



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar El Oued

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique et de Génie Civil

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique

Option: Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement

THEME

Qualité des eaux souterraines de l'aquifère d'El-Ghrous
(Wilaya de Biskra)

Présenté par:

- M. Abdelfattah MOUSSAOUI
- M. Youcef BOUGUETTAYA

Devant le jury composé de:

M. Abdelkader OUKOUAK	Examineur	Université d'El Oued
Mme. Fattoum BOUCHEMAL	Examineur	Université d'El Oued
M. Oussama KHELIEL	Encadreur	Université d'El Oued

Promotion: Juin /Octobre 2016

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire et en particulier :

M. Oussama KHELIEL, Magister à l'université d'El Oued, qui a accepté de diriger ce travail, je lui exprime mon profond respect.

M. Abdelkader OUKOUAK Docteur à l'université d'El Oued qui a accepté de juger ce travail et de le préciser. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude.

Mme. Fattoum BOUCHEMAL Docteur à l'université d'El Oued qui a accepté de juger ce travail et de le préciser. Je lui exprime mon profond respect.

Il m'est également très agréable de remercier l'ensemble de mes amis pour l'aide qu'ils m'ont apporté.

Mes plus vifs remerciements vont plus particulièrement à mes chers parents et frères et sœurs qui ont supporté mes préoccupations et mon stress, je leur dédie ce mémoire.

Résumé

La région d'El-Ghrous dans la wilaya de Biskra connu une forte dynamique agricole s'appuyant sur ses potentialités naturelles (hydriques, climatiques, édaphiques...), et impulsé par les différents programmes agricoles des trois dernières décennies. Cette région renferme deux niveaux aquifères d'inégale extension : la nappe du Mio-pliocène peu profonde et couvre beaucoup plus la partie Sud, et la nappe profonde de l'Eocène (Eocène inférieur). Les travaux réalisés dans cette région ont contribué à démontrer l'impact de l'utilisation en excès des engrais sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines. L'objectif de cette travail est la caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de la région d'El Ghrous et l'évaluation de la pollution nitrique dans cette zone.

Mots clés: El Ghrous (Biskra), zone agricole, nappe Mio-pliocène, nappe Eocène, qualité physico-chimique des eaux, nitrates.

Summary

The region of El-Ghrous in Biskra experienced a strong agricultural dynamic based on its natural potentials (water, climatic, edaphic ...), and driven by the various agricultural programs of the past three decades. This region contains two aquifer levels of unequal extension: the shallow Mio-pliocene aquifer that covers much the southern part, and the deep aquifer of the Eocene (Inferior Eocene). Work in this area have helped to demonstrate the impact of the excess use of fertilizers on the physicochemical quality of groundwater. The aim of this work is the physicochemical characterization of groundwater in the region of El Ghrous and the evaluation of nitrate pollution in the area.

Keywords: El Ghrous (Biskra), agricultural area, Mio-pliocene aquifer, Eocene aquifer, water physicochemical quality, nitrate.

ملخص

شهدت منطقة الغروس ببسكرة ديناميكية زراعية كبيرة وذلك بالاعتماد على قدراتها الطبيعية (المائية، المناخية، عوامل التربة) وكذا مختلف البرامج الزراعية خلال العقود الثلاثة الماضية. مع العلم أن هذه المنطقة تحتوي على اثنين من طبقات المياه الجوفية غير متساوية التوسع: طبقة ميو العصر الحديث الضحلة التي تغطي الجزء الجنوبي، وطبقة العصر الفجري (الأبوسين السفلية) العميقة. الأعمال المنجزة في هذا المجال ساعدت على إظهار أثر الاستخدام المفرط للأسمدة على النوعية الفيزيائية للمياه الجوفية. الهدف من هذه الدراسة تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه الجوفية بمنطقة الغروس معرفة سبب ارتفاع نسبة النترات في المنطقة.

كلمات مفتاحية: الغروس (بسكرة)، منطقة زراعية، طبقة ميوالعصر الحديث، طبقة العصر الفجري، النوعية الفيزيوكيميائية للماء، نسبة النترات.

Sommaire

Liste des figures	i
Liste des tableaux	iii
Liste des abréviations	iiiv
Introduction générale.....	1
Chapitre I: Cadre géographique	
I.1.Représentation de la région Biskra	3
I.1.1.Introduction.....	3
I.1.2. Situation géographique de la région Biskra	3
I.1.3. Relief.....	4
I.1.3.1. Les montagnes	4
I.1.3.2. Les plateaux	4
I.1.3.3. Les plaines	4
I.1.3.4. Les dépressions	4
I.1.4. Situation climatologique	4
I.1.4.1.La température	4
I.1.4.2. Le vent	5
I.1.4.3. Les précipitations	6
I.1.4.4. L'humidité relative de l'air	7
I.1.4.5. L'évaporation.....	8
I.1.4.6. Synthèse climatique	9
A. Diagramme ombrothermique de Gaussen	9
B. Climagramme d'Emberger	10
I.1.5.Situation géologique	12
I.1.5.1. Géologie de la région de Biskra.....	12
I.1.5.2. Analyse lithostratigraphique	14
I.1.5.2.1. Le Crétacé supérieur	14
A. Le Sénonien.....	14
B. Les formations du Tertiaire	14
I.2.Représentation de la zone d'étude (El Ghrous).....	16
I.2.1. Choix de la zone.....	16
I.2.2. Situation géographique de la zone d'étude (El Ghrous).....	16

I.2.3. Données générales sur la zone	17
I.2.3.1. Les précipitations	17
I.2.3.2. Température	17
I.2.3.3. Le vent	17
I.2.3.4. Evapotranspiration	17
I.2.3.5. Insolation.....	17
I.2.3.6. L'humidité relative.....	17
I.2.3.7. Les caractéristiques édaphiques de la zone.....	18
A. Les reliefs	18
B. Les ressources en eaux	18
I.2.4. Système d'élevage	19
I.2.5. L'agriculture dans la zone	19
I.2.5.1. Situation foncière	19
I.3. Conclusion	20

Chapitre II: Cadre hydrogéologique

II.1. Introduction	24
II.2. Identification des différentes nappes	24
II.2.1. Différentes nappes souterraines de la wilaya de Biskra	25
II.2.1.1. Quaternaire	25
II.2.1.2. Complexe terminal	25
II.2.1.3. Continental Intercalaire	25
II.2.2. Différentes nappes souterraines de la région d'étude (El Ghrous).....	27
II.2.2.1. Nappe phréatique	27
II.2.2.2. Nappe des sables.....	27
II.2.2.3. Nappe des calcaires du Sénono-Eocène (CT).....	27
II.3. Nombre de forages recensés par la zone d'El Ghrous	28
II.4. Volumes d'eau soutirés dans la zone d'El Ghrous	28
II.5. Examen des cartes piézométriques des nappes étudiées	28
II.6. Conclusion	32

Chapitre III: Hydrochimie

III.1. Introduction	33
III.2. Méthodes et stratégie de travail.....	33

III.2.1. Mesures in situ	33
III.2.2. Méthodes de dosage	33
III.2.2.1. Dosage des nitrates.....	33
III.2.2.2. Dosage des paramètres physico-chimiques.....	34
III.2.3. Cartographie assistée par ordinateur	37
III.3. Faciès chimiques des eaux analysées	38
III.3.1. Diagramme de PIPER	38
III.3.2. Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF.....	39
III.3.3. Diagramme de RIVERSIDE	40
III.4. Discussion et interprétation des résultats	41
III.4.1. Paramètres physicochimiques	41
III.4.1.1. Température (T en °C)	41
III.4.1.2. Conductivité électrique (COND en mS/cm)	41
III.4.1.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)	41
III.4.2. Les cations.....	48
III.4.2.1. Le calcium Ca^{++}	48
III.4.2.2. Le magnésium Mg^{++}	48
III.4.2.3. Le sodium Na^+	48
III.4.2.4. Le potassium K^+	48
III.4.3. Les anions.....	53
III.4.3.1. Le chlorure Cl^-	53
III.4.3.2. Les sulfates SO_4^{--}	53
III.4.3.3. Les bicarbonates HCO_3^-	53
III.4.3.4. Les nitrates NO_3^-	57
III.5. Conclusion.....	60
Conclusion générale	60
Références bibliographiques	61
Annexes.....	I

Liste des figures

Figure 1: Carte des limites administratives de la wilaya de Biskra 3

Figure 2: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010. 5

Figure 3: Vitesse des vents et vent de sable pendant la période 1992-2001 6

Figure 4: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010..... 7

Figure 5: L'humidité moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 2000-2010..... 8

Figure 6: Variation de l'évaporation moyenne mensuelle 9

Figure 7: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN tracé à partir des données de la période 1999-2010 pour la région de Biskra 9

Figure 8: Situation de la région de Biskra dans le Climagramme d'Emberger d'après les données climatiques de la période 1999-2010 11

Figure 9: Principaux ensembles géo-structuraux de l'Algérie 12

Figure 10: Carte géologique de la wilaya de Biskra 13

Figure 11: Coupe lithostratigraphique de la région de Biskra 15

Figure 12: Localisation de la zone d'étude (El Ghrous) 16

Figure 13: Répartition des points d'eau par zone 24

Figure 14: Répartition des points d'eau (exploité et à l'arrêt) dans la zone d'El Ghrous..... 28

Figure 15: Carte piézométrique de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous..... 30

Figure 16: Carte piézométrique de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous 31

Figure 17: Spectrophotomètre utilisé pour le dosage des nitrates..... 33

Figure 18: pH mètre utilisé pour mesuré le pH des échantillons 34

Figure 19: Conductimètre électrique utilisé pour mesuré la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des échantillons..... 34

Figure 20: Spectrophotométrie à flamme utilisé pour le dosage des ions (Na^+ , K^+) des échantillons..... 35

Figure 21: Multi-paramètre utilisé pour le dosage des ions chlorure (Cl^-) des échantillons... 35

Figure 22: Les cinq fonctionnalités d'un SIG 37

Figure 23: Projection sur le diagramme de PIPER des résultats 38

Figure 24: Projection sur le diagramme de SCHOELLER BERKALOFF des résultats des analyses des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous.....	39
Figure 25 : Classifications des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous (Diagramme de RIVERSIDE).....	40
Figure 26: Répartition de la température des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	42
Figure 27: Répartition de la température des eaux de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous	43
Figure 28: Répartition de la conductivité des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	44
Figure 29: Répartition de la conductivité des eaux de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous	45
Figure 30: Répartition du pH des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous ..	46
Figure 31: Répartition du pH des eaux de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous	47
Figure 32: Répartition du calcium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	49
Figure 33: Répartition du magnésium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	50
Figure 34: Répartition du sodium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la region d'El Ghrous	51
Figure 35: Répartition du potassium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	52
Figure 36: Répartition du chlorure des eaux de la nappe Mio-pliocène de la region d'El Ghrous	54
Figure 37: Répartition des sulfates des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	55
Figure 38: Répartition des bicarbonates des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	56
Figure 39: Répartition des nitrates des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous	58
Figure 40: Répartition des nitrates des eaux de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous....	59

Liste des tableaux

Tableau 1: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010.....	5
Tableau 2: Vitesse des vents et vent de sable pendant la période1992-2001.....	6
Tableau 3: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010.....	7
Tableau 4: L'humidité moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 2000-2010.....	7
Tableau 5: Valeurs de l'Evaporation mensuelle de 1950 à 2005.....	8
Tableau 6: Effectif du cheptel dans la commune d'El Ghrous en nombre de têtes.	19
Tableau 7: Répartition et évolution du foncier dans la commune El Ghrous	20
Tableau 8:Caractéristiques par Daïras, des nappes captées à travers la wilaya..	26
Tableau 10: Volumes en Hm ³ /an d'eau soutirés dans la zone d'El Ghrous	28
Tableau 11: Caractéristiques chimiques des eaux des nappes de la région d'El Ghrous.....	36

Liste des abréviations

ONM : Office National de Météorologie,
OMS : Organisation Mondiale de la Santé,
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques,
BNDR : Bureau National d'Etudes pour Le Développement Rural,
Eocène : Eocène Inférieur,
M-A : Moyenne Annuelle,
SAU : Superficie Agricole Utile,
SAI : Superficie Agricole Irriguée,
TNA : Terres Non Agricoles,
TNP : Terres Non Productives,
AEP : Alimentation en Eau Potable,
IRR : Irrigation,
IND : Industriel,
T : Température,
COND : Conductivité électrique,
pH : Potentiel d'Hydrogène,
Ca⁺⁺ : Calcium,
Mg⁺⁺ : Magnésium,
Na⁺ : Sodium,
K⁺ : Potassium,
Cl⁻ : Chlorure,
SO₄⁻ : Sulfates,
HCO₃⁻ : Bicarbonates,
NO₃⁻ : Nitrates.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour d'innombrables activités humaines. L'eau peut être rare à certains endroits, comme les zones arides et semi-arides, ou tout simplement d'une qualité médiocre à d'autres endroits. Il est certain que l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines accentuera les contraintes sur cette ressource. En outre, les facteurs naturels, telle que la sécheresse ou les contraintes géologiques, ont un effet sur la qualité des eaux souterraines. Il est donc essentiel d'analyser la qualité de ces réserves.

Dans ce contexte, la présente étude s'ajoute à de plus anciens travaux de recherche, et ce pour donner un aperçu scientifique sur l'état actuel des nappes Mio-pliocène et Eocène de la zone d'El Ghrous, du point de vue qualitatif. La qualité des eaux de cette région a subi ces dernières années une certaine détérioration, à cause de rejets urbains non contrôlés, de l'utilisation intensive d'engrais chimiques et de fertilisants dans l'agriculture ainsi que de son exploitation désordonnée. Ces éléments modifient le chimisme de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

La zone d'El Ghrous dans la wilaya de Biskra est devenue un pôle agricole national. Ce développement et d'une part la conséquence des potentialités hydriques, climatiques et édaphiques qui caractérisent la région et d'autre part il est le résultat d'un processus long de réformes mis en place par l'Etat.

Les nouvelles exploitations agricoles ont donné naissance, en une dizaine d'années, à un important bassin de production pour les cultures sous- serres. Ce niveau d'intensification de l'agriculture s'est accompagné d'une application importante d'intrants agro-chimiques et ceci peut conduire à de lourdes conséquences concernant la contamination des eaux souterraines et notamment la pollution nitrique.

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'analyser la qualité des eaux au niveau de la dite nappe.

Le présent mémoire vient s'ajout a d'autres travaux et concerne les caractéristiques des eaux souterraines de la région d'El Ghrous.

Pour répondre à la problématique posée, (Caractéristiques des eaux souterraines), plusieurs outils chimiques ont été exploités afin d'interpréter les données obtenues. Ces résultats sont développés dans le présent travail à travers trois chapitres:

Le premier chapitre englobe des généralités de la région d'étude et expose les paramètres climatiques et les caractéristiques géologiques de cette dernière.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude du contexte hydrogéologique et les différents aquifères existants dans la région d'étude: la définition de ces aquifères, la structure et la localisation des aquifères....

Le troisième et le plus important chapitre concerne l'étude hydrochimique des eaux souterraine de la région d'El Ghrous.

Le présent travail se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

Cadre géographique

I.1.3. Relief

La wilaya de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au Nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le Sud. Le relief de la wilaya de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géomorphologiques (Sedrati, 2011).

I.1.3.1. Les montagnes : Situées au Nord de la wilaya, elles sont généralement dénudées de toute végétation naturelle, le point culminant est Djebel Taktiout d'une altitude de 1924 m.

I.1.3.2. Les plateaux : Localisés en grande partie à l'Ouest de la wilaya, ils s'étendent sur une superficie de 1210848 hectares (soit 56% de l'étendue de la wilaya). La végétation des plateaux maigre constitue des sites privilégiés de parcours.

I.1.3.3. Les plaines : Occupent la partie centrale de la wilaya de Biskra, et couvrent la quasi-totalité des daïras d'El-Outaya et Sidi-Okba, et la commune de Doucen.

I.1.3.4. Les dépressions : Situées au Sud-Est de la wilaya. Elles constituent une assiette où se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33m au dessous de celui de la mer.

I.1.4. Situation climatologique

Dans les zones arides les facteurs climatiques, jouent un rôle prépondérant dans la disponibilité de la ressource. De ce fait, nous allons mettre en évidence l'influence des facteurs climatiques sur la ressource en eau au niveau de la zone d'étude. Le constat établi a montré que les précipitations dépassent rarement les 200 mm/an, de ce fait la partie inférieure reste très insuffisante pour assurer un renouvellement durable de la nappe. Ceci se traduit par une contrainte quand à la pérennité de l'exploitation de la nappe (Sedrati, 2011).

Nous notons par ailleurs, que les données climatiques de notre région d'étude sont émanées de l'ONM (office national de météorologie) de la wilaya de Biskra.

I.1.4.1. La température

La région de Biskra est soumise à l'influence thermique des déserts qui présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale. Les températures moyennes, maximales et minimales mensuelles respectivement de la décade 1999 à 2010, et la température moyenne de l'année 2010 dans la région de Biskra sont regroupées et représentées dans le tableau 1 et la figure 2.

Tableau 1: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	M-A
T.MAX (°C)	16,93	19,28	23,71	27,14	32,39	37,15	41,28	40,21	34,2	29,76	22	17,41	28,45
T.MIN (°C)	5,81	7,18	11,69	15,09	20,07	24,27	28,13	27,66	22,90	18,50	11,68	7,08	16,67
T.MOY (°C)	11,36	13,30	17,7	21,17	26,36	30,90	34,81	33,98	28,60	24,02	16,64	12,34	22,59

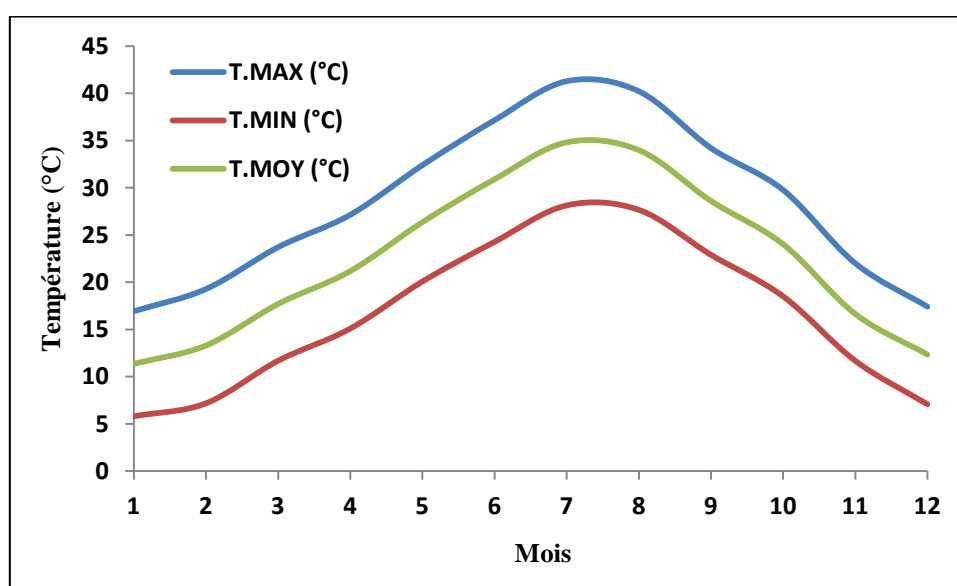


Figure 2: Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010.

Le tableau 1 et la figure 2 indiquent que la région de Biskra est caractérisée par une température élevée, qui peut atteindre une moyenne annuelle de 22,59 °C, avec des fortes variations saisonnières enregistrées entre le mois le plus chaud (Juillet) avec une moyenne mensuelle de 34,81 °C et le mois le plus froid (Janvier) avec une moyenne mensuelle de 11,36 °C.

I.1.4.2. Le vent

Le vent, caractérisé par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante, est un facteur météorologique non négligeable. Le Sirocco et les vents de sable sont ceux les plus fréquents dans la région de Biskra (Figure 3).

Le tableau 2 donne les moyennes mensuelles des vitesses du vent de la région de Biskra (d'après données station météorologique de Biskra, 2004).

Tableau 2: Vitesse des vents et vent de sable pendant la période 1992-2001.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
N° du Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vitesse km/h	28,12	31,88	31,91	33,75	34,23	35,96	33,06	60,55	32,65	30,54	31,41	30,14
Jours de Sirocco	0	0	0	0,5	4,2	13,6	19,3	17,3	4,9	0,2	0	0
Jours de vent de sable	2	3,7	6,4	9,1	9,7	9,7	7,6	6,6	4,7	3,2	1,8	2,1

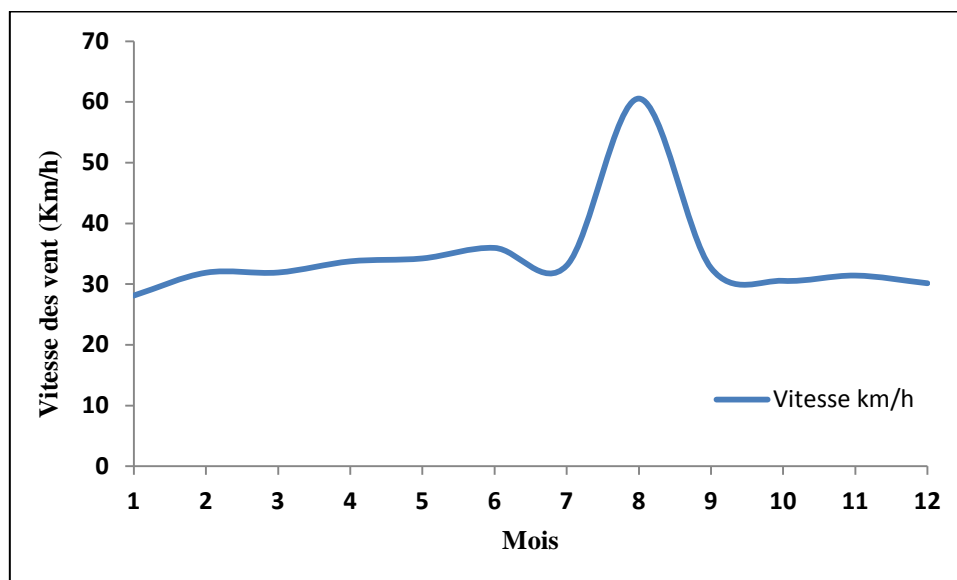


Figure 3: Vitesse des vents pendant la période 1992-2001.

I.1.4.3. Les précipitations

Les précipitations sont caractérisées par leurs raretés et leurs extrêmes variabilité de 0 à 20,33 mm, leurs répartition et marquées par une sècheresse quasi absolue notamment aux mois de Juin, de Juillet et d'Août.

Le régime des précipitations dans la région d'étude est consigné dans le tableau 3 et la figure 4.

Tableau 3: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	20,33	5,87	12,16	11,55	10,68	0,84	0,80	2,04	15,10	10,91	11	15,61

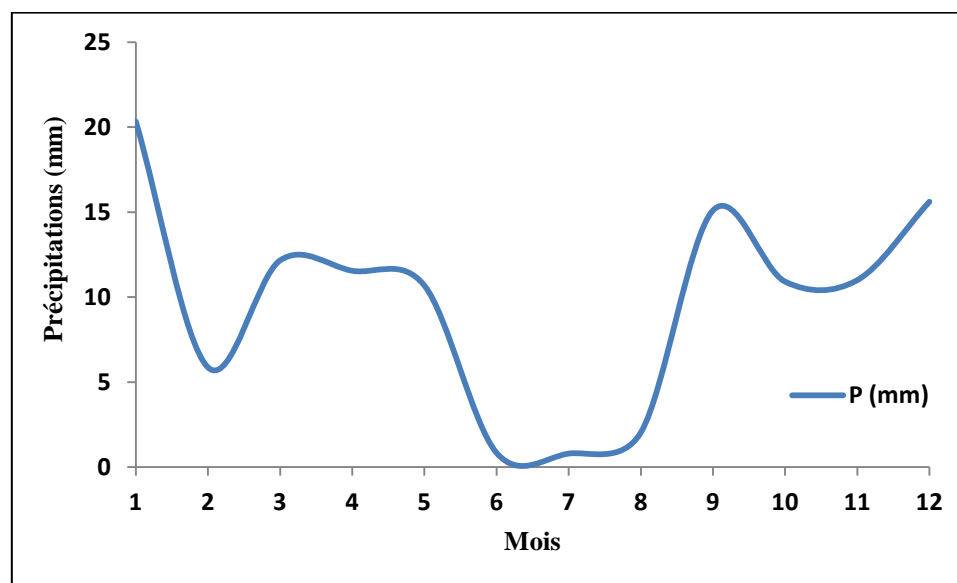


Figure 4: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2000-2010.

I.1.4.4. L'humidité relative de l'air

Le tableau 4, indique les variations de l'humidité relative. On remarque qu'elle est élevée durant les mois d'octobre, décembre, janvier et février, alors qu'elle est faible pendant les mois les plus chauds, Juin, Juillet et Août.

Tableau 4: L'humidité moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 2000-2010.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité(Moy %)	57,21	48,31	40,89	38,27	32,70	27,26	25,06	28,21	40,55	46,68	53,90	59,34

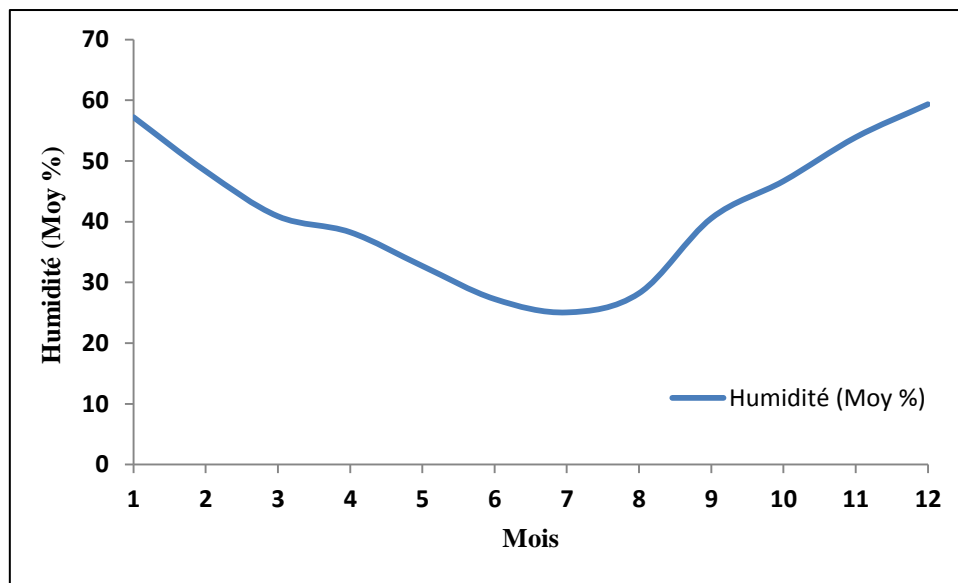


Figure 5: L'humidité moyenne mensuelle de la région de Biskra durant la période 2000-2010.

D'après la figure 5, la région de Biskra présente donc une faible humidité relative, avec une moyenne maximale de 59,34 % pour le mois de Décembre et une moyenne minimale de 25,06 % en Juillet.

I.1.4.5. L'évaporation

La région d'étude est à cheval entre deux zones climatiques, pour comprendre les mécanismes d'évaporation, nous avons utilisé les données enregistrées à la station de l'ONM de la wilaya de Biskra. Les données disponibles pour la station commencent depuis 1950 jusqu'à 2005, cf. Tableau 5.

Tableau 5: Valeurs de l'Evaporation mensuelle de 1950 à 2005.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
EVAP (mm)	97	105	159	203	265	243	380	362	285	175	126	103

L'évaporation dans la région d'étude est très importante, elle s'accroît particulièrement quand le sirocco souffle. La figure 6 indique, une forte évaporation en été, celle-ci provoque un besoin en eau maximum s'étalant du mois de Mai jusqu'au mois de Juillet. La période s'étalant du mois de Novembre jusqu'au mois de Février correspond à un demande minimum en eau et correspond à la période de précipitations. Un pic d'évaporation, est enregistré au mois de Juillet avec 380 mm.

La faible évaporation est enregistrée au mois de Janvier, elle est de 97 mm. De ce fait pour compenser ce besoin en eau, il sera nécessaire d'apporter de l'eau pendant la période estivale, ce qui explique l'irrigation intense dans cette zone au cours de cette période.

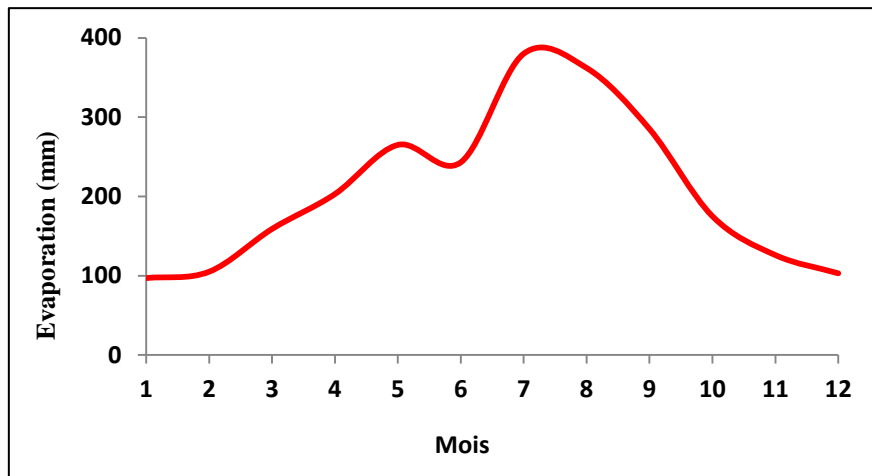


Figure 6: Variation de l'évaporation moyenne mensuelle.

I.1.4.6. Synthèse climatique

A. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen est une méthode graphique où sont portés en abscisse les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T) sur deux axes différents.

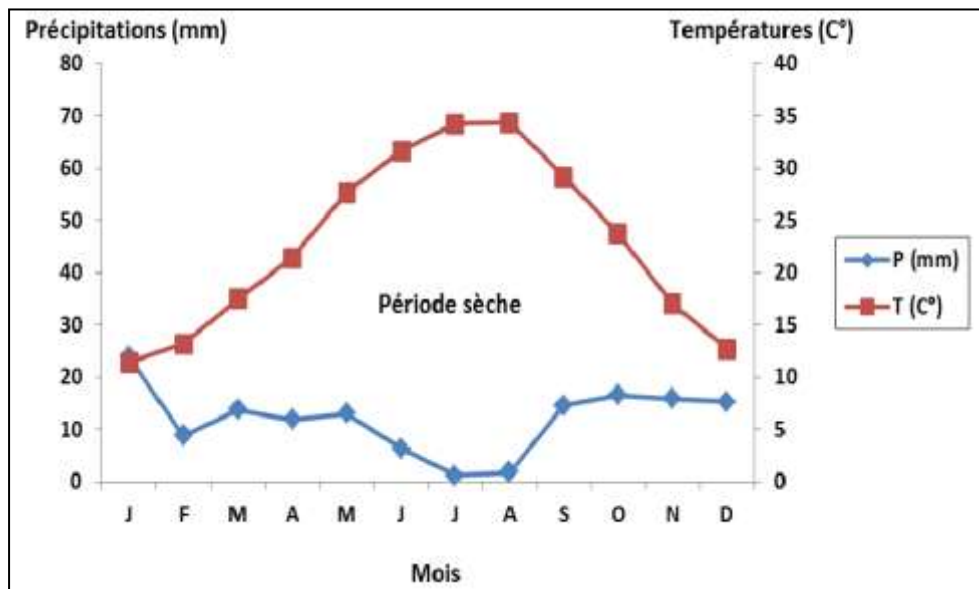


Figure 7: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN tracé à partir des données de la période 1999-2010 pour la région de Biskra.

L'analyse du diagramme (Figure7) montre que la période sèche s'étale sur la totalité de l'année, elle se distingue plus pendant les mois de Juin, Juillet et Août où sont enregistrées les plus faibles pluviométries et les plus fortes températures.

B. Climagramme d'Emberger

Ce climagramme permet de situer l'étage bioclimatique de la région d'étude après le calcul du quotient pluviométrique (Q), qui tient compte des précipitations et des températures.

La formule est établie comme suit :

$$Q = 3,43 (P/M-m)$$

Avec :

- ✓ Q : quotient pluviométrique ;
- ✓ P : pluviométrie annuelle en mm ;
- ✓ M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ;
- ✓ m : moyenne des minima du mois le plus froid.

Calcul du quotient pluviométrique d'Emberger :

$$Q = 3,43 * (142,97 / (40,86^\circ - 6,37^\circ)) = 14,21$$

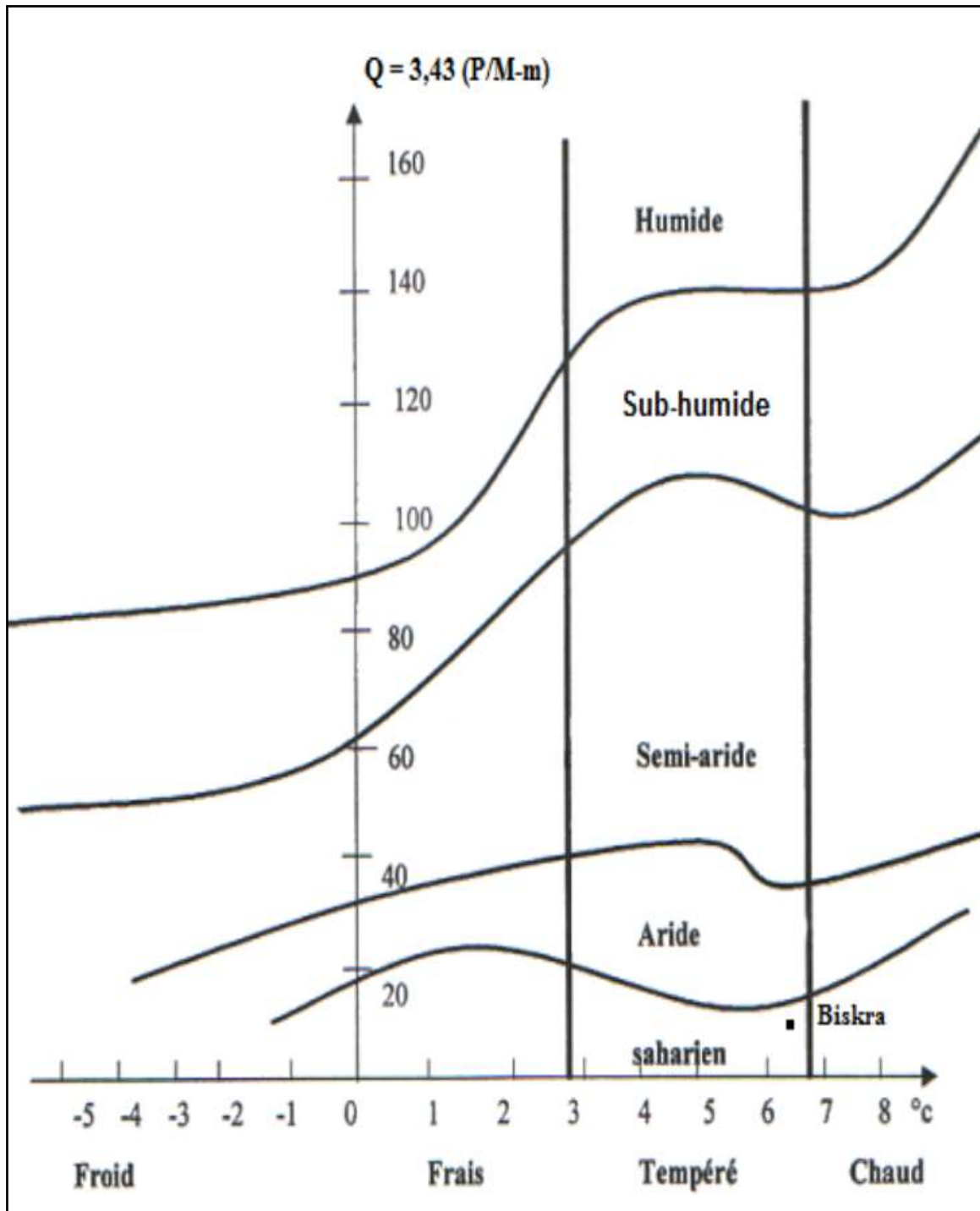


Figure 8: Situation de la région de Biskra dans le Climagramme d'Emberger d'après les données climatiques de la période 1999-2010.

D'après la valeur du quotient ($Q=14,21$), la région de Biskra est située dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré (Figure 8).

I.1.5. Situation géologique

La région de Biskra forme une zone de transition progressive entre le domaine atlasique et le domaine saharien septentrional (Figure 9), car la continuité géologique de part et d'autre de l'accident Sud atlasique est vérifiée entre Branis et Chetma. C'est une région «Syn-orogénique», liée principalement à la tectonique de l'orogénèse atlasique (Alpine). A tous moments, les phénomènes tectoniques Syn-sédimentaires d'ampleurs diverses, commandent la sédimentation, par conséquent le devenir des bassins. Les relations tectonique-sédimentation sont étroitement liées. La région a vécu du Miocène au Quaternaire et en partie à l'actuel. Elle appartient à un ensemble d'aires sédimentaires, plus ou moins indépendantes qui se sont imposées à l'orogénèse tellienne ou hercynienne (Meguenni, 2013).

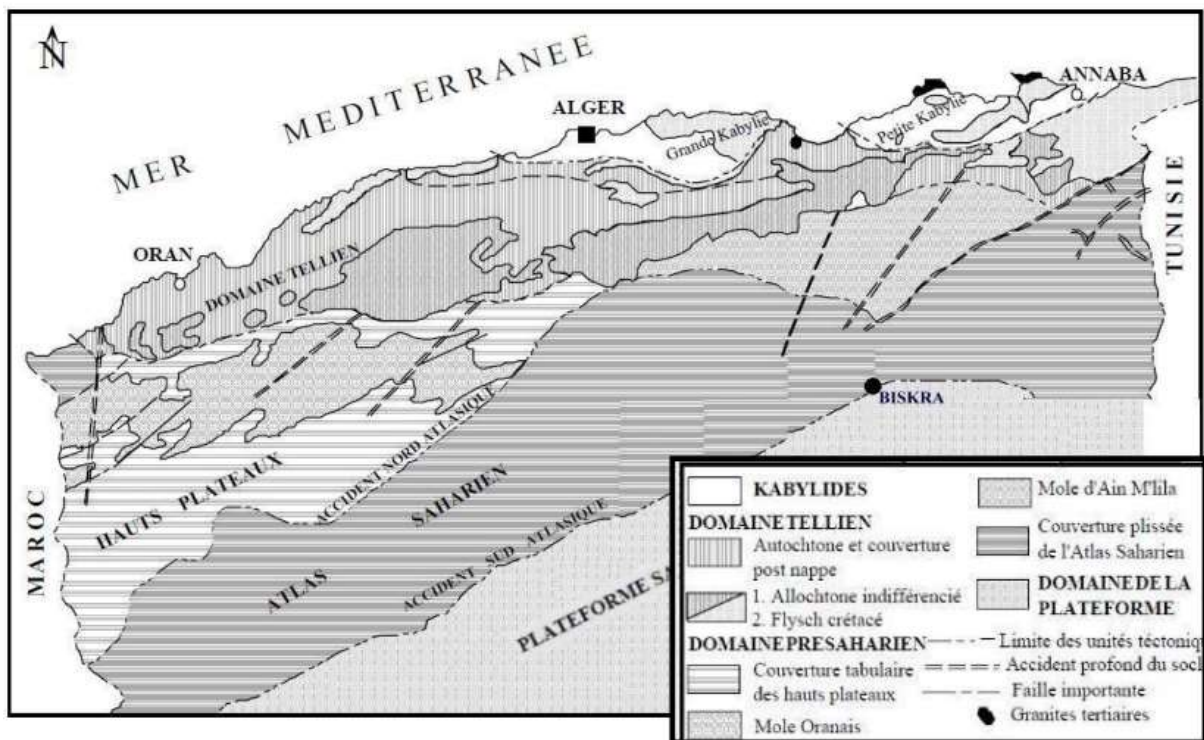


Figure 9: Principaux ensembles géo-structuraux de l'Algérie (Hadj-Saïd, 2007).

I.1.5.1. Géologie de la région de Biskra

Du point de vue géologique, la région de Biskra représente un pays de transition structurale et sédimentaire.

Au Nord, c'est un pays montagneux tandis qu'au Sud, c'est un pays effondré qui fait partie du Sahara septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-faillés et de failles d'orientation Ouest Est appelé "Flexure Saharienne" (Meguenni, 2013).

La flexure saharienne s'est développée lors de la phase paroxysmale Pliocène et

Post-pliocène de la surrection de l'Aurès. Cette phase orogénique responsable de toutes déformations majeures de l'ensemble du continental Néogène (Mio-pliocène).

La figure 10 présente les différentes formations sédimentaires qui affleurent à travers le territoire de la wilaya. On note par ailleurs que les limites de la wilaya ne correspondent pas aux limites géologiques naturelles.

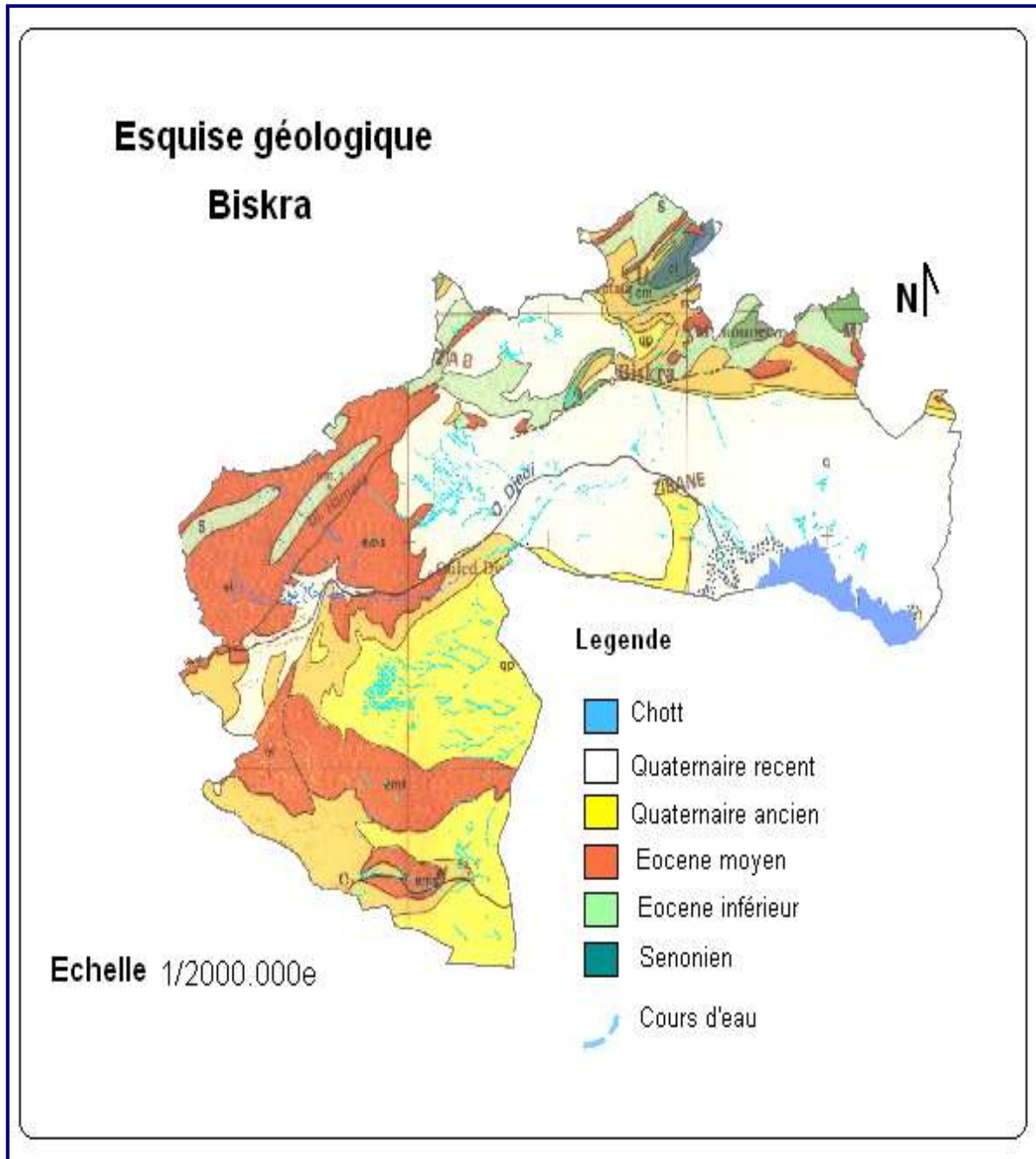


Figure10: Carte géologique de la wilaya de Biskra (ANRH, 2008).

I.1.5.2. Analyse lithostratigraphique

La série lithostratigraphique comprend de bas en haut les termes suivants:

I.1.5.2.1. Le Crétacé supérieur

A. Le Sénonien

Il existe dans tous les synclinaux de l'Aurès ainsi qu'autour des anticlinaux. Il est très épais (2000m en moyenne) et occupe en affleurement des surfaces considérables. Sa partie supérieure, formée généralement de calcaires massifs, donne des crêtes immenses et continues qui sont un des éléments caractéristiques de l'orographie de la région.

Au Nord-Est d'El Outaya, au Djebel el Mellah, le noyau de perçement triasique a amené en affleurement un petit îlot de marnes noires et de calcaires crayeux assez fossilifères, situé au pied de cette montagne, attribué par R. Laffite au Campanien. Au Nord et à l'Est de ces marnes, affleurent des calcaires massifs que cet auteur, à cause de leur position au dessus du Campanien et de leur faciès, attribuait au Maestrichtien. Sur le versant Nord de l'anticlinal de Boughezal, le Sénonien est représenté par d'importantes masses calcaires maestrichtiennes, sur une épaisseur de 400 à 500m environ, en même temps que se développe un faciès à rudistes exceptionnel (Haouchine, 2010).

B. Les formations du Tertiaire

- La première appartient au miocène inférieur, elle occupe les reliefs de Maafa, Djebel Mahmalet Kef Ed Darsa (au Sud d'El Kantara).(Boumessenagh, 2007).
- La deuxième partie représente le miocène moyen et supérieur, sa puissance d'environ 1800m dans le bassin du Djemoura, les marnes deviennent très gypseuses annonçant ainsi les faciès évaporitiques du miocène terminal de Branis au Nord d'El Outaya au voisinage de Djebel El Felleg.(Boumessenagh, 2007).
- L'éocène inférieur, d'une épaisseur varie entre 150 à 200m, il est représenté par des marnocalcaire, marnes, calcaires blancs riches en silices et souvent fissurés, il affleure à l'Est -Sud-Est de Djebel El Melah, où il est représenté par quelques dizaines de mètres de marnes jaunes, verdâtre légèrement gypseuses et des calcaires argileux. Cette formation affleure également à l'Est d'El Outaya les reliefs de Bouzina et le Nord d'El Kantara.(Boumessenagh, 2007).
- L'éocène moyen est surmonté par une assise rouge grés-marneuse à la base conglomératique au sommet, dont l'épaisseur atteint au maximum 300m, les séries détritiques rouges d'El Kantara pourraient alors représenter l'éocène moyen et pourraient être la base de l'éocène supérieur. Quant au pliocène, il se présente sous forme de vaste

affleurement de grès et d'argiles-sableux, on le trouve le long de la rive de Biskra et Ras Chich.(Boumessenagh, 2007).

- Le pliocène repose sur le miocène marneux, avec une légère discordance constituée par des grès, sables, argiles, marnes brunes et gypses, avec quelques poudingues, l'épaisseur de ces formations peut atteindre les 400m. Dans le bassin de l'oued El Hai, il est caractérisé par une formation gréseuse épaisse de plusieurs dizaines de mètres, elle débute par quelques bancs de grès relativement tendres bruns rosâtres à petits galets, qui alternent avec des marnes gréseuses rosâtres.(Boumessenagh, 2007).
- Le quaternaire Il est représenté par des alluvions récentes, formées le long des oueds ainsi que les terrasses, les formations de pentes et des glacis sont souvent encroutés. Les alluvions récentes sont localisées dans la partie basse, depuis le Sud de Sidi Okba jusqu'à El Feidh. Ce sont les alluvions limoneuses, imperméables. Cela, détermine des nappes phréatiques facilement exploitables; elles sont répandues dans tous les Zibans. Les formations du Quaternaire sont aquifères, elles donnent naissance aux sources qui se déversent dans les alluvions. Ces alluvions forment une nappe phréatique d'inférieur éro-flux des oueds (nappe des alluvions de l'oued de Biskra)(Meguenni, 2013). (Figure 11).

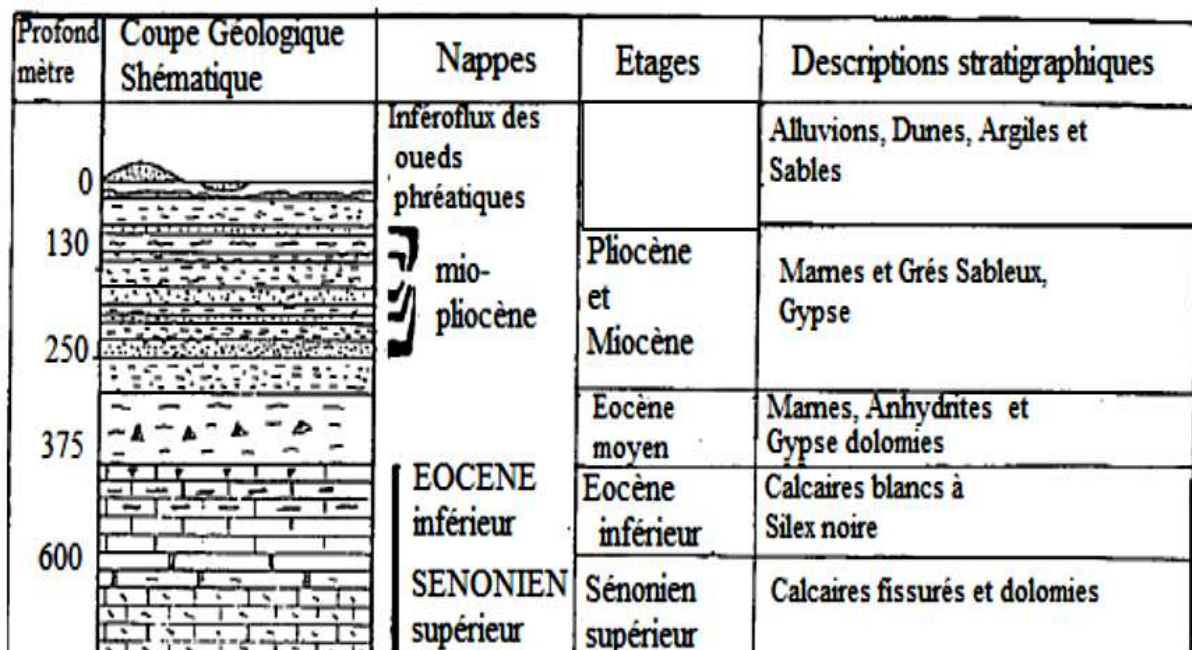


Figure 11: Coupe lithostratigraphique de la région de Biskra.

I.2.Représentation de la zone d'étude (El Ghrous)

I.2.1. Choix de la zone

La zone d'El Ghrous dans la wilaya de Biskra est devenue un pôle agricole national. Ce développement et d'une part la conséquence des potentialités hydriques, climatiques et édaphiques qui caractérisent la région et d'autre part il est le résultat d'un processus long de réformes mis en place par l'Etat.

Les nouvelles exploitations agricoles ont donné naissance, en une dizaine d'années, à un important bassin de production pour les cultures sous serres. Ce niveau d'intensification de l'agriculture s'est accompagné d'une application importante d'intrants agro-chimiques et ceci peut conduire à de lourdes conséquences concernant la contamination des eaux souterraines.

I.2.2. Situation géographique de la zone d'étude (El Ghrous)

La commune d'El Ghrous est située à 47 Km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Biskra. Elle est limitée au Nord par la commune de Tolga, à l'Ouest par la commune d'Ech Chaiba à l'Est par les communes de Foughala et Bordj Ben Azzouz et au Sud par les communes de Doucen et Lioua (Drouiche et al, 2011).(Figure 12).

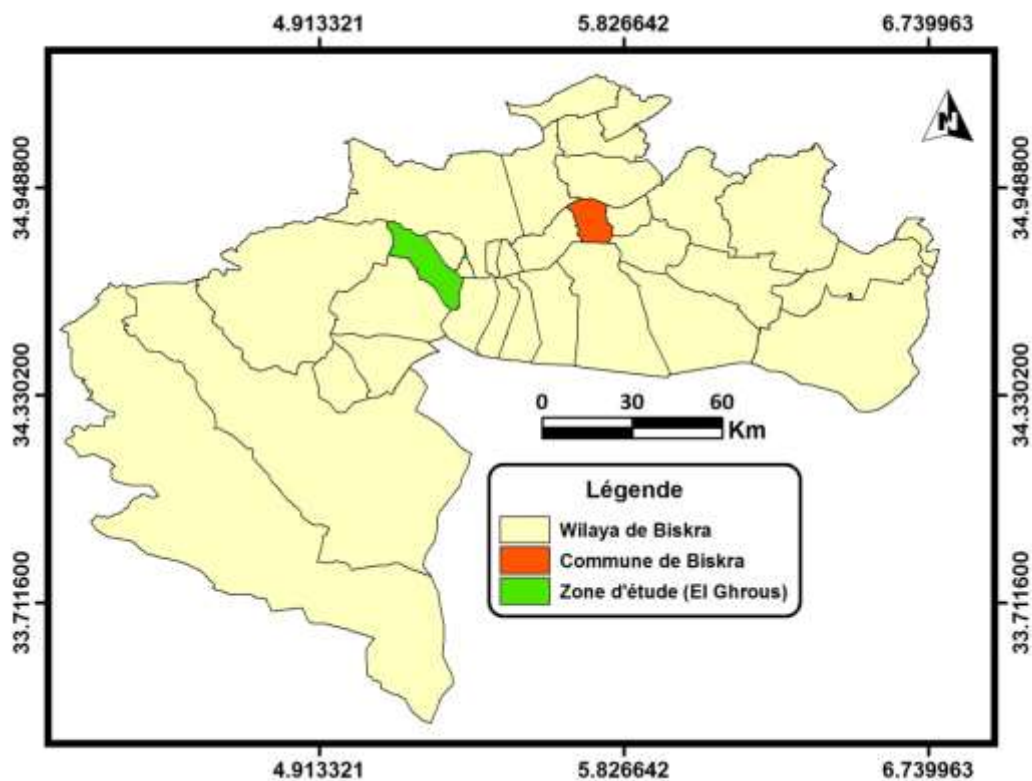


Figure 12: Localisation de la zone d'étude (El Ghrous).

I.2.3. Données générales sur la zone

I.2.3.1. Les précipitations

Elles sont faibles; la moyenne annuelle est de 133,3 mm/an, pour 37 jours de pluie. Pour la répartition mensuelle des pluies, elle fait apparaître une irrégularité mensuelle et même saisonnière. L'automne 34,66 %, l'hiver 33 %, le printemps 24,91 % et seulement 7,83 % pour l'été (BNEDR, 2003).

I.2.3.2. Température

La moyenne annuelle est de l'ordre de 22,47 °C, avec de fortes variations saisonnières, 34 °C à Juillet et 11,6 °C à Janvier. La température maximum enregistrée est de 40,3 °C en Juillet tandis que le minimum est de 6,9 °C en Janvier. L'amplitude thermique est considérable, elle est de 12,9 °C en Juillet et de 9,9 °C en Janvier (BNEDR, 2003).

I.2.3.3. Le vent

Les vents sont relativement fréquents dans la région. L'intensité des vents est cyclique, par fois les vents et le sirocco sont de très fortes vitesses et secs qui peut causer des dégâts sur les cultures. Mais, il y a aussi les vents de sable qui sont fréquents surtout pendant le printemps et l'été, ce qui coïncide parfois avec les cultures maraîchères et qui cause aussi des dégâts importants. Enfin les vents violents sont enregistrés à la fin de printemps et à l'automne (BNEDR, 2003).

I.2.3.4. Evapotranspiration

L'ETP est très importante, son calcul par la méthode de TURC a permis d'obtenir la valeur de 1760 mm/an, mais avec celle de Blanney-Criddle, elle a donné 1908 mm/an, tandis que l'utilisation de la méthode de Penman a donné 2022 mm/an. Cette intensité élevée d'évaporation est fortement renforcée par les vents (BNEDR, 2001).

I.2.3.5. Insolation

La durée moyenne d'insolation est de 9 heure/jour, et le nombre d'heures d'insolation est de 3265 heures/an. Il faut noter que le palmier dattier est exigeant en chaleur et en soleil. Son zéro de végétation est de 10 °C et la maturation des fruits est de Mai à Octobre, ce qui requiert une somme de maxima journaliers pendant cette période supérieure à 3000°C, pour la variété de Deglet Nour (BNEDR, 2001).

I.2.3.6. L'humidité relative

L'humidité relative moyenne est faible dans la zone. Elle varie de 25% en Juillet à 57% en Décembre et en Janvier. Ces valeurs faibles en été aide à la maturation des dattes et empêche l'infection par les champignons. Par contre elle aide à la pullulation des acariens et surtout celle de Boufaroua (Houamel, 2013).

I.2.3.7. Les caractéristiques édaphiques de la zone

A. Les reliefs

D'une manière générale la zone est localisée à l'échelle régionale dans la plaine, mais se caractérise par une topographie irrégulière, légèrement ondulée à cause de la présence d'une accumulation de sable. Avec une altitude autour de 135 m en moyenne, elle est caractérisée par une légère inclinaison du Nord-Ouest vers le Sud-Est, par une pente ne dépassant pas le 4%, ce qui suppose une absence de problèmes d'érosion hydrique (BNEDR, 2001).

B. Les ressources en eaux

Encadré par un réseau hydrographique assez dense, l'écoulement endoréique et le ruissellement diffus n'offrent aucune ressource en eau directement exploitable en surface. Donc les ressources hydriques au niveau de la zone se limite uniquement aux eaux souterraines, où la zone profite de différentes nappes telles que la nappe phréatique ayant une profondeur comprise entre 5 et 50 m généralement exploitée à travers les puits traditionnels. En deuxième lieu vient la nappe du Mio-Pliocène sur une profondeur de 100 à 200 m localisée au niveau de la partie Sud. La nappe la plus exploitée est celle de l'éocène inférieur sur une profondeur de 120 à 260 m et enfin la nappe albienne sur une profondeur qui dépasse 2400 m (ANAT, 2003).

La dynamique agricole dans la région a permis de multiplier le nombre de forages et de puits, ce qui a engendré un fort épuisement des nappes et le rabattement du niveau statique de la nappe phréatique au niveau d'une partie de la zone et une remontée dans d'autres parties, situation qui a amené les agriculteurs à confectionner des forages à des profondeurs qui dépassent 150 m pour installer de nouvelles cultures et permettre l'extension de la superficie agricole exploitée. D'après les données de SAT en 2007, les points d'eau existants dans la zone se résument dans 470 puits, avec un débit moyen entre 6 et 7 l/s, et 450 forages avec un débit entre 10 et 12 l/s. Mais d'après un recensement réalisé dans le terrain par les cadres de l'ANRH en 2006/2007, il confirme que le nombre des forages est de 147 forages, dont la totalité se concentrent dans les anciens périmètres, avec un débit qui varie d'un forage à l'autre de 6 à 20 l/s et la plupart des forages ont un débit de 8 l/s, exploitant essentiellement la nappe de l'Eocène inférieur. Cette différence dans les chiffres peut s'expliquer que l'ANRH prend en considération seulement les forages fonctionnels.

I.2.4. Système d'élevage

L'élevage dans la commune d'El Ghrous est une pratique purement familiale destinée à la satisfaction en matière de lait et de viande, plusieurs facteurs ont contribué à la marginalisation de ce système de production, on peut citer:

- Manque de fourrages, non pratiqué dans la zone,
- Cherté des facteurs de production,
- Les conditions climatiques de la région non favorables,
- La pratique des cultures qui ne permettent pas d'associer l'élevage.

Tableau 6: Effectif du cheptel dans la commune d'El Ghrous en nombre de têtes (SAT, 2007).

Bovins	Ovins	Caprins	Equins
60	6550	1580	20

I.2.5. L'agriculture dans la zone

I.2.5.1. Situation foncière

La région d'El-Ghrous connu une forte dynamique agricole s'appuyant sur ses potentialités naturelles (hydriques, climatiques, édaphiques...), et impulsé par les différents programmes agricoles des trois dernières décennies. Ces dernières sont à l'origine de l'introduction de nouveau système de production notamment cultures sous abris serre qui connu un véritable (bomme) dans la région des Ziban en générale, et au niveau d'El-Ghrous de façon très marqué(Drouiche et al, 2011).

La Commune d'El Ghrous est située sur une plaine avec une superficie totale de 23760 ha, qui se répartit comme suit:

- ✓ La superficie agricole utile est de 6862 ha; ce qui représente 29 % de la superficie totale de la commune, dans lesquelles 3103 ha sont irrigués, ce qui présente 45 % de la superficie agricole utile.
- ✓ Le reste qui représente 66 % des parcours et pacages de la superficie totale avec une superficie de 15809 ha et le reste de la superficie de la commune est représenté par des terres non agricoles avec un taux de 1 % et des terres non productives avec un taux de 4 %.
- ✓ Le tableau 7, représente l'évolution de la superficie agricole en général. On remarque que la superficie agricole et celle de la superficie irriguée augmentent progressivement avec le temps. Par contre les superficies des parcours et pacages et celles de terres non

productives sont en régression qui s'explique par l'activité de mise en valeur des terres qui est importante dans la zone. C'est la superficie des parcours et les pacages qui a permis l'extension essentiellement en matière de plantation du palmier dattier et de la plasticulture.

Tableau 7: Répartition et évolution du foncier dans la commune El Ghrous (CDARS, 2007).

Années	SAU (ha)	SAI (ha)	Parcours et pacages (ha)	TNA (ha)	TNP (ha)
2000	2179	1834	19200	600	2551
2001	2502	2220	19200	277	2551
2002	5827	2494	16112	277	1544
2003	6832	2919	15838	200	890
2004	6861	3071	5499	200	890
2006	6862	3103	15809	199	890

I.3. Conclusion

La commune El Ghrous est compte parmi les communes jeunes. Elle est issue du dernier découpage administratif de 1984. Malgré cela, elle a réussi d'être un pôle de production agricole dans la région et même au niveau national.

Dans ce chapitre, nous avons défini les données nécessaires concernant la zone d'El Ghrous, du point de vue géographique, géologique, climatologique ainsi que la situation agricole. Ces données vont nous servir de base pour une meilleure connaissance de la zone d'étude.

Chapitre II

Cadre hydrogéologique

II.1. Introduction

La connaissance de l'hydrogéologie de la région d'étude est très intéressante car elle permet d'envisager les échanges souterrains qui peuvent se produire dans les aquifères. En se basant sur la description géologique des terrains ainsi que sur les caractéristiques hydrogéologiques de chaque formation, le présent chapitre a pour objectif l'étude des différentes nappes dans la zone d'El Ghrous.

II.2. Identification des différentes nappes

Les nappes sont subdivisées dans la wilaya de Biskra en 4 zones distinctes (Voir carte ci-dessous), et ce, selon la densité et la répartition spatiale des forages d'eau et qui sont comme suit (ANRH, 2008):

- ✓ **Zone I** où on trouve les daïras de (El Kantara-Djamourah et Loutaya),
- ✓ **Zone II** regroupe celles de (Sid Khaled-Ouled Djellal-Tolga et Foughala),
- ✓ **Zone III** comprend les daïras de (Zribet E.O-Ourlal-M'Chounech et Sidi Okba)
- ✓ **Zone IV** affectée à celle de Biskra.

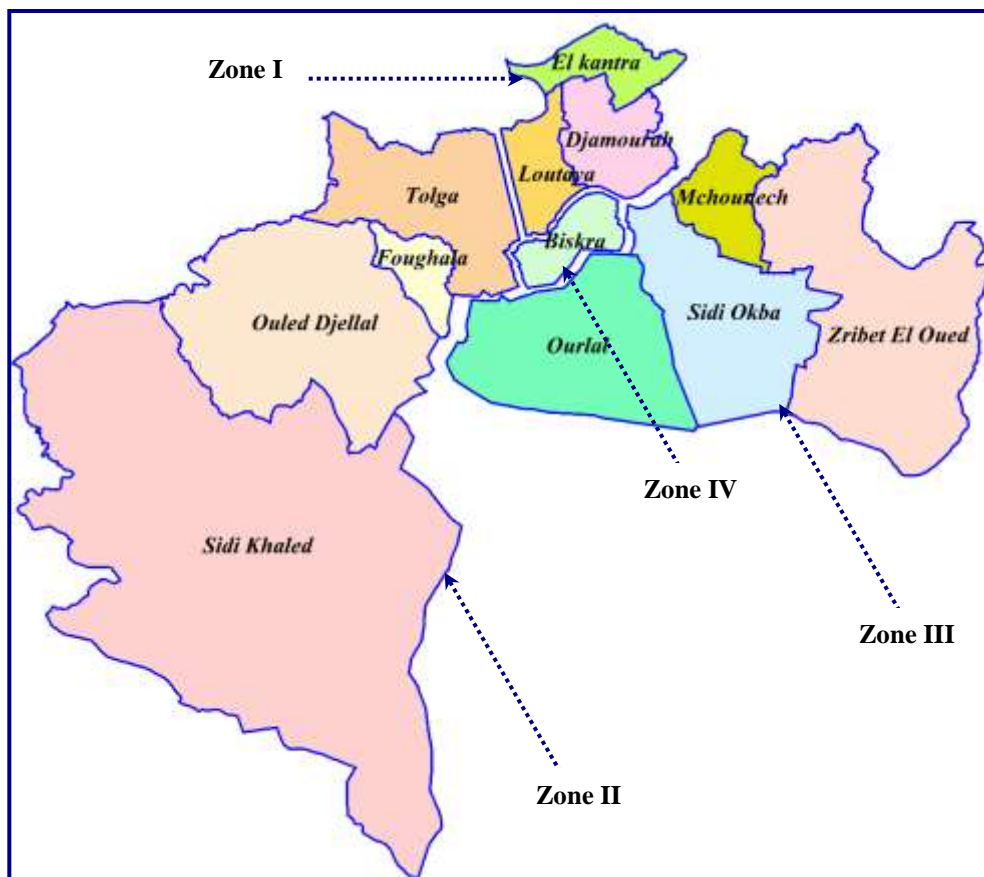


Figure 13: Répartition des points d'eau par zone (ANRH, 2008).

D'après l'ANRH 2008, la wilaya de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées par quatre unités aquifères et sont respectivement :

- ✓ Nappe phréatique du Quaternaire,
- ✓ Nappe des sables du Mio-Pliocène,
- ✓ Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien (CT),
- ✓ Et nappe des grès du Continental Intercalaire (CI).

II.2.1. Différentes nappes souterraines de la wilaya de Biskra

La campagne de la géophysique de l'ANRH, 2003, nous a permis de définir trois ensembles hydrogéologiques différents:

II.2.1.1. Quaternaire

Cette formation du quaternaire est représentée essentiellement par la nappe phréatique de l'oued Biskra et l'Oued Djeddi, qui représente la ressource la plus importante pour l'irrigation des palmeraies de Sidi Khaled et Ouled Djellal. Et également une grande partie de l'Alimentation en Eau Potable de la ville de Biskra. (ANRH, 2003).

II.2.1.2. Complexe terminal

On regroupe sous le nom de " Complexe Terminal " l'ensemble des formations les plus récentes allant du Sénonien supérieur au Mio-Pliocène. Cette dénomination représente bien le fait que plusieurs aquifères en plus ou moins étroites relations, sont regroupés au sein d'un même réservoir. Ces aquifères sont, l'Eocène carbonatés (nappe des calcaires d'Eocène inférieur) et le Miopliocène sableux (nappe des sables). (ANRH, 2003).

II.2.1.3. Continental Intercalaire

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien, d'une profondeur entre 1600 et 2500 m et un débit moyen de 80 l/s jaillissant. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur, en plus la température de l'eau peut dépasser les 60°C. Cette nappe est exploitée dans la wilaya par 19 forages. (ANRH, 2003).

Selon l'ANRH, 2008, le tableau suivant englobe les différentes nappes souterraines dans les Daïras de la wilaya de Biskra.

Tableau 8:Caractéristiques par Daïras, des nappes captées à travers la wilaya(ANRH, 2008).

Daïra	Nappe	Prof. (m)	Q (l/s)	N.S (m)	R.S (g/l)
Zribetel oued	Mio-pliocène	90 - 250	5 - 15	16 - 88	2 - 4
	Pontien	500 - 900	20 - 30	Art	2
Sidi okba	Mio-Pliocène	90 - 250	5 - 15	04 - 46	2 - 4
	Pontien	500 - 900	20 - 30	Art	2
Ouleddjellal	Phréatique	20 - 60	1 - 4	03 - 10	2 - 4
	Mio-Pliocène	90 - 250	5 - 15	10 - 20	2 - 4
	Éocène inferieur	90 - 500	5 - 40	10 - 50	0,5 - 4
	Albien	1700 - 2600	60 - 120	Art	2 - 3
Daïra	Nappe	Prof. (m)	Q (l/s)	N.S (m)	R.S (g/l)
Sidi khaled	Phréatique	20 - 60	1 - 3	03 - 10	2 - 4
	Éocène inferieur	90 - 500	5 - 40	90 - 120	0,5 - 4
	Albien	1500-2500	40 - 120	Art	3
Biskra	Phréatique	20 - 60	1 - 3	03 - 10	2 - 4
	Mio-Pliocène	90 - 250	5 - 15	10 - 15	2 - 4
	Éocène inferieur	90 - 500	5 - 40	20 - 50	0,5 - 4
	Albien	2500	25	Art	3
Tolga	Phréatique	20 - 60	1 - 3	02 - 05	2 - 4
	Éocène inferieur	90 - 500	5 - 40	ART - 50	0,5 - 4
	Albien	1700 - 2600	60 - 120	Art	2 - 3
Foughala (El Ghrous)	Phréatique	20 - 60	1 - 3	03 - 05	2 - 4
	Mio-Pliocène	90 - 250	5 - 15	07 - 10	2 - 4
	Éocène inferieur	90 - 500	5 - 40	20 - 50	0,5 - 4

	Albien	1700 - 2600	60 - 120	Art	2 - 3
Ourlal	Phréatique	20 - 60	1 - 3	02 - 05	2 - 4
	Mio-Pliocène	90 - 250	5 - 15	06 - 10	2 - 4
	Senono-éocène	90 - 500	5 - 40	Art	0,5 - 4
	Albien	2500	25	Art	3
El outaya	Phréatique	15 - 20	2	10	3
	Mio-Pliocène	90 - 250	5 - 15	20	2 - 4
El kantara	Phréatique	15 - 20	2	10	1 - 2
	Maestrichtien	200-800	20	20	1
Djemorah	Mio-Pliocène	150	10	10	2 - 4
	Maestrichtien	100-350	10	20	1 - 2
Mchouneche	Mio-Pliocène	80 - 200	3 - 5	32 - 43	3 - 4
	Maestrichtien	150 - 500	8 - 30	Art - 68	1

II.2.2. Différentes nappes souterraines de la région d'étude (El Ghrous)

II.2.2.1. Nappe phréatique

Cette nappe est moins importante comparativement aux autres nappes. Elle est utilisée pour l'irrigation. Sa profondeur est comprise entre 20 m et 60 m, avec un débit oscillant entre 1 l/s et 3 l/s et une mauvaise qualité chimique des eaux.

II.2.2.2. Nappe des sables

L'importance de cette nappe se voit en allant vers le Sud de la région où elle est particulièrement exploitée et son épaisseur devient plus importante. Elle est constituée essentiellement d'une alternance des couches d'argiles imperméable à passé de sable et cailloutis.

II.2.2.3. Nappe des calcaires du Sénono-Eocène (CT)

Cette nappe affleure au Nord de la région et devient de plus en plus profonde en allant vers le Sud. Son réservoir est constitué surtout de calcaire et calcaire marneux. Les différents sondages réalisés montrent que les calcaires Eocène présentent un réseau de diaclases dense d'origine tectonique et karstique. C'est la nappe la plus exploitée, notamment en s'étendant au Nord et au centre de la région.

II.3. Nombre de forages recensés par la zone d'El Ghrous

La répartition totale des points d'eau exploités captant ainsi les quatre nappes à savoir (Le Quaternaire, Le Mio-pliocène, L'Eocène inférieur, L'Albien) peut être exposée comme suit (Figure 14):

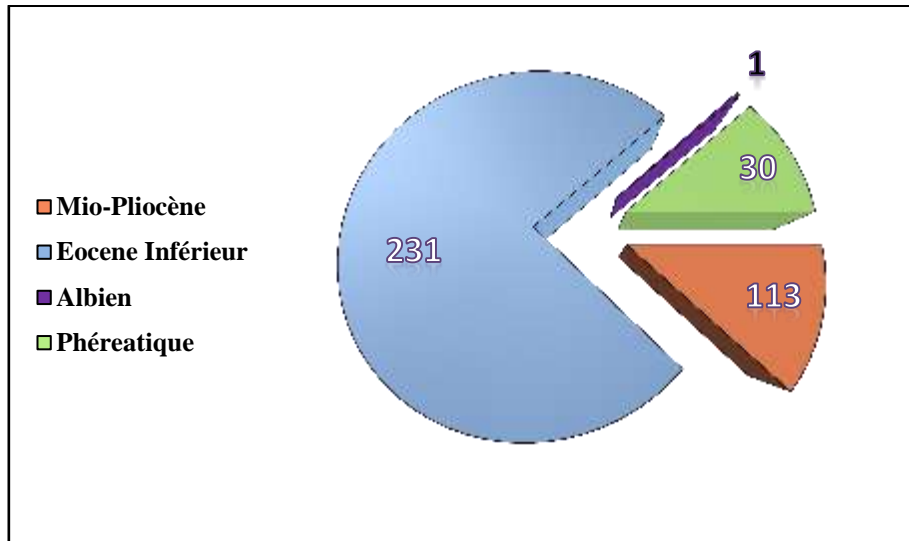


Figure 14: Répartition des points d'eau exploités dans la zone d'El Ghrous (ANRH, 2008).

II.4. Volumes d'eau soutirés dans la zone d'El Ghrous

Le tableau ci-après illustre en détail la répartition des volumes d'eau prélevés (exprimés en Hm³/an) par nappe et par usage dans la zone d'El Ghrous:

Tableau 10: Volumes en Hm³/an d'eau soutirés dans la zone d'El Ghrous (ANRH, 2008).

Volumes d'eau prélevés par nappe								
Mio-Pliocène			Eocène inférieur			Albo-Barémien		
IRR	AEP	IND	IRR	AEP	IND	IRR	AEP	IND
1,142	00	00	11,69	0,35	00	2,02	00	00
Volumes Totaux					15,20			

II.5. Examen des cartes piézométriques des nappes étudiées

L'objectif principal de l'étude de l'évolution de la piézométrie dans le temps est de visualiser la direction de l'écoulement horizontal et éventuellement vertical, ainsi que la profondeur du niveau d'eau dans le sol.

Afin d'étudier le comportement des nappes souterraines de la région d'El Ghrous, on a tracé deux cartes piézométriques:

- ✓ Une carte piézométrique pour la nappe de Mio-pliocène,
- ✓ Une carte piézométrique pour la nappe Eocène.

L'analyse des deux cartes piézométriques présentées dans les figures 15 et 16, nous a montré que le sens d'écoulement des eaux souterraines de la nappe du Mio-pliocène, se fait du Sud-Ouest vers le Nord-Est, et pour la nappe Eocène, l'écoulement est orienté du Sud vers le Nord.

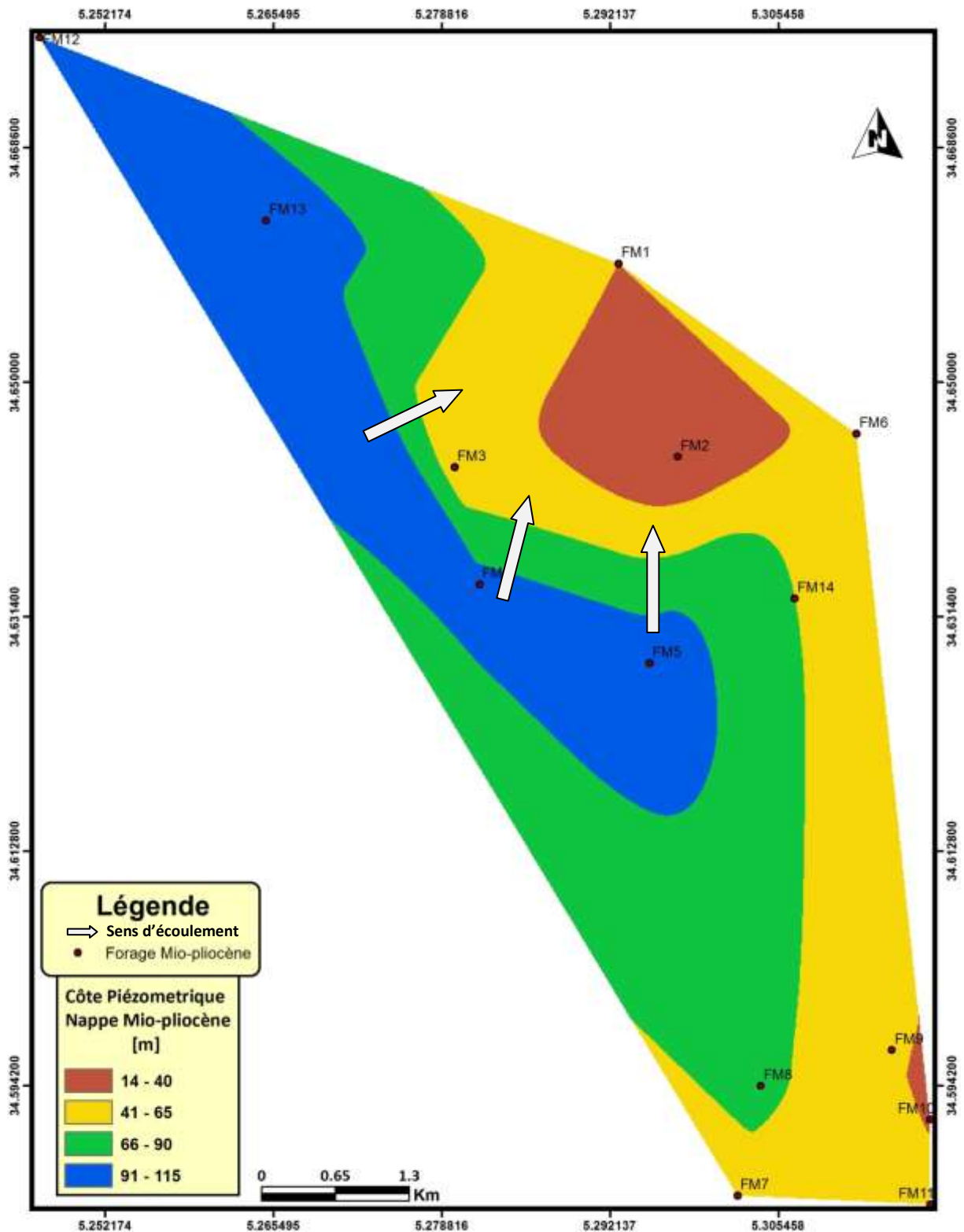


Figure 15: Carte piézométrique de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous en 2015.

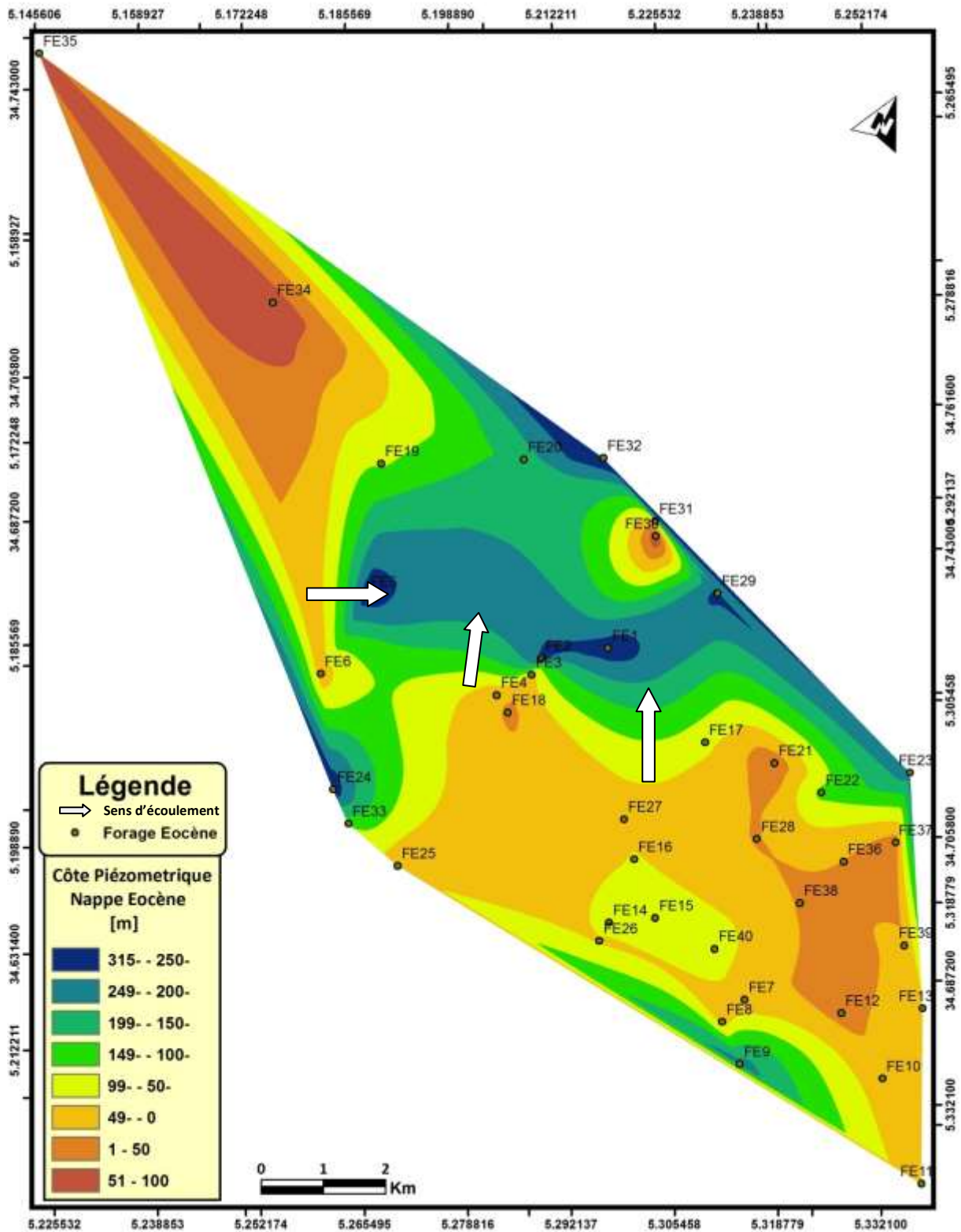


Figure 16: Carte piézométrique de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous en 2015.

II.6. Conclusion

L'étude hydrogéologique permet de faire ressortir les principales formations aquifères, renfermant la zone d'El Ghrous.

L'analyse des deux cartes piézométriques, montre que la circulation des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène se fait Sud-Ouest vers le Nord-Est, et pour la nappe Eocène, l'écoulement est orienté du Sud vers le Nord.

Chapitre III:

Hydrochimie

III.1. Introduction

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (Irrigation, industrie...etc.). La chimie des différentes sources en eau (Eaux de surface, eaux souterraines) est souvent influencée par la dissolution des formations géologiques, des rejets industriels et l'activité agricole. En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin de contrôler l'état actuel de la chimie des eaux souterraines de l'aquifère de la région d'El Ghrous, son évolution dans le temps et dans l'espace.

Le but de ce chapitre est de définir les faciès chimiques des eaux souterraines, de les comparer et de suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps. Il sera également étudié la qualité des eaux souterraines vis à vis la potabilité et leur aptitude à l'irrigation. Le degré de pollution de ces eaux par les nutriments (NO_3^- ...) est également abordé. Pour cela, un certain nombre de cartes et de diagrammes ont été élaborés et qui serviront de base pour l'interprétation générale des résultats d'analyses chimiques.

III.2. Méthodes et stratégie de travail

III.2.1. Mesures in situ

Quatre paramètres ; T, pH, la conductivité électrique, et le niveau piézométrique ont été mesurés in situ. Les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique de 1000 cm³ decapacité. Avant le prélèvement proprement dit, le flacon est rincé soigneusement par l'eau de forage.

III.2.2. Méthodes de dosage

Les analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux ont été effectuées au sein du laboratoire « LARHYSS », à l'université de Biskra. Les procédures de dosage sont déduites des méthodes d'analyse standard (Rejesk, 2002, Rodier, 2009 et Beaudry, 1984).

III.2.2.1. Dosage des nitrates

Nous avons dosé les nitrates dans les échantillons d'eau par spectrophotométrie en UV (Rejesk, 2002), en utilisant le spectrophotomètre UV/Visible (JENWAY 6305 UV) (Figure 17).



Figure 17: Spectrophotomètre utilisé pour le dosage des nitrates.

III.2.2.2. Dosage des paramètres physico-chimiques

- **pH:** On a mesuré le pH des échantillons d'eau à l'aide d'un pH mètre INOLAB instruments (pH 7310P). Avant chaque essai, nous procédions à l'étalonnage de cet appareil à l'aide des solutions tampons 4 et 7 (Figure 18).



Figure 18: pH mètre utilisé pour mesuré le pH des échantillons.

- **Conductivité (CE):** Elle est mesurée au moyen d'un conductimètre électrique de type «Biobloc scientifique LF 315», donnant des mesures en $\mu\text{s}/\text{cm}$ et en ms/cm . Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens et Derouane, 2000) (Figure 19).



Figure 19: Conductimètre électrique utilisé pour mesuré la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des échantillons.

- **Titre alcalimétrique complet (T.A.C):**

L'échantillon d'eau à analyser est additionné de quelques gouttes (2 à 3) de méthylorange puis titré à l'aide d'acide sulfurique jusqu'au virage du jaune à l'orange. Le TAC est exprimé en milliéquivalents par litre ou en degrés français (Tardat-Herny et Beaudry, 1984).

- **Titre hydrométrique (TH):** La dureté totale ou hydrométrique (TH) est la somme des concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+} . Le mode opératoire consiste à prélever 100 ml d'eau à analyser, ajouter 5ml de solution tampon (pH = 10) et une pincée d'indicateur coloré (Noir Eriochrome T). Enfin, on verse la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu vert, ce volume versé correspond à la dureté totale (en °F) (Rodier, 2009).
- **Dosage du calcium (Ca^{++}):** Les ions Ca^{++} sont dosés par complexométrie dans un milieu alcalin à pH = 12, en présence de la soude (NaOH) avec le Murexide comme indicateur

coloré. Nous titrons par l'EDTA ($N= 0,02$ éq/l) jusqu'au virage pourpre, ce volume versé correspond à la dureté calcique (en °F) (Rodier, 2009).

▪ **Dosage du sodium (Na^+) et de potassium (K^+) :**

Le dosage de ces deux ions (Na^+ , K^+) se base sur la méthode de spectrophotométrie à flamme. Son principe se base sur la dissociation des atomes pendant leur passage dans la flamme, et qui émettent de l'énergie à leur excitation. Chaque élément va émettre une longueur d'onde bien précise qui sera détectée par des filtres optiques de chaque élément (Figure 20).



Figure 20: Spectrophotométrie à flamme utilisée pour le dosage des ions (Na^+ , K^+) des échantillons.

▪ **Mesure du Magnésium (Mg^{++}):** La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne (La teneur en magnésium), exprimé en degrés français (Rodier, 2009).

▪ **Dosage des chlorures (Cl^-):** Le dosage a été effectué grâce à une électrode spécifique aux ions chlorures branchée à un multi-paramètre analyser de type Consort ; Modèle C3030 (Figure 21).



Figure 21: Multi-paramètre utilisé pour le dosage des ions chlorure (Cl^-) des échantillons.

▪ **Dosage des sulfates (SO_4^{--}):** Le dosage est effectué grâce à un photomètre Palintest réglé à une longueur d'onde de 520 nm, la gamme de mesure varie de 0 à 200 $\text{mg} \cdot \text{SO}_4^{--} / \text{l}$.

Les caractéristiques des eaux prélevées sont reportées dans le tableau 11.

Tableau 11: Caractéristiques chimiques des eaux des nappes de la région d'El Ghrous.

Nappe	Eléments/paramètres chimiques	Valeur minimale (mg/l)	Valeur maximale (mg/l)	Valeur Moyenne (mg/l)
Eocène (14 forages)	Température °C	18,80	29,40	25,46
	pH	6,91	8,18	7,43
	Conductivité (ms/cm)	1,71	5,83	3,09
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	0	37,39	13,92
Mio-pliocène (40 forages)	Température °C	16,20	24,70	22,50
	pH	6,45	8,25	7,48
	Conductivité (ms/cm)	3,82	5,62	4,74
	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	97,60	213,80	170,24
	Cl ⁻ (mg/l)	390,50	852	596,67
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	27,18	175,27	80,67
	SO ₄ ⁻ (mg/l)	1431,67	3144,41	2044,10
	Ca ⁺⁺ (mg/l)	480	766,40	639,14
	Mg ⁺⁺ (mg/l)	55,68	316,80	155,59
	Na ⁺ (mg/l)	68,12	559,74	311,54
	K ⁺ (mg/l)	8,18	16,50	12,43

III.2.3. Cartographie assistée par ordinateur

Le SIG est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

Dans un sens plus général, le terme de SIG décrit un système d'information qui intègre, stocke, analyse, et affiche l'information géographique. Les applications liées aux SIG sont des outils qui permettent aux utilisateurs de créer des requêtes interactives, d'analyser l'information spatiale, de modifier et d'éditer des données au travers de cartes et d'y répondre cartographiquement.

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :

- Matériel - Logiciels - Données - Utilisateurs – Méthodes.

On peut définir cinq fonctionnalités clé pour les S.I.G parfois surnommées "les cinq A" :
Acquisition – Archivage – Analyse – Affichage – Abstraction.

- ❖ **Archivage** : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.
- ❖ **Acquisition** : intégration et échange de données. (Import-Export)
- ❖ **Abstraction** : modélisation du réel selon une certaine vision du monde.
- ❖ **Affichage** : représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité.

Analyse : analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...)

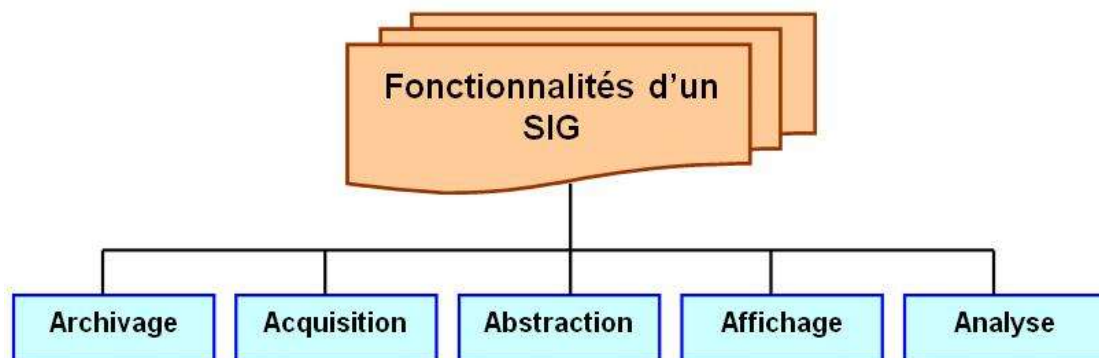


Figure 22: Les cinq fonctionnalités d'un SIG

Dans cette étude, on a utilisé le logiciel ArcGis 10.1 pour la réalisation des différentes cartes.

III.3. Faciès chimiques des eaux analysées

Les résultats des différentes analyses sont représentés sous forme de diagrammes universels, les plus connus et utilisés dans le domaine de la chimie, qui vont permettre de définir les faciès chimiques des eaux souterraines.

III.3.1. Diagramme de 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).

La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique. A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau concernée.

A partir du diagramme de Piper (Figure 23) nous remarquons que la totalité des eaux analysées de la nappe Mio-pliocène présentent un faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

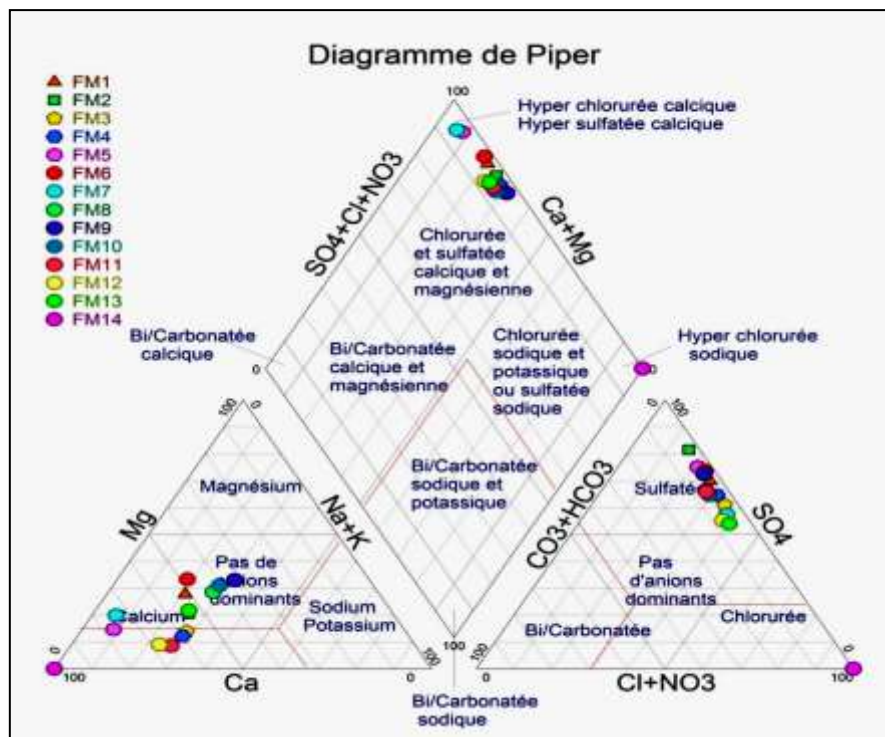


Figure 23: Projection sur le diagramme de PIPER des résultats des analyses des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous.

III.3.2. Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF

Le diagramme de SCHOELLER BERKALOFF permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques et décalage relatif des droites les unes au dessus des autres dans le cas contraire.

D'après le diagramme ci-dessous (Figure 24), on constate que les analyses se répartissent selon le même faciès déterminé selon le diagramme de Piper, qui prédomine le faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne.

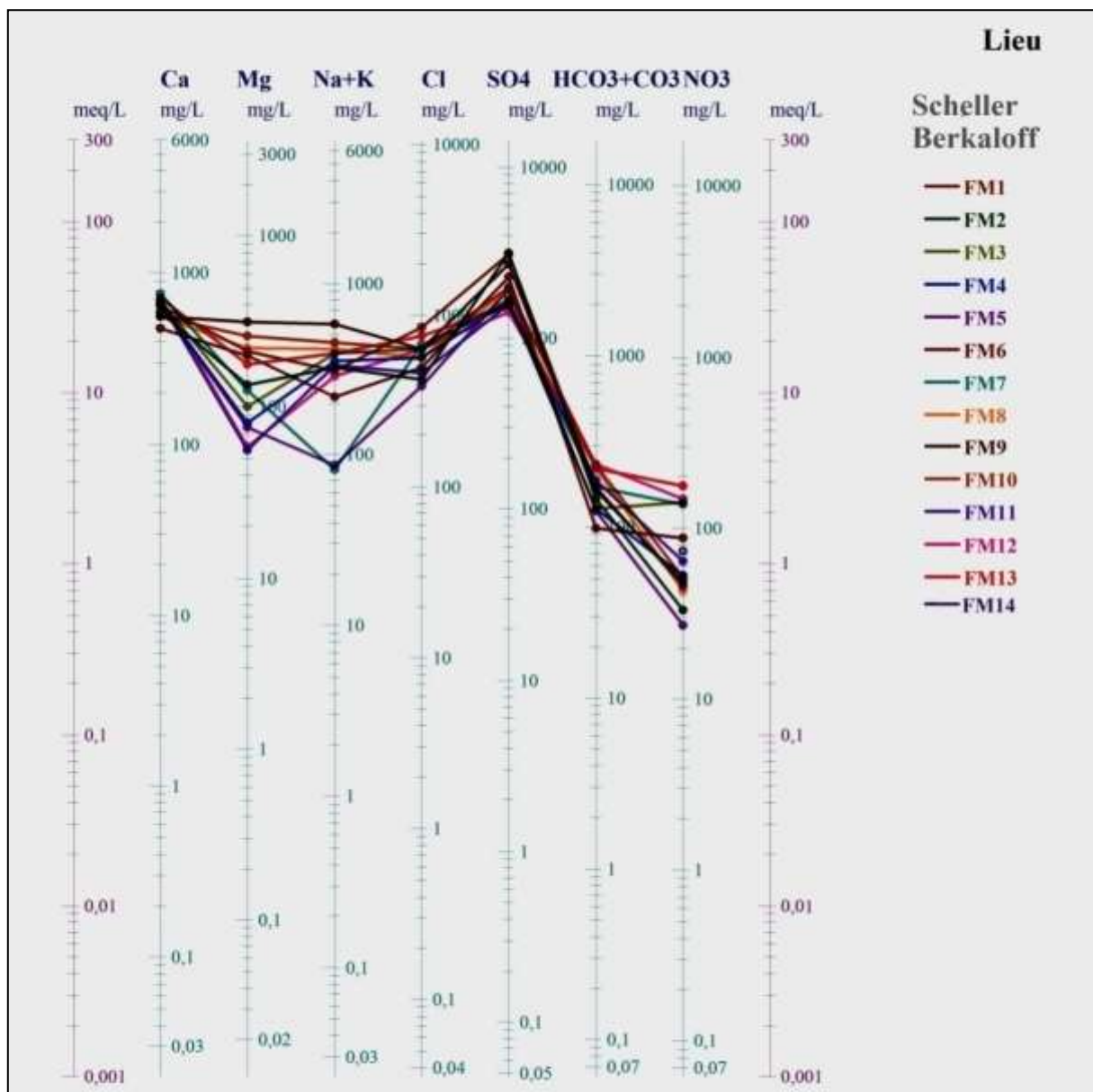


Figure 24: Projection sur le diagramme de SCHOELLER BERKALOFF des résultats des analyses des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous.

III.3.3. Diagramme de RIVERSIDE

Ce diagramme représente une classification des eaux ; exprimé sous forme d'un ratio qui décrit le pouvoir alcalinisant calculé par une formule appelée sodium adsorbable, « Sodium Absorption Ratio ; SAR », en fonction de la conductivité électrique. Pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le ratio est plus élevé.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}}, \text{ où tous les éléments sont exprimés en méq/l.}$$

Par ailleurs, la combinaison de la conductivité électrique et du rapport d'absorption du sodium (SAR) permet de classer ces eaux selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation de Riverside (Figure 25). La représentation graphique de ces échantillons montre que les eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène présentent un risque de salinisation. Ainsi que, l'utilisation de ces eaux nécessitera certaines précautions tel qu'un bon drainage des sols, notamment si les sols présentent une texture fine.

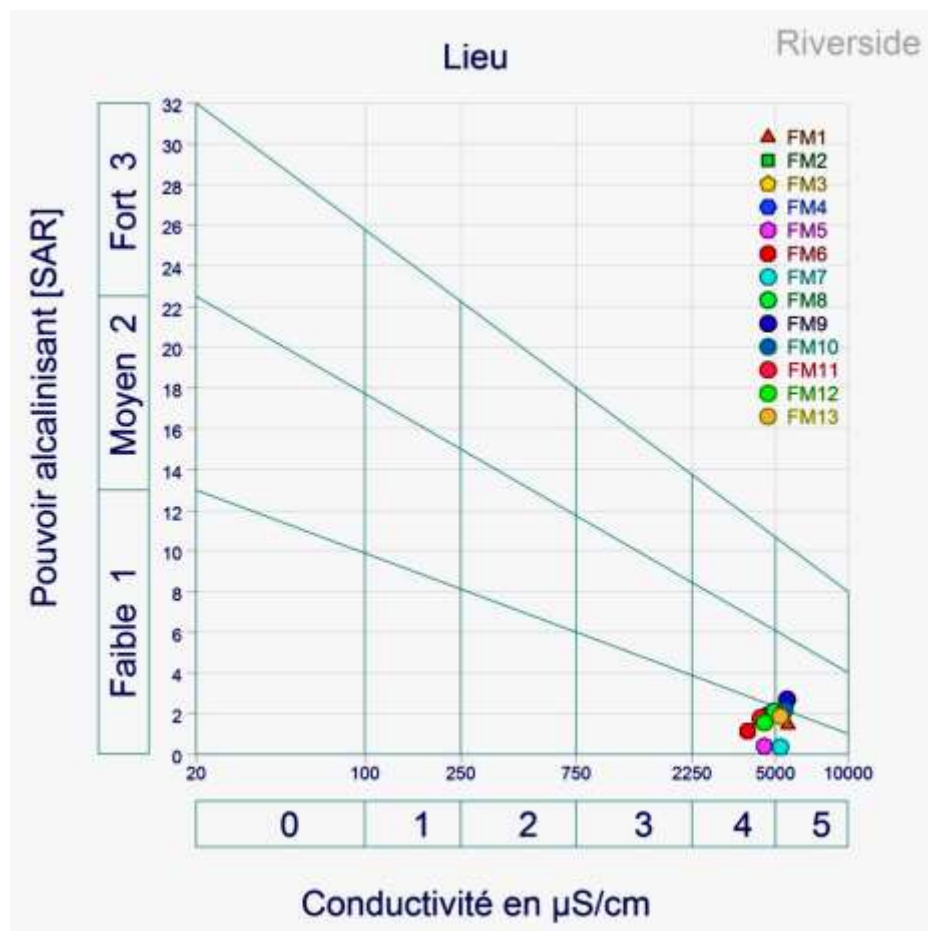


Figure 25: Classifications des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous (Diagramme de RIVERSIDE).

III.4. Discussion et interprétation des résultats

III.4.1. Paramètres physicochimiques

Les analyses physicochimiques des eaux des nappes Mio-pliocène et Eocène de la région d'El Ghrous pendant l'année 2015, ont montré une grande variation des concentrations des éléments chimiques. Ces dernières dépassent les normes de potabilité de l'OMS dans certains points de mesures.

III.4.1.1. Température (T en °C)

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux, elle varie en fonction de la température extérieure de l'air, des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Les valeurs de la température observées pour les eaux de la nappe Mio-pliocène varient entre 16,20 et 24,70°C et sont inférieures à la norme de potabilité fixée par l'OMS qui est de 25 °C (Figure 26). Tandis que, les eaux de la nappe Eocène présentent des températures moyennement élevées allant de 18,80 à 29,40°C (Figure 27).

III.4.1.2. Conductivité électrique (COND en mS/cm)

Elle est liée à la présence des espèces ioniques en solution. Les valeurs mesurées pour l'ensemble des échantillons s'échelonnent entre:

- Un maximum de 5,62 mS/cm dans le point FM1 et un minimum de 3,82 mS/cm au point FM6 pour la nappe Mio-pliocène (Figure 28);
- Un maximum de 5,83 mS/cm dans le point FE16 et un minimum de 1,71 mS/cm au point FE1 pour la nappe Eocène (Figure 29).

On s'aperçoit qu'on assiste à une concentration dans le sens de l'écoulement.

III.4.1.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'activité des ions hydrogènes (H^+) dans une solution aqueuse exprimée en moles/litre. L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (Très acide) à 14 (très alcaline). La valeur médiane 7 correspond à une solution neutre.

Le pH des eaux de différentes nappes varie entre 6,45 et 8,25 (Figures 30 et 31). Il apparaît que le pH de toutes ces eaux est de caractère à caractère alcalin pour les eaux de la nappe Eocène et avec un caractère acide ou alcalin variable pour les eaux de la nappe Mio-pliocène.

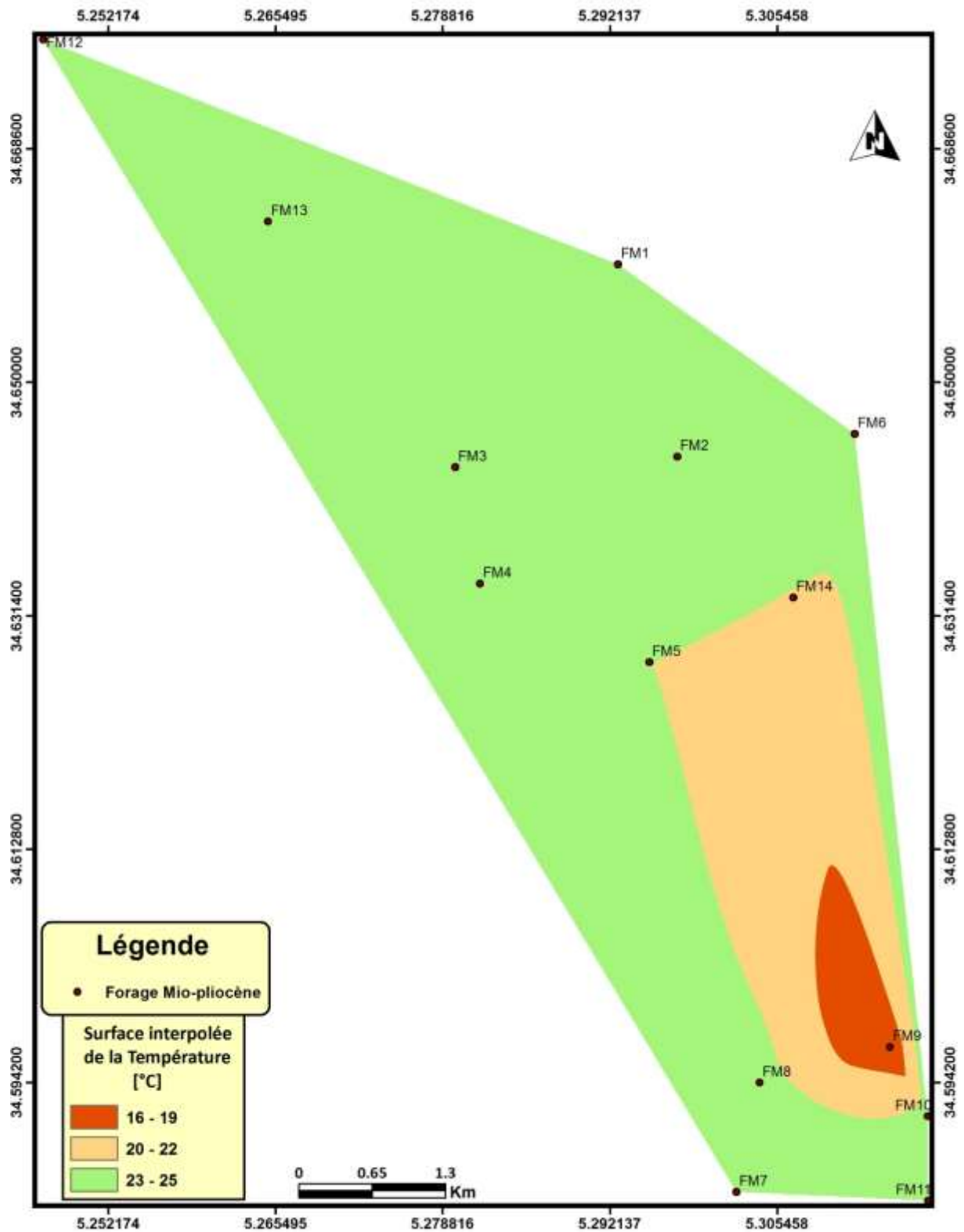


Figure 26: Répartition de la température des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

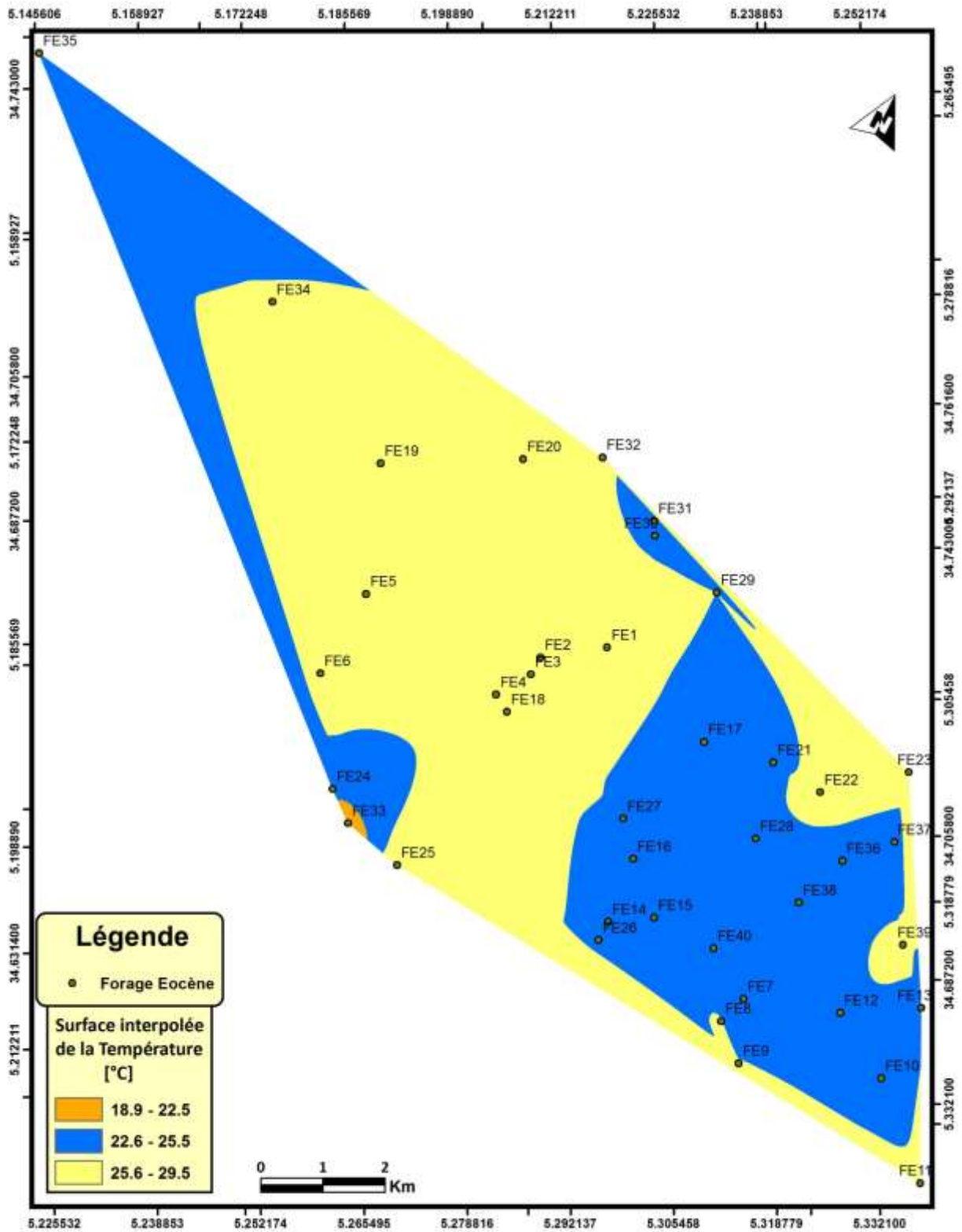


Figure 27: Répartition de la température des eaux de la nappe Eocène de la région d’El Ghrous.

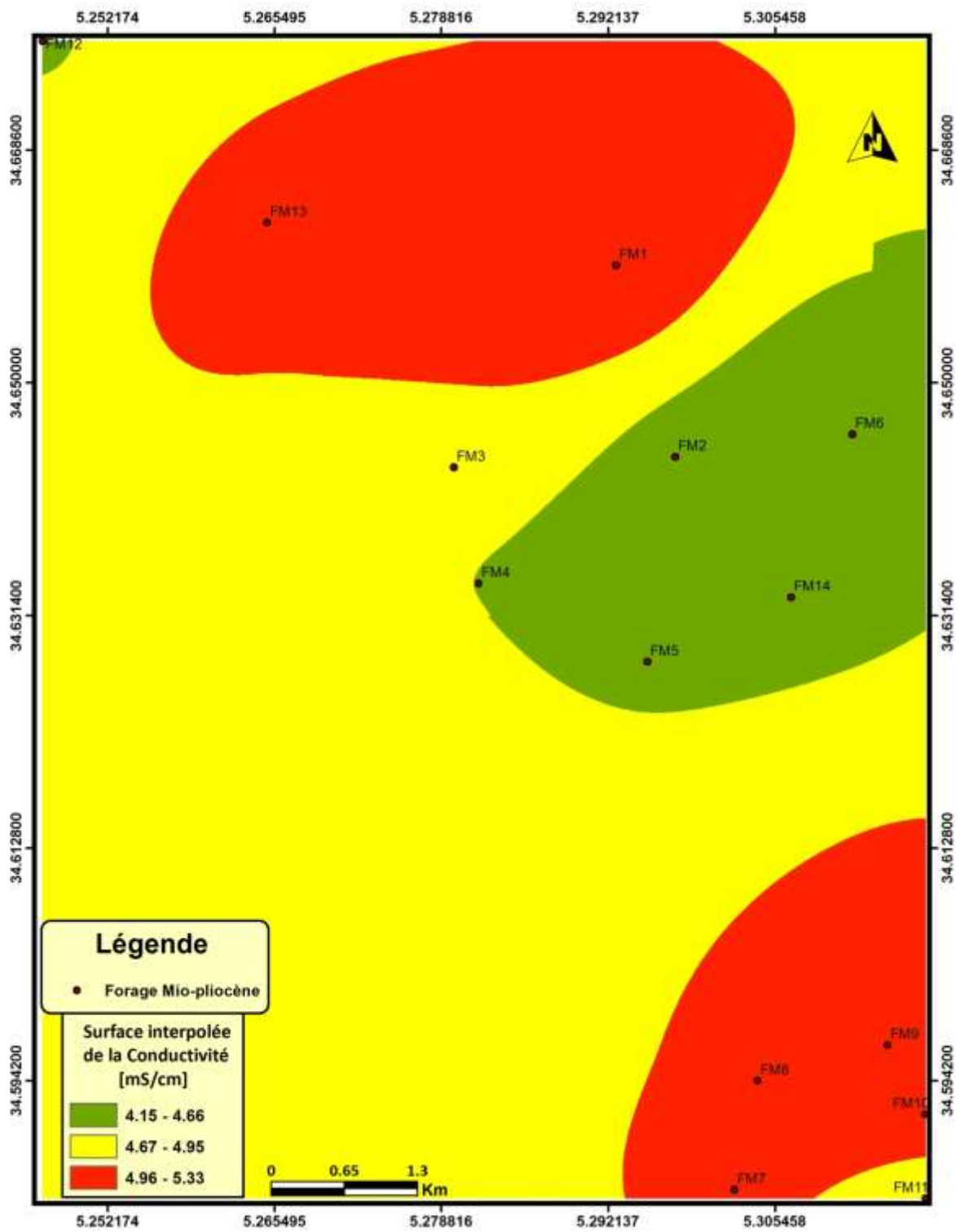


Figure 28: Répartition de la conductivité des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

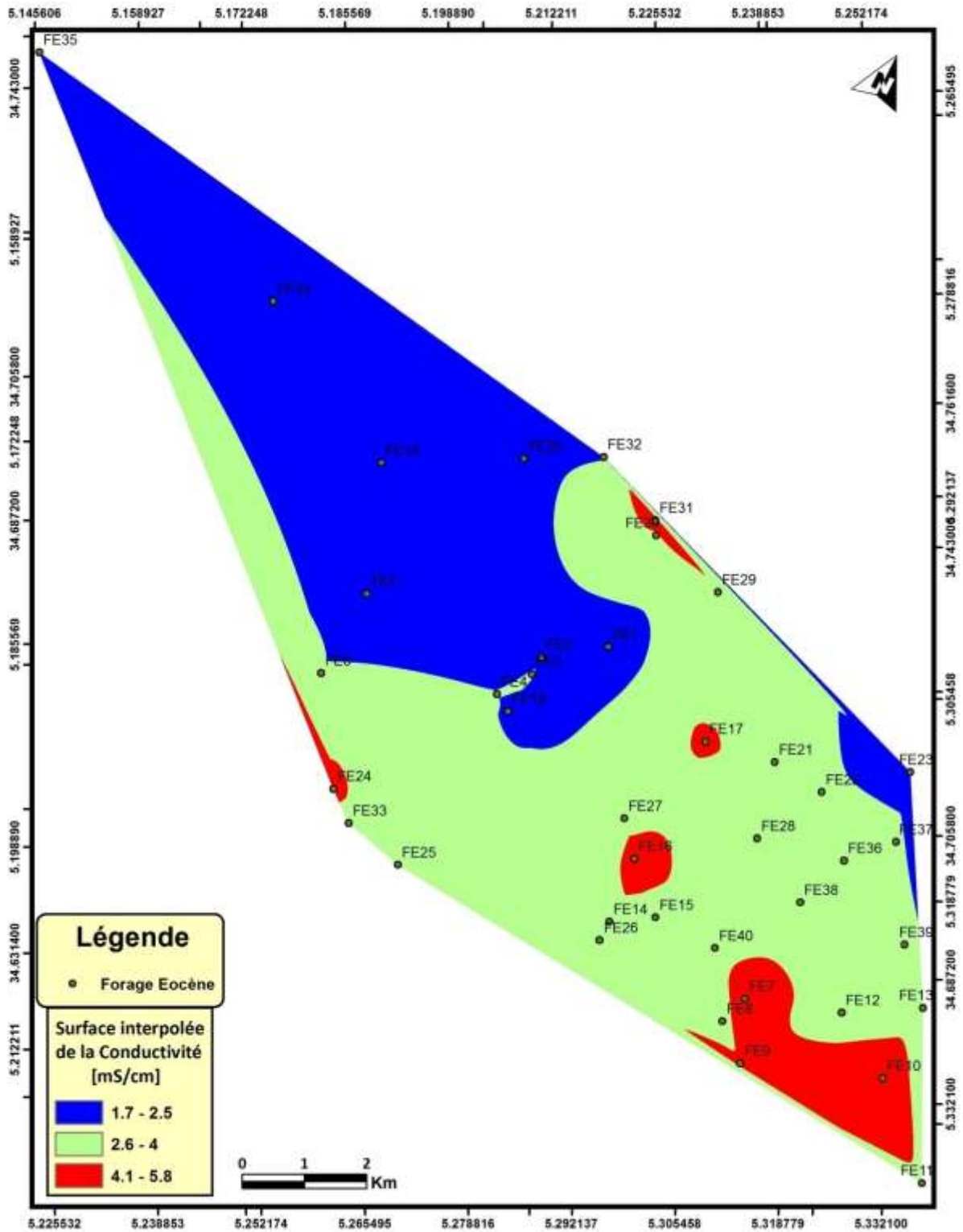


Figure 29: Répartition de la conductivité des eaux de la nappe Eocène de la région d'El Ghrous.

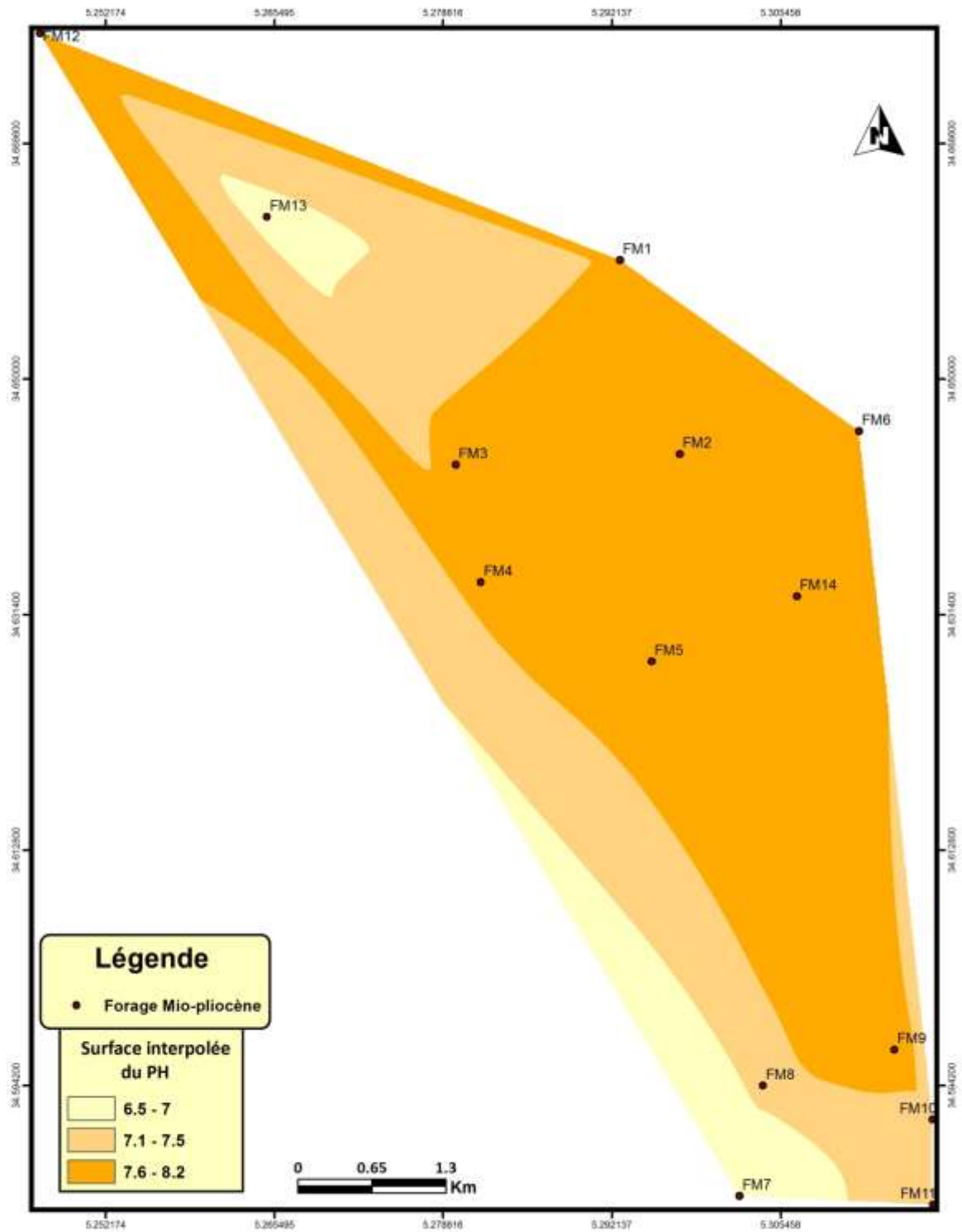


Figure 30:Répartition du pH des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

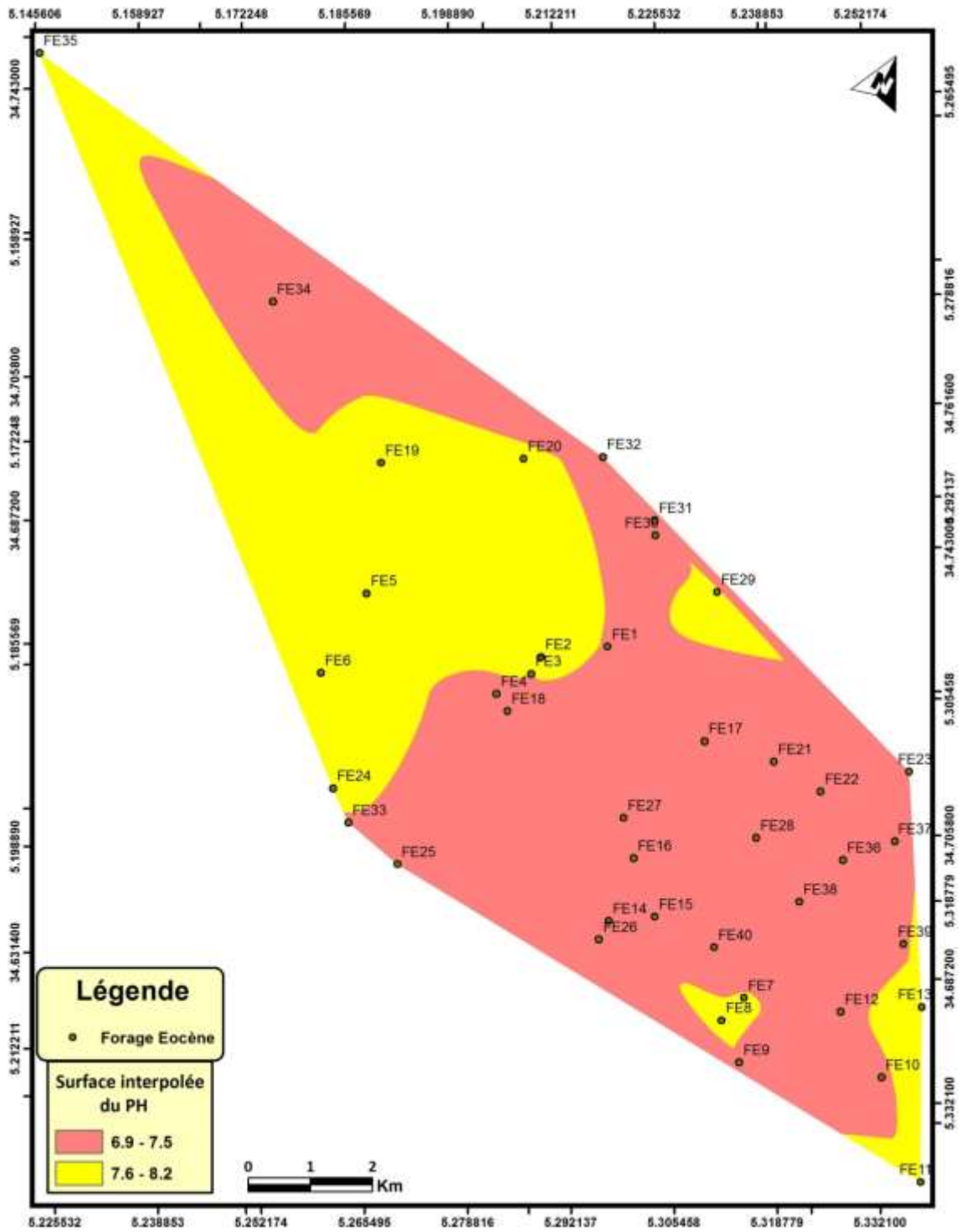


Figure 31: Répartition du pH des eaux de la nappe Eocène de la région d’El Ghrous.

III.4.2. Les cations

III.4.2.1. Le calcium Ca^{++}

La présence des ions Ca^{++} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles ; soit à la dissolution des formations carbonatées (Ca CO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (Ca SO_4).



Les résultats de mesure obtenus au laboratoire montrent que la plupart des points d'eau de la nappe Mio-pliocène présentent des concentrations qui varient entre 480 à 766,40 mg/l. Ils sont supérieures à la norme de potabilité de 200 mg/l, ce qui indique que ces eaux sont influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses (Figure 32).

III.4.2.2. Le magnésium Mg^{++}

Le magnésium contribue au bon fonctionnement du système nerveux et la contraction musculaire. Il se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2,5 pour cent de la croûte terrestre et forme généralement des minéraux comme la giobertite (magnésite), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante. Toutes les eaux naturelles en contiennent et il contribue largement à leur dureté. Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires.

Pour les eaux de la nappe Mio-pliocène, les teneurs en magnésium sont comprises entre 55,68 à 316,80 mg/l (moyenne de 155,59 mg/l). L'évolution des teneurs est identique à celle du calcium, la comparaison des concentrations avec les normes de potabilité montre qu'une grande partie des points d'eau (46,16 % nappe de Mio-pliocène) possède des teneurs supérieures à la valeur maximale admissible (150mg/l) (Figure 33).

III.4.2.3. Le sodium Na^+

Pour les échantillons analysés, la concentration de sodium à une valeur minimale de 68,12 mg/l au point FM7 et une valeur maximale de 559,74 mg/l au point FM9.

Dans le cas des eaux de la nappe étudiée (Mio-pliocène), nous remarquons que 84,61 % des points d'eau dépassent la norme algérienne de 200 mg/l (Figure 34).

III.4.2.4. Le potassium K^+

D'après les analyses effectuées, on constate que la plupart des échantillons ont des teneurs supérieures à la norme algérienne de 12 mg/l. La concentration de potassium varie entre 8,18 mg/l au point FM12 et 16,51 au point FM9 (Figure 35).

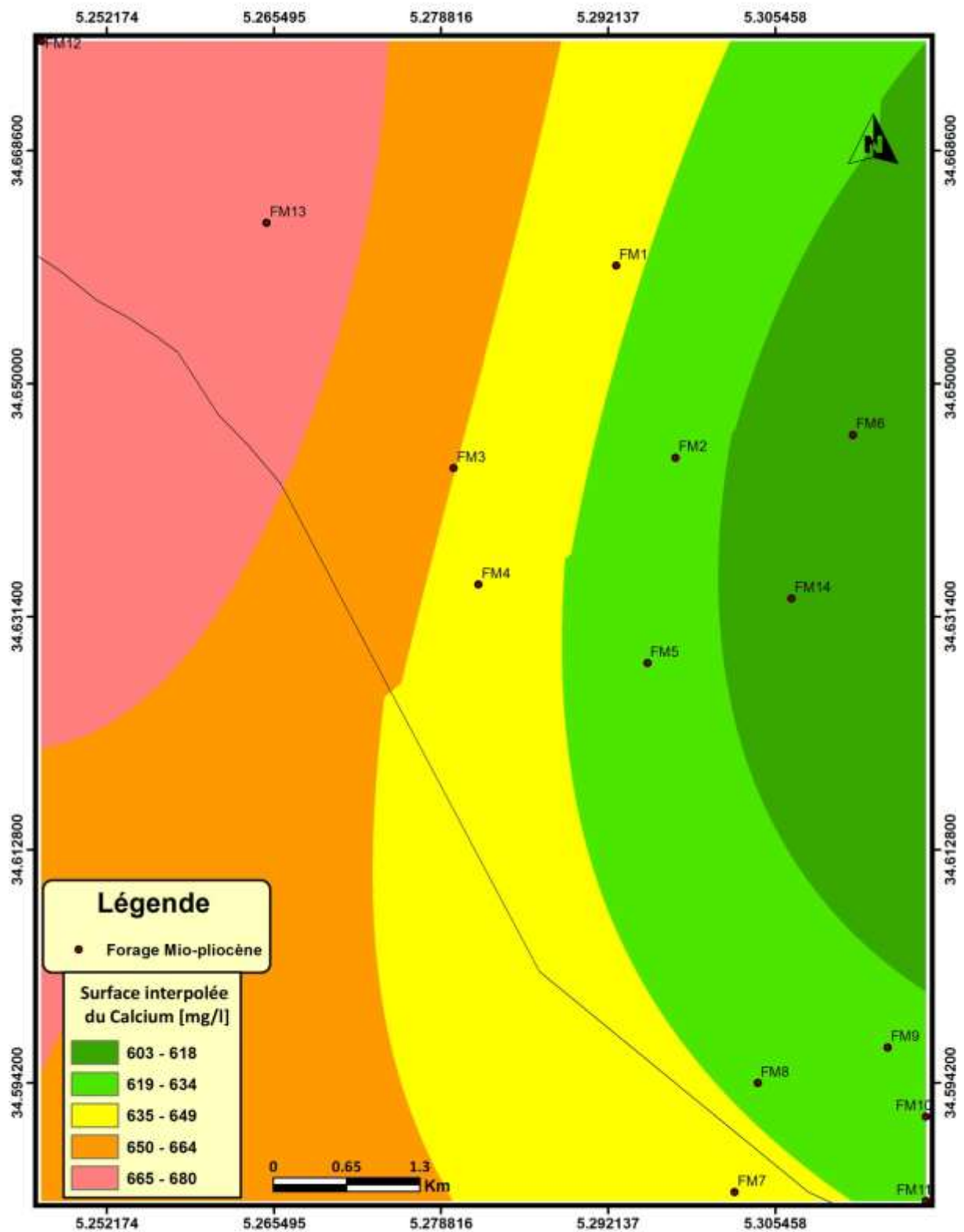


Figure 32: Répartition du calcium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

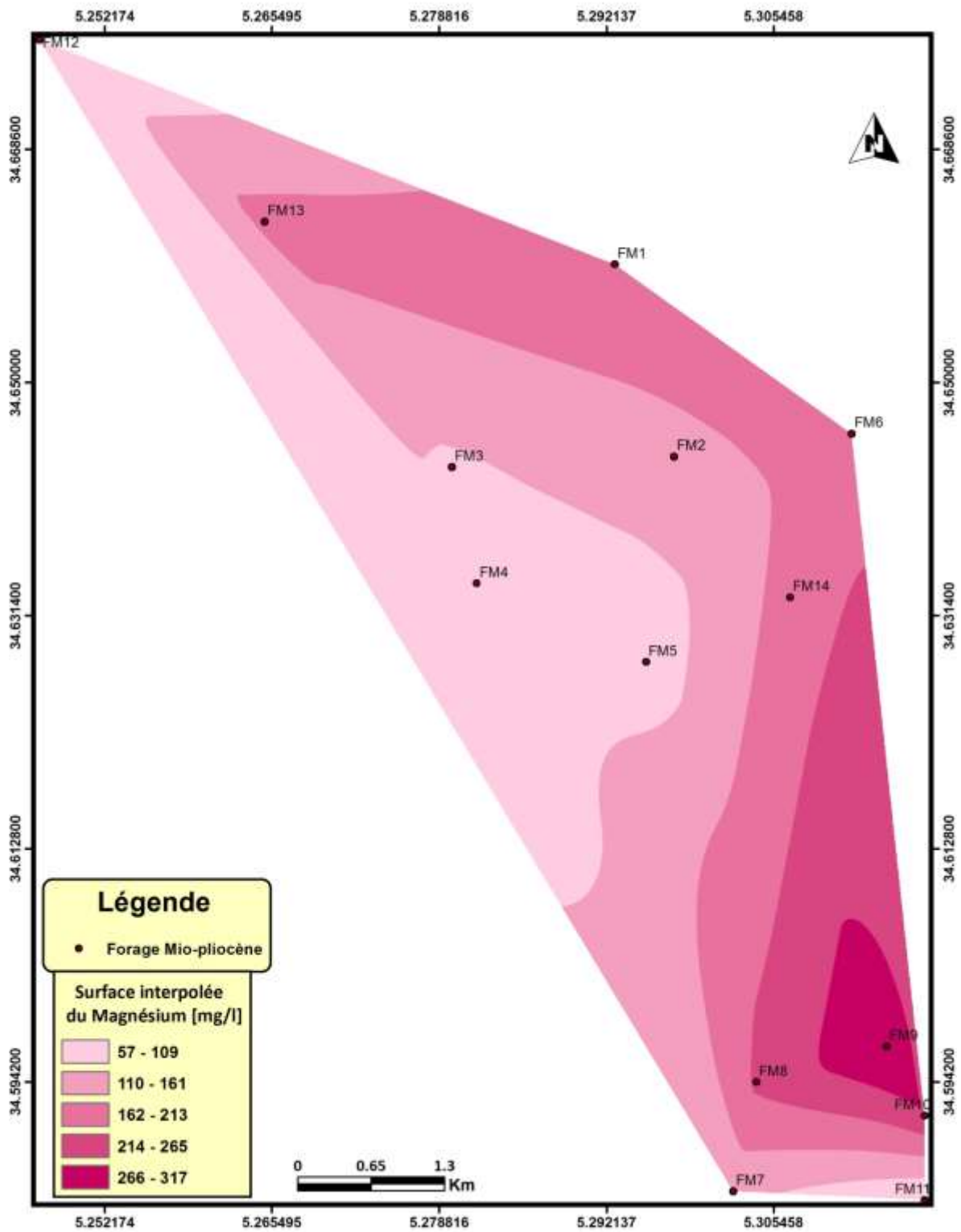


Figure 33: Répartition du magnésium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

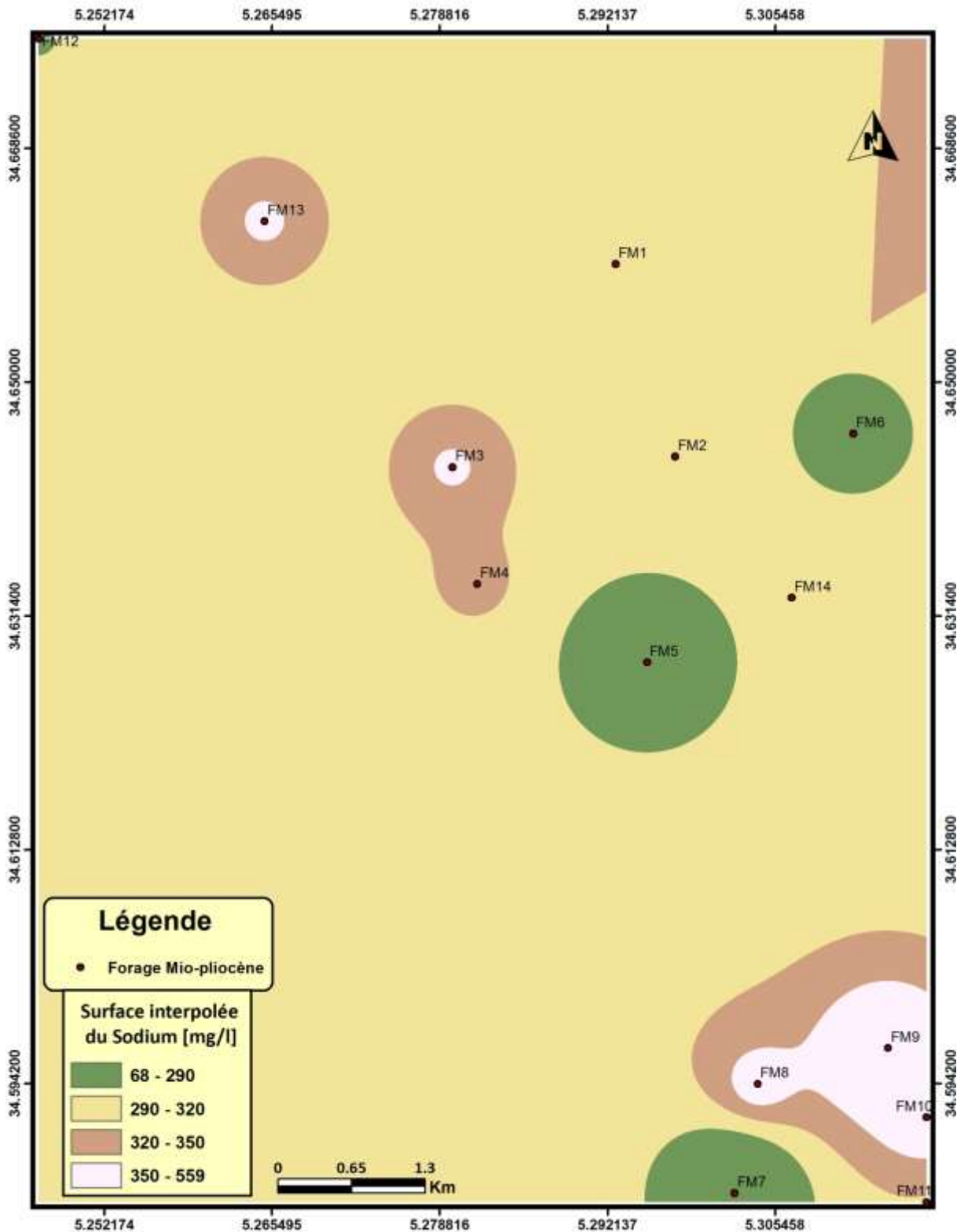


Figure 34: Répartition du sodium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

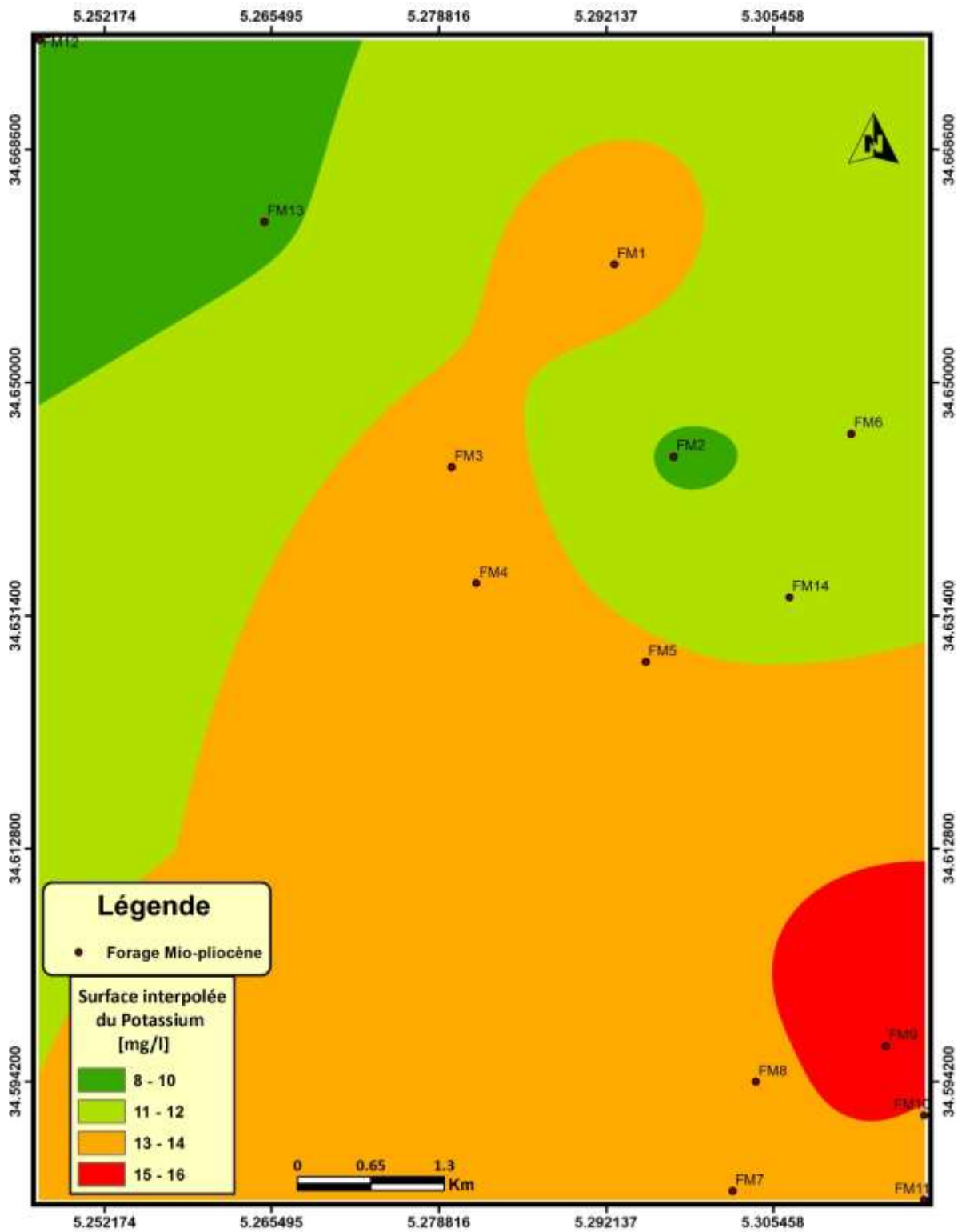


Figure 35: Répartition du potassium des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

III.4.3. Les anions

III.4.3.1. Le chlorure Cl^-

Les ions chlorure peuvent avoir une origine multiple ; soit par contamination par les eaux usées, soit par la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels est très facile d'où leur présence en fortes concentrations dans les eaux souterraines ayant traversées les formations argileuses et marneuses. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs à partir de 250 mg/l (Norme de l'O.M.S). Les valeurs des chlorures dans la nappe Mio-pliocène varient entre 390,50 mg/l et 852 mg/l. D'après l'OMS on constate qu'on a un dépassement de la norme (Figure 36).

III.4.3.2. Les sulfates SO_4^{2-}

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté qui est faiblement soluble (7 g/l dans les conditions normales). Les échantillons prélevés ont des teneurs comprises entre 1431,67 et 3144,41 mg/l, ils dépassent 400 mg/l (Norme algérienne)(Figure 37).

III.4.3.3. Les bicarbonates HCO_3^-

Les bicarbonates, ou hydrogénocarbonate, est un ion poly atomique dont la formule chimique est HCO_3^- . "Bicarbonate" porte ce nom de par le caractère double de ses propriétés, il est à la fois acide et base appartenant à deux couples acido-basiques différents, on appelle cela une espèce ampholyte. À ne pas confondre avec les ions carbonates qui portent deux charges négatives. Il s'agit de la forme intermédiaire entre la déprotonation de l'acide carbonique : ôter le premier proton (Ion H^+) de l'acide carbonique donne le bicarbonate ; ôter le second proton donnera la forme carbonate ionique.

Les concentrations des bicarbonates dans la zone d'étude (Nappe Mio-pliocène) varient entre 97,60 mg/l et 213,80 mg/l, dont les fortes teneurs se localisent au Nord-Est de la zone d'étude (Figure 38).

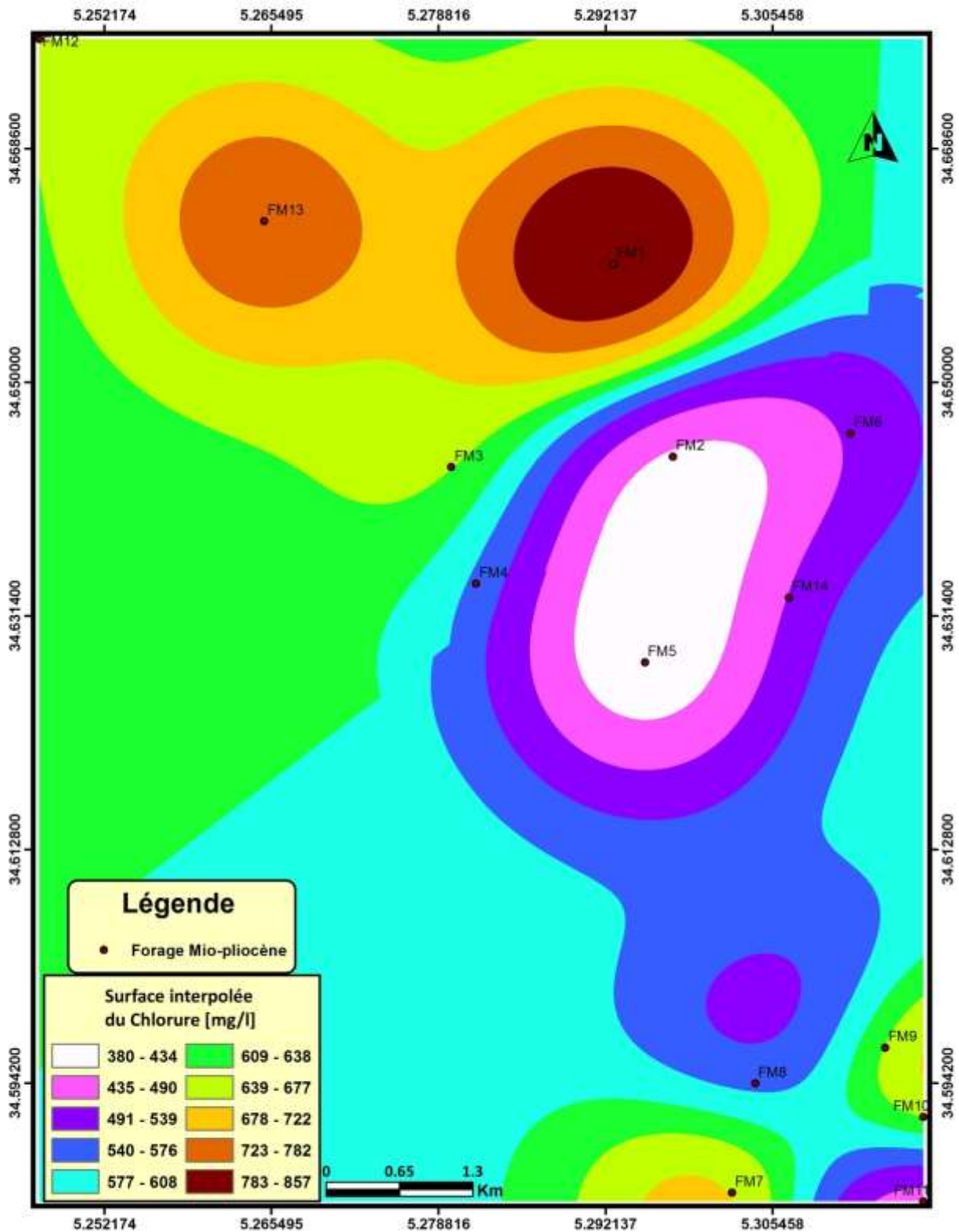


Figure 36: Répartition du chlorure des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

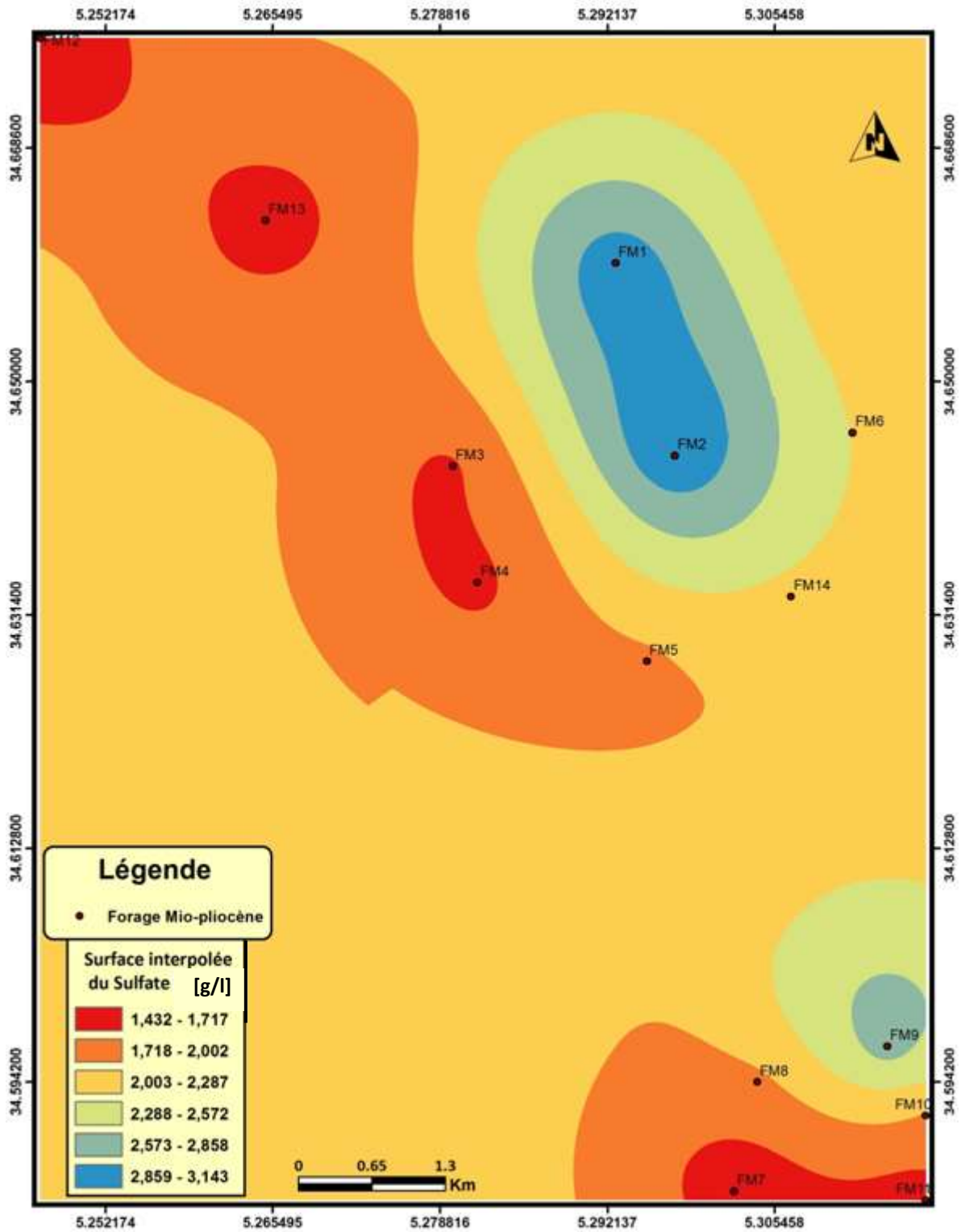


Figure 37: Répartition des sulfates des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

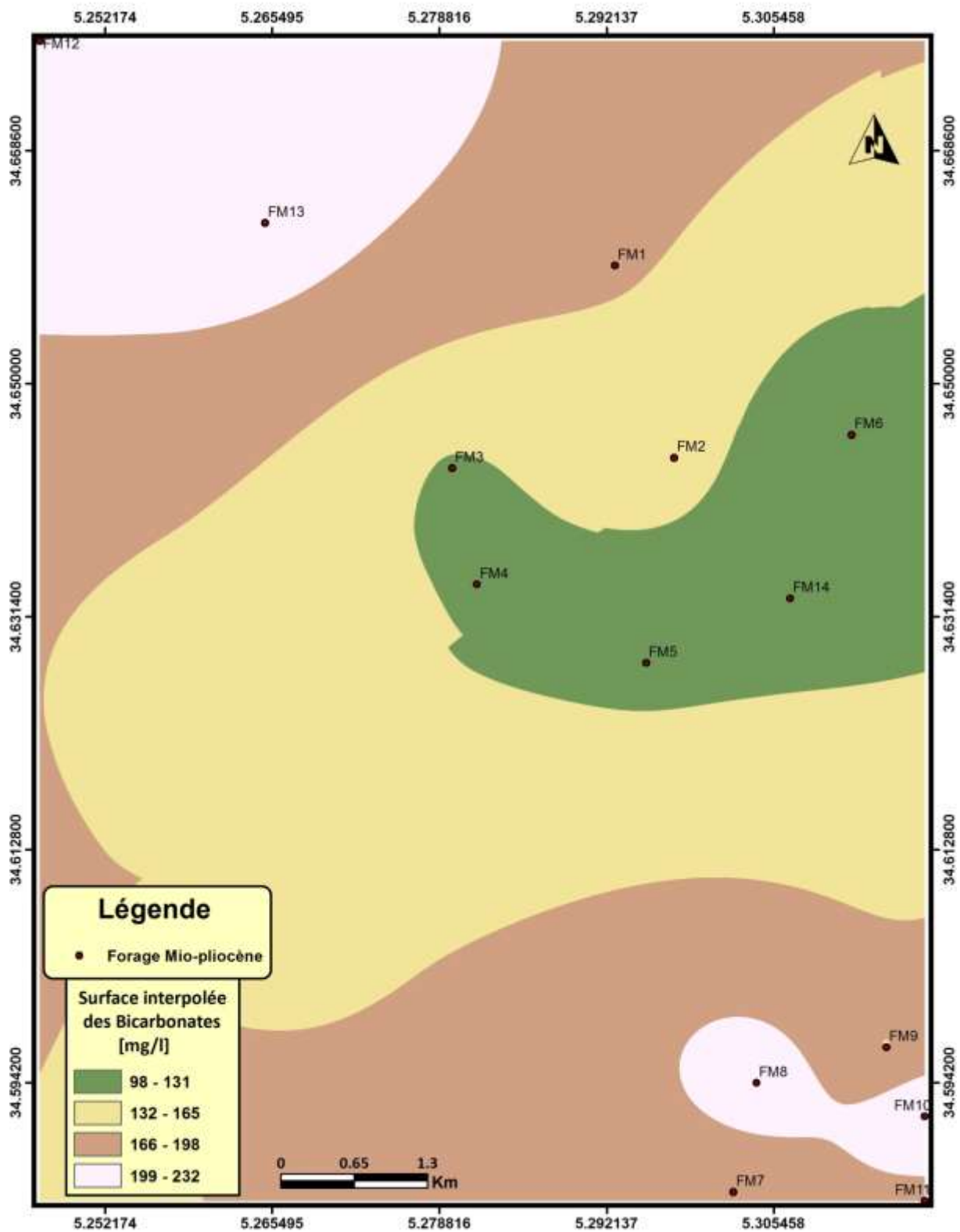


Figure 38: Répartition des bicarbonates des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

III.4.3.4. Les nitrates NO_3^-

Les cartes des nitrates de la région d'El Ghrous mettent en évidence des niveaux de contamination différents selon les aquifères existants (Figures 39 et 40). La nappe de l'Eocène la plus utilisée dans la région présente des concentrations en nitrates de 0 à 37,39 mg/l restant inférieure à la norme préconisée (50 mg/l). Par contre, la nappe du Mio-pliocène dont l'exploitation se localise dans la partie Sud révèle des concentrations importantes (27,18 à 175,27 mg/l). Ces différences de concentrations en nitrates entre les nappes s'expliqueraient par la profondeur de ces aquifères. Les eaux relativement moins profondes du Mio-pliocène (30 à 100 m) sont moins protégées à la pollution nitrique contrairement à celles de l'Eocène située entre 100 et 470 m.

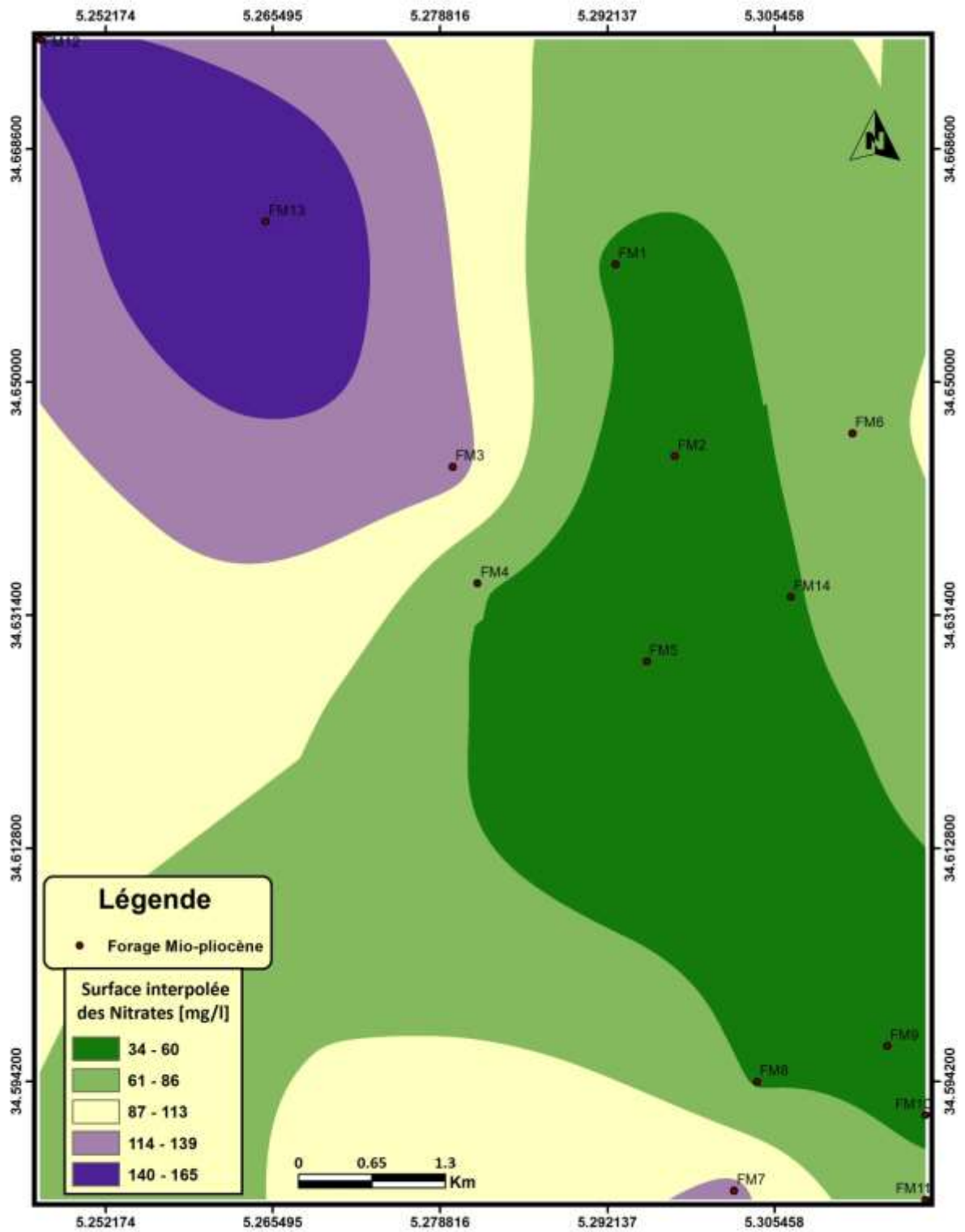


Figure 39: Répartition des nitrates des eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d’El Ghrous.

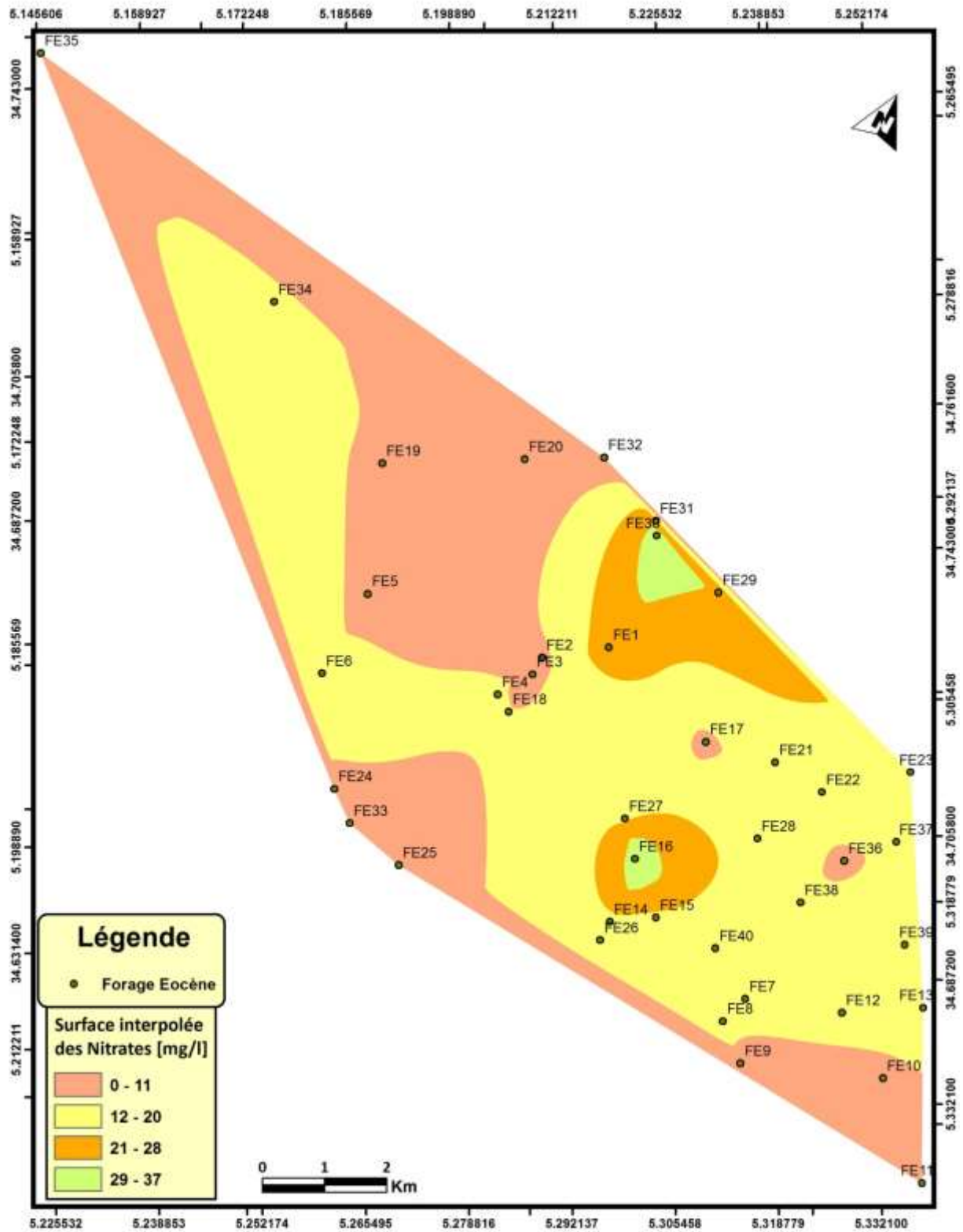


Figure 40: Répartition des nitrates des eaux de la nappe Eocène de la région d’El Ghrous.

III.5. Conclusion

L'interprétation des diagrammes de PIPER et SCHOELLER-BERKALOFF a montré que les eaux de la nappe Mio-pliocène de la région d'El Ghrous sont caractérisées par une dominance des ions desulfate et de calcium qui semble être liée à la nature géologique.

L'analyse cartographique de la nappe Mio-pliocène fait ressortir que le calcium, le magnésium et les bicarbonates ont des concentrations élevées. Cette augmentation est due à l'influence des formations carbonatées. Par contre les sulfates, le chlorure et le sodium sont caractérisés par des teneurs très élevées, dues à l'influence des formations salifères.

La majorité des eaux de la région d'étude (El Ghrous) ont des teneurs supérieures aux normes algériennes et celles de l'O.M. pour SO_4^- , Cl^- , Ca^{++} , Na^+ et Mg^{++} . Ces eaux sont très dures, ce qui entraîne des inconvénients de cuisson et pour la lessive. Ces eaux ayant de très fortes minéralisations et peuvent entraîner des risques de salinisation des sols.

La forte minéralisation enregistrée dans cette zone est liée avec une forte conductivité traduisant une salinité élevée qui doit être prise en considération et que l'eau doit être utilisée avec beaucoup de précaution en agriculture.

Dans la région d'El Ghrous, l'exploitation de la nappe du Mio-pliocène (30 à 100 m) située au sud, révèle des concentrations importantes en nitrates jusqu'à 175,27 mg/l. Ceci implique une pollution au biais de la fertilisation et surtout la localisation peu profonde des eaux souterraines.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude que nous avons menée, nous a permis d'apporter notre contribution à la connaissance des caractéristiques géographiques, hydrogéologiques et hydrochimique de la région de Biskra.

La région d'El Ghrous est soumise à un climat aride à semi-aride, avec un hiver froid et un été chaud et sec, avec des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 11 mm. La température moyenne interannuelle est de 22,59°C.

L'étude hydrogéologique montre que la circulation des eaux souterraines de la nappe Mio-pliocène se fait Sud-Ouest vers le Nord-Est, et pour la nappe Eocène, l'écoulement est orienté du Sud vers le Nord.

Pour l'étude hydrochimique, nous avons effectué des analyses concernant les paramètres physico-chimique des eaux des nappes Mio-pliocène et Eocène de la région d'El Ghrous, tel que: le PH, la conductivité, la dureté, les nitrates...etc.

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que:

- La minéralisation augmente dans le sens de l'écoulement des eaux souterraines. Elle est tributaire de phénomènes naturels; évaporation et dilution. Le premier est un phénomène climatique qui dépend de la température, il agit sur les eaux proches de la surface du sol. Le second est un phénomène lithologique qui dépend de la pression, de la température; du volume d'eau en contact avec la roche, de la surface et de la durée de contact.
- La pollution agricole contribue à l'augmentation des nitrates, des sulfates et des chlorures par l'épandage des engrais chimiques qui peuvent modifier le chimisme des eaux souterraine car la surface piézométrique se trouve proche de la surface topographique; ce qui facilite le transport des polluants à partir de la surface.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ANAT ,2003 : Schéma directeur des ressources en eau .Wilaya de Biskra- Phases II. ANRH (2008 et 2003). Inventaire des points d'eau dans la wilaya de Biskra.
- B.N.E.D.R. (2001). Programme de mise en valeur des terres par le biais de la concession, étude de mise en valeur des terres du périmètre de Marhoum Gharbi dans la commune d'El Ghrous. Bureau national d'étude pour le développement rural Alger. 15 p.
- B.N.E.D.R. (2003). Etude préliminaire de mise en valeur du périmètre de Louzen dans la commune d'El Ghrous. Bureau national d'étude pour le développement rural Alger. 14 p.
- BENGOUGA K. (2010). Contribution a l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans les régions arides. Mémoire de Magister en agronomie. Université de Biskra.
- BOUMESSENEGH A. (2007). Les inondations dans la ville de BISKRA Causes et Impacts. Mémoire de Magister en Mobilisation des ressources hydriques. Université de Biskra.
- CDARS (2007). Données statistiques agricoles. Commissariat de développement agricole des régions sahariennes Ouregla.
- DROUICHE A., REZEG A., BOUGHERIRA N., HAMZAOUI W., DJABRI L. (2011). Mise en évidence d'une pollution des eaux par les nitrates au niveau de la nappe du Mio-pliocène d'El-Ghrous (Biskra), 1er séminaire international d'étude sur l'agriculture biologique et développement durable. Les 13 et 14 Février, Oran.
- DROUICHE A., REZEG A., BOUGHERIRA N., HAMZAOUI W., DJABRI L. (2011). Mise en évidence d'une pollution des eaux par les nitrates au niveau de la nappe du Mio-pliocène d'El-Ghrous (Biskra), 1^{er} séminaire international d'étude sur l'agriculture biologique et développement durable. Les 13 et 14 Février, Oran.
- HADJ-SAÏD S. (2007). Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : Cas de la nappe de Guebes (Algérie). Thèse de Doctorat en géologie. Université Annaba.
- HAOUCHINE A. (2010). Hydrogéologie en zone semi aride et aride : région de Biskra (Algérie). Thèse Doct. d'état. Univ. Houari boumediene-Alger.
- HOUAMEL S. (2013). Etude bioécologique des thrips inféodes aux cultures sous serre dans la région d'el Ghrous (BISKRA). Mémoire de Magiter en sciences agronomiques. Université Biskra.

- JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) (2011). La qualité de l'eau de consommation humaine. Décret exécutif N° 11-125 du 17 RabieEthani 1432. Imprimerie Officielle. Les Vergers : Bir-Mourad Raïs. Alger. Algérie.
- MEGUENNI-TANI A. (2013). Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du mio-plioquaternaire de la région Sud de la ville de Biskra, Algérie. Mémoire de Master en Géo-Ressources. Université Tlemcen.
- OMS. (2008). Nitrate and nitrite in drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva.
- REJSEK F. (2002). Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques, Collection biologie technique, Série Sciences et techniques de l'environnement. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- RODIER J. (1984). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris.
- RODIER J. (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9^{ème} édition (Entièrement mise à jour), Ed. Dunod, Paris.
- SAT. (2007). Les données statistiques de la zone d'El Ghrous. Subdivision agricole Tolga.
- SEDRATI N. (2011). Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-Sud Est algérien. Thèse de doctorat en hydrogéologie. Université Annaba.
- TARDAT-HENRY M., BEAUDRY J.P. (1984). Chimie des eaux, Ed. LE griffon d'argile INC, Canada.

Annexes

Annexes

1. Normes de l'OMS de qualité des eaux potables(2006)

Tableau 1: Paramètres avec valeurs indicatives (Normes de l'OMS 2006).

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	PH	-	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
	Conductivité		pas de norme
	Température		acceptable
	Turbidité	NTU (1NTU pour la désinfection)	5
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		acceptables

Tableau 2: Paramètres avec valeurs limites (Normes de l'OMS 2006).

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs Limites (CMA)
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0,07
	Mercure (Hg)	mg/l	inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4
Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1,5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	CalciumCa ²⁺	mg/l	100
	Chlorures(Cl)	mg/l	250
	Dureté mg/l CaCO ₃	ppm	200
	Sodium (Na)	mg/l	20
	Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150
Potassium (K ⁺)	mg/l	12	

2. Normes algériennes (Ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)

Tableau 3: Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes, 2011).

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	PH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9.5
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4

Tableau 4: Paramètres avec valeurs limites (Normes algériennes, 2011).

de paramètres Groupe	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres physico-chimiques	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Phénols	µg/l	0,5
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
Chlore	mg/l	5	
Chlorite	mg/l	0,07	
	Trihalométhanes (THM) (Total)		