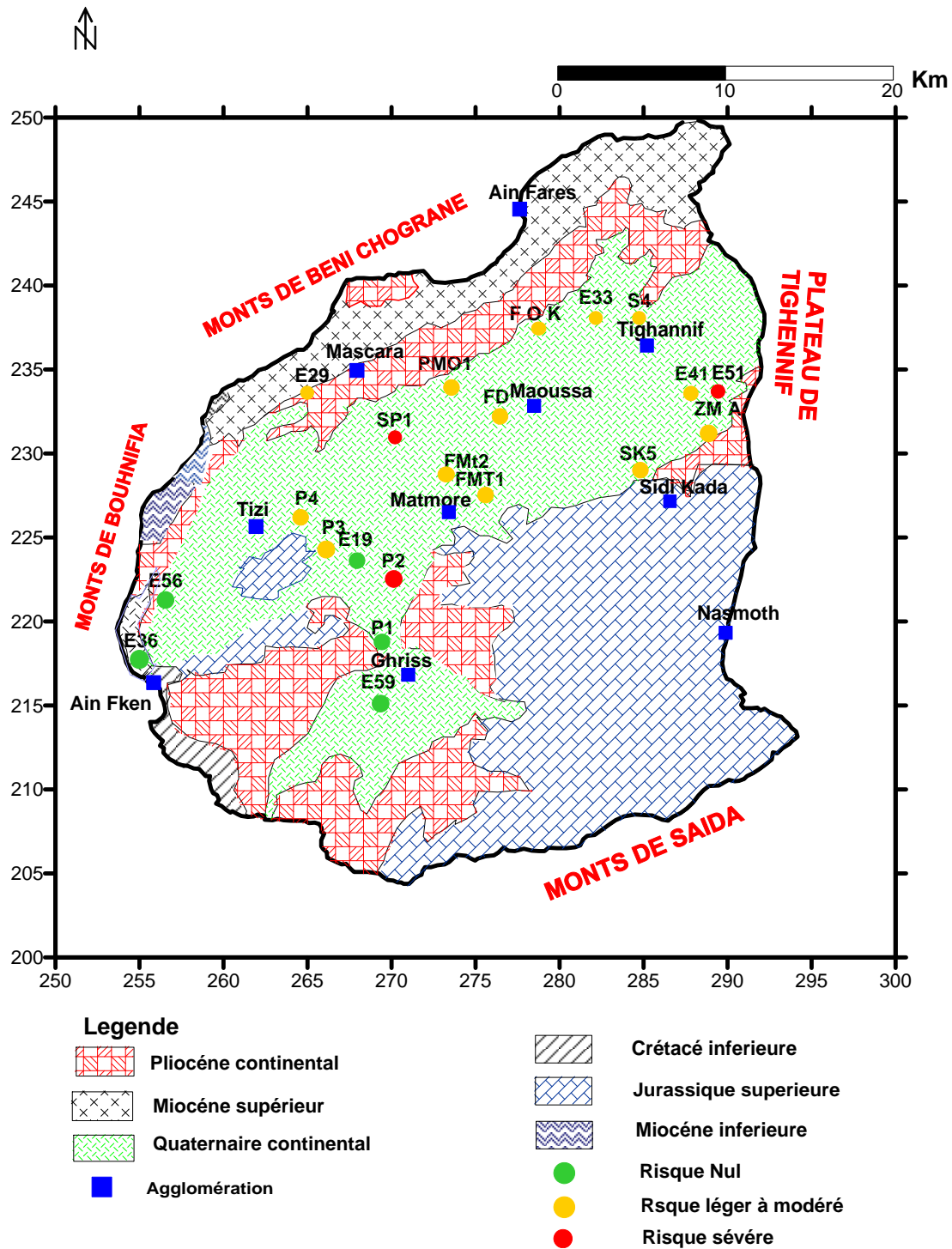


FIG. 24: carte Du de degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriess pour la chlorures [hautes eaux , 2009]

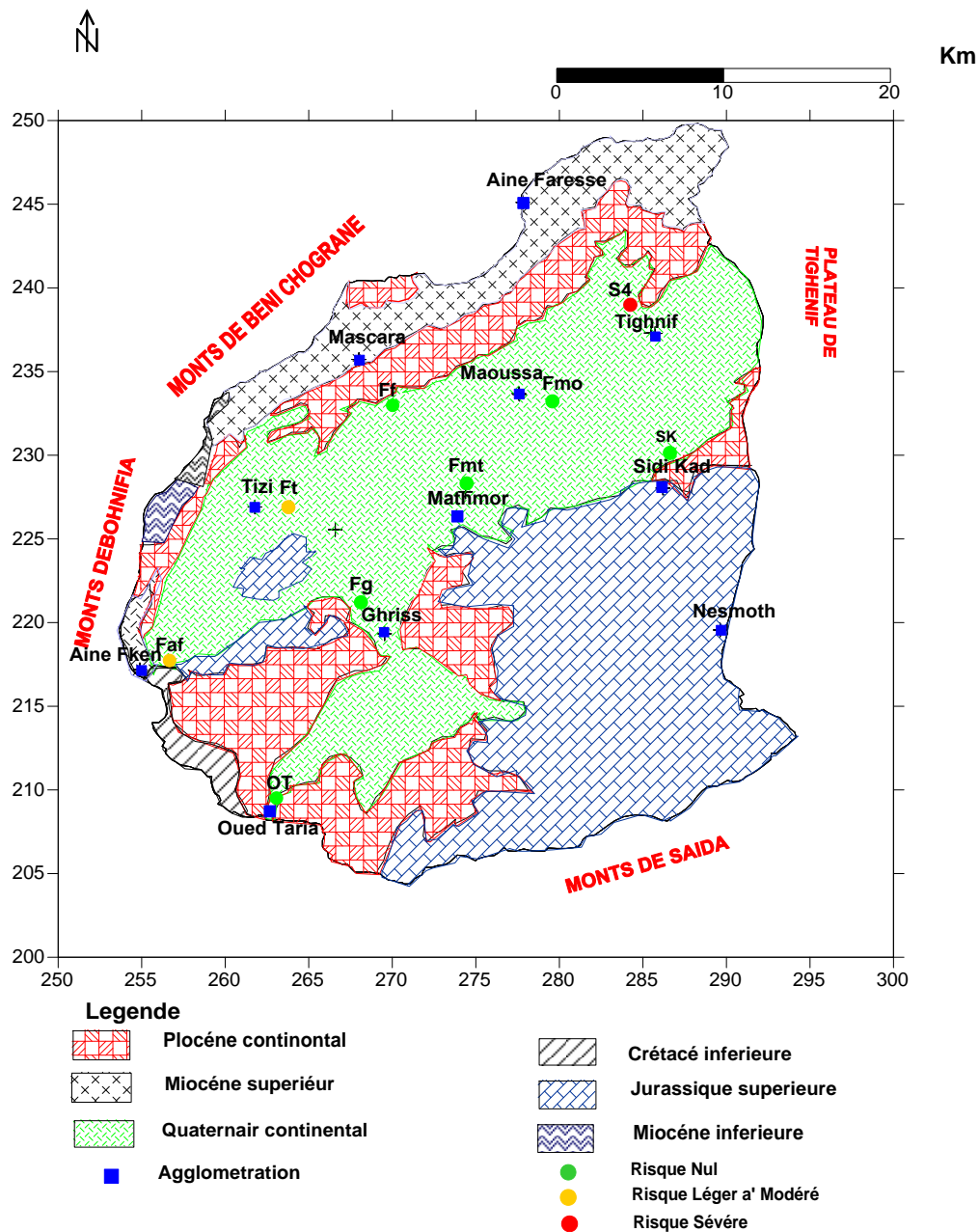


FIG. 25: Carte du degré de restriction à l’usage des eaux souterraines de la plaine de Ghriess pour les chlorures [hautes eaux , 2012/2013]

1) - Hautes Eaux , (2009) :

La similitude entre la répartition spatiale du degré du risque entre les chlorures et le sodium, renforce l’hypothèse de la dissolution évaporitique riche en sels (NaCl)

2) - Hautes Eaux , (2012/2013) :

D'après la figure **V.16**, on observe que la majorité des points d'eau montrent un degrés de risque nul , sauf les points d'eau (S4, Ft) où le risque d'usage et légers et modères et forage (S4) où le risque d'usage et sévère.

V.6.7.1.2.Le Sodium :**Tableau 15: Degré de restriction a l'usage pour le sodium (FAO ,1989)**

Risque teneur en sodium (meq/l)	teneur en sodium (meq/l)
Nul	< 3
Léger à Modéré	3 – 9
Sévère	> 9

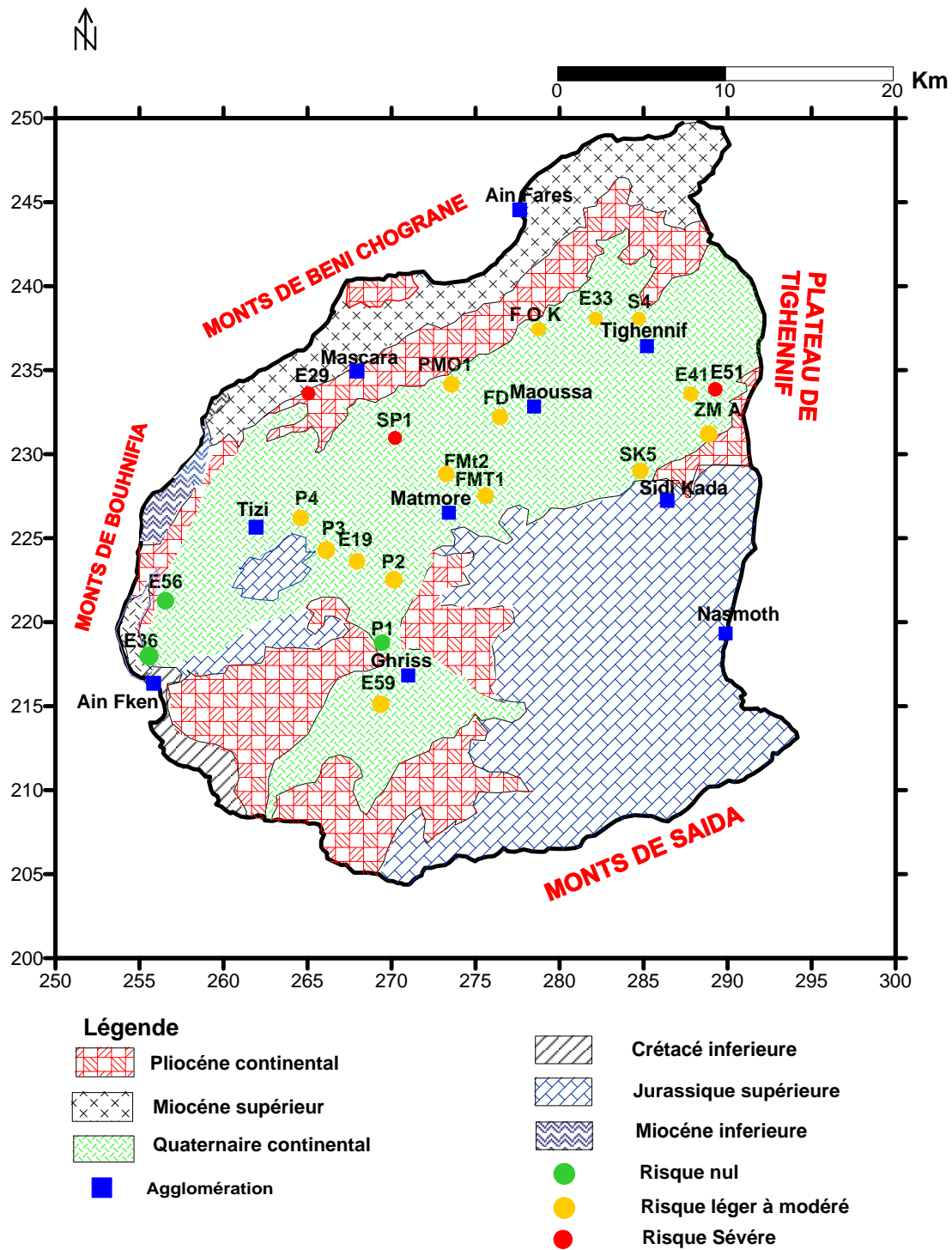


FIG 26: Carte du degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plain de Ghriess pour le sodium [hautes eaux , 2009]

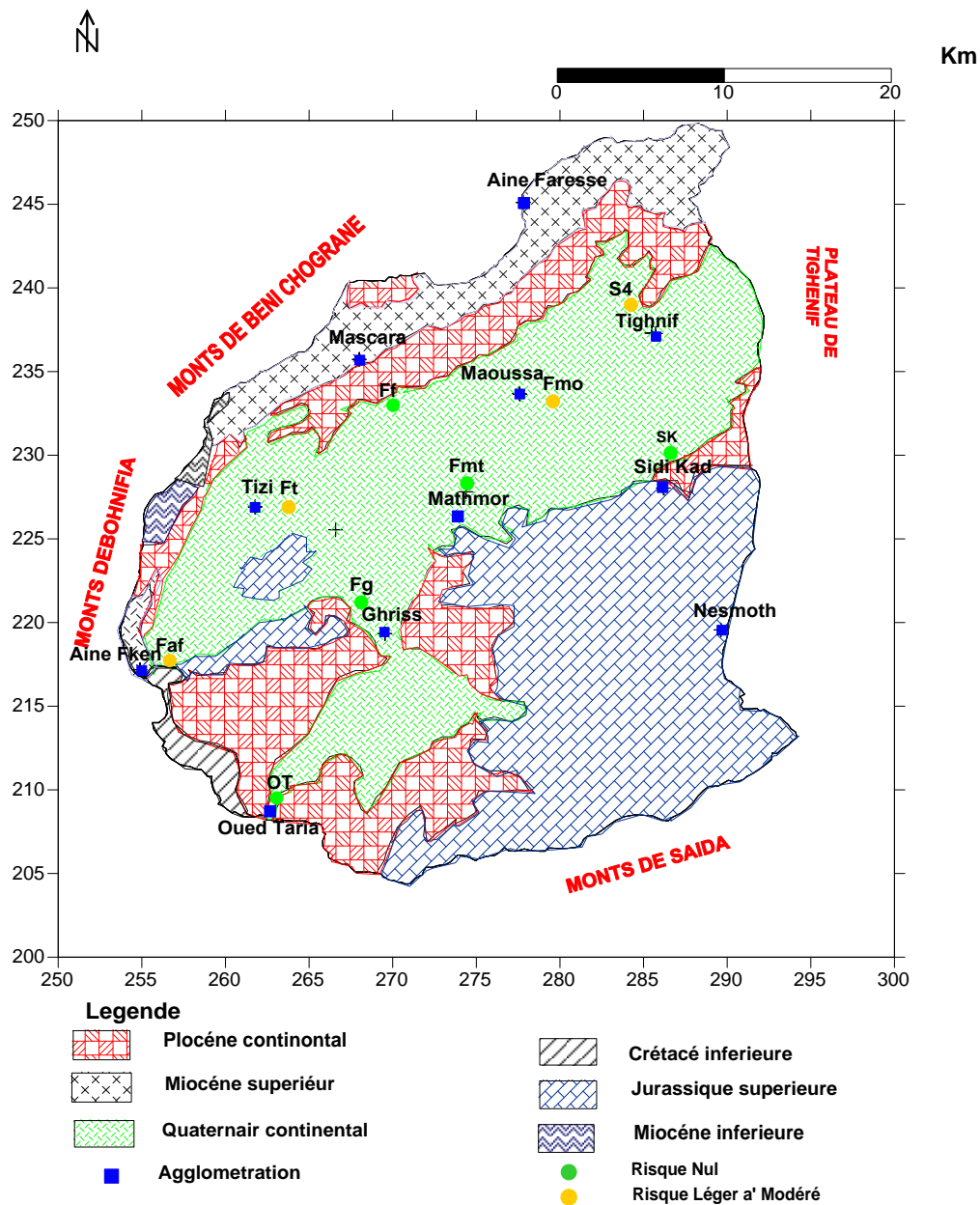


FIG. 27: Carte du degré de restriction a l’usage des eaux souterrain de la plain de Ghriiss pour le sodium [hautes eaux , 201/2013]

1)- Hautes Eaux,(2009) :

D’après la figure 26, on observe que la majorité des points d’eau montrent un degré de risque léger a modéré , sauf les point d’eau (E51, SP1 et E29) où le risque d’usage et sévère.

2) - Hautes Eaux , (2012/2013) :

Par contre d'après la fig. 27 on note que tout les points sont en générale entre le risque nul, et risque léger à modérer.

V.6.7.1.3.les sulfates:

Tableau 16: Degré de restriction a l'usage pour le sulfates: (Biczok (1972).)

Risque teneur en sulfate (meq/l)	teneur en sulfates (mg/l)
Nul	< 200
Léger à Modéré	200 – 600
Sévère	> 600

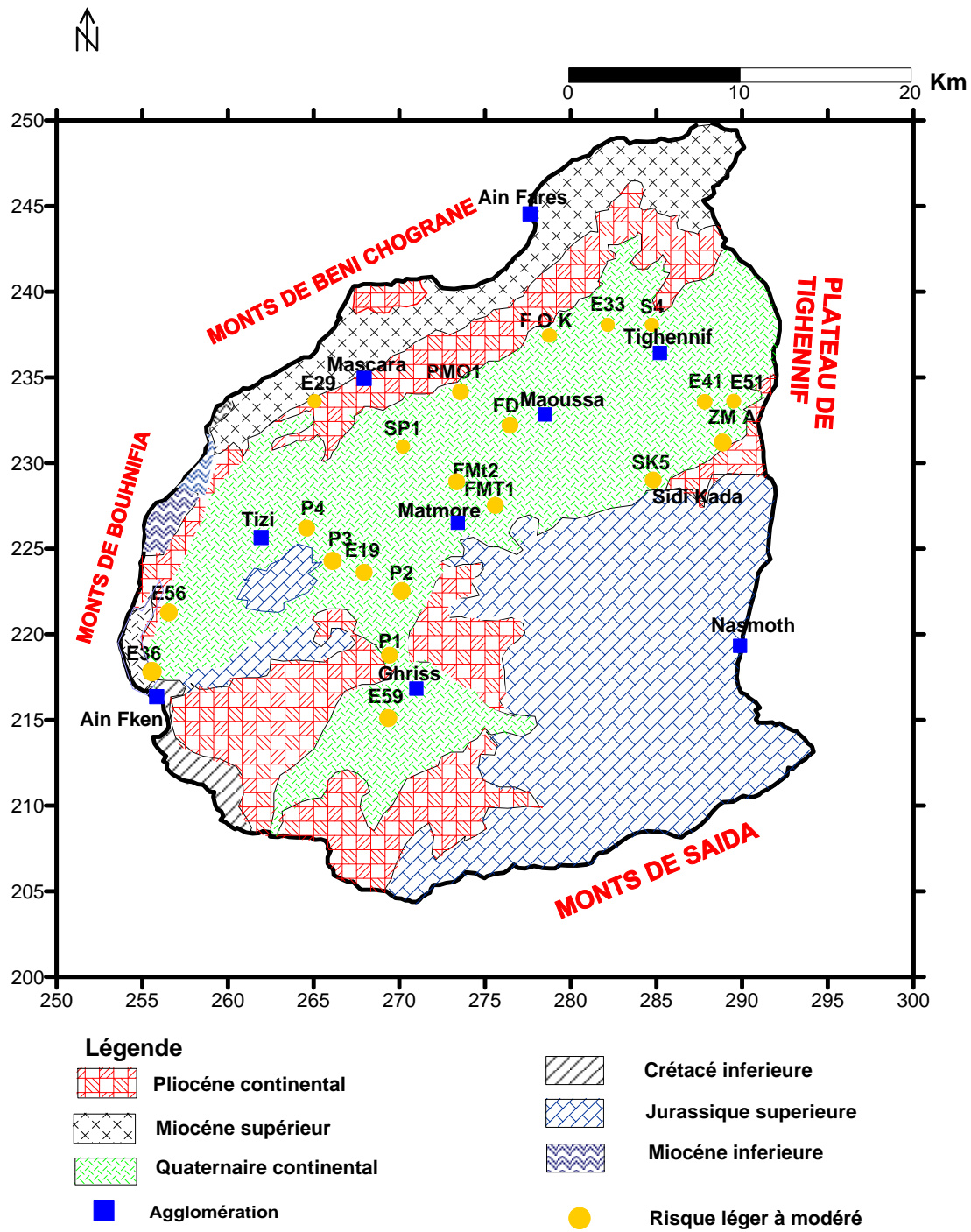


FIG 28 : Carte du de degré de restriction à l’usage des eaux souterraines de la plaine de Ghriiss pour les sulfates [hautes eaux ,2009]

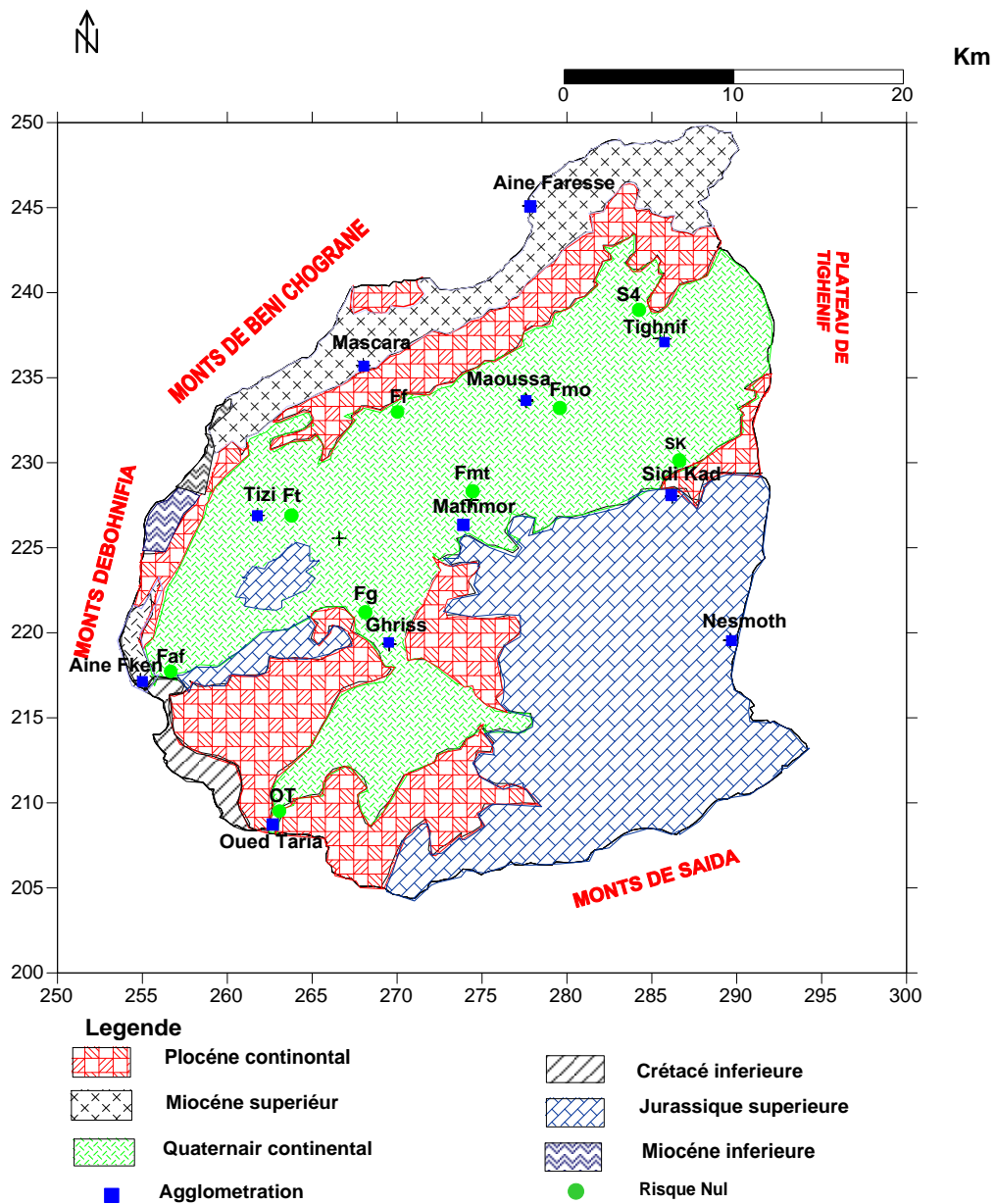


FIG. 29 : carte Du de degré de restriction à l'usage des eaux souterraines de la plaine de Ghriess pour les sulfates [hautes eaux ,2012/2013]

1) - Hautes Eaux , (2009) :

D'après la figure 28, on note que les eaux de la plaine sont a risque faible(léger et modère).

2) - Hautes Eaux , (2012/2013) :

D'après la figure 29. on note que les eaux de la plaine sont a risque faible (risque nul).

V-6-7.1.4. Les bicarbonates:

Tableau 17 : Degré de restriction a l'usage pour le bicarbonate (FAO ,1989)

Risque	Bicarbonates (meq/l)
Nul	< 1.5
Léger à Modéré	1.5 – 8.5
Sévère	> 8.5

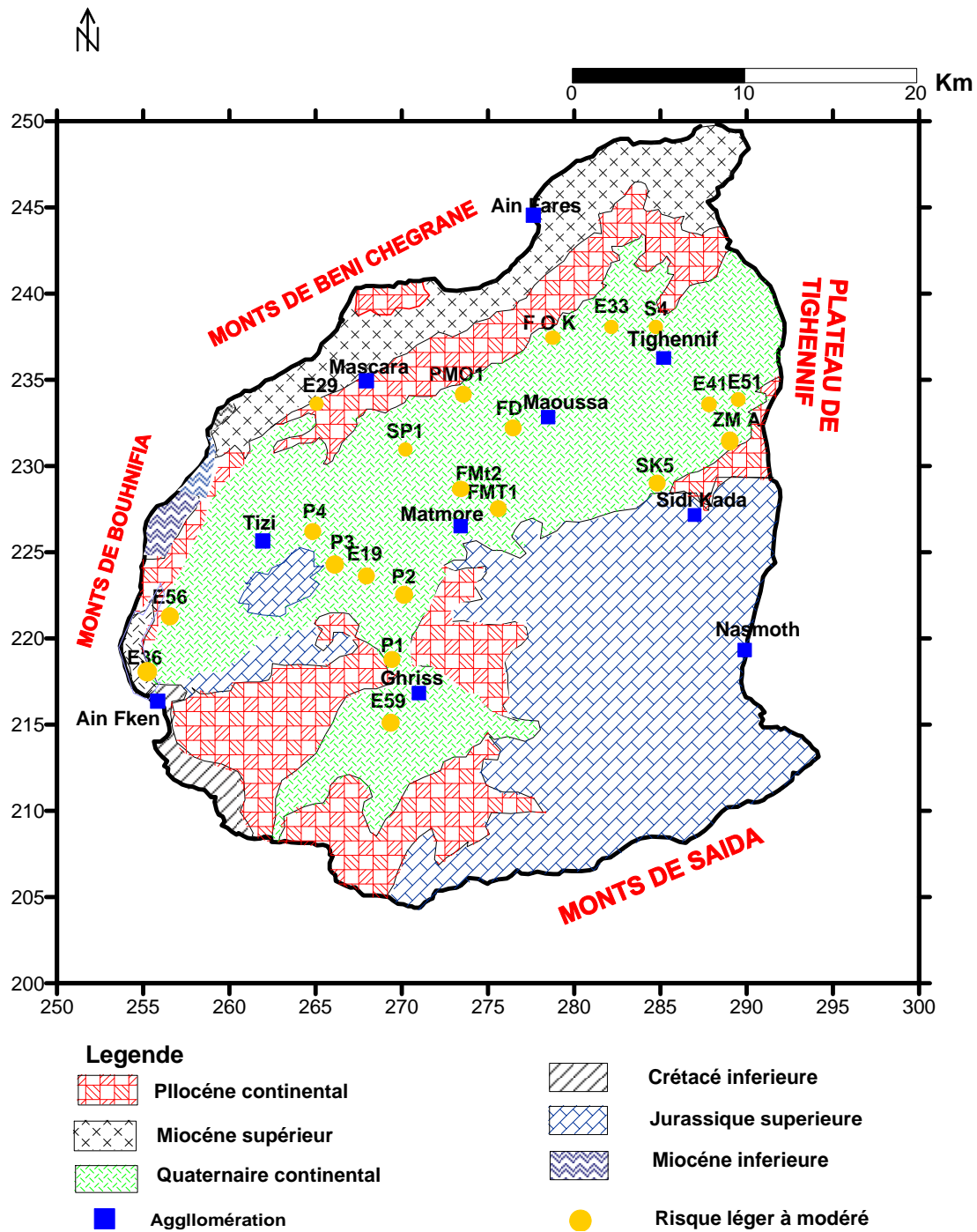


FIG. 30: carte Du de degré de restriction a l’usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriiss pour les bicarbonates [hautes eaux ,2009]

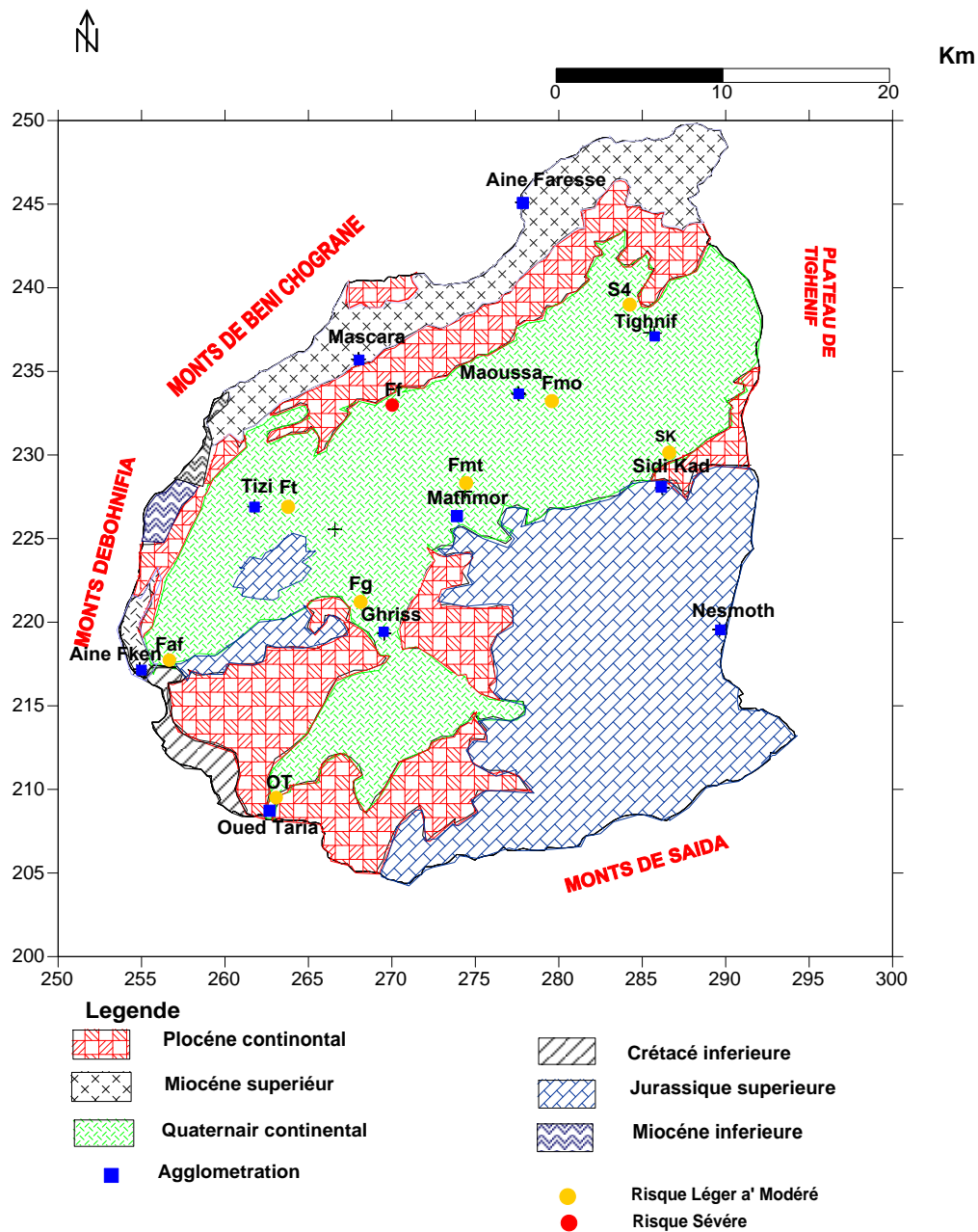


FIG. 31: carte Du de degré de restriction à l’usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour les bicarbonates [hautes eaux ,2012/2013]

1) - Hautes Eaux , (2009) :

D’après la figure 30- on observe que la majorité des points d’eau représenté un risque léger a modéré .

2) - Hautes Eaux , (2012/2013) :

D'après la figure 31- on observe que la majorité des points d'eau représenté un risque léger a modéré sauf le forage (S4) en présent un risque sèvre.

V-6-7-1.5.Les nitrates:

Tableau 18 : Degré de restriction a l'usage pour le nitrate (FAO ,2009)

Risque	Nitrate (meq/l)
Nul	< 0.080
Modéré	0.080 – 0.4
Sévère	> 0.4

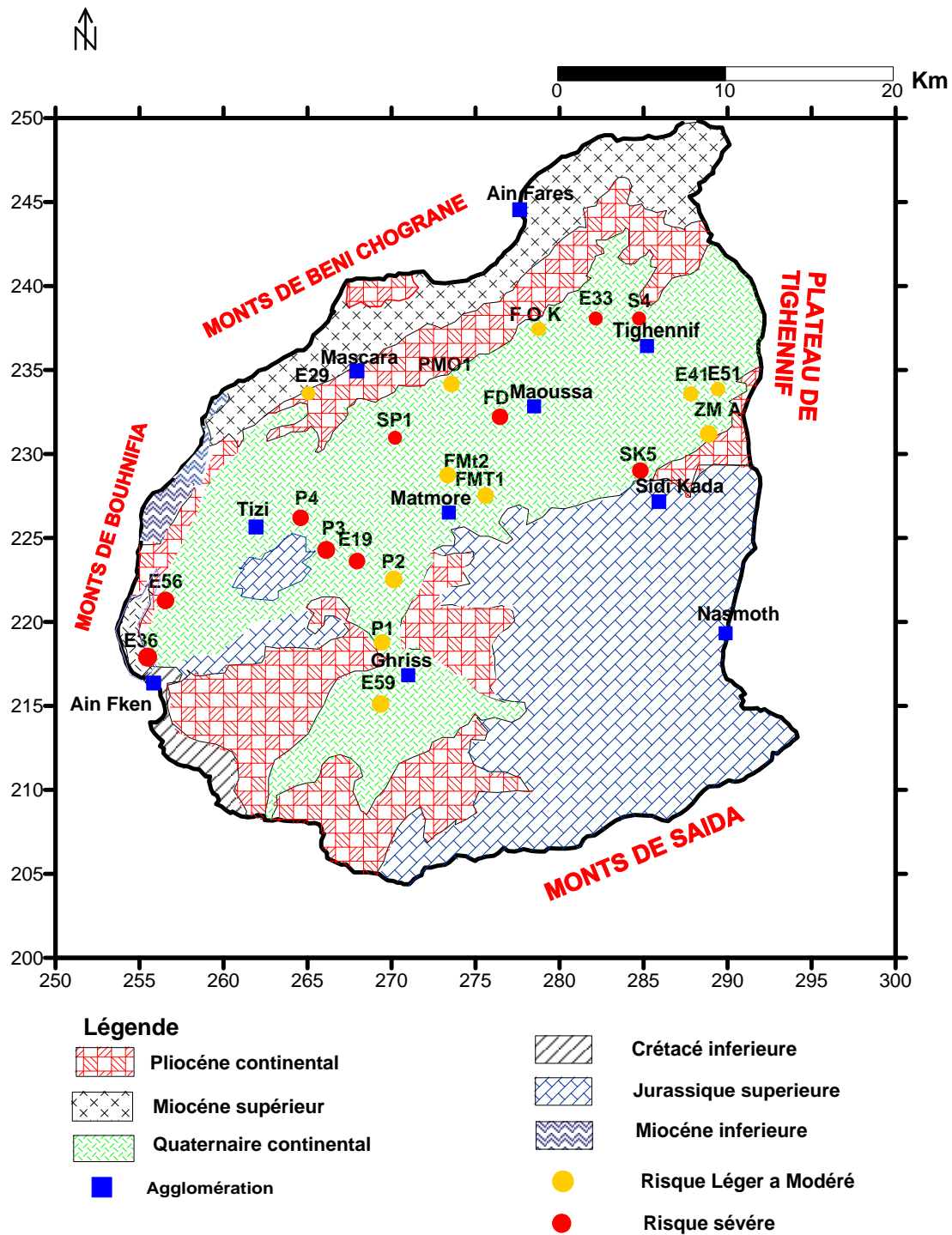


Fig. 32 : Carte du de degré de restriction à l’usage des eaux souterraines de la plaine de Ghriiss pour les nitrates [hautes eaux, 2009]

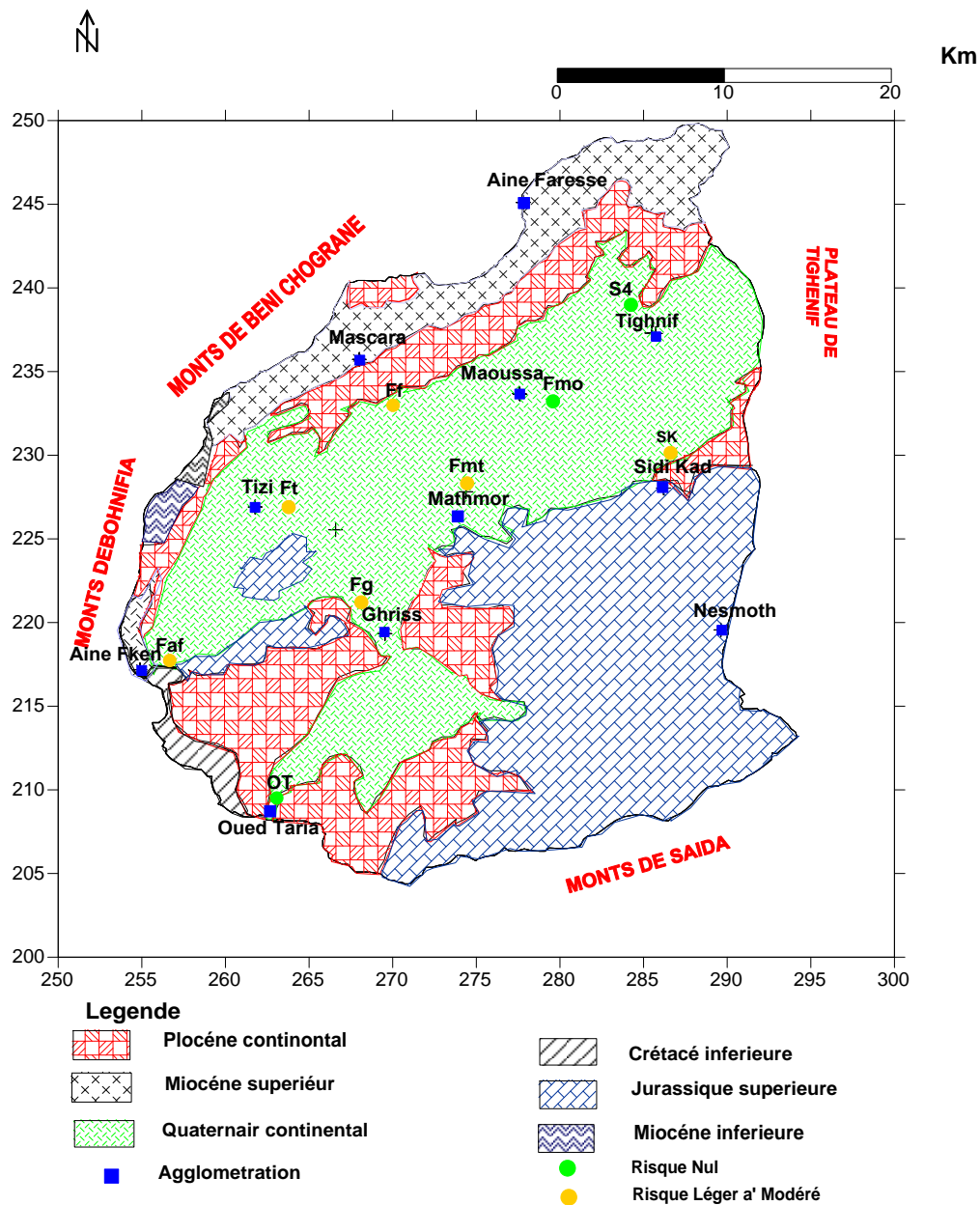


Fig. 33 : Carte du degré de restriction à l’usage des eaux souterraines de la plaine de Ghriss pour les nitrates [hautes eaux, 2012/013]

1) - Hautes Eaux , (2009) :

D’après la figure 32 Les risque sévère de l’usage de ces eaux sont répartir dans les forages et puits ces teneurs élevées sont due à l’usage des engrais chimique dans les terres agricoles,

2) - **Hautes Eaux** , (2012/2013) :

D'après la figure 33-en observe que la majorité des points d'eau représenté un risque léger a modéré et quelques points (S4 ,Fmo, Ot8) un risque nul .

Les eaux de l'aquifère de Ghriss représentent un risque léger une fois utilisées à l'irrigation, et cela pour la plupart des points d'eau.

V.6.7.1.6. la salinité

Tableau 19: Degré de restriction a l'usage pour la conductivité (FAO ,1989

Risque	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Nul	< 750
Léger	750-1500
Modéré	1500-3000
Sévère	>3000

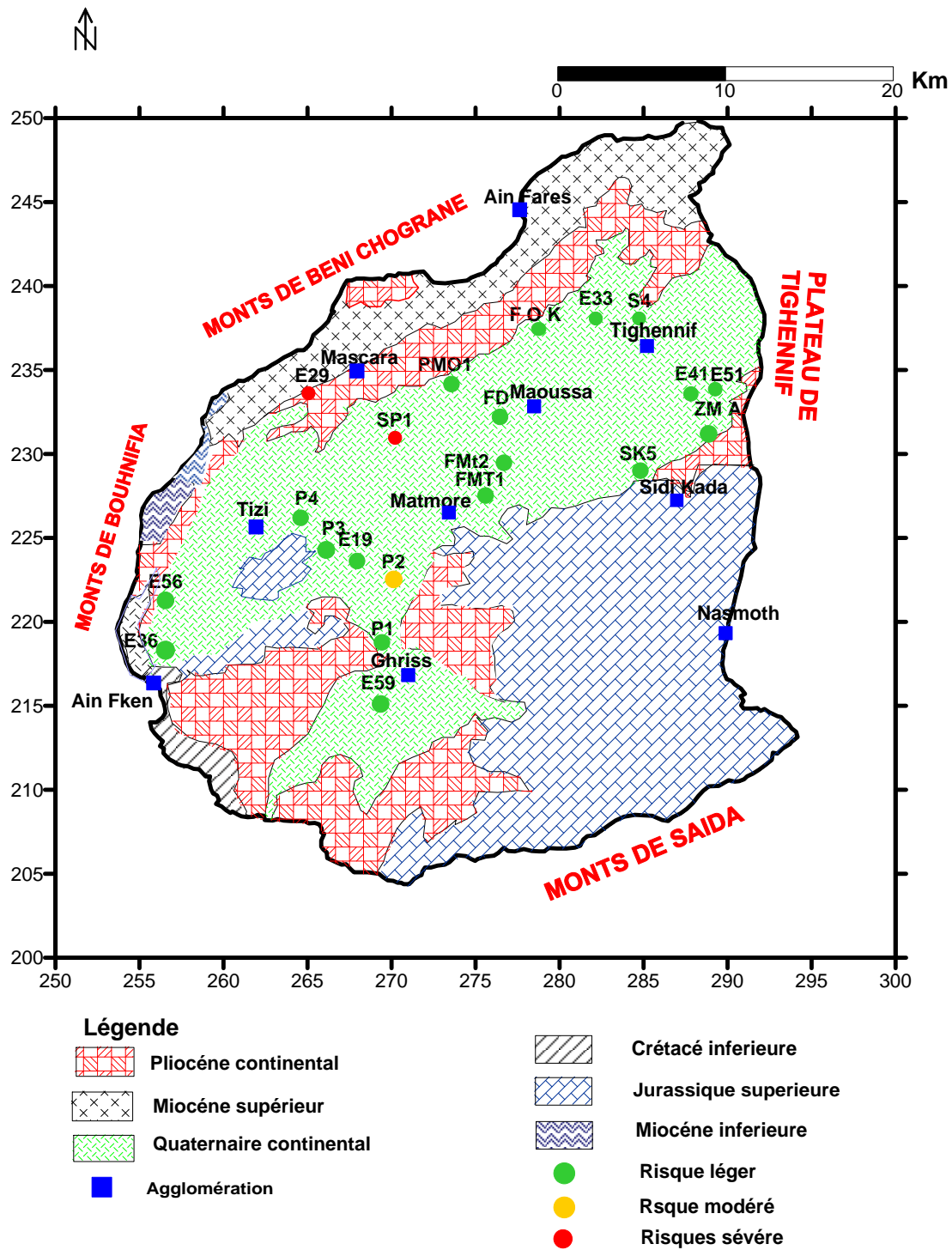


FIG 34: carte Du de degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la salinité [hautes eaux, 2009]

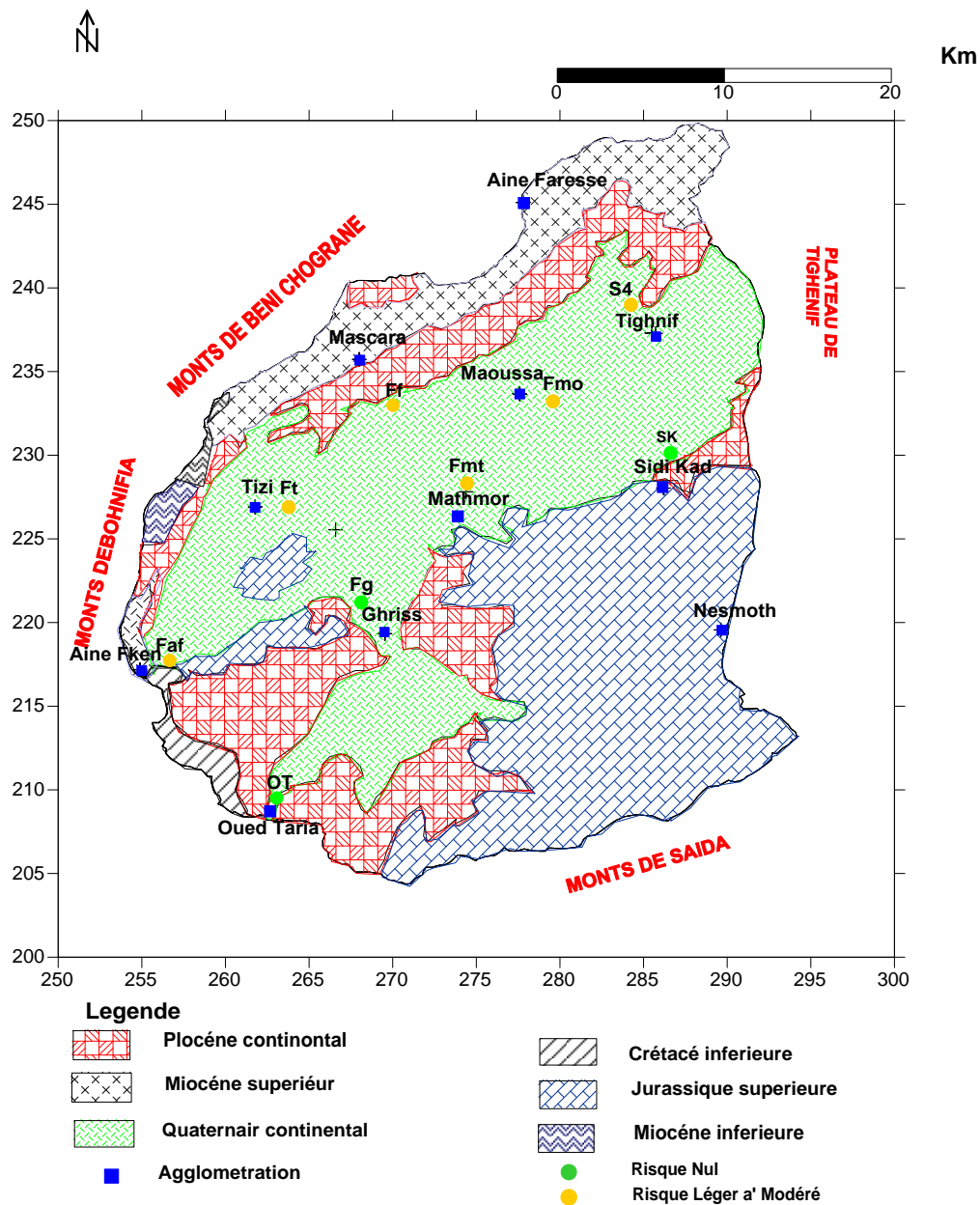


FIG. 35: carte Du de degré de restriction à l’usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriss pour la salinité [hautes eaux, 2012/013]

1)- Hautes Eaux,(2009) :

La fig. 34, que représente la répartition spatiale du risque de salinité on conclue que ces eaux sont risque nul, sauf pour le forage E29,Sp1 où le salinité est élevée, ce que pose problème pour l’usage de ce forage pour l’irrigation.

2) - Hautes Eaux , (2012/2013) :

Par contre d'après la fig. 35 on note que tout les points sont en générale entre le risque nul, et risque léger à modérer.

V-6-7-1.7. Le SAR

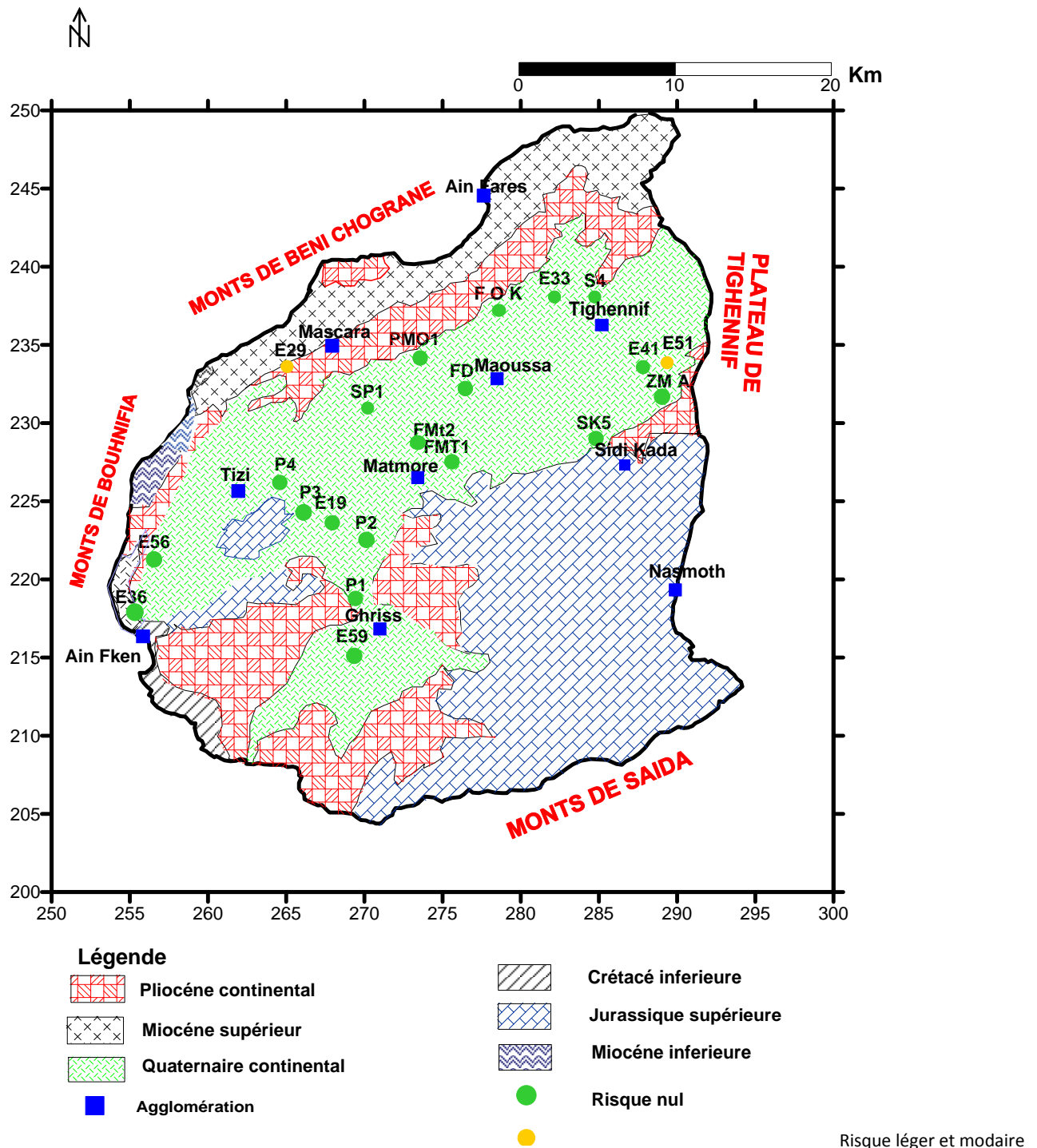


FIG. 36 Carte Du de degré de restriction a l'usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriiss pour la SAR [hautes eaux, 2009]

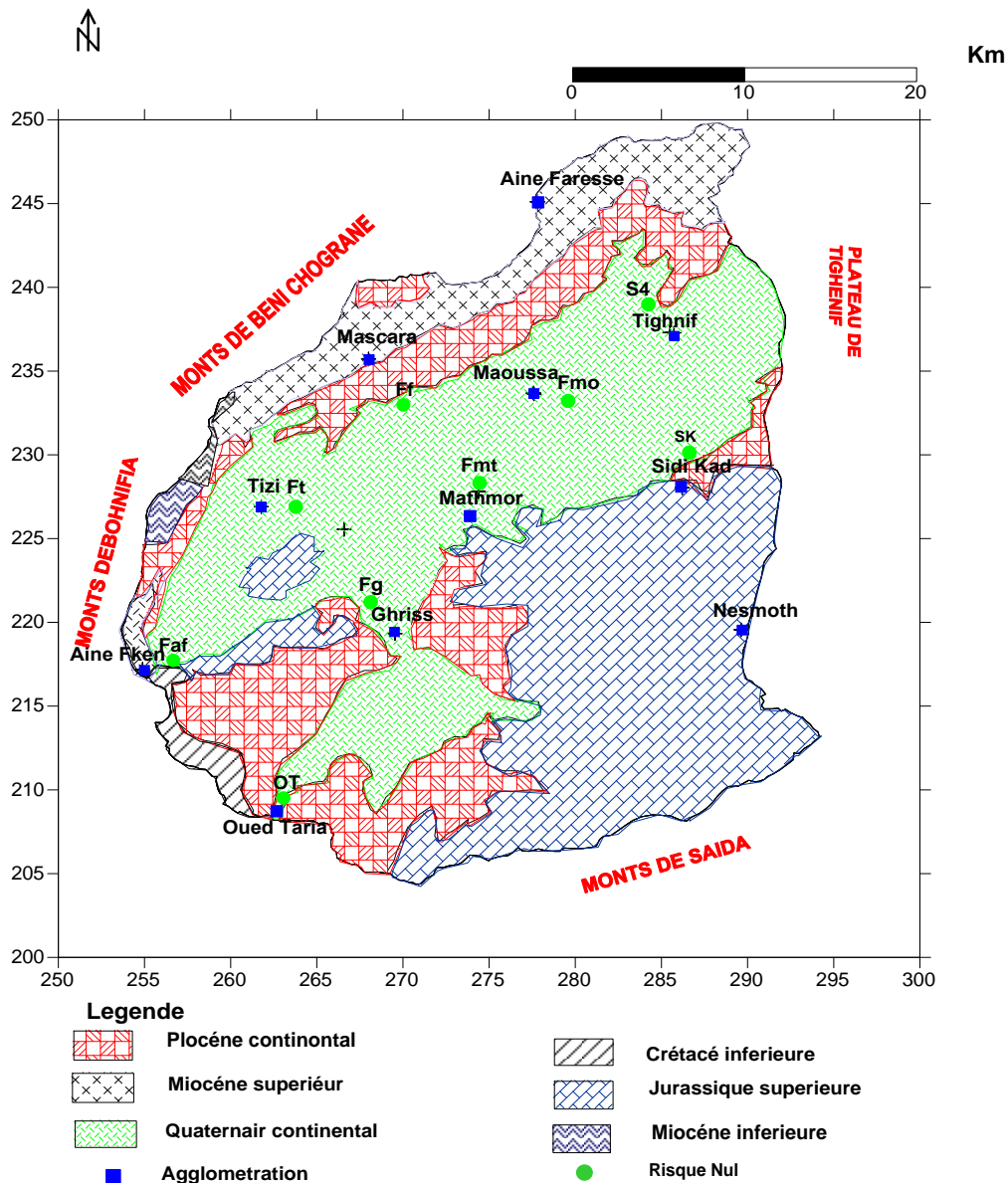


FIG. 37 Carte Du de degré de restriction a l’usage des eaux souterrain de la plaine de Ghriiss pour la SAR [hautes eaux, 2012/013]

1)- Hautes Eaux,(2009) :

La fig. 36, que représente la répartition spatiale du risque d’alcalinité on conclue que ces eaux sont risque nul, sauf pour le forage E51 a Sidi Kada où le SAR est élevée, ce que pose problème pour l’usage de ce forage pour l’irrigation.

2)- Hautes Eaux, 2012/2013 :

La fig. 37, qui représente la répartition spatiale du risque d’alcalinité montre que le risque dans tous points est nul.

CONCLUSION:

D'après les résultats d'analyse des eaux (2009), le facies chloruré et sulfaté calcique et magnésien caractérise la plupart des eaux souterraines de la plaine de Ghriss dont l'origine est la dissolution des formations évaporitiques salées et carbonatée. Au contraire les analyses 2012/2013 révèlent un facies bicarbonaté et sulfaté calcique et magnésien caractérise la plupart des eaux souterraines de la plaine de Ghriss dont l'origine est la dissolution des calcaires.

La plupart des points d'eau, montre des classes d'irrigation à eau admissible avec un risque d'alcalinisation faible toute fois la salinité est élevée.

D'une manière générale les cartes de répartition spatiales de risque signalent que les eaux de la plaine de ghriss gardent son aptitude admissible entre un risque nul où léger à modérer durant toute cette période de notre étude.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Ce présent travail sur la plaine de Ghriiss (W. de Mascara) rentre dans le cadre d'un éventuel aménagement hydro-agricole et a pour objectif la détermination des eaux aptes à l'irrigation. Cependant, nous avons essayé de réunir les conditions hydroclimatiques, géologiques et pédologiques des sols et les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe superficielle dans notre secteur d'étude afin de mieux coordonner entre elles pour comprendre le phénomène de la salinité et de proposer par la suite les solutions idéales.

Il faut souligner que la région est à vocation agricole et une meilleure connaissance des caractéristiques physico-chimiques des sols de la plaine permettra l'introduction de nouvelles cultures et l'augmentation des rendements des spéculations traditionnelles.

L'étude hydro chimique nous a permis de toucher directement aux problèmes de la salinité et d'apprendre les méthodes qui doivent être appliquées afin de garantir un rendement constant.

En effet, la cartographie de la nappe superficielle de la plaine , nous amène à conclure : que la salinité augmente dans le centre et le Nord , ainsi que les répartitions des différents éléments dépendent du faciès géologique des formations aquifères et des zones d'alimentation.

Enfin, nous proposons de surveiller l'utilisation illicite des eaux souterraines (fermeture des puits non autorisés) et encourager et subventionner l'introduction des systèmes d'irrigation économiques.

Nous lançons un appel aux autorités de faire des programmes de sensibilisation pour les agriculteurs et inculquer à l'usage que les ressources disponibles pourraient être utilisées plus rationnellement par la réduction de la contamination, par la réparation et entretien des réseaux, par le recyclage et la récupération des eaux usées, par

l'usage parcimonieux, par une culture moins exigeante en eau et le développement des cultures plus tolérantes à la salinité.

L'eau et notamment l'eau souterraine est une richesse qui devrait être considérée comme une véritable richesse, elle doit être représentée et protégée de la surexploitation et de la pollution.

Annexe

Tableau I: répartition de la précipitation annuelle (1990-2008)

	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1990	67,5	0	13,2	40,6	30,9	2,4	14,4	1,4	8,3	21,4	42,7	32
1991	26,6	49,7	136,6	5,9	8,8	5,8	4	4,3	6,9	12,3	37,6	16,4
1992	29,7	16,7	67,1	36,9	39	16,9	0,8	0,2	3,6	16,8	24	13,6
1993	0,6	33,3	12,7	55,6	30,2	NT	NT	4,3	20,5	38,7	34,7	17,7
1994	30,1	62,4	0,1	21,2	4,5	NT	NT	2,1	15,7	73,1	30,9	12,2
1995	29,4	14,3	75,9	13,8	0,4	9,5	NT	9,6	22	32,9	25,5	81,6
1996	58,8	86,4	39,2	40,9	21,4	5,3	4,8	10	16,2	12,8	15,7	33,1
1997	41,2	1,6	NT	66,9	9,2	0,5	0,2	21,5	22,7	33,5	73,4	35,6
1998	13,4	33,2	6,6	29,8	43,8	NT	NT	5,6	1,6	15,4	9,3	43,2
1999	30	35,8	50,3	NT	5,8	0,3	NT	5,7	39,3	31,8	38,4	75,3
2000	NT	NT	4,9	8,7	18	NT	0,2	7,3	28,4	48	90	14,5
2001	49,8	44,5	4,4	13,7	29	NT	0,3	0	14,5	15	100,2	21,4
2002	2,6	0,8	26,3	33,5	45,4	NT	NT	11,7	NT	17,4	80,2	12,2
2003	66,7	53,9	14,3	49,5	13,9	3,6	0	13,9	18	33,9	27	60,1
2004	17,3	39,5	11,4	19,2	84,3	8,5	3,3	2,4	14,7	45,7	56,7	77,6
2005	26,7	30,7	20,6	2,1	0,7	1,9	1,8	NT	13	37,5	78,4	15,8
2006	113,7	47,1	13,5	11,4	49,9	5,8	1,7	NT	6,5	2,7	5,9	93,3
2007	43,6	44,3	66,8	57,7	11	NT	0,3	0,7	25,9	88,7	44,8	14,9
2008	20,8	18	29,2	14,6	40,9	3	10,8	0,4	46,4	44,1	63,7	85
	37,138889	34,011111	32,95	29	25,636842	5,2916667	3,2769231	5,71875	18	33,572222	46,268421	41,0944 44

Source : station météo Matemore mascara, 2008.

Tableau II : Répartition annuelle des températures moyennes (en 1990-2008)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU T	SEP	OCT	NOV	DEC
1990	8,2	11,8	13,7	13,3	18,2	24	26,7	26,3	25,7	17,7	12,3	8,3
1992	7,2	8,9	10,5	13,6	18	18,6	25,1	26,7	23,2	16,2	11,8	9,8
1994	7,9	9,3	13,3	12,8	19,6	23,6	29,1	29,1	21,6	18,2	13,2	8,7
1996	11,3	8,8	11,8	13,6	16,4	22,4	25,8	24,3	19,9	15,8	12,8	11
1998	9,5	10,9	11,7	13,8	16,9	23,9	27,1	27	23,5	16,1	11,9	8
2000	6,4	10,1	12,7	14,8	19,8	24,4	27,2	27,7	22,3	16,3	12,7	11,5
2002	9,7	9,5	14,5	14,2	17,2	25,3	27	27,6	23,2	21,4	11,7	8,9
2004	8,7	9,6	12,4	14,1	18,5	25,7	25	24,7	21,8	18,4	13	11,6
2006	8,3	8,9	12,9	14	18,2	26,4	28,6	27,4	22,8	18,7	13,3	9,4
2008	9,4	15	12	15,2	18,4	23,3	27,4	27,8	23,7	19	11,1	8,9
Moyenne	8,66	10,28	12,55	13,94	18,12	23,76	26,9	26,86	22,77	17,78	12,38	9,61

IV : Tableau IV :

x	y	nom	H
262,298	227,92	P tizi 1	562
262,17	225,61	P tizi 2	411
258,48	227,15	P tizi 3	389
271,15	232,79	P kaouir 1	432
268,45	233,3	P kaouir 2	401
270,42	231,89	P kaouir 3	417
276,69	236,12	P maou1	431
279,89	233,3	P maou2	434
274,35	232,66	P maou3	378
273,86	230,35	P Matm 1	373
275,59	226,89	P Matm 2	351
271,52	228,3	P Matm 3	426
286,29	244,97	P Tighnif 1	460
281,25	238,43	P Tighnif 2	514,5
283,17	235,99	P Tighnif 3	322
267,09	238,56	P maskara 1	417
269,06	234,46	P maskara 2	356
263,16	233,7	P maskara 3	413
269,05	215,2	P ghriss 1	426
270,7	222,2	P ghriss 2	396
269,5	218,5	P ghriss 3	322,5
254,7	217,7	P ain fken 1	382
245,9	213,8	P ain fken 2	382
265,2	382	P ain fken 3	380
282,85	230,62	P ainsidi kada 1	695
286,2	224	P ainsidi kada 2	438
290,35	229,3	P ainsidi kada 3	506

X	Y	nom	Ca	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	conductivité	ph
282,01	238,23	E33	65	70	124	4	246	153	246	32	1014	7,9
287,90	233,70	E41	80	59	115	4	217	236	207	19	1098	7,97
284,75	238,05	S4	78	69	115	4	244	140	260	38	1205	8
289,00	233,50	E51	445	245	566	14	2141	215	228	21	1230	8
289,43	231,61	ZM A	90	69	194	4	376	164	282	38	35	7,9
284,52	228,95	SK5	91	80	123	4	314	147	236	63	941	7,56
273,20	234,30	PMO1	69	99	175	4	423	150	249	16	1981	7,42
276,23	232,30	FD	72	79	140	7	270	181	278	32	1486	8,05
278,40	237,25	F O K	52	82	123	3	167	191	382	25	1291	8,12
275,29	227,43	FMT1	39	77	155	6	266	108	288	9	1434	8,15
274,30	228,50	FMt2	57	87	103	2	268	112	296	19	1299	7,95
270,20	230,95	SP1	339	104	295	44	683	184	175	71	4147	8,14
265,12	233,62	E29	103	174	323	4	763	311	350	20	3172	8,43
266,40	224,53	P3	49	86	123	3	275	128	323	32	1255	8,28
264,80	226,30	P4	54	58	116	3	255	142	298	52	1165	7,73
269,32	218,56	P1	37	60	66	5	138	76	266	12	928	7,87
269,95	222,55	P2	148	98	91	5	472	149	174	23	2110	8,18
269,06	215,33	E59	70	70	95	4	96	71	403	23	828	8,1
267,68	223,85	E19	49	79	103	4	70	96	302	34	662	7,76
254,35	217,36	oued ainfka	745	322	574	29	2803	242	233	32	7774	8,15
256,55	221,37	E56	63	69	47	4	120	100	298	29	1052	7,8
254,94	217,83	E36	49	67	30	4	70	96	302	104	891	7,6

Référence bibliographiques

Référence bibliographique

1- A.N.R.H d'Oran (1998-2003) :

Annuaire hydrologiques, piézométriques et hydro chimiques.

2- AZZAZ.H.2001:

Effets des changements climatiques sur les ressources en eau superficielle et souterraine des bassins versant de la haute et moyenne Tafna (Thèse Magistère (C.U.Mascara).

3- AZZOUZ. Ket Boussalah . I 1991:

Notice explicative de la carte de vulnérabilité a la pollution <Tighennif> (Thèse d'ing (U. Oran).

4- Batiot. C. 2002:

Etude expérimentale du cycle du Carbone en région Karstiques (Apport du Carbone Organique et du Carbone minérale a connaissance Hydrogéologique du système (Université d'Avignon) (Thèse Doctorat).

5- Bendadeche. EL 1996:

Contribution a l'étude hydrologique du BVd'Oued Fergoug. (Thèse d'ing. CU de Mascara).

6- Benfatta .H. 1997:

Caractérisation Hydro chimique des eaux des nappes de la plaine de Ghriss (Thèse de Magistère.(C.U Mascara)

7- Ben mechta. S. 2004:

Caractéristiques hydro chimiques et isotopiques de B.V de Tlemcen (Thèse d'ing. C.U Mascara).

8- El Mahi A. 1998:

Protection quantitative et qualitative des eaux de Triplex de Mascara (Thèse d'ing. C.U de Mascara).

9- Emblanch. C. 1997:

Les équilibres chimiques et isotopiques du carbone dans les aquifères

Référence bibliographique

Karstiques Etude en région Méditerranéenne de montagne. (Université d'Avignon)
(Thèse Doctorat).

10- Hattab. S. 1993:

Etablissement d'une carte de vulnérabilité a la pollution de la région de Mascara
(Thèse d'ing. C.U de Mascara).

11- Khouane. H. 1982:

Etude hydrogéologique du B.V de Hachern (Thèse d'ing. U d'Oran).

12-Puig.J.M.1987:

Le Système Karstique de la fontaine de Vaucluse (Université d'Avignon) -Thèse
Doctorat-.

13- Rezak .S. 2001:

Contribution a l'étude de la qualité chimique des eaux souterraines de la plaine de
Ghriss (Thèse de magister. -U. d'Oran-).

14- Souriceau B. 1972:

Etudes hydrogéologiques de la plaine de Ghriss (DEMRH. D'Oran)

15- Classification des sols utilisée par l'ANRH – Avril 1968

16- DUCHAUFOR.P Précis de Pédologie – Maison éditeur Paris, 1970

17- BEMH Etude hydrodynamique des sils de la plaine de Ghriss au
1/20 000 (W.Mascara) B.M.E.H 2002.

18- G.GAUCHER Traité de pédologie agricole – le sol Dunod Paris 1968

19- H.HAMMOUM - M.DJERABA. étude agro pédologique au 1/20.000ème
de la plaine de Ghriss (W.Mascara) ANRH 1995

20- JEAN ROBERT TIERCELIN – traité d'irrigation PARIS, 11 RUE
Lavoisier

- Légende des cartes pédologiques utilisées par la section agro pédologique du
S.E.S (ANRH) –Août 1969

RESUME

L'agriculture irriguée rencontre de nos jours de nouveaux problèmes tels que le risque de salinité qui peut être apprécié par la conductivité électrique (CE) et celui de l'alcalinisation des sols, cette dernière due aux échanges ioniques, concerne surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol; il est évalué par le coefficient d'absorption du sodium (SAR).

Le présent travail, offre des cartes pratique d'aptitude a l'irrigation pour différents paramètres très influents sur les sols, les plantes, le matériels d'irrigation et sur l'environnement, au niveau de la plaine de Ghriss Wilaya de Mascara.ces cartes pourront être utilisées par les agriculteurs et les décideurs cependant, la carte piézométrique dressée pour l'année 2009, permettra de sélection les zones favorables des puits ou forages destinés a l'irrigation.

Les mots clés: L'agriculture irriguée, risque de salinité, plaine de Ghriss, aptitude a l'irrigation

الملخص

تعرف الزراعة المسقية في يومنا هذا مشاكل جديدة مثل خطر الملوحة والمرتبطة بالناقلية الكهربائية والمتعلقة بقلوية التربة، هذه الأخيرة ناتجة عن تبادل الأيونات خاصة الصوديوم، الكالسيوم والمغنيزيوم بين الماء والطين المتواجدة بالتربة، يتم تقديرها بمعامل امتصاص الصوديوم (SAR) يوفر هذا النشاط العملي بطاقات الاستعداد للسقي لمختلف المعايير الأكثر تأثيرا؛ على التربة والنباتات و معدات الري والبيئة ، في سهل غريس ولاية معسكر .هذه البطاقات يمكن أن تستخدم من قبل المزارعين و صناع القرار، ومع ذلك فإن خريطة (piezometric) المنجزة في عام 2009 ، ستسمح باختيار المناطق الملائمة لحفر الآبار الموجهة للسقي .

الكلمات المفتاحية: الزراعة المسقية، خطر الملوحة، سهل غريس، الاستعداد للسقي.