

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD – TLEMCEM

N° d'ordre : /DSTU/2019



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE, DE LA VIE,  
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

LABORATOIRE DE RECHERCHE N°25 : « PROMOTION DES RESSOURCES  
HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET MINIERES : LEGISLATION ET CHOIX  
TECHNOLOGIQUE »

**Mémoire de fin d'études**

**Présenté pour l'obtention du grade**

**De Master Académique**

**Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers**

**Filière : Géologie**

**Option : Hydrogéologie**

Par

**AROUS Nora**

Et

**MELEB Soumia**

**Intitulé**

---

**Apport des SIG à la caractérisation hydrogéologique et hydrochimique du plateau  
d'Ain Témouchent**

---

M BENCHOUK M.	MAA	Université de Tlemcen	Examineur
Mme KERZABI S.	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur
M KERZABI R.	MCB	Université de Tlemcen	Co-encadreur
M BOUDJEMA A.	MAA	Université de Tlemcen	Président

Année universitaire 2018-2019



# REMERCIEMENT

Au terme de la rédaction de ce mémoire,

Nous remercions le Bon Dieu qui nous a donné la force et le courage tout le long de ce travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements à tous ceux qui nous ont soutenu et nous ont conseillé ; par leur contribution, leur présence, leur encouragement et leur écoute, ils ont participé à ce travail et lui ont permis d'arriver à son point final.

Notre première reconnaissance va à notre encadreur, **Madame KERZABI S.**, pour l'attention et la patience qu'elle a accordée à cette étude. Nous sommes reconnaissantes pour ses conseils précieux, de sa disponibilité, ses encouragements et de ses apports pour l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions particulièrement notre Co-encadreur **Monsieur KERZABI R.**, de nous avoir assistés à l'élaboration de ce mémoire.

Nos remerciements vont également : Aux membres du jury qui ont accepté de lire et d'évaluer ce travail ;

D'abord nous tenons à remercier. **Monsieur BENCHOUK M.**, d'avoir bien voulu consacré son temps à examiner ce travail.

Toute notre gratitude va à **Monsieur BOUDJEMA A.**, de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Enfin, nous nous saurions exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail



## *Dédicace*

A mes parents qui m'ont donné la liberté d'essayer et d'aller là où je voulais, votre manière d'être, fait de vous des parents exceptionnels. Je souhaite que Dieu vous préserve une longue vie et que vous trouviez à travers ce mémoire un faible témoignage de vos efforts et sacrifices.

A mes frère Mohamed Amine, Sofiane et Lahcen, et ma cousine Amel pour ses encouragement permanents.

A tous ma famille **Arous** et **Mechmach**

A mon amie adorable **Bekkouche Hafsa** pour ses encouragements permanents, et son soutien moral.

A mes amies, du passé et d'aujourd'hui, Aina Sakina ; Naam Kheira ; Rahoui Souad, Touadjin Saddam Hocin et mon binôme Mellab Soumia.

Ainsi je dédie ce travail à toute personne qui m'a encouragé ou aidé, tout au long de mes études.

*NORA*

A decorative border in orange and white surrounds the text. It features stylized flowers with five petals and a central circle, connected by thin, curving stems with small leaves and buds. The border is complete on all four sides.

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire :*

*A mes chers parents ;*

*A mon frère et mes sœurs et à toute ma famille ;*

*A mes amies ;*

*Et, à tous ceux qui m'aiment.*

*Scoumia*

## ملخص

العمل الجاري جزء من معرفة أفضل لموارد المياه الجوفية في منطقة عين تموشنت وجمع المعلومات الجغرافية المتعلقة بمنطقة الدراسة هذه من أجل تصور الاختلاف المكاني للخصائص الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية. ولكن تجدر الإشارة إلى أن نقص البيانات هو حقيقة واقعة. لذلك استغلينا أكبر عدد ممكن من الأعمال في هذه المذكرة.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد واستعمال الخرائط لمعرفة الخصائص الهيدروجيولوجية لطبقات المياه الجوفية في منطقة عين تموشنت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية و دراسة الجودة الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في هذه المنطقة باستخدام تطبيق « Diagramme ».

في ظل مناخ شبه جاف، هضبة عين تموشنت، المعروفة بخصوبة أراضيها، تظهر ندرة في المياه السطحية، وبالتالي الحاجة إلى استغلال المياه الجوفية، لتغطية الاحتياجات المائية وخاصة المياه للنشاط الزراعي.

سمحت لنا معالجة ورسم الخرائط للمعلومات المتعلقة بالجيولوجيا والهيدروجيولوجيا في هضبة عين تموشنت بتمثيل منطقة الدراسة بأكملها وتجانسها والحصول على رؤية كاملة لطبقات المياه الجوفية.

يوضح تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية لمياه هضبة عين تموشنت أنها تتميز بدرجة حموضة معتدلة وناقلية عالية نسبيا. نتج عن تصنيف المياه لمنطقة الدراسة، حسب طريقة Piper وStabler Stiff ؛ Shoeller-Berkaloff عدة عائلات، وخاصة بيكربونات الصوديوم، بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنيزيوم.

من وجهة نظر النوعية، تظهر مياه منطقة الدراسة أن التركيزات لا تتعدى المعايير الجزائرية لإمكانية الشرب بالنسبة لمعظم نقاط المياه، باستثناء نقاط Faïd El Kitane، البئر AT3، البئر Ain Kihel V Bis. فيما يتعلق بالرّي تعتبر هذه المياه مقبولة عامة.

**الكلمات المفتاحية:** هضبة عين تموشنت، رسم الخرائط، نظم المعلومات الجغرافية، الهيدروجيولوجيا، الكيمياء المائية.

# **Apport des SIG à la caractérisation hydrogéologique et hydrochimique du plateau d'Ain Témouchent**

## **Résumé**

Les travaux en cours s'inscrivent dans le cadre d'une meilleure connaissance des ressources en eaux souterraines de la région d'Ain Témouchent et de la collecte d'informations géographiques liées à cette zone d'étude afin de visualiser la variation spatiale des propriétés hydrogéologiques et hydrochimiques. Mais il convient de noter que le manque de données est une réalité. Nous avons donc exploité le plus de travail possible organisé dans le cadre de ce mémoire.

L'objectif de cette étude est de déterminer et cartographier les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères de la région d'Ain Témouchent à l'aide du S.I.G et étudier la qualité hydrochimique des eaux souterraines de cette région en utilisant l'application Diagramme.

Sous un climat semi-aride, le plateau d'Ain Témouchent, connu par la fertilité de ses terres, présente une rareté des eaux superficielles, d'où la nécessité d'exploiter les eaux souterraines, pour couvrir les besoins en eau spécialement pour l'activité agricole.

Le traitement et la cartographie des informations liées à la géologie et l'hydrogéologie du plateau d'Ain Témouchent nous a permis de représenter et d'homogénéiser l'ensemble de la zone d'étude et avoir une vue complète de ses aquifères.

L'analyse des paramètres physicochimiques des eaux du plateau d'Ain Témouchent montre qu'elles sont caractérisées par un pH neutre et une conductivité relativement élevée. La classification des eaux de la région d'étude, selon les diagrammes de Stabler et Stiff et Piper ; Shoeller-Berkaloff, nous a permis de distinguer plusieurs familles de faciès, principalement Bicarbonaté Sodique, Bicarbonaté Calcique, et Bicarbonaté Magnésienne.

Du point de vue qualitatif ; les eaux de la région d'étude montrent des concentrations ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité pour la majorité des points d'eau, sauf pour les points Forage Faid El Kitane, Forage AT3, Forage Ain Kihel V Bis. Concernant la qualité pour l'irrigation ces eaux sont d'une manière globale admissible à médiocres.

**Mots clés :** plateau d'Ain Témouchent, cartographie, SIG, hydrogéologie, hydrochimie.

# **Contribution of GIS to the hydrogeological and hydrochemical characterization of the plateau of Ain Temouchent**

## **Abstract**

Work in progress is part of a better knowledge of the groundwater resources of the Ain Temouchent region and the collection of geographical information related to this study area in order to visualize the spatial variation of the properties hydrogeological and hydrochemical. However, it should be noted that the lack of data is a reality. We have therefore exploited as much work as possible organized in this memoir.

The objective of this study is to determining and mapping the hydrogeological characteristics of the aquifers of the Ain Temouchent region; using the G.I.S. and to study the hydrochemical quality of the groundwater of this region using the Diagramme application.

Under a semi-arid climate, the plateau of Ain Temouchent, known for the fertility of its land, presents a scarcity of surface water, hence the need to exploit the groundwater, to cover the water needs especially for the agricultural activity.

The treatment and mapping of information related to the geology and hydrogeology of the Ain Temouchent plateau allowed us to represent and homogenize the entire study area and to have a complete view of its aquifers.

The analysis of the physicochemical parameters of the waters of the Ain Temouchent plateau shows that they are characterized by a neutral pH and a relatively high conductivity. The water classification of the study area, according to the diagrams of Stabler and Stiff and Piper ; Shoeller-Berkaloff, allowed us to distinguish several facies families, mainly Bicarbonat Sodium, Bicarbonat Calcique, and Bicarbonaté Magnesite.

From the qualitative point of view, the waters of the study area present the concentrations less than Algerian standards of potability for the majority of the water points, except for the points El Faid El Kitane, Drilling AT3, Drilling Ain Kihel V Bis. Regarding quality for irrigation, these waters are globally acceptable to mediocre.

**Key words:** plateau of Ain Temouhent, mapping, GIS, hydrogeology, hydrochemistry.

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Précipitations moyennes annuelles (1979/2017).....	5
Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles (1979/2017) .....	6
Tableau 3 : Précipitations saisonnières (1979/2017).....	7
Tableau 4 : Valeurs des températures moyennes annuelles (1979/2014) .....	8
Tableau 5 : Valeur des Températures moyennes mensuelles (1979/2014).....	9
Tableau 6 : Valeurs des Précipitations et des températures moyennes mensuelles (1979/2014) .....	10
Tableau 7 : Valeurs des indices d'aridité mensuelles. ....	13
Tableau 8 : Composantes thématiques de la base de données .....	21
Tableau 9 : Principaux appareils du massif d'Ain Témouchent .....	33
Tableau 10: Résultats de la balance ionique des points d'eau de la région d'étude .....	45
Tableau 11 : Classification des eaux selon le pH (source) [2] .....	47
Tableau 12 : Classification des eaux en fonction de la conductivité .....	49
Tableau 13 : Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier, 2009).....	51
Tableau 14 : Relation entre la conductivité électrique et la minéralisation (Rodier, 2009)....	52
Tableau 15 : Résultats du calcul de la minéralisation et leur classification, à partir de la conductivité.....	52
Tableau 16 : Formule ionique et faciès chimique des points d'eaux de la zone d'étude.....	55
Tableau 17 : Tableau récapitulatif des classements .....	64
Tableau 18 : Qualité des eaux d'après les paramètres chimiques .....	65
Tableau 19 : Classification des eaux de la zone d'étude selon le KR.....	68
Tableau 20 : Classification des eaux d'irrigation selon le %Na .....	69
Tableau 21 : Classification des eaux d'irrigation d'Ain Témouchent selon le Na% .....	69
Tableau 22 : Valeurs du S.A.R et de la conductivité pour les points d'eau de la zone d'étude .....	72
Tableau 23 : Classification des eaux d'irrigation, d'après Servant.J, 1975, .....	73



# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du secteur d'étude (Rapport MADR. Ain Témouchent) .....	2
Figure 2 : Carte morphologique de la région d'Ain Témouchent (Rapport MADR. Ain Témouchent).....	4
Figure 3 : Variations interannuelles des précipitations (1979-80/2016-17).....	6
Figure 4 : Précipitations moyennes mensuelles (1979-80/2016-17).....	6
Figure 5 : Histogramme des Précipitations saisonnières (1979-80/2016-17) .....	7
Figure 6 : Variations des températures interannuelles (1979-80/2013-14).....	9
Figure 7 : Histogramme des températures moyennes mensuelles (1979-80/2013-14) .....	9
Figure 8 : Diagramme pluvio-thermique d'Ain Témouchent (1979-80/2013-14).....	11
Figure 9 : Abaque de l'indice d'aridité annuelle de De Martonne.....	12
Figure 10 : Composants d'un SIG (Willy.B et Magali.C, 2014). .....	14
Figure 11 : Organigramme montrant les différentes fonctionnalités d'un SIG.....	16
Figure 12 : Interface de MapInfo .....	18
Figure 13 : Barre d'outils générale de fonction sur le Map-Info .....	18
Figure 14 : Barre d'outils dessin .....	19
Figure 15 : Option contrôle des couches.....	20
Figure 16 : Choix du système de projection.....	22
Figure 17 : Calage de la carte géologique.....	22
Figure 18 : Exemple de la base de données importé par MapInfo 8.0.....	23
Figure 19 : Carte du réseau hydrographique du plateau d'Ain Témouchent .....	25
Figure 20 : Schéma structural de la région d'Ain Témouchent (extrait du Schéma structural du domaine Tello-Rifain – Guardia P., 1975).....	27
Figure 21 : Carte géologique du plateau d'Ain Témouchent.....	28
Figure 22 : Log lithostratigraphique de la région d'Ain Témouchent (Atmani S., 1999, modifié) .....	34
Figure 23 : Forage de Barette (Atmani S., 1999, Modifié) .....	37
Figure 24 : Colonne lithostratigraphique du sondage au NNE d'Ain Tolba (S1).....	
Figure 25 : Colonne lithostratigraphique du sondage au SE d'Ain Kihal(S2).....	39
Figure 26 : Carte des aquifères du plateau d'Ain Témouchent.....	40
Figure 27 : Positionnement des sources du plateau d'Ain Témouchent .....	42

Figure 28 : Localisation des points d’eaux du plateau d’Ain Témouchent.....	46
Figure 29 : Répartition spatiale du pH des eaux souterraine du plateau d’Ain Témouchent.	48
Figure 30 : Répartition spatiale de la conductivité des points d’eau sous MapInfo.....	50
Figure 31 : Répartition spatiale de la minéralisation des points d’eau sous MapInfo .....	53
Figure 32 : Représentation des faciès chimiques des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Stabler.....	56
Figure 33 : Représentation des faciès chimiques d’Oligo-Miocène selon le diagramme de Stabler.....	56
Figure 34 : Représentation des faciès chimiques des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de STIFF.....	58
Figure 35 : Représentation des faciès chimiques d’Oligo-Miocène selon le diagramme de STIFF.....	58
Figure 36 : Classification des eaux des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Piper .....	60
Figure 37 : Classification des eaux d’Oligo-Miocène selon le diagramme de Piper .....	60
Figure 38 : Classification des eaux des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Shoeller-Berkaloff.....	62
Figure 39 : Classification des eaux d’Oligo-Miocène selon de Shoeller-Berkaloff .....	62
Figure 40 : Carte représent la répartition des faciès chimiques et de la potabilité des points d’eaux de la zone étude. ....	66
Figure 41 : Diagramme de Riverside/Wilcox .....	70
Figure 42 : Diagramme de Riverside .....	74

# TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENT .....	I
Dédicace .....	II
Dédicace .....	III
ملخص.....	VI
Résumé .....	V
Abstract.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES .....	VIII
TABLE DE MATIERES .....	X

## INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## CHAPITRE I : Aperçu général

I.1 Cadre géographique : .....	2
I.2 Cadre morphologique régional : .....	3
I.2.1 Plaines intérieures : .....	3
I.2.2 Bande littorale : .....	3
I.2.3 Zone montagneuse : .....	3
I.3 Cadre climatique : .....	4
I.3.1 Précipitations : .....	5
I.3.1.1 Variations moyennes annuelles des précipitations : .....	5
I.3.1.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations : .....	6
I.3.1.3 Précipitations saisonnières : .....	7
I.3.2 Température : .....	7
I.3.2.1 Variations moyennes annuelles des températures : .....	7
I.3.2.2 Variations mensuelles des températures : .....	9

I.4 Synthèse climatique : .....	10
I.4.1 Méthode graphique de Bagnouls et Gaussen : .....	10
I.4.2 Calcul des indices climatiques : .....	11
I.4.2.1 Indice d'aridité annuelle de De Martonne .....	11
I.4.2.2 Indice d'aridité mensuelle de De Martonne : .....	12
I.4.2.3 Indice de Moral : .....	13
I.5 Conclusion .....	13

## CHAPITRE II : Applications

II.1 Introduction : .....	14
II.2 Définition d'un SIG : .....	14
II.3 Composants d'un SIG : .....	14
II.3.1 Matériel.....	15
II.3.2 Logiciel.....	15
II.3.3 Données .....	15
II.3.4 Personnel .....	15
II.4 Logiciels utilisés : .....	17
II.4.1 MapInfo .....	17
II.4.2 Environnement de MapInfo .....	17
II.4.2.1 Barre d'outils générale .....	18
II.4.2.2 Barre d'outils dessin .....	19
II.4.3 Structure des données au format MapInfo .....	19
II.4.4 Contrôle des tables (ou des couches) .....	20
II.5 Méthodologie de travail.....	21
II.5.1 Collecte des données .....	21
II.5.2 Géoréférencement et la numérisation des cartes .....	21
II.5.3 Création de la géodatabase .....	23
II.6 Resultats .....	24

II.6.1	Réseaux hydrographique .....	24
II.6.2	Contexte géologique :.....	26
II.6.2.1	Stratigraphie .....	29
II.6.2.1.1	Autochtone.....	29
II.6.2.1.1.A	Formation quaternaires et actuelles: .....	29
II.6.2.1.1.B	Néogène .....	29
II.6.2.1.1.C	Substratum anté-Néogène : .....	30
II.6.2.1.2	Allochtone: .....	30
II.6.2.1.2.A	Unité Oligo-Miocène: .....	30
II.6.2.1.2.B	Unité Sénonienne : .....	30
II.6.2.1.2.C	Unité Chouala: .....	31
II.6.2.1.2.D	Unité Métamorphique .....	31
II.6.2.1.2.E	Complexe "Triasique".....	31
II.6.2.1.3	Roche éruptives.....	32
II.6.2.2	Sismicité .....	35
II.6.3	Hydrogéologie : .....	35
II.6.3.1	Identification des aquifères.....	35
II.6.3.1.1	Aquifère des basaltes Plio-Quaternaires : .....	36
II.6.3.1.2	Aquifère des calcaires du Miocène supérieur.....	38
II.6.3.1.3	Aquifère des calcaires et grès de l'Oligo-Miocène .....	38
II.6.3.2	Sources.....	41
II.7	Conclusion.....	43

### CHAPITRE III : Hydrochimie

III.1	Introduction .....	44
III.1.1	Contrôle des analyses chimiques par la balance ionique .....	44
III.1.2	Interprétation des analyses physico-chimiques .....	47
III.1.2.1	Caractéristiques physiques .....	47
III.1.2.1.1	Température (°C).....	47
7		
III.1.2.1.3	Conductivité .....	49
III.1.2.1.4	Minéralisation .....	51
III.1.2.2	Caractéristiques chimiques .....	54

III.1.2.2.1	Représentation graphique des analyses de l'eau .....	54
III.1.2.2.1.A	Diagramme de STABLER .....	54
III.1.2.2.1.B	Diagramme de STIFF .....	57
III.1.2.2.1.C	Diagramme de PIPER .....	59
III.1.2.2.1.D	Diagramme de Schoeller-Berkaloff : .....	61
III.1.2.2.1.E	Récapitulatif des classements finals des faciès chimiques des eaux .....	63
III.1.3	Qualité des eaux souterraines à la consommation humaine .....	65
III.1.3.1	Normes de potabilité : .....	65
III.1.3.2	Qualité des eaux d'après les paramètres physico-chimiques .....	65
III.1.4	Qualité des eaux souterraines à l'irrigation .....	67
III.1.4.1	Indice de Kelly's Ratio (KR) .....	67
III.1.4.2	Pourcentage du sodium (Na%) .....	68
III.1.4.3	Sodium Alcalinity Ratio (SAR) .....	71
III.2	Conclusion .....	75

<b>CONCLUSION GENERALE</b>
----------------------------

<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	76
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	77
<b>ANNEXES</b> .....	79

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTROCUCTION GENERALE

Le développement du secteur de l'eau est l'une des composantes du développement économique et social de la population. Afin de maintenir cette ressource et d'atténuer les problèmes d'épuisement et de dégradation de la qualité de l'eau, une gestion intégrée est nécessaire tout en déterminant les conditions optimales pour l'exploitation des eaux souterraines.

Depuis les années 1980, la cartographie a pris une nouvelle dimension, appelée système d'information géographique (SIG), qui permet la centralisation, l'échange d'informations, l'analyse complexe, la gestion, la modélisation et la simulation. Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'une meilleure connaissance des ressources en eaux souterraines de la région d'Ain Témouchent et de la collecte d'informations géographiques liées à ce domaine d'étude afin de visualiser la variation spatiale des propriétés hydrogéologiques et hydrochimiques. Mais il convient de noter que le manque de données est un fait ... Nous avons donc exploité au maximum les données antérieures (cartes et études) et récentes (analyses physico-chimiques). Ce travail est organisé autour de trois chapitres, qui ont été développés comme suit :

Le premier chapitre est comportant un aperçu général de la région et dans lequel seront décrites la situation géographique du plateau d'Ain Témouchent, cadre morphologique, cadre climatique de cette région ;

Le deuxième chapitre est une application des concepts du SIG pour la cartographie géologique, structurales et hydrogéologiques de la région d'étude ;

Le troisième chapitre est l'étude hydrochimique des eaux souterraines du plateau d'Ain Témouchent, par l'emploi de différentes méthodes d'interprétation et dont l'objectif est la détermination des faciès chimiques des eaux et l'appréciation de la qualité des eaux.





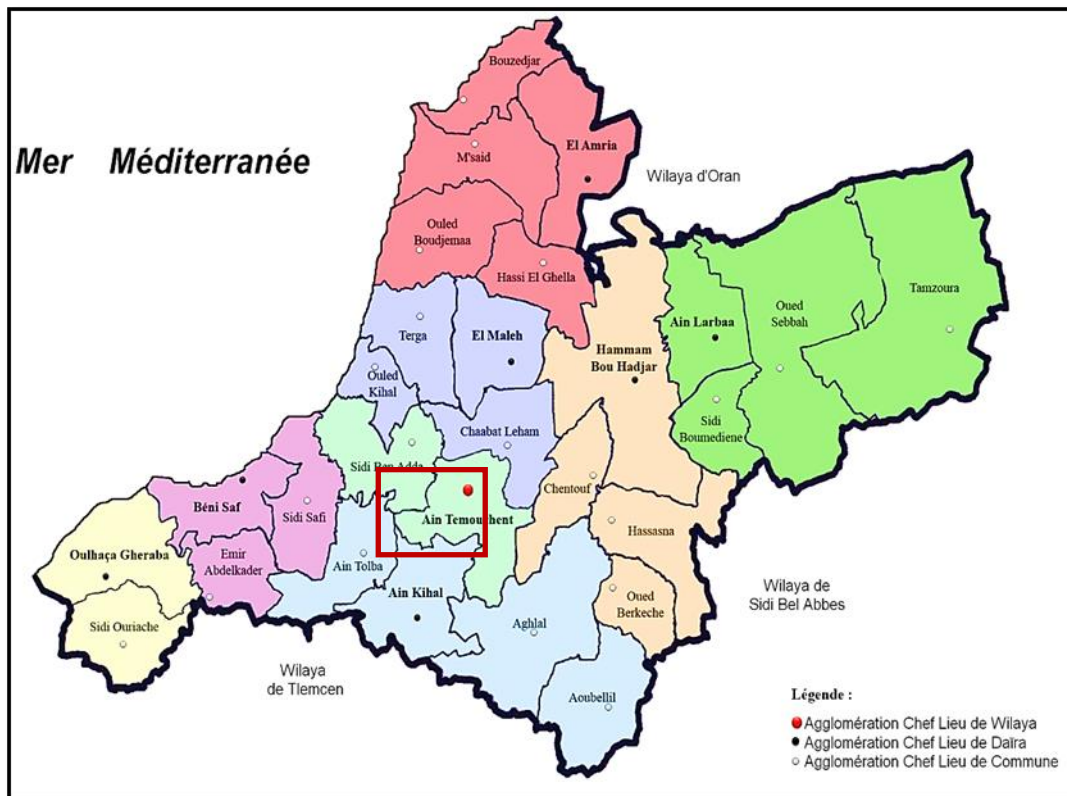
**CHAPITRE I :**  
**Aperçu général**

**I.1 Cadre géographique :**

La wilaya d’Ain Témouchent est située sur le littoral Ouest du pays et dispose d’une façade maritime de 80 Km. Elle est limitée par :

- La mer méditerranée au Nord ;
- La wilaya de Sidi Bel Abbes au Sud ;
- La wilaya d’Oran à l’Ouest ;
- La wilaya de Tlemcen au Sud-est Est.

La wilaya s’étend sur une superficie de 2 376 Km<sup>2</sup>. La zone d’étude comprend des parties des communes : d’Ain Témouchent, Sidi Ben Adda, Ain Tolba, Ain Kihal et Aghlal.



**Figure 1: Situation géographique du secteur d’étude (Rapport MADR. Ain Témouchent)**

**La zone d’étude est encadrée en rouge**

**I.2 Cadre morphologique régional :**

Le relief régional se présente en trois (03) unités à savoir (Fig.2) (Derfouf F., 2015) :

**I.2.1 Plaines intérieures :**

- Plaine d'Ain Témouchent - El Amria : constituée de plaines et coteaux d'une altitude moyenne de 300 m.
- La plaine de la M'léta : qui se situe entre la Sebkhia d'Oran et le versant septentrional du Tessala avec une altitude moyenne de 50 à 100 m.

**I.2.2 Bande littorale :**

Elle fait partie de la chaîne Tellienne est composée de :

- Massif Côtier de Beni Saf : dont l'altitude moyenne est de 200 m le point culminant atteint 409 m au niveau du Djebel Skhouana.
- Plateau d'Ouled Boudjemaa : d'une altitude moyenne de 350 m et est légèrement incliné vers la Sebkhia.
- La baie de Bouzedjar.

**I.2.3 Zone montagneuse :**

Dont l'altitude moyenne varie de 400 à 500 m regroupe :

- Les Traras orientaux qui se caractérisent par un relief très abrupt.
- Les hautes collines des Berkeches qui se prolongent jusqu'aux Monts de Sebaa-Chioukh constituant une barrière entre les plaines intérieures et le bassin de Tlemcen.
- Les Monts de Tessala d'une altitude moyenne de 600 m, ou le point culminant atteint 923 m à Djebel Bouhaneche.

Notre zone d'étude représentée par le plateau d'Ain Témouchent est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la Plaine de la M'léta, et à l'Ouest par la Vallée de la Tafna et au sud par les vallonnements d'Oued Berkeche-Aghlal.

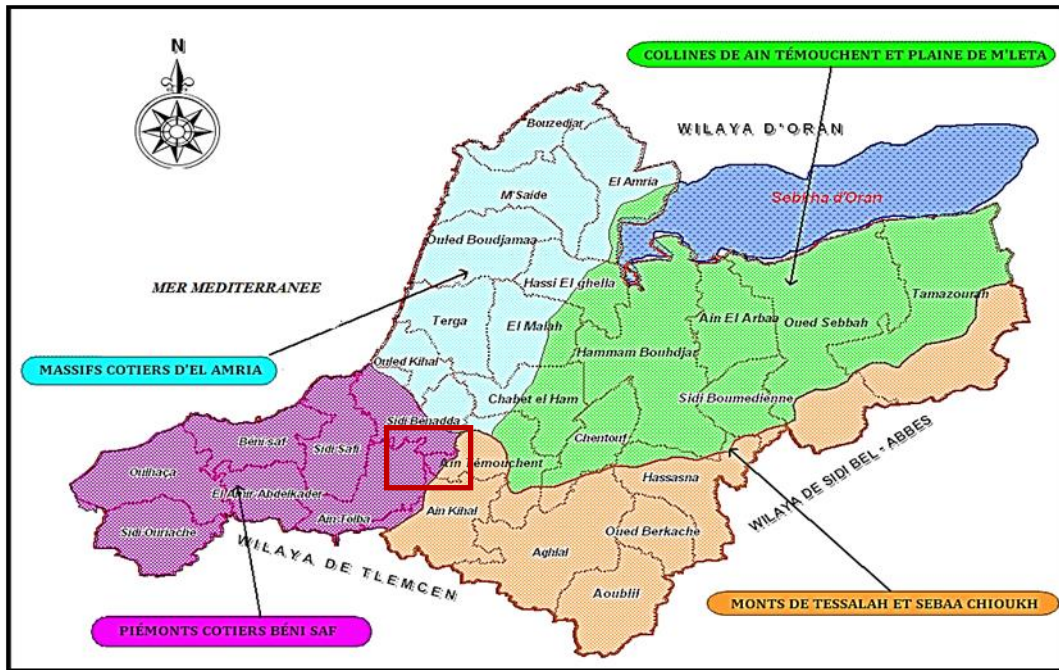


Figure 2 : Carte morphologique de la région d’Ain Témouchent (Rapport MADR. Ain Témouchent)

### I.3 Cadre climatique :

On définit le climat comme l’ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l’atmosphère et son évolution en un lieu donné. Il est déterminé par la situation géographique du lieu (latitude, altitude, éloignement par rapport à la mer) et par la circulation atmosphérique. Les conditions climatiques jouent un rôle important dans les comportements hydrologiques des cours d’eau et des conditions de recharge des aquifères.

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés aux principaux facteurs (les précipitations, la température et des indices climatiques) afin de déterminer le climat de la région en utilisant les données de la station d’Ain Témouchent (X = 317483.91 ; Y = 3874870.63 ; Z = 330 m)

### I.3.1 Précipitations :

Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles relevées à la station d'Ain Témouchent se rapportent sur une chronique de 38 ans (1979-80/2016-17). Ces données ont été recueillies au niveau de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

#### I.3.1.1 Variations moyennes annuelles des précipitations :

L'analyse des variations interannuelles des précipitations moyennes annuelles présente une grande irrégularité et une grande variabilité interannuelles avec de valeur maximale de l'ordre de 714 mm (2012/2013) et de valeur minimale de l'ordre de 171.8 mm (1994/1995). (Tab.1) (Fig.3).

**Tableau 1 : Précipitations moyennes annuelles (1979-80/2016-17)**

Années	P (mm)	Années	P (mm)
79/80	471	98/99	299,3
80/81	499,5	99/00	299,6
81/82	281	00/01	477,7
82/83	309,2	01/02	325,6
83/84	309,2	02/03	456,3
84/85	548,6	03/04	380,8
85/86	425,1	04/05	314,3
86/87	352	05/06	377,9
87/88	362,7	06/07	373,4
88/89	343,5	07/08	354,1
89/90	370	08/09	615,4
90/91	451,7	09/10	456,9
91/92	427,1	10/11	456,7
92/93	301,8	11/12	399,6
93/94	265,9	12/13	<b>714</b>
94/95	<b>171,8</b>	13/14	575
95/96	278,3	14/15	510,8
96/97	288,8	15/16	316,1
97/98	337,3	16/17	463,8
		<b>P moy</b>	393,7

[Source : D.R.E]

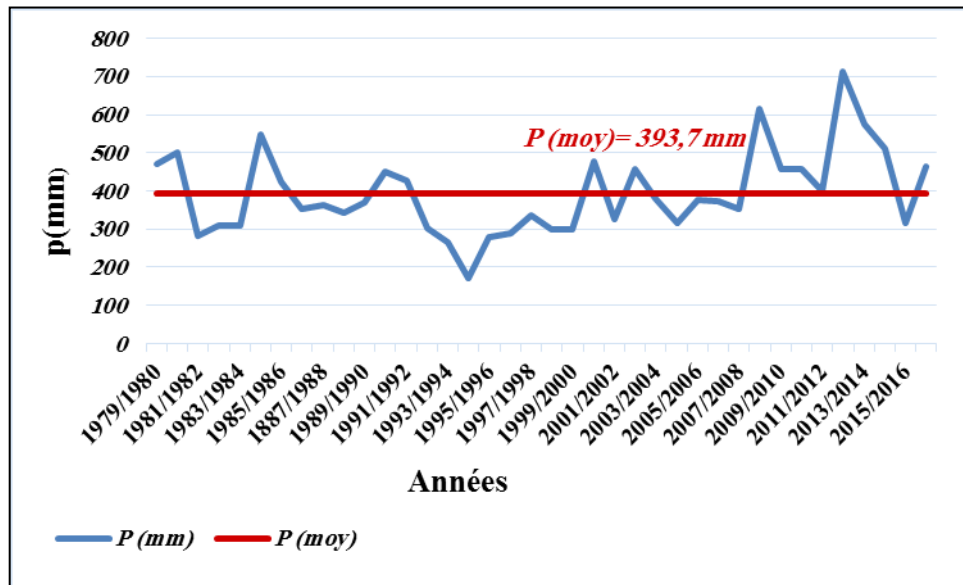


Figure 3 : Variations interannuelles des précipitations (1979-80/2016-17)

**I.3.1.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations :**

L'évolution des précipitations moyennes mensuelles de la région d'Ain Témouchent pour différentes périodes (figure 4) montre que les valeurs des précipitations maximales sont marquées aux intersaisons, principalement en Novembre, Janvier et Décembre avec un maximum pour le mois de Novembre (69.1 mm), alors que le mois le plus sec est Juillet avec (0.6 mm).

**Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles (1979-80/2016-17)**

Année/Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jlt	Août
1979/2017	18,2	32,0	69,1	52,0	64,1	47,0	44,6	34,1	24,9	5,2	0,6	1,9

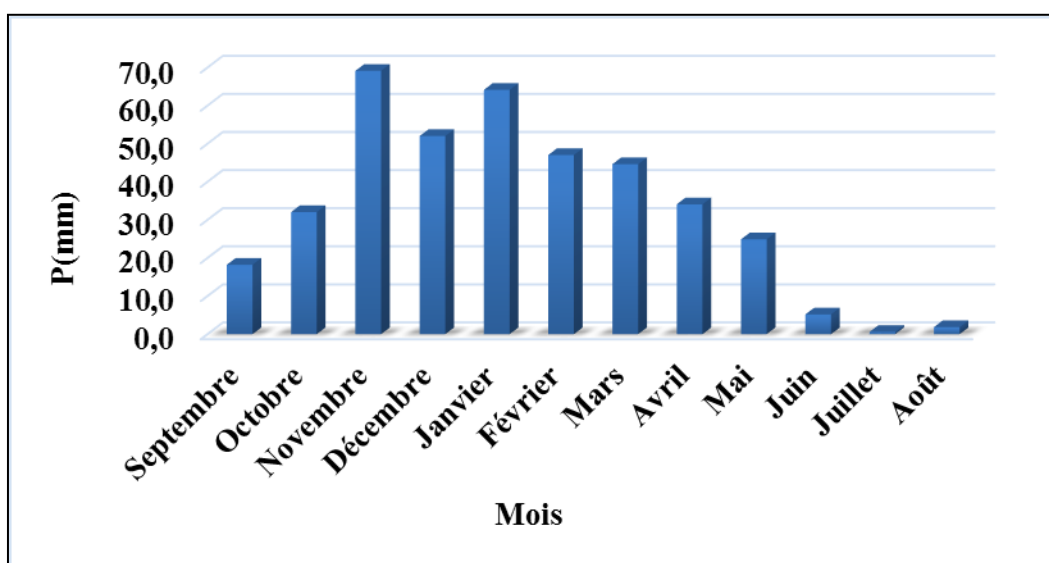


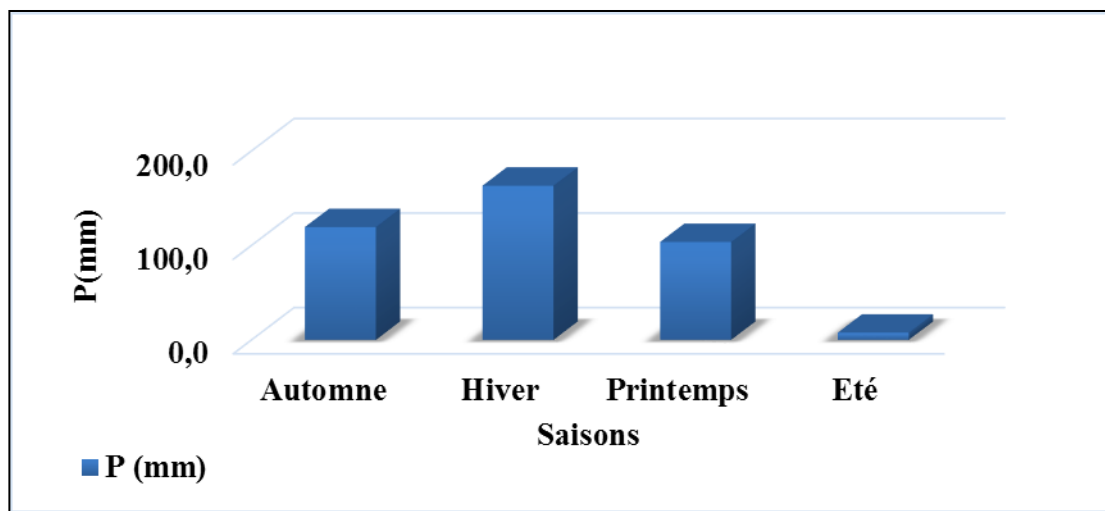
Figure 4 : Précipitations moyennes mensuelles (1979-80/2016-17)

### I.3.1.3 Précipitations saisonnières :

La distribution saisonnière des précipitations (fig.5) et (Tab.3), montre que l'hiver est la saison humide, par ailleurs, l'été est la plus sèche.

**Tableau 3 : Précipitations saisonnières (1979-80/2016-17)**

Années/Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté
<b>1979/2017</b>	119,4	163,2	103,6	7,6



**Figure 5 : Histogramme des Précipitations saisonnières (1979-80/2016-17)**

### I.3.1 Température :

#### I.3.2.1 Variations moyennes annuelles des températures :

L'étude des températures a été réalisée sur les données de la station d'Ain Témouchent durant la période (1979-80/2013-14). Les valeurs de la température moyenne annuelle sont reportées au tableau 4. La variation des températures moyennes interannuelles montre que l'année la plus chaude est l'année 2009/2010 avec une température de 18.96 °C, par contre la plus froide est de 17.18 °C enregistrée en 1982/1983. La moyenne de la série est de 18.05 °C.

Tableau 4 : Valeurs des températures moyennes annuelles (1979/2014)

Années	Températures (°C)	Années	Températures (°C)
<b>79/80</b>	17,22	<b>97/98</b>	18,74
<b>80/81</b>	17,2	<b>98/99</b>	17,88
<b>81/82</b>	18,46	<b>99/00</b>	18,11
<b>82/83</b>	17,18	<b>00/01</b>	18,45
<b>83/84</b>	17,87	<b>01/02</b>	18,09
<b>84/85</b>	17,68	<b>02/03</b>	18,48
<b>85/86</b>	17,99	<b>03/04</b>	18,11
<b>86/87</b>	17,95	<b>04/05</b>	17,92
<b>87/88</b>	18,46	<b>05/06</b>	18,16
<b>88/89</b>	18,37	<b>06/07</b>	18,13
<b>89/90</b>	18,83	<b>07/08</b>	18,21
<b>90/91</b>	17,59	<b>08/09</b>	17,89
<b>91/92</b>	17,2	<b>09/10</b>	18,96
<b>92/93</b>	17,36	<b>10/11</b>	18,57
<b>93/94</b>	17,89	<b>11/12</b>	18,22
<b>94/95</b>	17,95	<b>12/13</b>	18,13
<b>95/96</b>	18,02	<b>13/14</b>	18,53
<b>96/97</b>	17,82	<b>T moy</b>	<b>18,05</b>



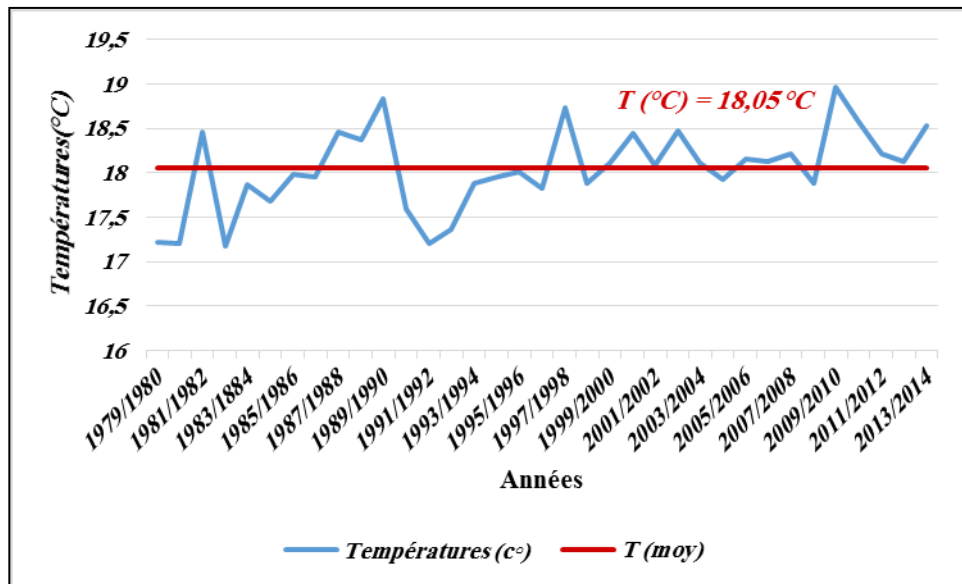


Figure 6 : Variations des températures interannuelles (1979-80/2013-14)

I.3.2.2 Variations mensuelles des températures :

Les valeurs de la température moyenne mensuelle sont reportées au (Tableau 5). La représentation de la variation des températures moyennes mensuelles enregistrées dans la station d’Ain Témouchent, montre que le mois de Janvier est le plus froid (11.3 °C), et celui d’Août est le plus chaud (26.8 °C). (Fig.7).

Tableau 5 : Valeur des Températures moyennes mensuelles (1979-80/2013-14)

(KADDOUR.N, 2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jlt	Août
T (°C)	23,5	19,8	15,3	12,5	11,3	11,8	13,5	15,2	18,3	22,5	26	26,8

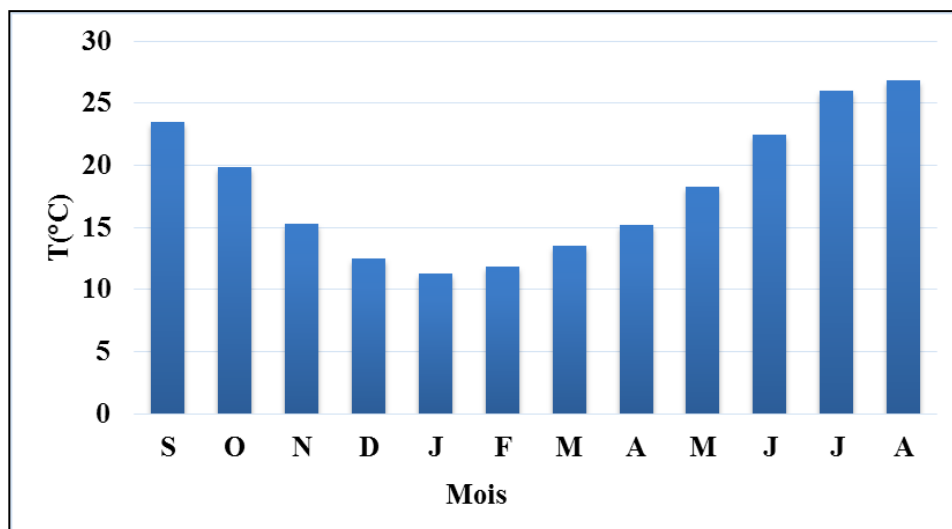


Figure 7 : Histogramme des températures moyennes mensuelles (1979-80/2013-14)

#### I.4 Synthèse climatique :

L'étude du climat nous permet de déterminer les périodes sèches et humides, et on se basant sur des indices, elle permet de déterminer le type du climat de la région à partir des Précipitations et des températures pour cela nous avons utilisé les données de la chronique (1979/2014). (Tab.6).

**Tableau 6 : Valeurs des Précipitations et des températures moyennes mensuelles  
(1979-80/2013-14)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	JIT	Aoû	Moy
<b>P (mm)</b>	18,09	32,96	69,94	49,97	59,79	46,59	44,35	35,61	25,18	5,63	0,63	1,88	390,60
<b>T (°C)</b>	23,5	19,81	15,33	12,45	11,28	11,83	13,51	15,2	18,29	22,49	25,96	26,84	18,05

##### I.4.1 Méthode graphique de Bagnouls et Gaussien :

Les diagrammes pluvio-thermiques de Bagnouls sont établis selon la relation  $P=2T$ , les précipitations sont portées à l'échelle double des températures.

- Pour la période sèche, la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations.
- Pour la période humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures.

Pour la région d'Ain Témouchent, le graphique permet d'observer deux périodes (Fig.8) :

La courbe des températures passe au-dessus de celles des précipitations pour une période sèche s'étendant du début d'avril jusqu'à la fin d'octobre, alors que pour une période humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de la courbe des températures et ça concerne du début Novembre jusqu'à la fin du mois Mars.

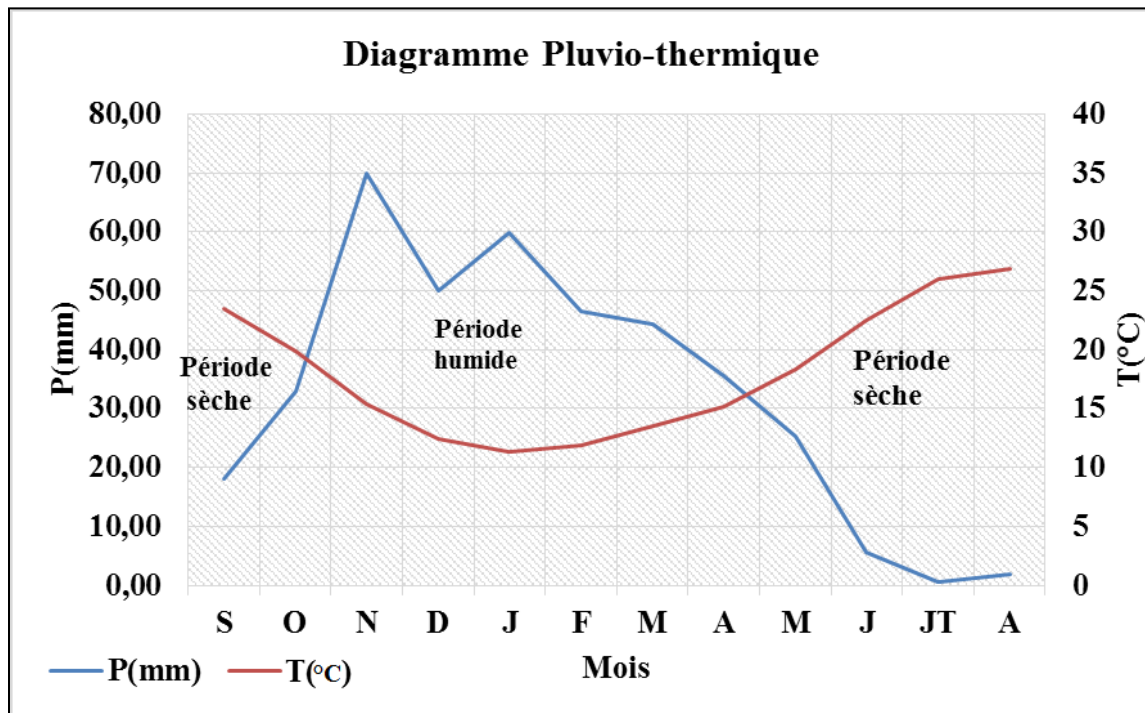


Figure 8 : Diagramme pluvio-thermique d'Ain Témouchent (1979-80/2013-14)

#### I.4.2 Calcul des indices climatiques :

Nous allons utiliser la série de données disponibles de la période 1979-80/2013-14 pour calculer les indices climatiques.

##### I.4.2.1 Indice d'aridité annuelle de De Martonne

L'indice d'aridité de De Martonne, noté I, permet de déterminer d'aridité d'une région.

L'indice d'aridité annuelle est déterminé par l'équation suivante :

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

**P** : Précipitations moyennes annuelles (mm)

**T** : Température moyenne annuelles (°C)

L'indice d'aridité de De Martonne pour la station d'Ain Témouchent est de l'ordre de 13.93 reporté sur l'abaque de De Martonne (Fig.9), indique un climat semi-aride, à écoulement temporaire.

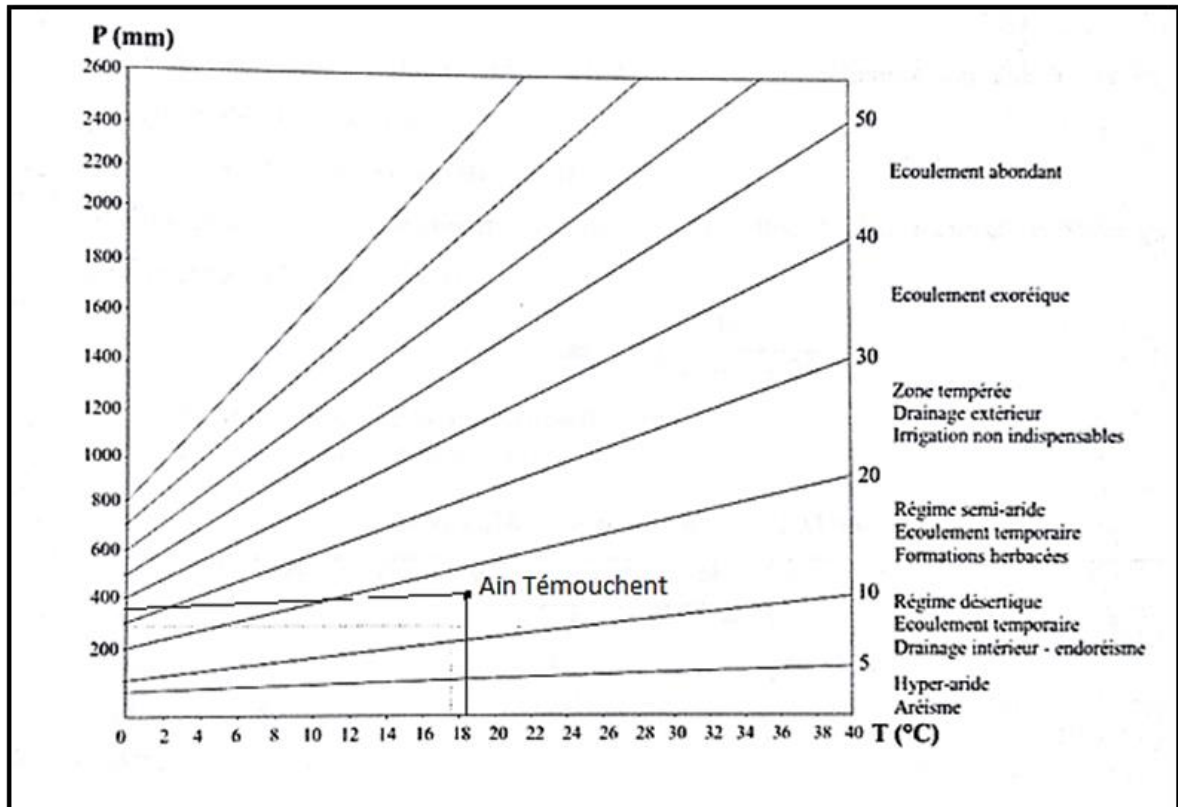


Figure 9 : Abaque de l'indice d'aridité annuelle de De Martonne

**I.4.2.2 Indice d'aridité mensuelle de De Martonne :**

L'Indice d'aridité mensuelle de De Martonne est défini par la formule suivante :

$$I = \frac{12P}{t+10}$$

- Si  $I > 30 \Rightarrow$  très humide
- Si  $20 < I < 30 \Rightarrow$  humide
- Si  $10 < I < 20 \Rightarrow$  mois sec
- Si  $I < 10 \Rightarrow$  très sec

Les valeurs des indices d'aridité mensuelles (Tab.7), indiquent que les mois de Juin, Juillet, Août et Septembre sont des mois très sec et les mois Avril, Mai, Octobre sont les mois sec par rapport les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Février sont des mois humides à très humides.

Tableau 7 : Valeurs des indices d'aridité mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mai	Avr	Mai	Jui	JIT	Août
<b>P (mm)</b>	18,09	32,96	69,94	49,97	59,79	46,59	44,35	35,61	25,18	5,63	0,63	1,88
<b>T (c°)</b>	23,5	19,81	15,33	12,45	11,28	11,83	13,51	15,2	18,29	22,49	25,96	26,84
<b>I</b>	6,48	13,27	33,13	26,71	33,71	25,61	22,64	16,96	10,68	2,078	0,209	0,612
<b>Type de climat</b>	Très Sec	Sec	Très humide	Humide	Très humide	Humide	Humide	Sec	Sec	Très sec	Très sec	Très sec

#### I.4.2.3 Indice de Moral :

Cet indice est défini par la formule suivante :

$$I = \frac{P}{(T^2 + 10T + 200)}$$

Il permet de définir :

- Climat sec si  $I_M < 1$
- Climat humide si  $I_M > 1$

A partir de l'équation précédente, nous avons  $I_M = 0.55$ , ce qui signifie que la zone est caractérisée par un climat sec.

#### I.5 Conclusion

L'analyse des paramètres climatiques de la station d'Ain Témouchent nous a permis d'estimer que :

- Les précipitations moyennes annuelles est égale à 393.7 mm.
- La température moyenne annuelle est de 18.05°C.
- Le mois le plus humide est Novembre et le mois le plus sec est celui du Juillet.
- Les indices climatiques calculés de période de 35 ans et à partir des deux principaux paramètres (précipitations et températures) mesurés dans la station d'Ain Témouchent, montrent que la région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride.



**CHAPITRE II :**  
**Applications**

**II.1 Introduction :**

Les SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) sont devenus très performants, grâce aux progrès effectués sur les logiciels et sur les matériels. La création de cartes et l'analyse géographique ne sont pas des procédés nouveaux, mais les SIG procurent une plus grande performance et proposent des outils sans cesse innovant dans l'analyse, la compréhension et la résolution des problèmes. Ils permettent de traiter rapidement et efficacement des volumes importants de données. Les SIG ouvrant ainsi de grandes potentialités en termes d'exploitation. Une utilisation fréquente des SIG concerne la prise de décision à référence spatiale. En effet, la véritable plus-value des SIG c'est d'être capable de mettre en relation sur un même territoire des données issues de sources différentes.

**II.2 Définition d'un SIG :**

Un SIG ou Système d'Information Géographique est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement et diffusion de l'information géographique. On peut enfin définir un SIG comme étant un système informatisé capable de représenter sous forme numérique un territoire ou une partie d'un territoire (Renal P., 2011).

**II.3 Composants d'un SIG :**

Un SIG est constitué de quatre (04) composantes majeures qui sont les logiciels, les données, les matériels, le personnel (Fig.10).



Figure 10 : Composants d'un SIG (Beaudemoulin W., et Chesne M., 2014).

**II.3.1 Matériel**

Il s'agit d'une composante indispensable à un SIG et l'élément fondamental de cette composante reste l'ordinateur. Les SIG fonctionnent grâce aux ordinateurs et périphériques connectés entre eux ou non et permettant aux utilisateurs d'avoir toutes les fonctionnalités des SIG regroupées autour des 5A (abstraction, analyse, acquisition, affichage, archivage). Etant donné la forte taille des données stockées dans un SIG, les supports de stockage occupent une place de choix dans le matériel des SIG. Des systèmes client-serveur en intranet, extranet voire via Internet facilitent la diffusion des résultats. Ces solutions de diffusion appelées web-map Ing ou web-SIG utilisent un serveur cartographique.

**II.3.2 Logiciel**

Les logiciels de SIG offrent des outils et des fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Ce sont des outils pour saisir et manipuler et pour stocker les informations géographiques, les bases de données (SGBD), pour des requêtes, analyse et visualisation via des interfaces graphiques utilisateurs pour une utilisation facile. Bref les logiciels permettent de rendre cohérents les trois dimensions d'un SIG.

**II.3.3 Données**

Les données représentent le contenu même des SIG. Elles peuvent être des cartes géographiques et/ ou des informations relatives à ces objets. C'est la composante la plus importante d'un SIG. Les données géographiques peuvent être, soit importées à partir de fichiers, soit saisies par un opérateur.

**II.3.4 Personnel**

Un SIG est avant tout un système et ce sont ses utilisateurs (le personnel qui entretient et gère le système) qui lui permettent de fonctionner pour livrer tout son potentiel au besoin de l'homme.

Les utilisateurs et potentiels utilisateurs d'un SIG sont principalement :

- les techniciens et ingénieurs chargés de la conception, de l'entretien et de la gestion du SIG.
- les techniciens et personnels qualifiés à l'utilisation quotidienne du SIG dans leur travail.
- les décideurs utilisant le SIG comme moyen d'aide à la prise des décisions. (Poidevin.D., 1999)



### Cinq fonctionnalités (5A) d'un SIG : (Fig.11).

1. **Abstraire** revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.
2. **Acquérir** revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations.
3. **Archiver** consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).
4. **Analyser** permet de répondre aux questions que l'on se pose.
5. **Afficher** pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs (Tchioffo Kodjo G., 2008)

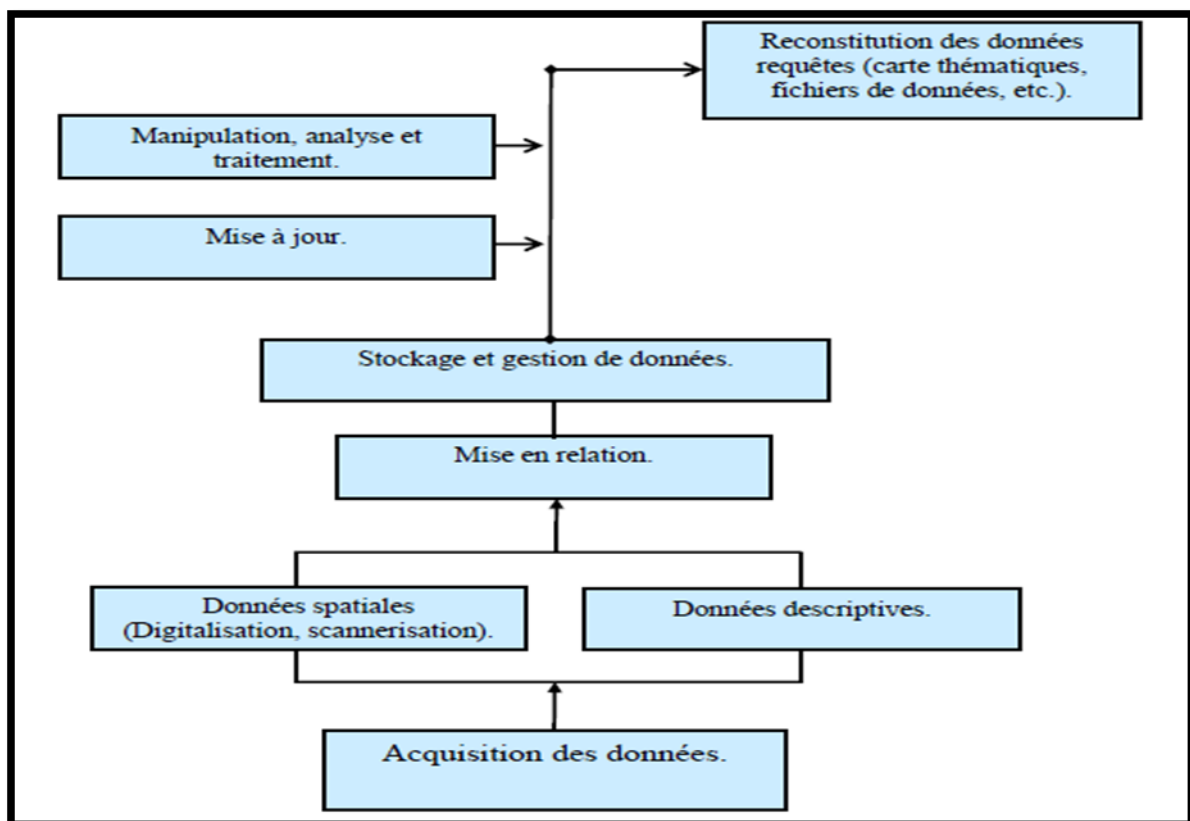


Figure 11 : Organigramme montrant les différentes fonctionnalités d'un SIG

**Possibilités offertes par les SIG.**

Les SIG permettent de (RAHAL F., 2015) :

- disposer les objets dans un système de référence géoréférencé,
- convertir les objets graphiques d'un système à un autre
- faciliter la superposition de cartes de sources différentes
- extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route
- fusionner des objets ayant une caractéristique commune (par exemple : toutes les maisons raccordées à mi réseau d'eau potable)
- déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à mi endroit précis
- Définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière

**II.4 Logiciels utilisés :**

Il existe des logiciels SIG qui permettent la gestion et la manipulation de l'information géographique et aussi intégrer, analyser et visualiser les données géographiques, identifier les relations, les schémas et les tendances et apporter des solutions aux problèmes. Chaque logiciel SIG représente généralement des informations sur les cartes sous la forme de couches de données utilisées pour l'analyse et la visualisation. Nous avons choisis le logiciel MapInfo 8.0 pour réaliser notre travaille.

**II.4.1 MapInfo**

Est un outil qui sert à créer de l'information géographique, à affecter des traitements en vue de la cartographie afin de construire un SIG. Ce qui signifie un croisement des données thématiques avec des données génériques vecteurs ou raster. En d'autres termes, c'est établir une liaison entre des données structurées et une carte numérique.

**II.4.2 Environnement de MapInfo :**

MapInfo est classiquement composé d'une barre des menus et de barres d'outils variées selon les besoins. C'est à partir de la barre des menus que l'on accède à la plupart des fonctions de MapInfo (Fig 12).

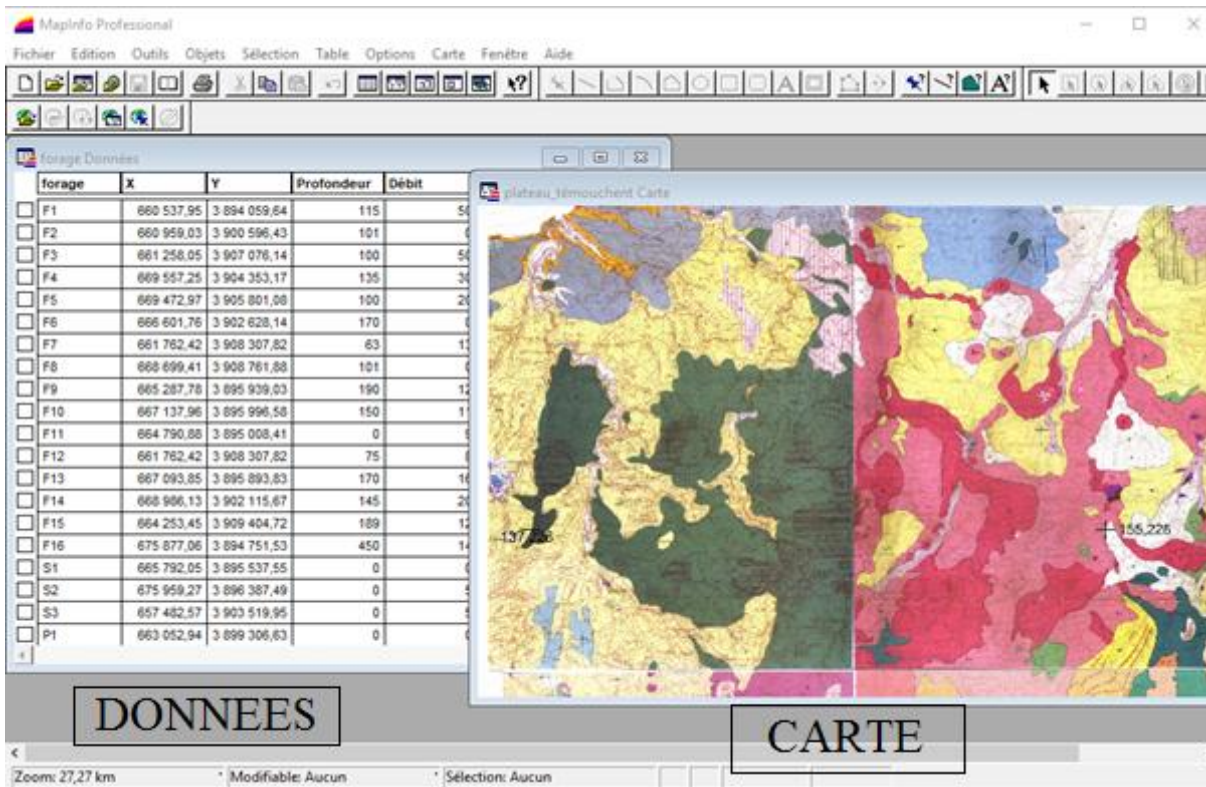


Figure 12 : Interface de MapInfo

II.4.2.1 Barre d'outils générale :

Cette barre est utile pour naviguer sur une fenêtre carte et pour y afficher les informations.

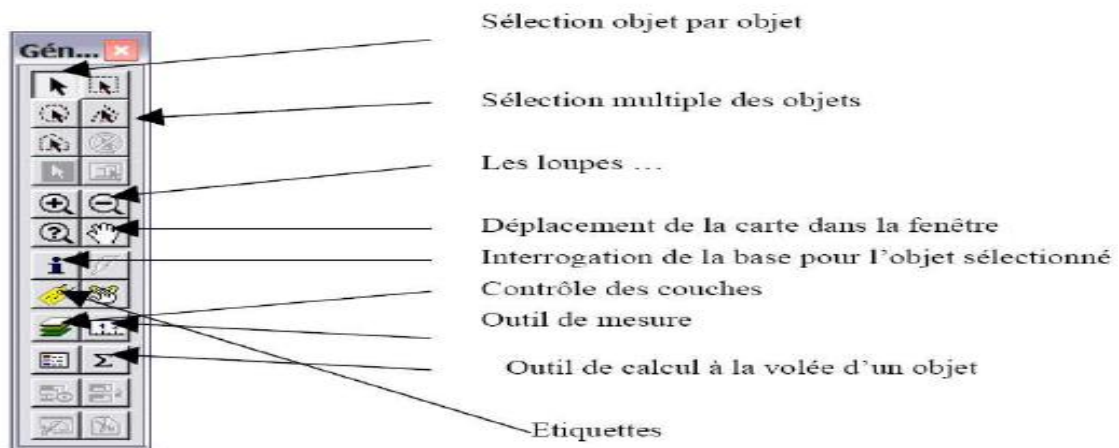


Figure 13 : Barre d'outils générale de fonction sur le Map-Info

### II.4.2.2 Barre d'outils dessin :

Cette barre d'outils est très utile lors de la création d'une nouvelle couche (table) pour dessiner ou paramétrer les entités.

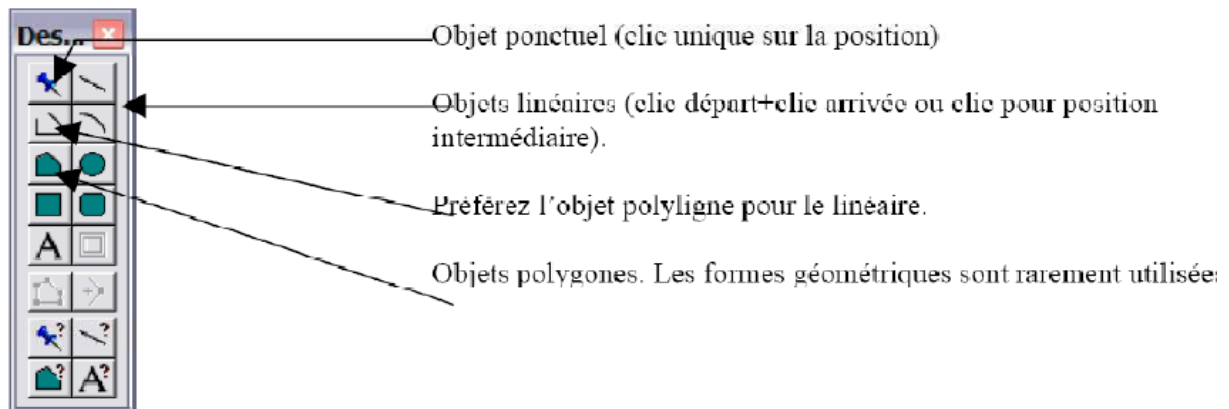


Figure 14 : Barre d'outils dessin

### II.4.3 Structure des données au format MapInfo :

MapInfo est un logiciel qui structure les informations en tables. Une table est un ensemble de fichiers qui sont manipulés ensemble par le logiciel. Ainsi la fonctionnalité «Ouvrir une table» est traduite par un ensemble d'activités informatiques élémentaires qui vont ouvrir chacun des fichiers constituant la table, vérifier la cohérence de l'ensemble et afficher le contenu graphique de la table dans une fenêtre.

Une table est constituée de plusieurs fichiers liés entre eux :

- **TAB** : décrit la structure de la table Map-Info. C'est lui qui est appelé pas le menu « ouverture table » et qui se charge de lister l'ensemble des fichiers nécessaires à son ouverture. C'est un répertoire d'adresses.
- **DAT** : contient les données tabulaires/attributaires. Il peut être remplacé par importation : par des fichiers Excel (\*.xls), Dbase (\*.dbf), Access (\*.mdb).
- **MAP** : C'est le fichier qui décrit les objets graphiques (nature, localisation ...).
- **ID** : C'est le fichier de références croisées entre les données tabulaires/attributaires et les objets cartographiques.
- **IND** : C'est un fichier d'index qui permet d'accélérer les requêtes sur la table.
- **BMP, TIF, etc.** : Les données tabulaires peuvent être remplacées par des images raster.

- **WOR** : C'est le fichier qui enregistre l'espace de travail c'est à dire toutes les tables et leurs fichiers ouverts ainsi que l'ensemble des couches temporaires (requêtes, dessins, étiquettes).

Ainsi, les informations communales gérées par MapInfo vont être constituées d'un certain nombre de fichier.

**II.4.4 Contrôle des tables (ou des couches) :**

Bien comprendre comment s'organisent les couches les unes par rapport aux autres et comment s'organise l'articulation entre la donnée géographique et la table attributaire qui lui est associée, est la base de la bonne compréhension des SIG.

Une fois la ou les tables ouvertes, la gestion des tables se réalise à partir de l'option du menu : contrôle des couches (Fig.15).

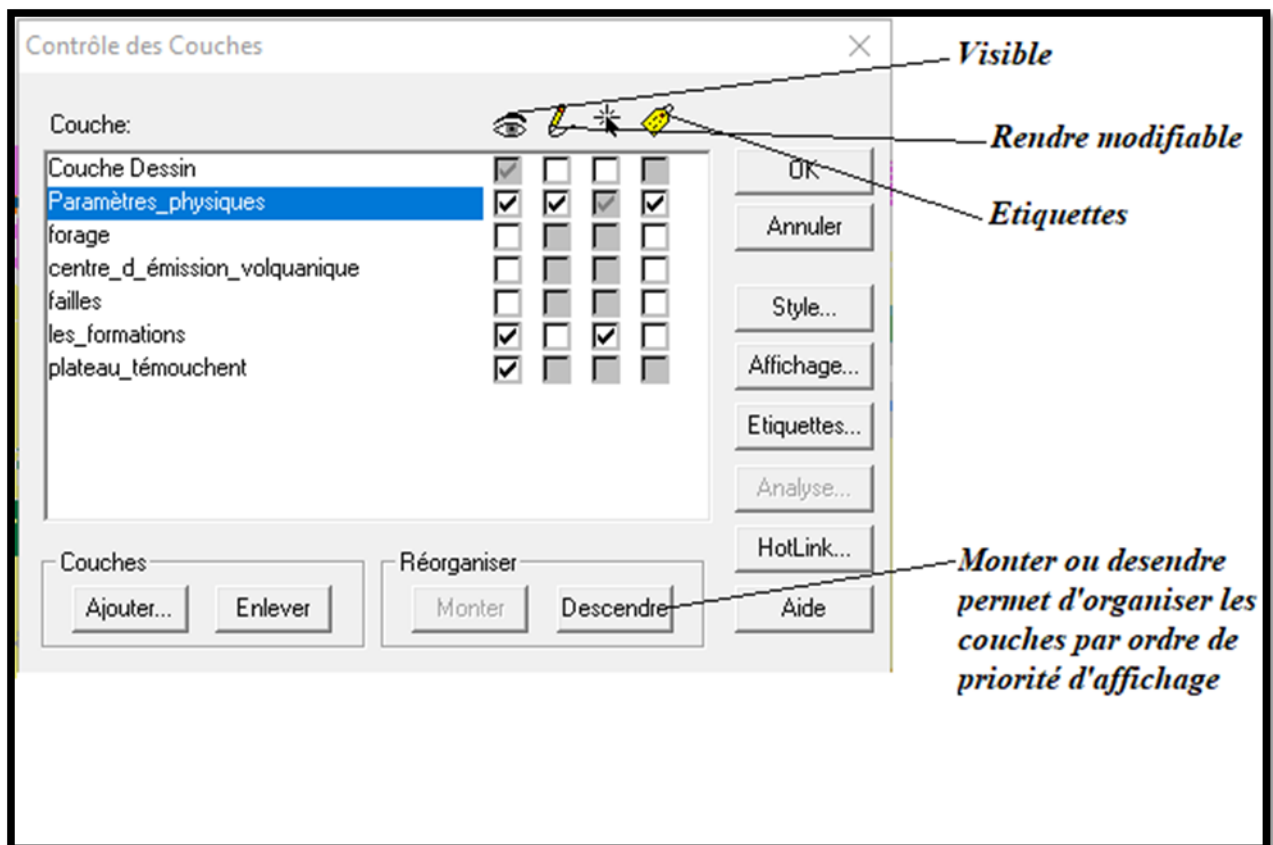


Figure 15 : Option contrôle des couches.

## II.5 Méthodologie de travail

La méthodologie adoptée consiste à élaborer un SIG pour le traitement des différentes informations organisées dans une base de données. La démarche appliquée dans ce cadre nécessite une compilation des données géographiques relatives à la géologie, l'hydrogéologie et l'hydrochimie, dont les étapes sont détaillées dans les points suivants ;

### II.5.1 Collecte des données

Les données de sources diverses sont ramenées, à partir de plusieurs organismes dont la Direction des Ressources en Eau de la wilaya d'Ain Témouchent, et par digitalisation des cartes existantes. Le tableau 08 représente les composantes thématiques de notre base de données.

**Tableau 8 : Composantes thématiques de la base de données**

Paramètres	Topologie	Mode d'acquisition	Origine
Géologie	Polygones	Digitalisation	Cartes géologiques
Hydrogéologie	Polylignes, Polygones, Points	Digitalisation	Carte hydrogéologique Inventaire des points d'eau
Analyse physique de l'eau	Barres	Analyse thématique	Inventaire

### II.5.2 Géoréférencement et la numérisation des cartes

Nous nous sommes servis de 4 cartes géologiques au 1/50.000 (Cartes de Beni Saf, d'Ain Témouchent de Sidi Ali Boussidi et de Bensekrane) pour cerner la zone d'étude et élaborer la carte géologique du plateau d'Ain Témouchent. Pour géoréférencier notre support cartographique, le choix s'est porté sur le système de coordonnées géographiques U.T.M. (Universel Transverse Mercator) W.G.S.84 (World Global System 1984) Fuseau 30, pour l'ensemble des cartes de la zone d'étude, conformément au système de référence géographique utilisé en Algérie (fig.16).

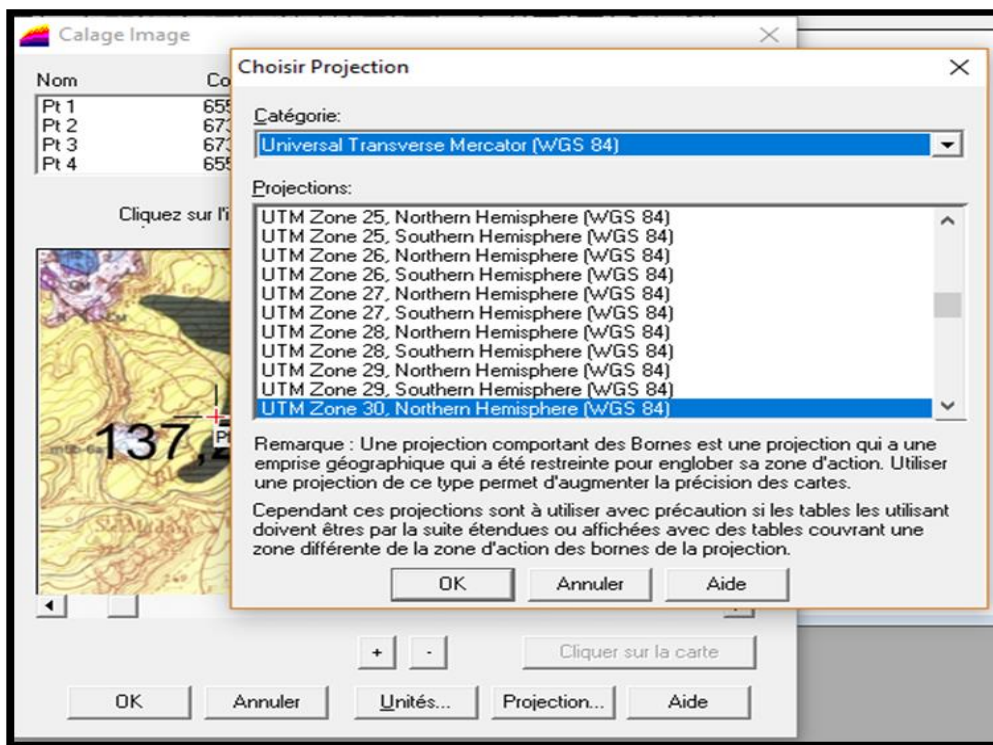


Figure 16 : Choix du système de projection

Les points de calage, au nombre de quatre, ont été définis, avec une erreur égale à 1pixel, pour permettre au MapInfo V8.0 de faire la relation entre les coordonnées réelles du terrain et celle des cartes scannées (fig.17).

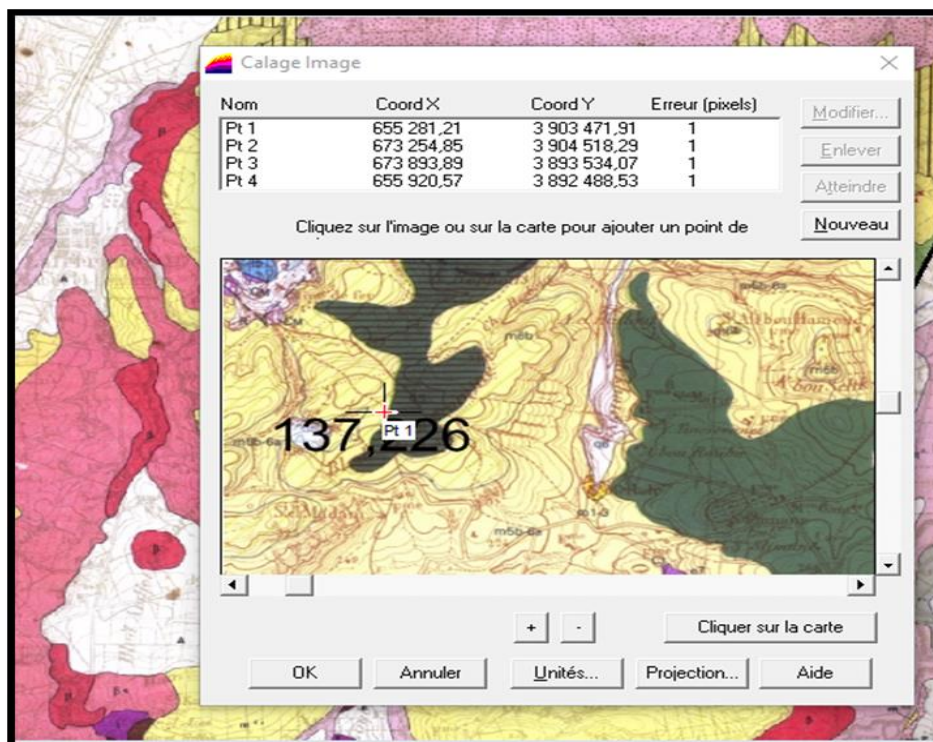


Figure 17 : Calage de la carte géologique.

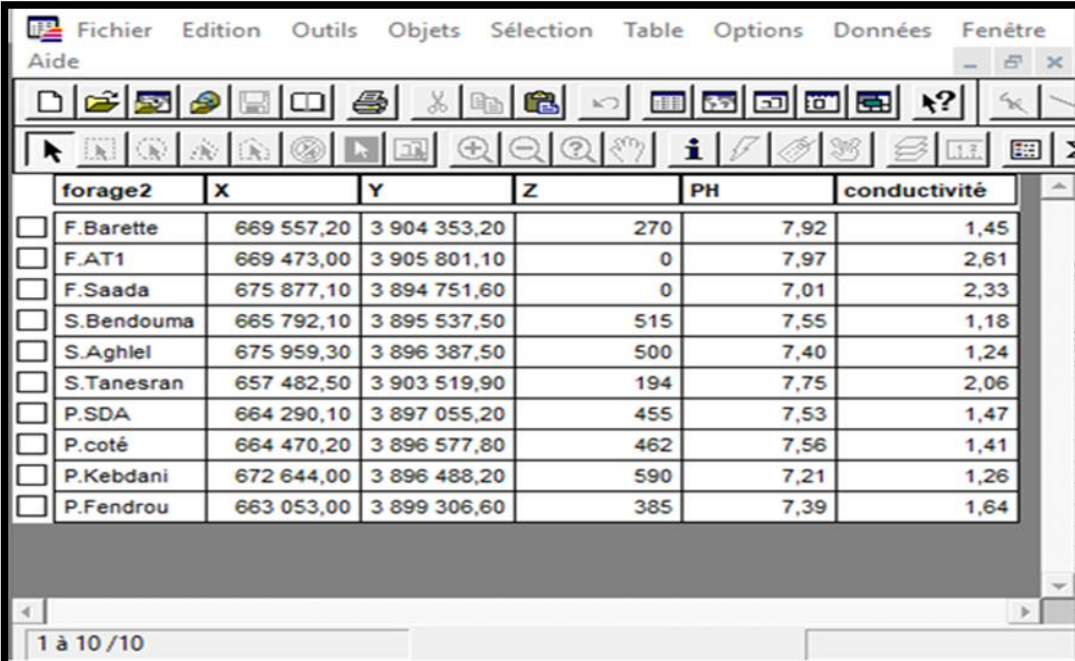
### II.5.3 Création de la géodatabase

La géodatabase (base de données géographiques) est le cœur de tout Système d'Information Géographique, qui organise les données SIG en couches thématiques et en représentation spatiales.

La base de données élaborée est à partir de la cartographique spatiale sur MapInfo 8.0 ;

Les données essentielles relatives à tous les points d'eau sont importées par Mapinfo 8.0 afin d'être combinées avec des données attributaires (figure 14) et qui sont comme suit :

- Le réseau hydrographique
- La lithostratigraphie
- Les coordonnées des points d'eau (X, Y, Altitude) ;
- Les paramètres physico-chimiques.



forage2	X	Y	Z	PH	conductivité
<input type="checkbox"/> F.Barette	669 557,20	3 904 353,20	270	7,92	1,45
<input type="checkbox"/> F.AT1	669 473,00	3 905 801,10	0	7,97	2,61
<input type="checkbox"/> F.Saada	675 877,10	3 894 751,60	0	7,01	2,33
<input type="checkbox"/> S.Bendouma	665 792,10	3 895 537,50	515	7,55	1,18
<input type="checkbox"/> S.Aghlel	675 959,30	3 896 387,50	500	7,40	1,24
<input type="checkbox"/> S.Tanesran	657 482,50	3 903 519,90	194	7,75	2,06
<input type="checkbox"/> P.SDA	664 290,10	3 897 055,20	455	7,53	1,47
<input type="checkbox"/> P.coté	664 470,20	3 896 577,80	462	7,56	1,41
<input type="checkbox"/> P.Kebdani	672 644,00	3 896 488,20	590	7,21	1,26
<input type="checkbox"/> P.Fendrou	663 053,00	3 899 306,60	385	7,39	1,64

Figure 18 : Exemple de la base de données importé par MapInfo 8.0



**II.6 RESULTATS**

Le réseau hydrographique est marqué par une indigence, caractéristique des espaces de collines. Parmi Les plus important axes hydrographiques : Oued Sennane qui prend sa source dans les Monts de Tessala au sud et qui coule vers le nord. Son cours est parallèle à la RN2 au Sud Est, passant à la limite de l'agglomération d'Ain Témouchent. A la sortie de l'agglomération il prend une direction Ouest vers Sidi Ben Adda pour se diriger au nord pour rejoindre Oued El Malah qui se jette dans la Méditerranée à Terga plage.

**II.6.1 Réseaux hydrographique :**

Le bassin versant de l'Oued Sennane (Début de tronçon : X= 6628204.01 ; Y = 3905182.21, Fin de tronçon : X =666473.62 ; Y = 3909089.22) a une superficie totale de 107,5 Km<sup>2</sup> et un périmètre de 74 Km, c'est un bassin versant allongé d'orientation Sud-Nord. (DRE)

Au-delà de la source de Ain Sidi Younes (Au Sud de la ville d'Ain Témouchent, Q=2 l/s), les apports de l'Oued Sennane proviennent respectivement des bassins versant des Oueds affluents, dits Sayadou et Chabet Témouchent (Atmani.S ,1999).

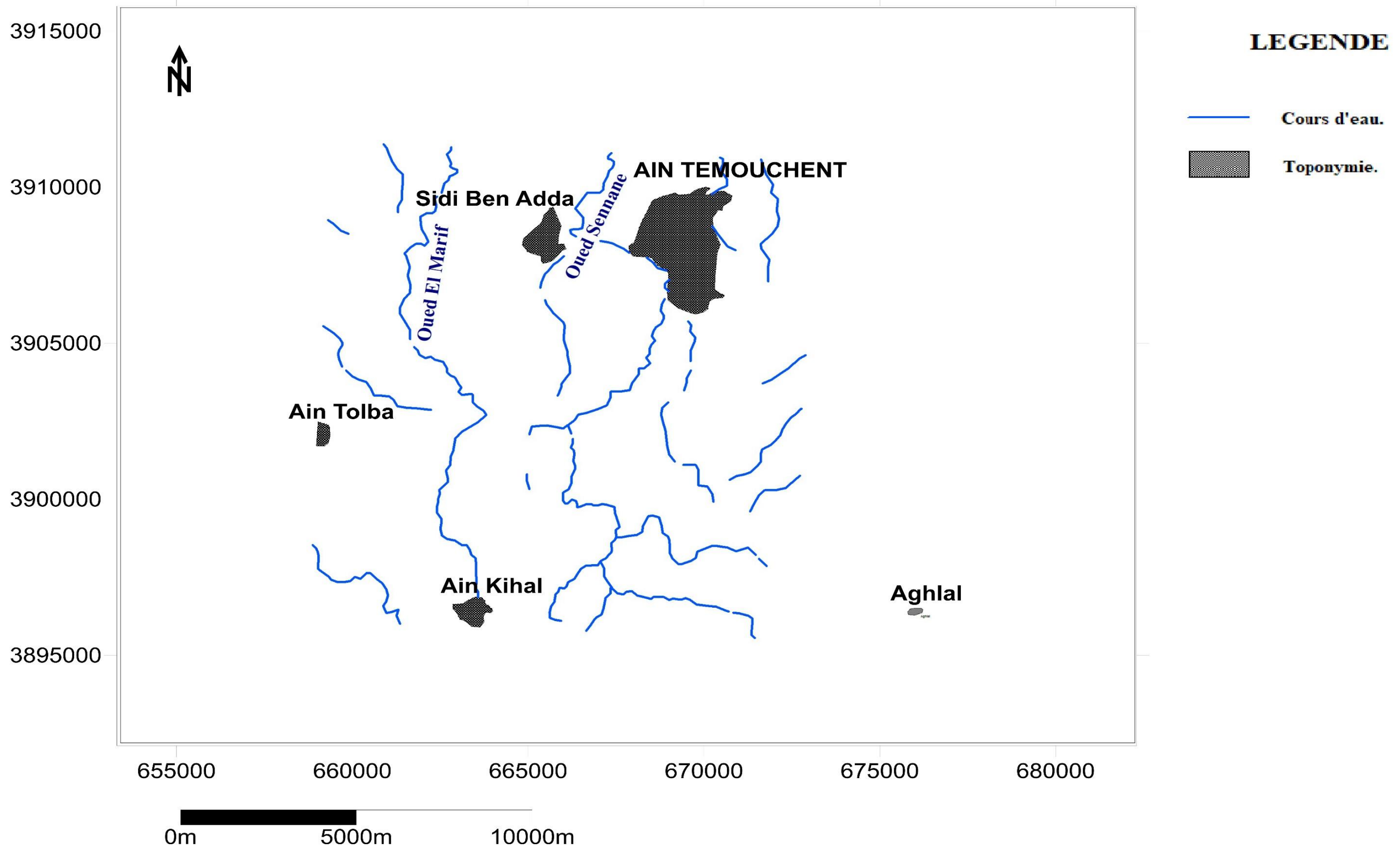


Figure 19 : Carte du réseau hydrographique du plateau d’Ain Témouchent

**II.6.2 Contexte géologique :**

L'histoire géologique de la région d'Ain Témouchent peut être présentée rapidement par les événements successifs suivants :

- a. En discordance sur les reliefs primaires et mésozoïques, on assiste à une transgression marine au Miocène, dans un vaste bassin de sédimentations situé approximativement entre Aïn Témouchent et les Monts de Tlemcen. Cette avant fosse dite «Synchro-Nappes» a été le siège d'épaisses séries marno-gréseuses au Miocène, tandis que se déversaient vers elles une succession de nappes de charriage dont les «racines » (géosynclinal) se situaient à l'emplacement de la Méditerranée actuelle. Les déplacements tangentiels, étaient dirigés Nord - Sud.
- b. Les unités charriées se sont mises en place au cours des deux phases tectoniques paroxysmales, l'une Intratellienne et l'autre miocène. Ces formations constituent un matériel déplacé «allochtone» qui surmonte le substratum constituant l'Autochtone de la région d'Ain Témouchent.

L'Allochtone charrié dans la région d'Ain Témouchent est appelé « allochtone non métamorphique à affinité tellienne ». Il affleure dans la région d'Aghlal - Oued Berkeche; il est composé des unités suivantes (Guardia P., 1975):

1. L'unité Chouala.
  2. L'unité Sénonienne.
  3. L'unité Oligo-Miocène.
- c. Après la mise en place des nappes, des alternances de transgressions et régressions marines se sont traduites par les dépôts de formations marine ou continentales depuis le Miocène jusqu'au Quaternaire. C'est au cours de cet épisode Post - Nappe qu'elle est apparue l'activité volcanique de l'Oranie et que s'est constitué le massif volcanique d'Ain Témouchent.

Nous avons pu mettre en relief les formations géologiques spécifiques du plateau d'Ain Témouchent à travers l'assemblage des quatre cartes géologiques (de Beni Saf, d'Ain Témouchent de Sidi Ali Boussidi et de Bensekrane) et l'homogénéisation de leurs légendes (Fig. 21).

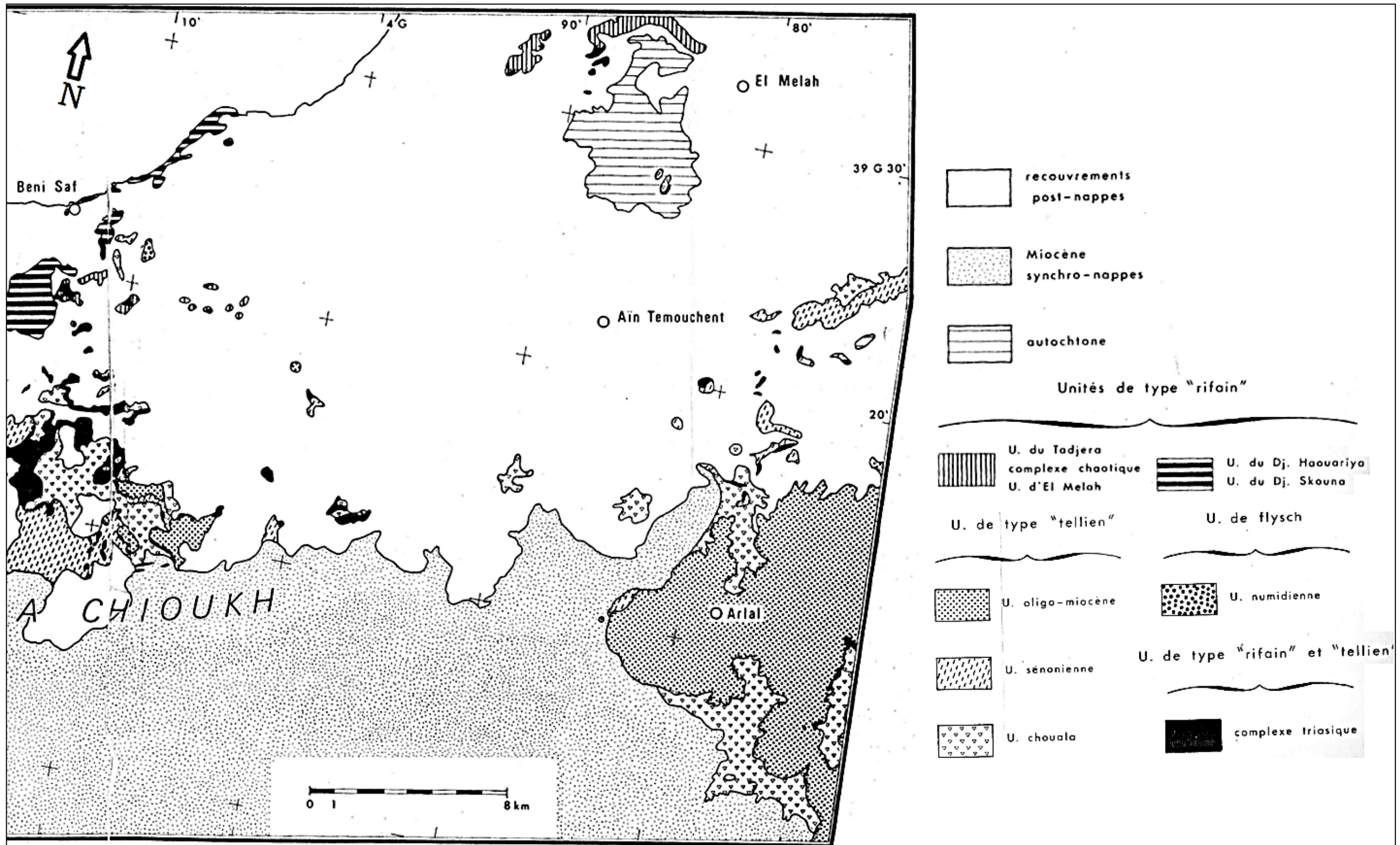


Figure 20 : Schéma structural de la région d'Ain Témouchent (extrait du Schéma structural du domaine Tello-Rifain – Guardia P., 1975)

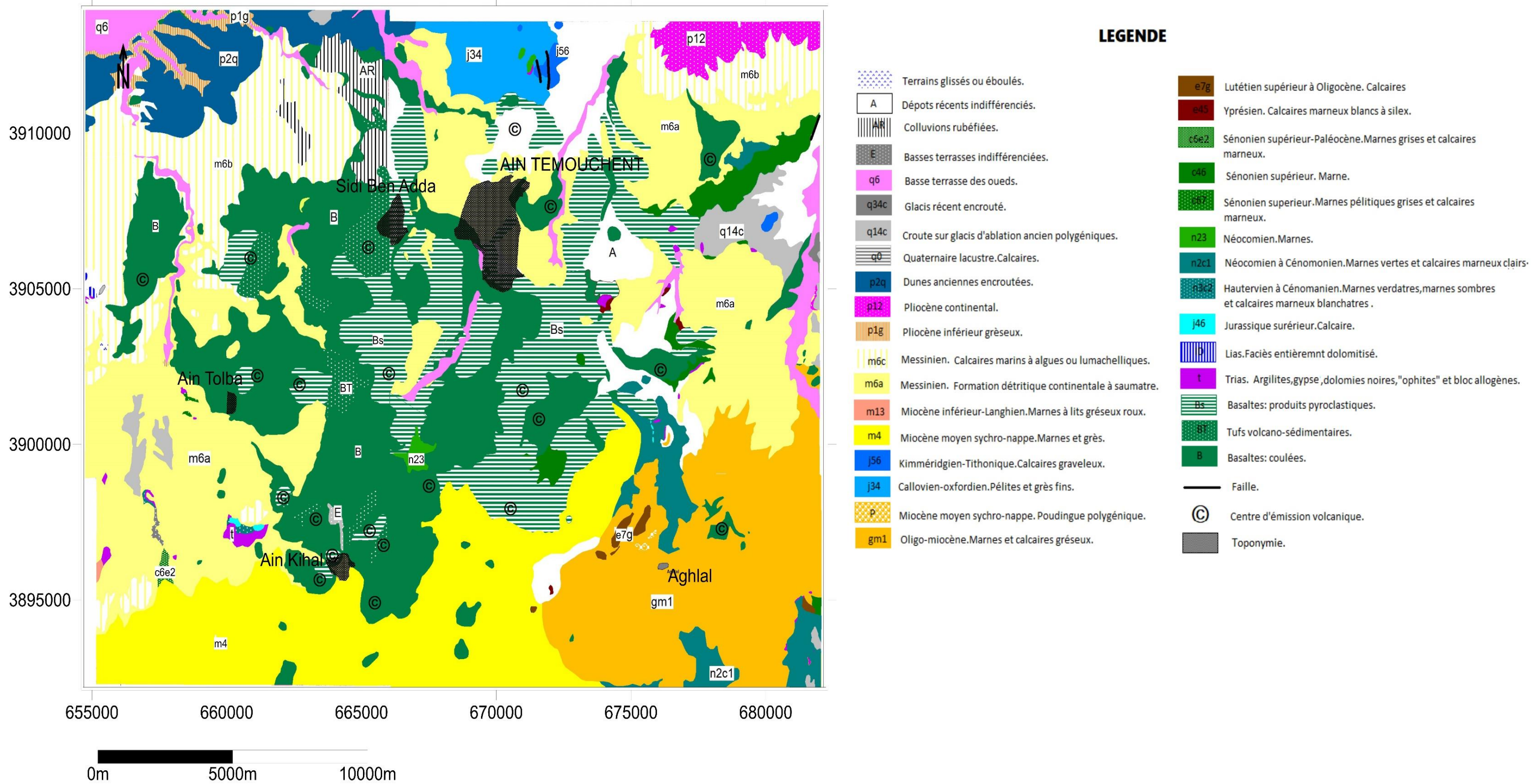


Figure 21 : Carte géologique du plateau d'Ain Témouchent

**II.6.2.1 Stratigraphie :**

Selon les notices explicatives des cartes géologiques utilisées, nous présenterons dans cette partie la description lithostratigraphique des terrains qui affleurent dans la région d'étude.

**II.6.2.1.1 Autochtone****II.6.2.1.1.A Formation quaternaires et actuelles.**

**A** : Dépôts récents indifférenciés. Dépôts superficiels de pentes, souvent plus ou moins glissés et dépôts colluviaux de la région d'El Malah.

**E** : Éboulis et glissements.

**q6** : Basse terrasse des oueds. Alluvions modernes grises de la basse terrasse des oueds.

**q3-4C**: Glacis récents encroûtés.

**q1-4C** : Glacis anciens encroûtés. Des glacis polygéniques d'ablation et parfois d'accumulation, recouverts d'une croûte calcaire importante sont bien développés sur le piémont des Monts du Tessala.

**q0** : Quaternaire lacustre. Calcaires lacustres d'Ain Temouchent. Ce sont des bancs calcaires et des marnes blanches à petits lits calcaires à malacofaune terrestre et d'eau douce décrits par L. Gentil.

**II.6.2.1.1.B Néogène.**

**p2q** : Pliocène supérieur. Des grès ocre, irrégulièrement indurés, d'origine dunaire, recouvrent la région située entre El Malah et la côte à l'Ouest.

**p1-2**: Pliocène continental. Une épaisse série de sédiments assez fins, d'origine continentale et de couleur ocre-rouge, surmonte les calcaires du Messinien et plonge vers la dépression de la Sebka. Elle appartiendrait, d'après G. Thomas, au second cycle pliocène (Plaisancien). Au Sud d'Ain el Arba, s'y intercalent des lentilles de sable blanc (Chabet Dribine et Oum Kettab) ainsi que des passées argileuses vertes.

**m6C** : Messinien calcaire. Des calcaires à Lithothamniés à niveaux lumachelliques sont transgressifs directement sur le substratum anté-miocène à l'Ouest d'El Malah où les massifs métamorphiques formaient des îlots à cette époque. Il en est de même dans la basse vallée de l'Oued Besbès où ils reposent directement sur les formations antérieures au Miocène supérieur.

Latéralement, vers le Nord- Ouest (Sud d'Ain el Arba, Hameau de Gata) ces calcaires passent à des calcaires gréseux tendres puis à des grès sableux jaunes riches en macrofaune.

**m6a** : Miocène supérieur continental à saumâtre. Formation à matériel d'origine alluviale à la base, de grain généralement assez fin, modérément rubéfiée et contenant des passées lenticulaires à cailloutis et galets (chenaux fluviaux).

**m4** : Miocène moyen synchro-nappes. Le Miocène synchro-nappes apparaît dans un petit affleurement au Sud d'Ain Témouchent en rapport avec celui de la bordure sud-tellienn. Largement développé au Sud des unités allochtones, le Miocène synchro-nappes est formé d'une série marine rythmée où alternent des marnes gris-verdâtre plus ou moins sableuses et des grès gris à roux en bancs centimétriques à métriques et à matériel généralement fin le plus souvent groupés en barres (a) d'une vingtaine de mètres d'épaisseur formant un ensemble de petites cuestas dans le paysage de la région située au Sud d'Ain Témouchent.

#### ***II.6.2.1.1.C Substratum anté-Néogène.***

**j5-6** : Kimméridgien-Tithonique. Une formation de calcaires clairs, épaisse d'au moins 100 mètres, est exploitée au Djebel Tounit (au nord-ouest d'Ain Témouchent). Des calcaires gris bleuté, en gros bancs parfois noduleux : apparaissent en fenêtre, sous l'Unité sénonienne, au Douar Chenntouf (à l'ouest d'Ain Témouchent)

**j3-4** : Callovien - Oxfordien. Au Nord d'Ain Témouchent, affleure une série de pélites kaki, brunes ou rougeâtres, à minces lits de grès sombres ferrugineux et contenant de rares niveaux calcaires. Les relations entre les affleurements de calcaires ne peuvent être précisées en raison des recouvrements dans cette région au relief très faible et très cultivée.

#### **II.6.2.1.2 Allochtone**

##### ***II.6.2.1.2.A Unité Oligo-Miocène***

**g-m1** : Oligo - Miocène. La formation oligo-miocène couvre l'essentiel du quart sud-est de la carte (la région d'Agla). Elle est formée d'un ensemble de marnes claires, légèrement verdâtres, finement sableuses, à petits lits de grès roux à ciment calcaire et galets mous marneux. Il s'y intercale parfois des barres ou lentilles de grès ou de calcaires grésio-bioclastiques (Djebel Tikarbacha, Hammar Berkach) à galets mous de marnes vertes

**II.6.2.1.2.B Unité Sénonienne**

**e7g** : Lutétien supérieur. Quelques rares témoins disloqués du Lutétien supérieur sont associés à l'Unité sénonienne dans l'Est de la feuille, sous la forme de conglomérats (X=176 ; Y=227,6) ou encore de marnes brunes datées, associées à des calcaires marneux.

**e4-5** : Yprésien. L'Eocène inférieur est présent ici sous son faciès de marnes grises et de calcaires argileux en plaquettes à cassure sombre et patine blanchâtre ; il contient parfois des silex noirs et quelques bancs minces ou moyens de calcaires.

**C6 -e2** : Sénonien supérieur - Paléocène. Entre le Djebel Tessala et l'Oued Besbès, les marnes grises très claires à olivâtres, accompagnées de rares marno-calcaires gris.

**C4-6** : Sénonien supérieur. Des marnes grises, à "beef" fréquent, des calcaires argileux gris clair se débitant en plaquettes irrégulières et parcourus de nombreux filons de calcite et des marnes pélitiques à petits niveaux gréseux fins et calcaires

**II.6.2.1.2.C Unité Chouala**

**n2-cl** : Néocomien d Cénomanién. Il est représenté par des marnes argileuses verdâtres, plus rarement violacées, associées à des lits de calcaires argileux gris ou à des pélités sombres. L'Aptien n'a pu être reconnu que dans un petit nombre d'endroits. Des marnes vertes à petits niveaux calcaires gris contiennent, au Nord d'Aghlal, L'Albien supérieur a pu être caractérisé, au Sud d'Ain Témouchent, dans des calcaires argileux sombres affleurant dans le Chabet Sidi Younes

**j4-6** : Jurassique supérieur. Il existe des blocs de calcaires jurassiques dans les marnes du Crétacé inférieur de l'Unité Chouala.

**II.6.2.1.2.D Unité Métamorphique.**

**ID**: Lias-Jurassique moyen. Une formation massive, presque entièrement dolomitisée, a été attribuée au Lias et au Jurassique moyen, toujours par comparaison avec les massifs oranais. La dolomitisation a respecté, en de rares endroits, des calcaires sombres, des calcaires sombres à silex noirs, des calcaires clairs à silex clairs et des calcaires à lits schisteux prenant le faciès "peau de serpent" par boudinage des niveaux schisteux. Quelques passages dans les calcaires sont peu recristallisés et correspondent à des intramicrites ou des intrasparites, légèrement étirées, à entroques, Foraminifères et spicules calcaires.



### II.6.2.1.2.E Complexe "Triasique".

**t** : Complexe "triasique". Le complexe "triasique" correspond, comme dans tout le Tell, à un ensemble chaotique de terrains sédimentaires et éruptifs. Parmi les terrains sédimentaires, figurent des évaporites, gypse et sel, des dolomies noires, des argilites lie-de-vin. Les roches éruptives sont des dolérites à grain fin, peu ou pas métamorphiques, souvent profondément altérées. L'ensemble de ces roches peut être attribué au Trias.

### II.6.2.1.3 Roches éruptives :

Le volcanisme de la région d'Ain Témouchent est exclusivement basaltique et son activité s'est manifestée sur une surface beaucoup plus importante et pourrait être un plus récente (fin d pléistocène inférieur) (Guardia P., 1975).

Malgré une destruction intense par les agents d'érosion, le massif d'Ain Témouchent avec le massif de Tifaraouine, conserve plus nettement les caractères morphologiques d'un pays volcanique.

**Bs** : Basaltes ou basanites, produits pyroclastiques. La carte est située en bordure de la zone volcanique d'Ain Témouchent à l'Est et de celle de Beni Saf à l'Ouest. Plusieurs appareils ayant donné essentiellement des pyroclastites se trouvent dans le quart nord-est de la feuille. Ce sont des lapillis et plus rarement des bombes de basaltes et de basanites qui couvrent ce secteur.

**BT** : Tufs volcan-sédimentaires. Des tufs qui correspondent à la consolidation de cendres basanitiques un ciment calcaire affleurent au Sud d'Ain Témouchent.

**B**: Basaltes ou basanites, coulées. Il s'agit de la terminaison méridionale des deux massifs volcaniques et de quelques petits appareils satellites ou lambeaux de coulées situés à leur périphérie. Ce sont, là encore, des basaltes à olivine et des basanites à analcime. L'âge de ce volcanisme semble être le plus récent de la province alcaline ouest-oranaise pour le massif d'Ain Témouchent .Deux âges de  $1,5 \pm 0,25$  Ma et  $1,71 \pm 0,2$  Ma ont été obtenus sur des bombes du volcan du Djebel Tzioua près d'Ain Temouchent (feuille de Beni Saf) par H. Bellon par la méthode  $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$  ce qui place au moins une partie de ce volcanisme dans le Quaternaire ancien. Le massif de Beni Saf est, en grande partie, plus ancien puisque les âges s'échelonnent entre  $4,63 \pm 0,22$  Ma et  $1,45 \pm 0,14$  Ma c'est-à-dire du Pliocène inférieur au Quaternaire ancien.

Les principales bouches d'émission restent encore apparentes et donnent naissance à des cuvettes marécageuses dénommées « dayas ». Les mieux caractérisées sont les dayas du Dj

Tzioua, Sidi Ben Adda, de Ben Guena et daya El Medjehari à 2 Km au Nord - Est d'Ain Témouchent. Les principaux appareils de ce massif sont les suivants :

**Tableau 9 : Principaux appareils du massif d'Ain Témouchent (Atmani S., 1999)**

• Le volcan de Koudiat Berbous : 301 m	• Le volcan de Dj Tziouo : 371 m
• Le volcan de Sidi Ben Adda : 258 m.	• Le volcan de Dayet El Medjehri : 209 m.
• Le volcan de Ain El Tolba : 385 m.	• Le volcan de Dj Dokma : 448 m.
• Le volcan de Dayet Ben Ganna : 346 m.	• Le volcan de Dj Hafsa : 522 m.
• Le volcan Dayet El Chami : 468 m.	• Le volcan de Ouled Khalfa : 503m.
• Le volcan de Dj Gueriane : 584 m.	• Le volcan de Hammar El Mekla : 493 m.
• Le volcan de Sidi Bou Hafs : 530 m.	

Ces appareils se rattachent à un volcanisme du type « Strombolien » alternant avec des phases explosives caractérisées par des émissions de laves très fluides abondantes indiquant l'existence d'un épisode de type « Hawaïen ». La dernière phase d'évolution du massif a donné naissance au Caldeira de Sidi Ben Adda, avec l'alternance d'épaisses couches de cendres volcaniques dans toute la région du Sud et du Sud - Est, qui recouvrent les dernières émissions de laves (Atmani S., 1999).

Age		LOG	EP (m)		Unité lithologique
Q U T E R N A I R E	Quaternaire		[Green pattern]	54 m	Basalte
				90 m	Alluvions
	/	/		20 m	Done littorales
C E N O Z O I Q U E  T R T A I R E	Pliocène	Pliocène inférieur	[Brown pattern]	20 m	Grès
	M I O C È N E	Messinien	[Red pattern]	40 m	Calcaire a algues et polypier
		Miocène supérieur	[Red pattern]	20 m	Marnes marines et les alluvions
		Miocène moyenne	[Red pattern]	20 m	Argile et Grès à Ostrea
	E O C È N E	Eocène supérieur	[Red pattern]	70 m	Grès quartziteux et Argile d'Ain Kihel
		Eocène inférieur	[Red pattern]	40 m	Grès et Marnes de Sebaa chioukh
S e c o n d a i r e	Jurassique	Lias	[Purple pattern]	20 m	Série Carbonatée
	Trias	Trias	[Purple pattern]	20 m	Diapire
P a l é o z o i q u e	PRIMAIRE		[Blue pattern]	20m 0m 40m	Schistes et quartzites

Figure 22 : Log lithostratigraphique de la région d'Ain Témouchent (Atmani S., 1999, modifié)

**II.6.2.2 Sismicité**

La sismicité est un phénomène qui caractérise la région comme la plupart des régions du tell, notamment sa grange littorale soumise au degré d'aléas sismique le plus élevé. La synthèse des résultats des études géotechnique effectuées par les différents laboratoires dans plusieurs zones confirme l'hétérogénéité des sols et la recommandation de recouvrir souvent au radier général comme type de fondation dans toute la zone. Sidi Ben Adda et Ain Témouchent ont été les plus touchées par le séisme de décembre 1999. C'est un risque qui a été démontré par l'étude relative à l'aléas sismique et micro- zonage. Il faut noter cependant que la commune de Sidi Ben Adda elle ne se trouve pas dans les zones de failles actives. L'autre risque naturel concerne les éventuelles inondations auxquelles peuvent être confrontées les parties basses de la ville de Chaabat, de Ain Témouchent ou les paries situées près des berges des oueds importants. Les travaux de protection permettent d'atténuer ce risque Un troisième risque qui mérite d'être signalé concerne la nature de sols de moyenne portance qui peut être à l'origine phénomène d'affaissement de terrain lié à la présence de formation tendre sur des profondeurs allant jusqu'à dix mètres qui s'incrument sous des formation dures. Soumises à des mouvements des terrains peuvent être à l'origine d'un déplacement (DRE, 2017).

**II.6.3 Hydrogéologie :**

Eu égard à la région d'Ain Témouchent, le secteur étudié est caractérisée par la présence de roches volcaniques (coulées et produits de projection). Les cratères de Dziuoua et d'Ain Tolba ont donné des coulées de la lave basaltique qui reposent sur les formations calcaires ou parfois directement sur les marnes bleues. Au niveau de l'oued Mekhayssia et au Sud de la route nationale n° 35, les basaltes reposant sur les marnes donnent un ensemble de sources de contact (Ain Tanesranet – Bourouba et Tikobain, la source d'Ain Tanesranet fournit un débit ( $Q=5$  l/s). Les deux émergences de Bourouba donnent un débit de 1 l/s. Dans la partie avale de l'oued Sennane au-delà de Hammar Bou Ait, la source de Sidi Younes donne un débit de 2 l/s.

**II.6.3.1 Identification des aquifères**

La synthèse des études géologiques (carte hydrogéologique de Ghazaouet à 1/200 000(ANRH)) complétée par les observations faites sur les forages (Fig. 23, 24 et 25) a permis d'individualiser les formations perméables suivantes :

- Aquifère fissuré et discontinu à la roche éruptive. Situé dans la partie ouest. C'est l'aquifère le plus important dont il est exploité par plus de vingt forages. Son épaisseur est de 70 à 150 m. La transmissivité varie entre  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s.

- Aquifère fissuré et discontinu des calcaires du Miocène supérieur (Messinien).
- Aquifère discontinu des alternances argilo-gréseuses parfois calcaire de l'Oligo-Miocène dans la région d'Aghlal.

#### **II.6.3.1.1 Aquifère des basaltes du Plio-Quaternaire :**

Les basaltes requièrent une grande importance sur le plan des ressources en eau principalement en raison de leur extension dans la région. Le substratum de cette formation varie suivant la localisation : ce serait parfois les formations sableuses du Pliocène et parfois les calcaires et les marnes du Miocène. On distingue trois niveaux de bas en haut :

- **Tufs basaltiques** : formation légère et tendre, formée de matériaux grossiers qui apparaissent à la base et certains plus fins au sommet tels que les cinérites. Ces tufs d'origine phréatomagmatique présentent une perméabilité d'interstices.
- **Scories** : composées d'éléments cimentés, de tailles variables (épaisseur de 5 à 10 m), caractérisées par une perméabilité d'interstices.
- **Coulées** : occupent de vastes étendues et se disposent en dalles massives. Comportant un réseau de fissures très dense et d'orientations différentes. Ces coulées ont donc une perméabilité de fissures qui sont à l'origine de plusieurs émergences le long des Oueds (Sennâne, Souf et Tell). Il existe quelques sources de faible débit dans les basaltes, ainsi que certains forages ont été implantés à ce niveau au Sud de la ville d'Ain Témouchent.

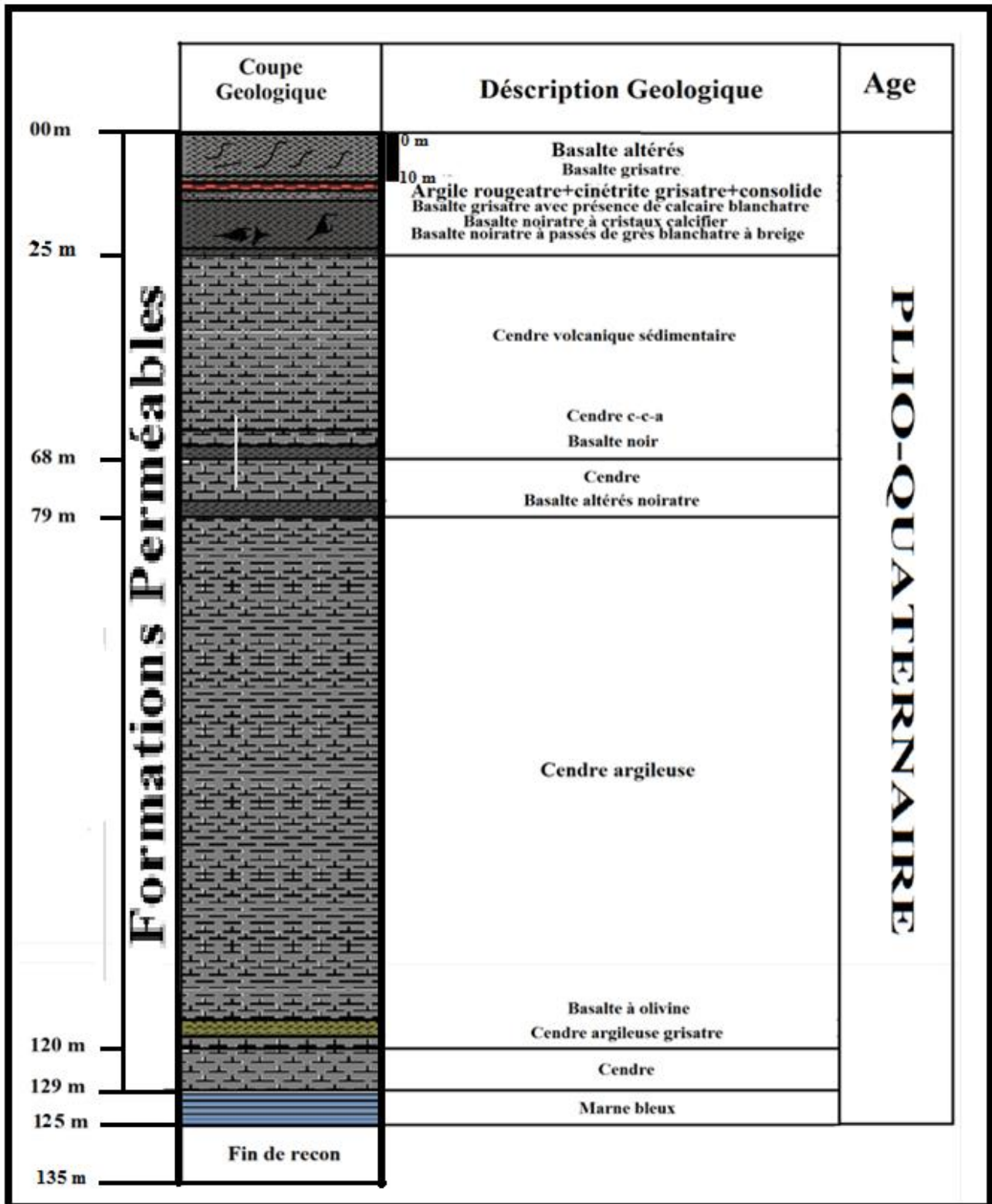


Figure 23 : Forage de Barette (Atmani S., 1999, Modifié)

**II.6.3.1.2 Aquifère des calcaires du Miocène supérieur**

L'ensemble sommital carbonaté du Miocène supérieur comprend des calcaires friables, crayeux à algues, polypiers, échinides etc., parfois gypseux, d'une couleur blanchâtre, affleure dans la région d'Ain Témouchent entre Sidi Safi et Terga. Ces calcaires sont fortement fissurés et karstifiés, donnant une perméabilité élevée avec un pendage orienté vers le Nord- Est, ainsi qu'ils sont recouverts vers le Sud d'Ain Témouchent et Sidi Ben Adda par les épanchements volcaniques du massif d'Ain Témouchent qui les alimentent.

En effet, l'alimentation s'effectue soit par les calcaires karstiques à perméabilité de chenaux soit par les terrains volcaniques moins transmissifs.

**II.6.3.1.3 Aquifère des calcaires et grès de l'Oligo-Miocène**

Il s'agit d'alternance de marnes, de calcaire gréseux et grès à ciment calcaire qui affleurent au niveau d'Aghlal et Oued Berkeche. Cet aquifère ne présente que des nappes perchées et superposées d'extension réduite, donnant naissance à des sources de déversement de faibles débits (H.P.O d'Oran).

D'autre part, la perméabilité des terrains est souvent faible, les débits des exutoires sont peu importants (en général inférieurs à quelques litres par seconde) sauf dans le cas d'une disposition favorable (structurale) comme celui d'Ain El Had au Nord- Est d'Aoubellil (sud-est d'Aghlal) qui présente un débit élevé : environ 35 L/s (H.P.O d'Oran).

La cartographie piézométrique d'un aquifère est très importante à la compréhension des écoulements souterrains, mais dans un aquifère basaltique où la porosité de fissures règne, il faut s'assurer que les fissures sont similaire à des alluvions avant d'interpoler le niveau piézométrique (Jalludin, 2012). Les études antérieures (ANRH 2008), montrent que l'écoulement se fait du sud vers le nord (suivant le pendage des coulées basaltiques (Tabeliouna, 1997). L'alimentation est faite donc principalement par les calcaires du Miocène qui affleurent au sud.

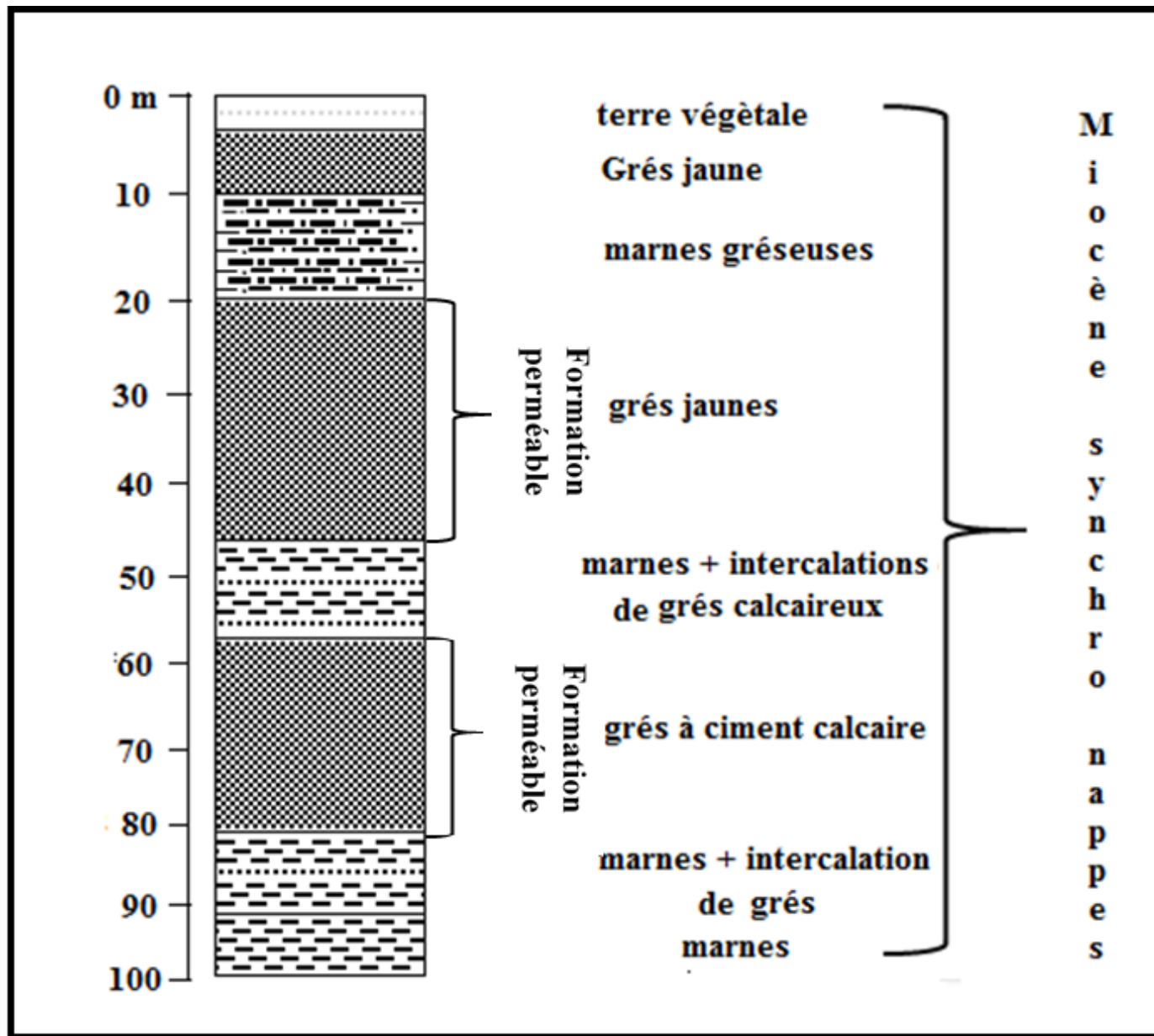


Figure 24 : Colonne lithostratigraphique du sondage au NNE d'Ain Tolba (Tabeliouna, 1997)

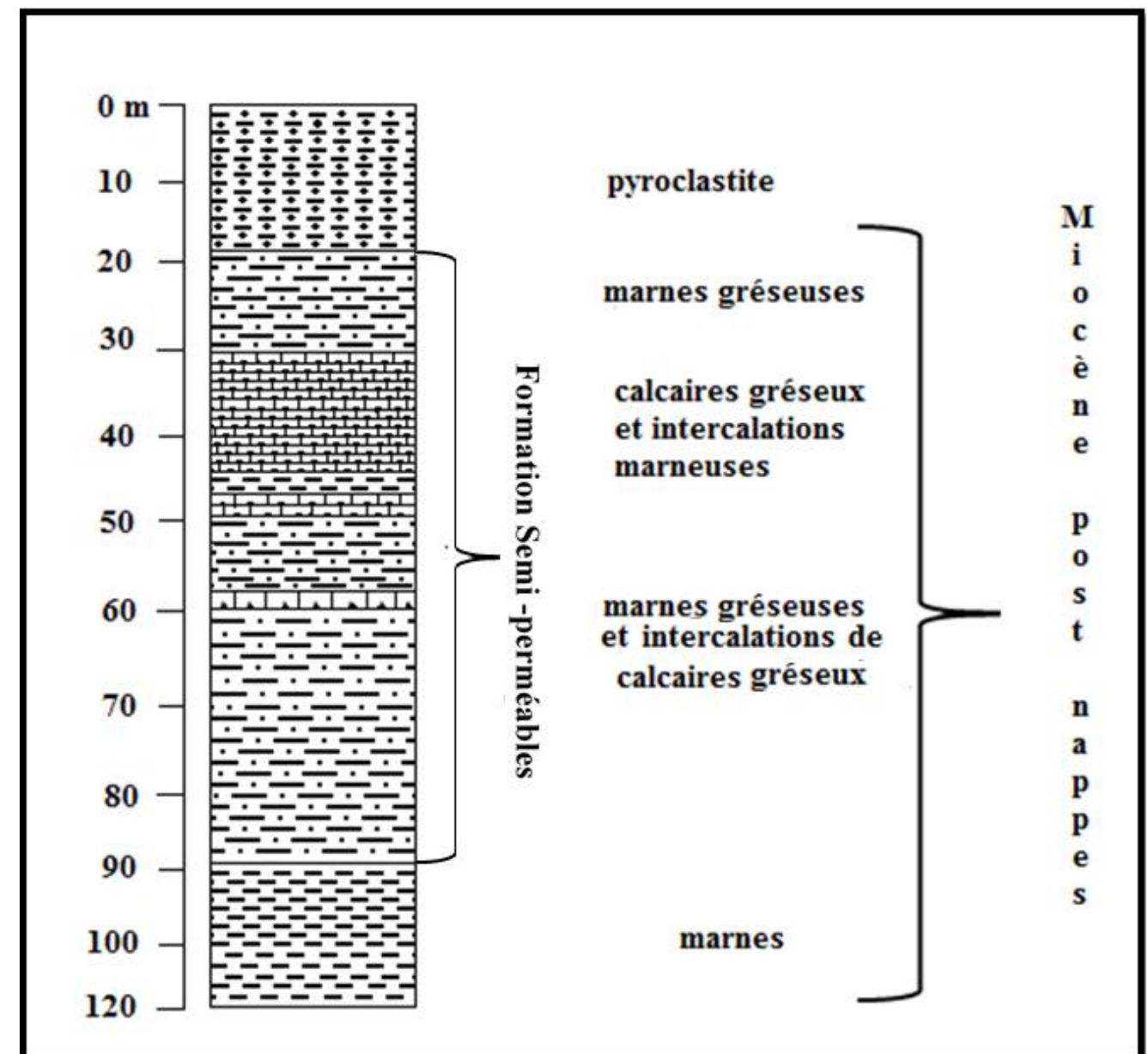


Figure 25 : Colonne lithostratigraphique du sondage au SE d'Ain Kihal (Tabeliouna, 1997)



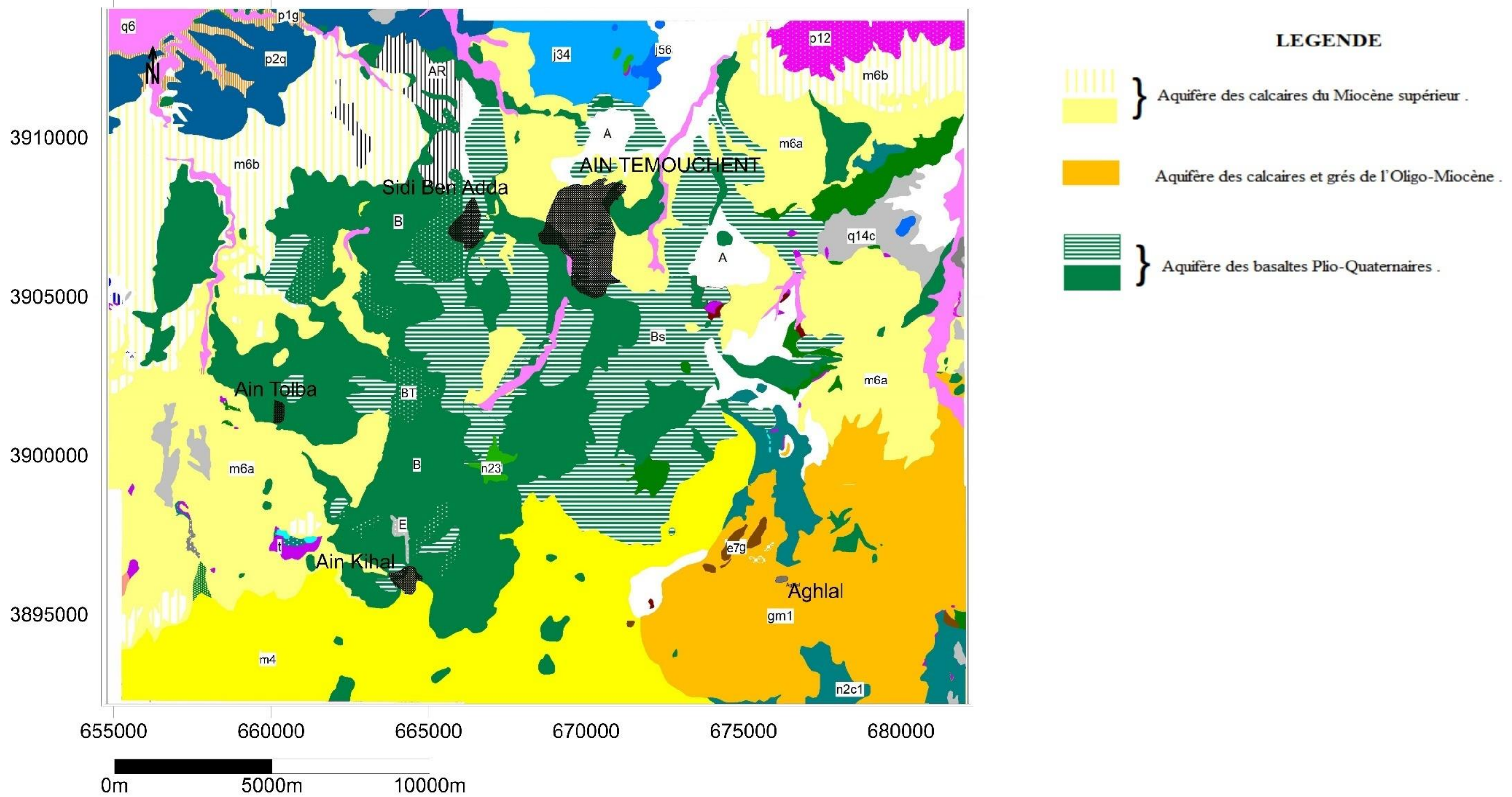


Figure 26 : Carte des aquifères du plateau d'Ain Témouchent

**II.6.3.2 Sources**

Au niveau de la région d'Ain Témouchent existe plusieurs sources qui émergent de l'aquifère des basaltes fissurés, parmi eux nous avons pris les suivants :

**Source de Sidi Yamine (X=667076,66/Y=3910777,54) :**

Elle se situe au nord-ouest de la ville d'Ain Témouchent et elle émerge dans l'aquifère pliocène, des grès et des sables consolidés avec un débit de 2 l/s.

**Source de Sidi Younes (X=667223,18/Y=3900516,24) :**

Elle se situe au Sud de la ville d'Ain Témouchent et fait partie des 7 sources utilisés pour l'A.E.P (alimentation en eau potable) de Ain Témouchent dont elle émerge de l'aquifère des basaltes fissurés d'âge Plio-Quaternaire avec un débit de 2 l/s. Elle a un substratum imperméable constitué de cinérites argileuses.

**Source de Sidi Ali Znagui (X=666401,86/Y=3897412,59) :**

Elle se situe dans la partie sud de la ville d'Ain Témouchent, émergeant de aquifère basaltique avec un débit de 1.2 l/s, ces basaltes ont un substratum imperméable formé de deux types de formations des cinérites argileuses et d'argile gréseuse.

**Sources Tanesranet, Bendouma et Aghlal :**

Les sources Tanesranet (X=657482,66 ; Y=3903519,9) et Bendouma (X=665792,1 ; Y=3895537,6) apparaissent à la base des basaltes qui reposent directement sur les marnes imperméables. Le débit de ces sources est de 5 l/s. La source Aghlal (X= 675959,3 ; Y=3896387,5) émerge dans les calcaires au contact des marnes avec un débit de 5 l/s (DRE, 2017).

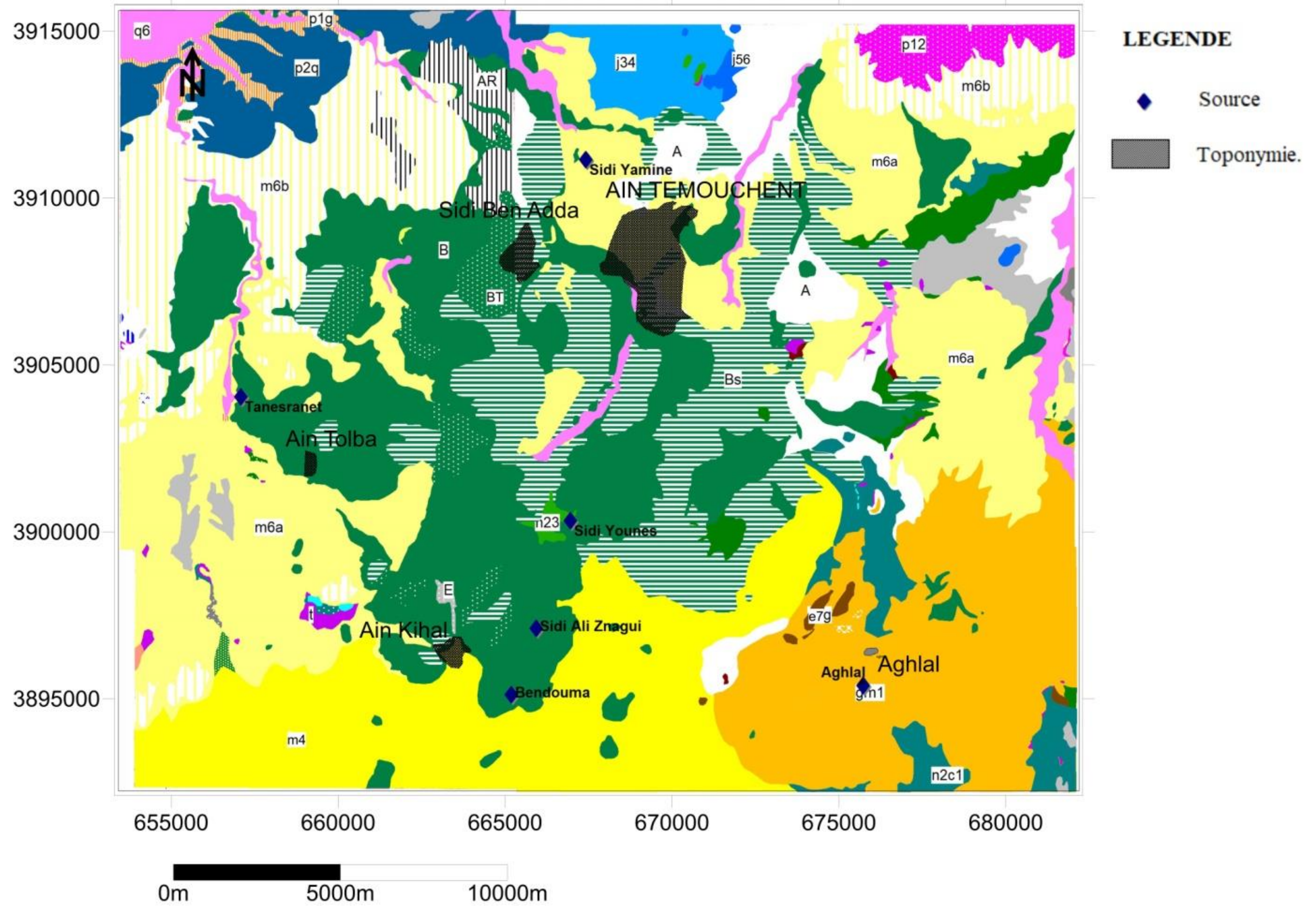


Figure 27 : Positionnement des sources du plateau d'Ain Témouchent

**II.7 Conclusion**

Les résultats du traitement et la cartographie des informations liées à la géologie et hydrogéologie du plateau d'Ain Témouchent montrent que :

- Le plus important axe hydrographique dans notre zone d'étude est Oued Sennane (bassin versant allongé d'orientation Sud-Nord(DRE)).
- La structure géologique de la région est constituée par des formations volcaniques de type basaltique et de cendres volcaniques , qui doivent leur apparition aux éruptions du pliocène et quaternaire.
- Les observations faites sur les forages a permis d'individualiser les formations perméables suivantes :
  - ✓ Aquifère fissuré et discontinu à la roche éruptive,situé dans la partie Ouest.
  - ✓ Aquifère fissuré et discontinu des calcaires de Miocène supérieur (Messinien).
  - ✓ Aquifère discontinu des alternances argilo-gréseuses parfois calcaire de l'Oligo Miocène dans la région d'Aghlal.

Le Système d'Information Géographique a joué un rôle déterminant en facilitant l'accès au différentes cartes, il nous a permis une centralisation des informations dans une base de données archivé que nous pourrons utiliser ultérieurement dans d'autres études.



**CHAPITRE III :**  
**Hydrochimie**

### III.1 Introduction :

Le chimisme naturel des eaux souterraines dépend essentiellement de la composition lithologique des milieux traversés et du temps de séjour. Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la plaine d'Ain Témouchent, ont montré une grande variation des concentrations des éléments chimiques.

Cette étude est basée sur l'analyse des échantillons d'eau ; prélevés entre l'année 2013 et 2017 par le laboratoire d'A.D.E d'Ain Témouchent au niveau de 14 point d'eau (puits, forages et sources). La majorité des échantillons d'eau a été prélevée dans la nappe plio-quadernaire et oligo-miocène répartis sur l'ensemble de la zone d'étude (Fig. 27).

L'analyse et l'interprétation des échantillons porte sur :

- les éléments majeurs :

Anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) dissous dans les eaux de la nappe.

- pH, la conductivité, Minéralisation.

#### III.1.1 Contrôle des analyses chimiques par la balance ionique :

Les analyses peuvent être contrôlées par la formule suivante :

$$BI = \frac{|\Sigma r^+ - \Sigma r^-|}{\Sigma r^+ + \Sigma r^-} \times 100$$

- $\Sigma r^+$  : Somme des quantités en réactions des cations.
- $\Sigma r^-$  : Somme des quantités en réactions des anions.
- BI : Balance ionique en %.

Si :

- $BI \leq 2\% \implies$  Très bonne analyse
- $2\% > BI > 5\% \implies$  Analyse acceptable
- $BI > 5\% \implies$  Mauvaise analyse

Le contrôle de la balance ionique des analyses des points d'eaux de la zone d'étude a donné les valeurs suivantes (Tab.10).

Tableau 10: Résultats de la balance ionique des points d'eau de la région d'étude

Points d'eaux	Aquifère capté	$\Sigma$ Cations (méq/l)	$\Sigma$ Anions (méq/l)	BI	Remarque
Forage Sidi Mohamed	Basaltique Plio-quaternaire	13,38901895	12,12763466	4,943376631	Acceptable
Forage Faid El Kitane	Basaltique Plio-quaternaire	63,42814939	60,73131343	2,172074443	Acceptable
Forage Das Kharifi(Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	11,93074693	11,96341042	0,136700729	Bonne Analyse
Forage Saada(Aghlel)	Calcaire Oligo-miocène	15,7474476	15,05130855	2,260283018	Acceptable
Forage Barette (Ain Témouchent)	Basaltique Plio-quaternaire	14,80811483	14,7761131	0,108171598	Bonne Analyse
Forage AT3	Basaltique Plio-quaternaire	12,91276477	11,73934426	4,759919354	Acceptable
Forage Ain Kihel V Bis	Basaltique Plio-quaternaire	24,50078038	24,59154957	0,184894854	Bonne Analyse
Puits coté stade (Ain kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	10,57993311	11,16354069	2,684058609	Acceptable
Puits SDA (Ain Kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	11,31956522	11,15574307	0,728898325	Bonne Analyse
Puits Kibdani (Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	14,85019955	14,5696131	0,95373299	Bonne Analyse
Source Aghlal(Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	11,72447046	9,670206382	9,601753234	Mauvaise
Source Tanesranet (Ain Tolba)	Basaltique Plio-quaternaire	15,07692308	14,26829762	2,755561003	Acceptable
Source Fendrou (Ain Kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	14,82152174	12,63020833	7,982423694	Mauvaise
Source Bendouma (Ain Kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	10,63993868	13,13288544	10,48654019	Mauvaise

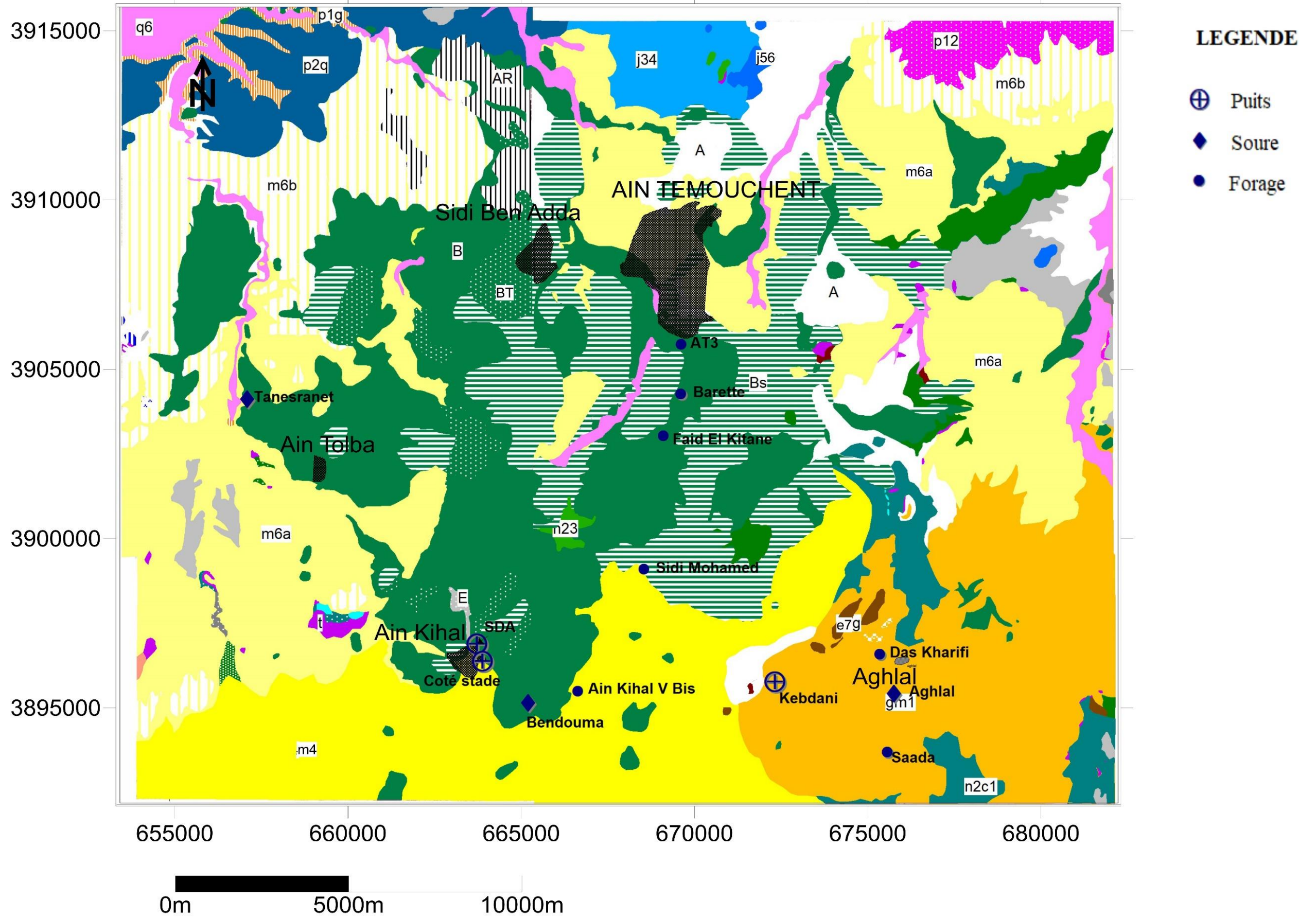


Figure 28 : Localisation des points d’eau du plateau d’Ain Témouchent



Les valeurs montrent que des **14 points** d'eau étudiés, seuls **3 points** ont des valeurs de balances ioniques supérieures à 5 (tab.10).Après vérification de la qualité d'analyses chimique des points d'eau de la zone d'étude, nous avons jugé qu'il était préférable de faire les traitements de données, uniquement en utilisant les paramètres physico-chimiques des **11 points**, ayant des analyses acceptables et bonnes.

### III.1.2 Interprétation des analyses physico-chimiques :

#### III.1.2.1 Caractéristiques physiques :

##### III.1.2.1.1 Température (°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 (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Saoud I., 2014).

Les résultats des mesures de la température des points d'eau de la zone d'étude montrent une valeur entre 23.23°C et 16.2°C.

##### III.1.2.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH) :

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions ( $H^+$ ) ou ( $H_3O^+$ ).Il lié à la nature des terrains traversés. Dans notre secteur d'étude, les valeurs du pH :

**Tableau 11 : Classification des eaux selon le pH (RéFEA., 2000)**

<b>pH &lt; 5</b>	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles	<b>Points d'eaux</b>
<b>5,5 &lt; pH &lt; 8</b>	Majorité des eaux souterraines	/
<b>pH = 7</b>	pH neutre => eau pure	/
<b>7 &lt; pH &lt; 8</b>	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface	<b>F3, F4, F6, F7, P1, P2, P3, S2</b>
<b>pH = 8</b>	Alcalinité forte, évaporation intense	<b>F1, F2, F5</b>

La plupart des points d'eaux souterraines présentent des valeurs de pH allant de 7.01 à 7.8 donc les eaux sont neutres à alcalines (Tab.11).

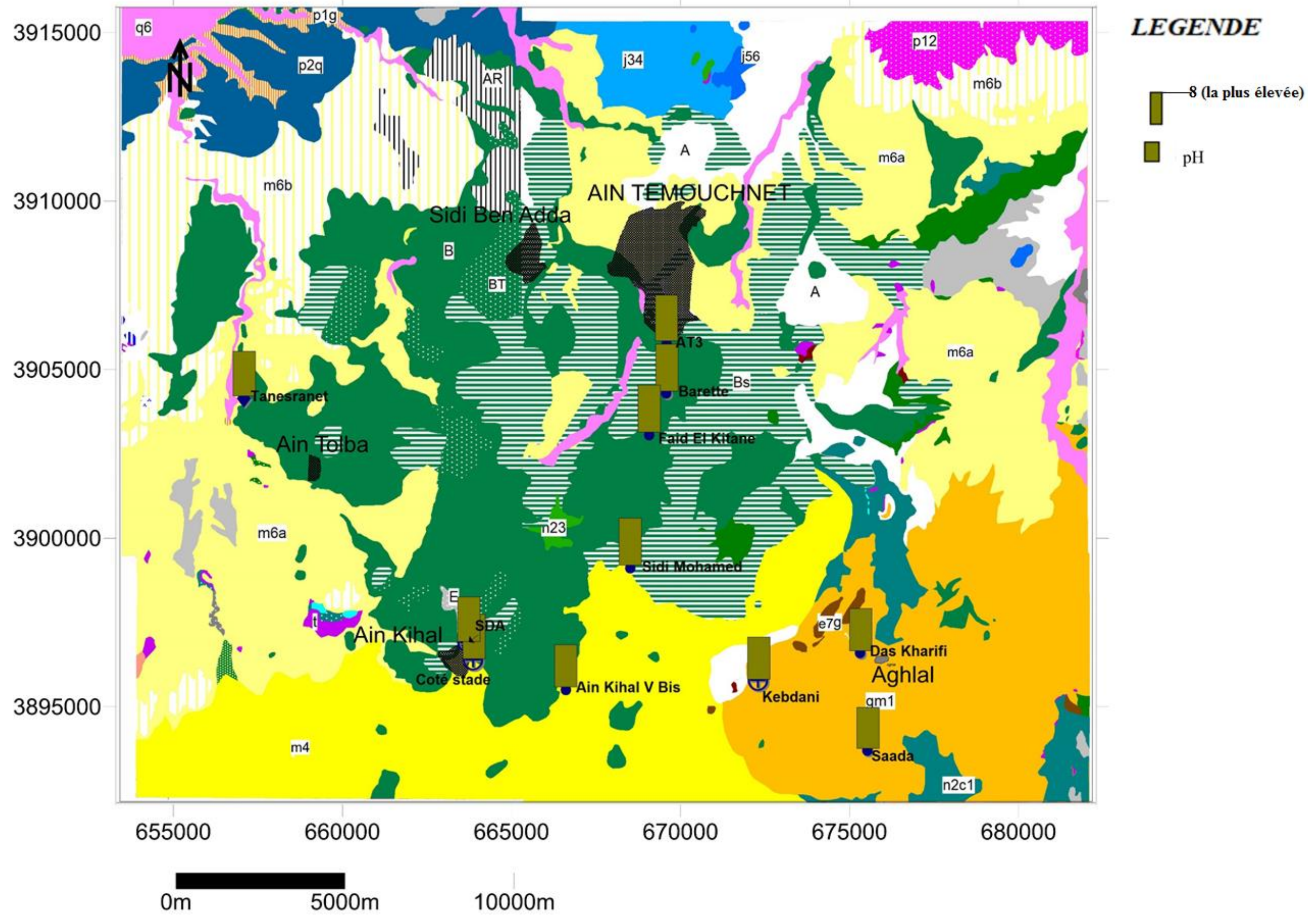


Figure 29 : Répartition spatiale du pH des eaux souterraine du plateau d'Ain Témouchen

**III.1.2.1.3 Conductivité :**

La conductivité qui est l'inverse de la résistivité traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique, la mesure de la conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation totale de l'eau.

**Tableau 12 : Classification des eaux en fonction de la conductivité (Rodier, 2009).**

<b>Conductivité électrique (CE)</b>	<b>Possibilités d'utilisation</b>	<b>Points d'eaux</b>
<b>CE 80 à 100</b>	Eau peu minéralisée	/
<b>CE 300 à 500</b>	Eau moyennement minéralisée	/
<b>CE 1000 à 3000</b>	Eau saline	<b>F1, F3, F4, F5, F6, F7, P1, P2 P3, S2</b>
<b>CE &gt; 3000</b>	Eau de mer	<b>F2</b>

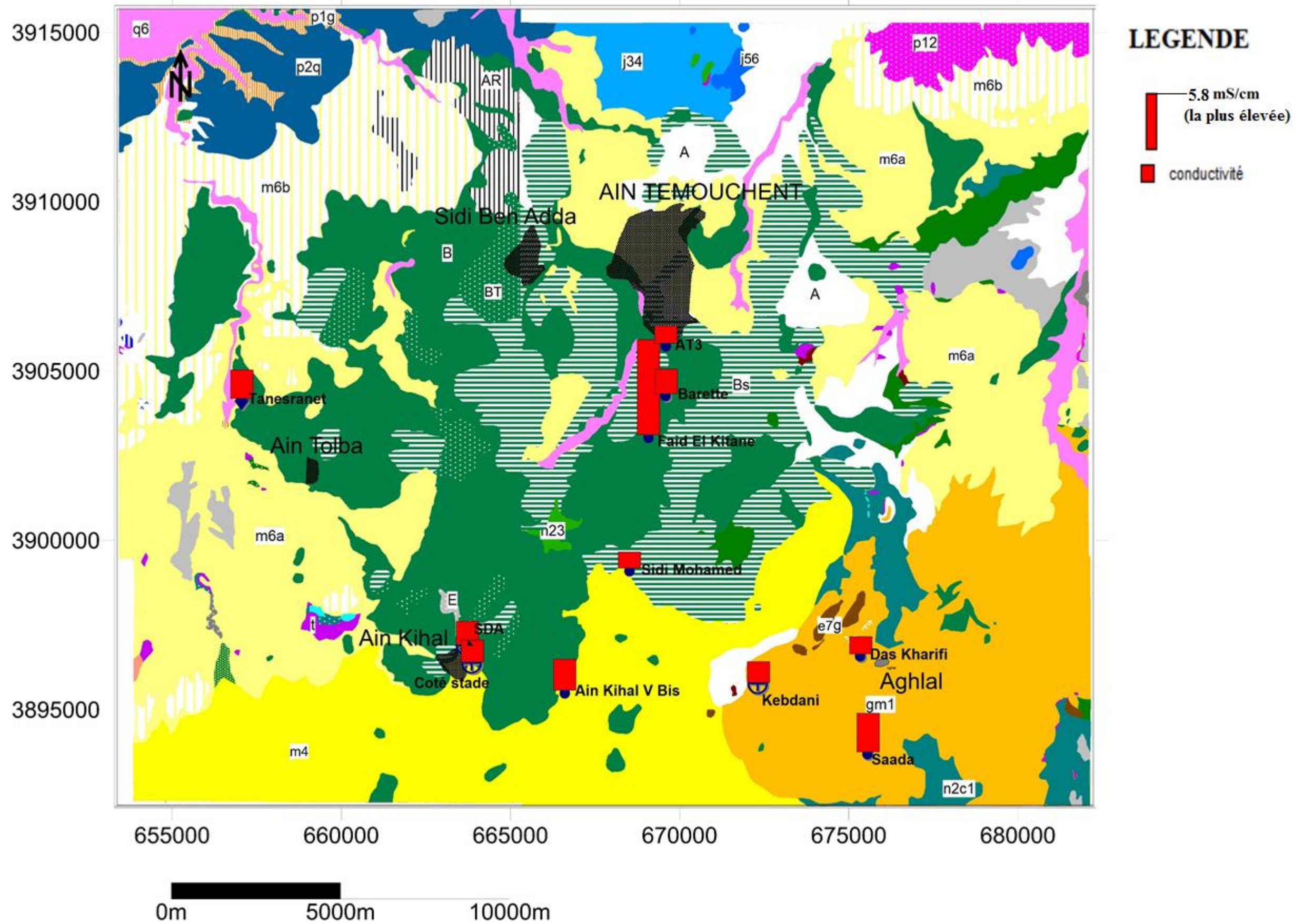


Figure 30 : Répartition spatiale de la conductivité des points d'eau sous MapInfo

Le tableau 12 et la figure 30, représente les variations spatiales de la conductivité électriques, nous remarquons que les zones de fortes conductivités sont essentiellement situées au Sud et Centre du secteur d'étude, et qui classent leurs eaux souterraines dans la catégorie des eaux saline. Sauf la conductivité électrique de la Puit Faid El Kitane est de 5.77mS/cm (5770 $\mu$ S/cm) qui dépassent 3000  $\mu$ S/cm, et qui classent leurs eaux souterraines dans la catégorie des eaux très saline (eau de mer) d'après le tableau 12.

#### III.1.2.1.4 Minéralisation :

La minéralisation en teneur globale des sels minéraux est estimée à partir de la conductivité (tab.13).

Les résultats de calcul de la minéralisation, à partir de la conductivité des échantillons sont consignés sur le tableau 15 ; avec leur classification.

Cette minéralisation correspond à la teneur en sels dissous dans l'eau, elle varie entre 758.544 mg/l et 4376.79888 mg/l. D'après la figure 31 les concentrations de la minéralisation évoluent de la même manière que celle de la conductivité.

**Tableau 13 : Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier, 2009).**

Conductivité ( $\mu$ S/cm).	Minéralisation (mg/L).
Conductivité < 50	1,365079 $\times$ conductivités
50 < conductivité < 166	0.947658 $\times$ conductivités
166 < conductivité < 333	0.769574 $\times$ conductivités
333 < conductivité < 833	0.715920 $\times$ conductivités
833 < conductivité < 10000	0.758544 $\times$ conductivités
Conductivité > 10 000	0.850432 $\times$ conductivités

Tableau 14 : Relation entre la conductivité électrique et la minéralisation (Rodier, 2009).

Conductivité électrique	Minéralisation
Conductivité <100 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation très faible
100 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité <200 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation faible
200 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité <333 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne
333 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité <666 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 $\mu\text{s/cm}$ < Conductivité <1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation important
<b>Conductivité &gt; 1000 <math>\mu\text{s/cm}</math></b>	<b>Minéralisation élevée</b>

Tableau 15 : Résultats du calcul de la minéralisation et leur classification, à partir de la conductivité

Points d'eaux	CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	Minéralisation (mg/l)	Classification
Forage Sidi Mohamed	1000	758,544	Elevée
Forage Faid El Kitane	5770	4376,79888	Elevée
Forage Das Kharifi(Aghlal)	1100	834,3984	Elevée
Forage Saada(Aghlel)	2330	1767,40752	Elevée
Forage Barette (Ain Témouchent)	1490	1130,23056	Elevée
Forage AT3	1100	834,3984	Elevée
Forage Ain Kihel V Bis	1924	1459,438656	Elevée
Puits coté stade (Ain kihel)	1410	1069,54704	Elevée
Puits SDA (Ain Kihel)	1470	1115,05968	Elevée
Puits Kebdani (Aghlal)	1260	955,76544	Elevée
Source Tanesranet (Ain Tolba)	1730	1312,28112	Elevée

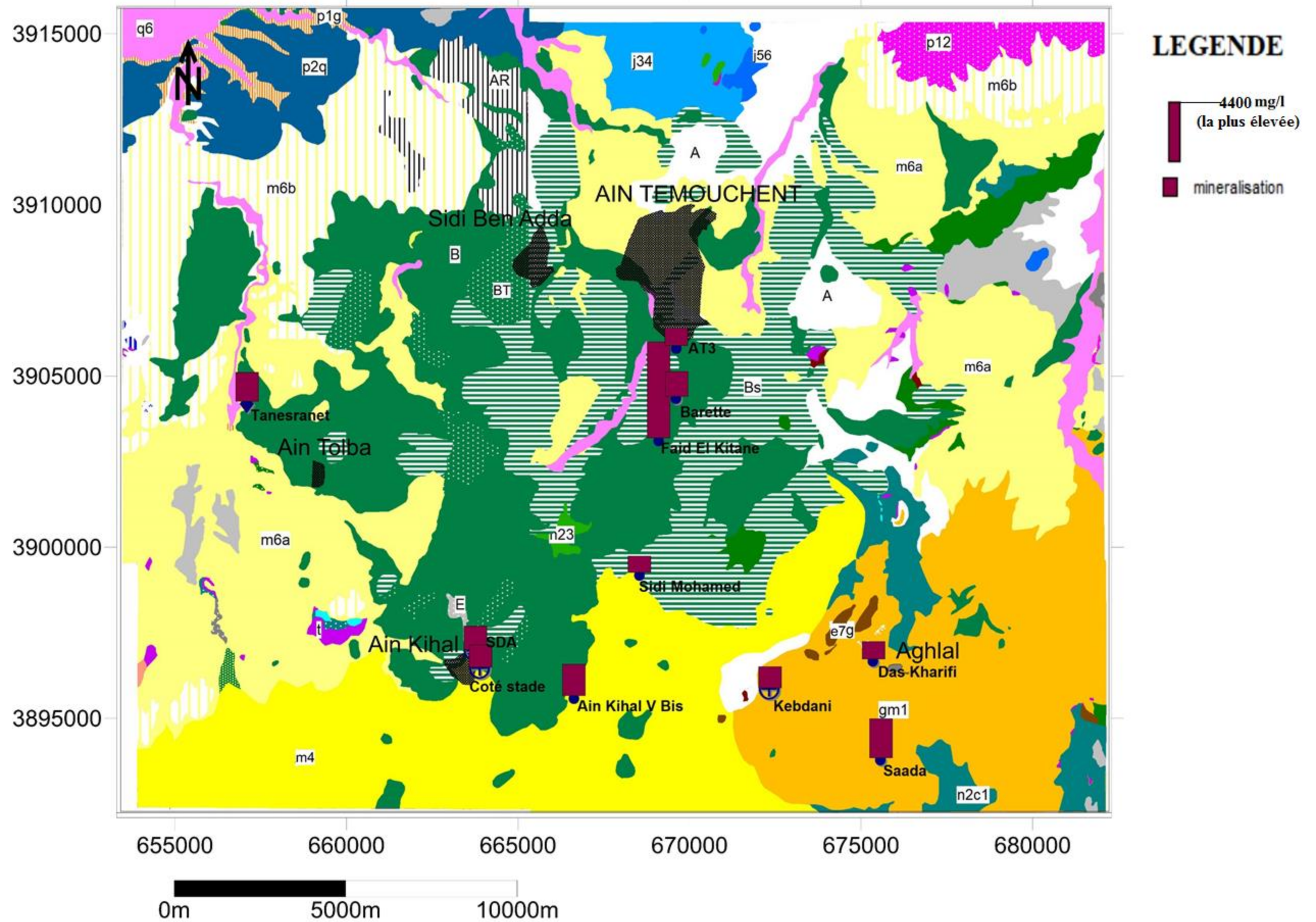


Figure 31 : Répartition spatiale de la minéralisation des points d'eau sous MapInfo

**III.1.2.2 Caractéristiques chimiques :****III.1.2.2.1 Représentation graphique des analyses de l'eau :**

Les représentations graphiques par les diagrammes ont permis de déterminer les principaux faciès chimiques des eaux, dans le secteur d'étude.

**III.1.2.2.1.A Diagramme de STABLER :**

Les faciès hydro-chimiques sont souvent utilisés en hydrogéologie pour d'avoir une idée sur la composition des eaux naturelles. Ils sont limités par le calcul des quantités en réaction, qui sont exprimées par la formule caractéristique ou la formule ionique. De gauche à droite classer par ordre croissant les quantités en réaction des anions ensuite des cations puis basé sur la prédominance de tel ou tel ion. Les principaux faciès hydro-chimiques des différents points d'eau ont été rencontrés à Ain Témouchent.



Tableau 16 : Formule ionique et faciès chimique des points d'eaux de la zone d'étude

Points d'eaux	Aquifère capté	Les cations	Les anions	Les faciès chimiques
Forage Sidi Mohamed	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Sodique
Forage Faïd El Kitane	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$	Chloruré Sodique
Forage Das Kharifi(Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Calcique
Forage Saada(Aghlel)	Calcaire Oligo-miocène	$\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$	Chloruré Magnésien
Forage Barette (Ain Témouchent)	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$	Chloruré Sodique
Forage AT3	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Sodique
Forage Ain Kihel V Bis	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$	Sulfaté Sodique
Puits coté stade (Ain kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Calcique
Puits SDA (Ain Kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Magnésien
Puits Kibdani (Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	$\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Calcique
Source Tanesrane (Ain Tolba)	Basaltique Plio-quaternaire	$\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	Bicarbonaté Magnésien

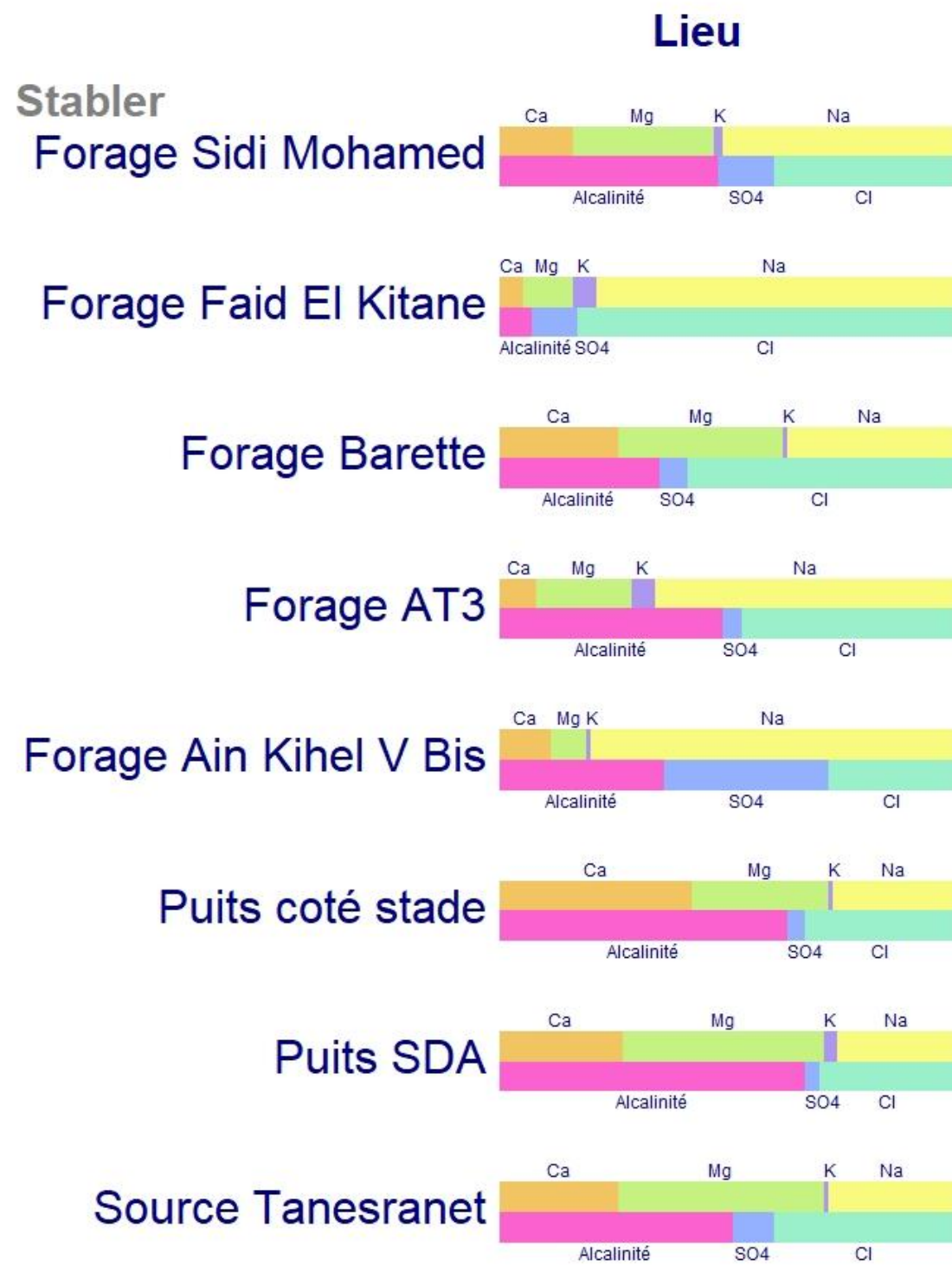


Figure 32 : Représentation des faciès chimiques des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Stabler

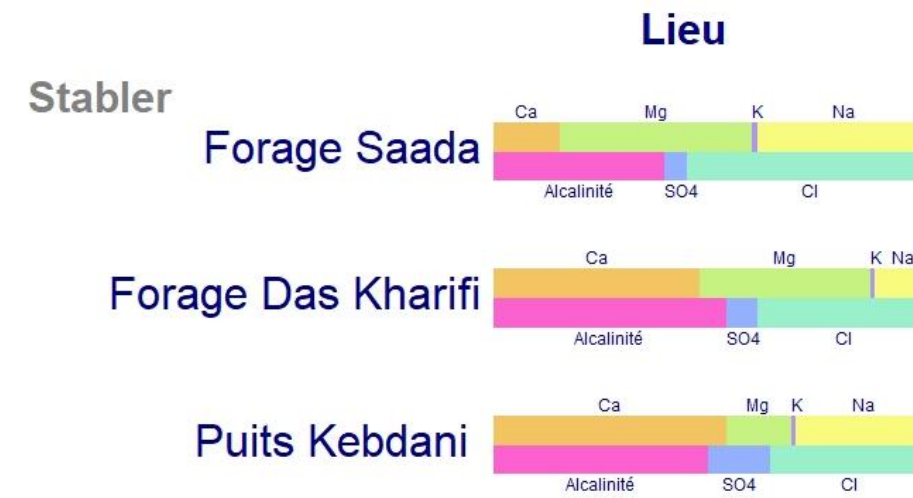


Figure 33 : Représentation des faciès chimiques d'Oligo-Miocène selon le diagramme de Stabler

D'après le diagramme de Stabler (Fig.32, Fig.33) :

Les eaux du Plio-Quaternaire sont classées en cinq familles :

- Bicarbonaté sodique (Forage Sidi Mohamed ; Forage AT3)
- chloruré sodique, (Forage Faïd El Kitane ; Forage Barette(Ain Témouchent))
- Bicarbonaté magnésien, (Puits SDA (Ain Kihel) ; Source Tanesrane (Ain Tolba))
- Bicarbonaté calcique (Puits coté stade (Ain kihel))
- Sulfaté sodique (Forage Ain Kihel V Bis)

Les eaux d'Oligo- Miocène sont classées en deux familles :

- Bicarbonaté Calcique : (Forage Das Kharifi, Puits Kibdani)
- Chloruré Magnésienne : (Forage Saada)

#### **III.1.2.2.1.B Diagramme de STIFF :**

On reporte sur le diagramme de STIFF les quantités en réaction. D'un côté  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et de l'autre côté  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .

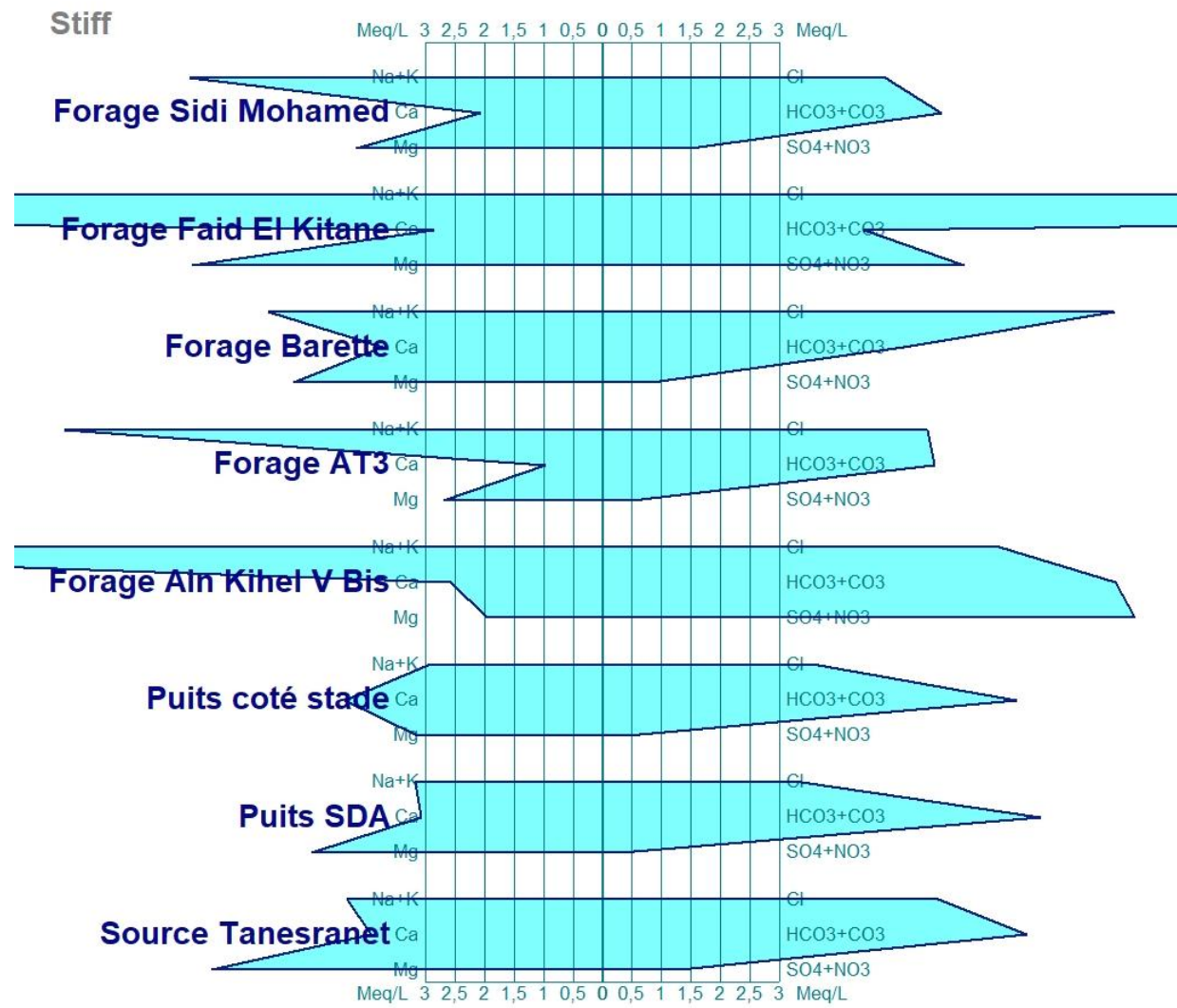


Figure 34 : Représentation des faciès chimiques des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de STIFF

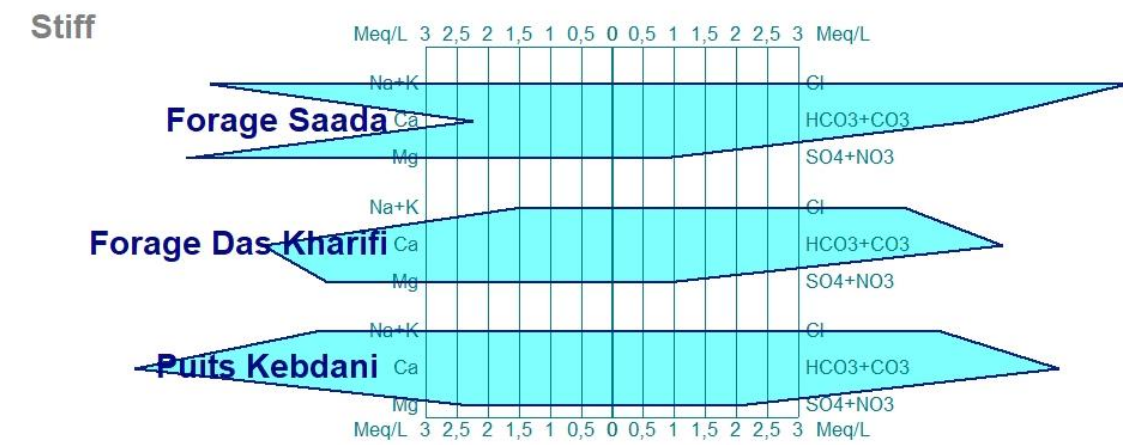


Figure 35 : Représentation des faciès chimiques d'Oligo-Miocène selon le diagramme de STIFF

D'après le diagramme de STIFF (Fig.34, Fig.35) :

Les eaux du Plio-Quaternaire sont classées en cinq familles :

- Bicarbonaté sodique (Forage Sidi Mohamed ; Forage AT3)
- chloruré sodique, (Forage Faïd El Kitane ; Forage Barette(Ain Témouchent))
- Bicarbonaté magnésien, (Puits SDA (Ain Kihel) ; Source Tanesrane (Ain Tolba)
- Bicarbonaté calcique (Puits coté stade (Ain kihel))
- Sulfaté sodique (Forage Ain Kihel V Bis)

Les eaux d'Oligo- Miocène sont classées en deux familles :

- Bicarbonaté Calcique : (Forage Das Kharifi, Puits Kibdani)
- Chloruré Magnésienne : (Forage Saada)

#### **III.1.2.2.1.C Diagramme de PIPER :**

Ce diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles représentés les faciès cationique et les faciès anionique et la synthèse des faciès global, les nuages de points représentent une colonne d'échantillons différents, une combinaison d'éléments positifs et ioniques. Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants.

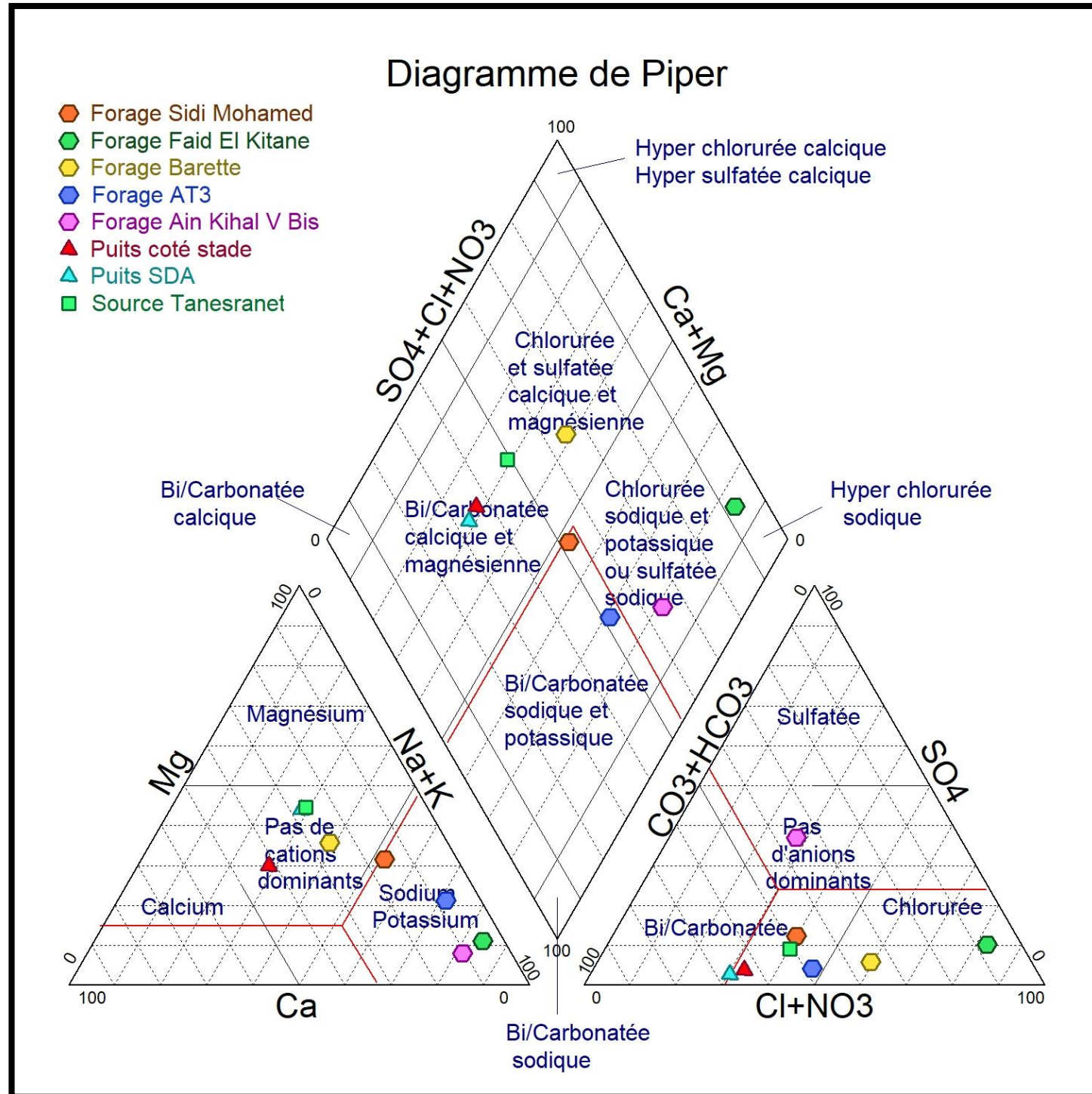


Figure 36 : Classification des eaux des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Piper

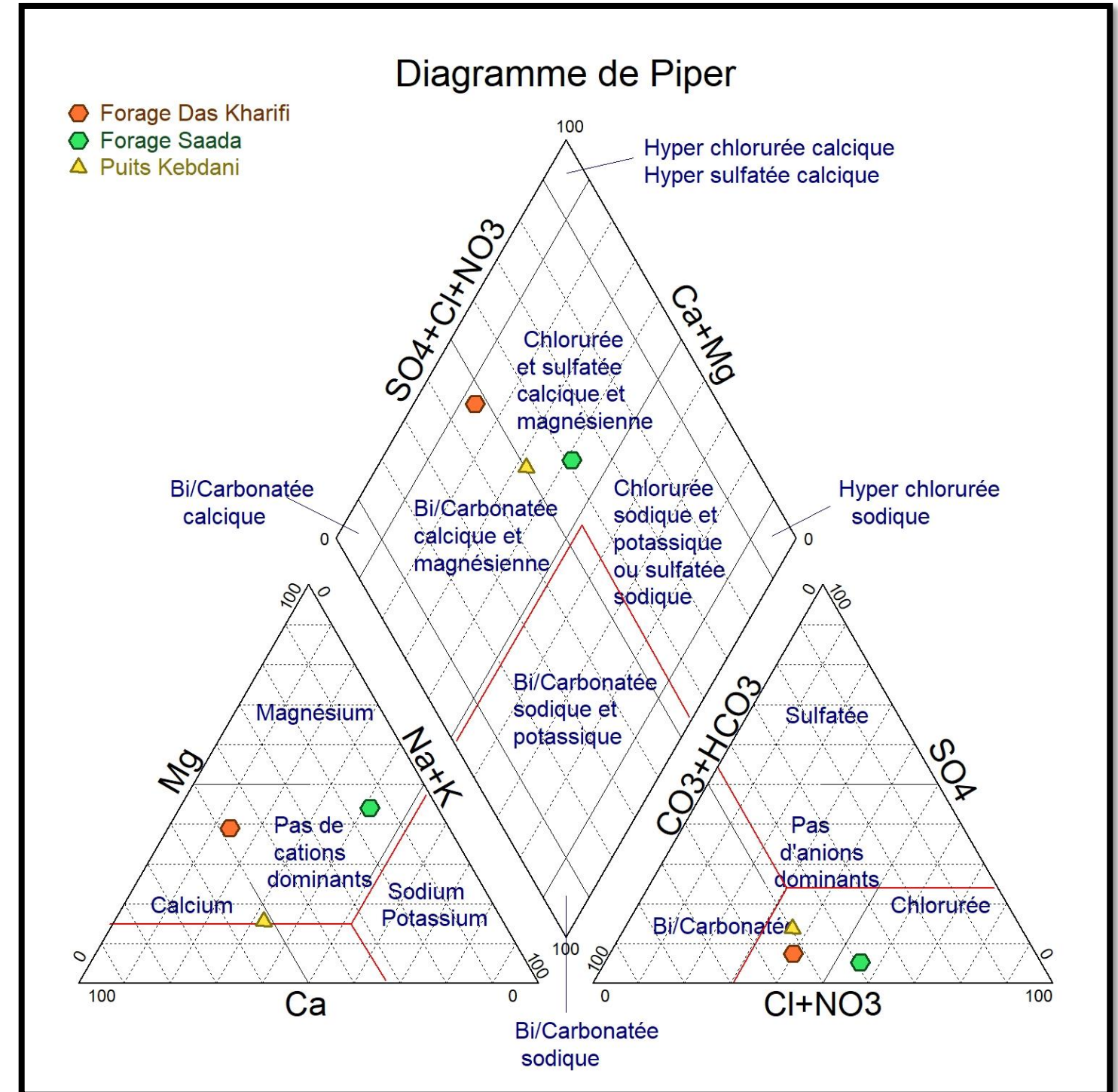


Figure 37 : Classification des eaux d'Oligo-Miocène selon le diagramme de Piper

D'après le diagramme de Piper (Fig.36, Fig.37)

Les eaux de la nappe des basaltes plio-quaternaires sont classées en quatre familles :

Bicarbonaté Calcique et magnésienne (Source Tanesrenet, Puits Coté de stade, Puits de SDA)

Bicarbonaté sodique et potassique (Forage Sidi Mohamed, Forage AT3)

Chlorurée et Sulfaté calcique et magnésienne (Forage Barette)

Chlorurée Sodique et potassique ou Sulfaté Sodique (Forage Faid El Kitane, Forage Ain Kihal V Bis)

Les eaux de la nappe oligo- miocène sont classées en deux familles :

Bicarbonaté Calcique et magnésienne (Forage Das Kharifi, Puits Kibdani)

Chlorurée et Sulfaté calcique et magnésienne (Forage Saada).

#### **III.1.2.2.1.D Diagramme de Schoeller-Berkaloff :**

Le diagramme de Schöeller-Berkaloff permet de représenter le faciès chimique des échantillons d'eau. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée, la concentration de chaque élément chimique est une ligne verticale à l'échelle logarithmique, la ligne brisée est formée en reliant tous les points représentant les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau à minéralisation variable mais égale aux éléments dissous, fournira un ensemble de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

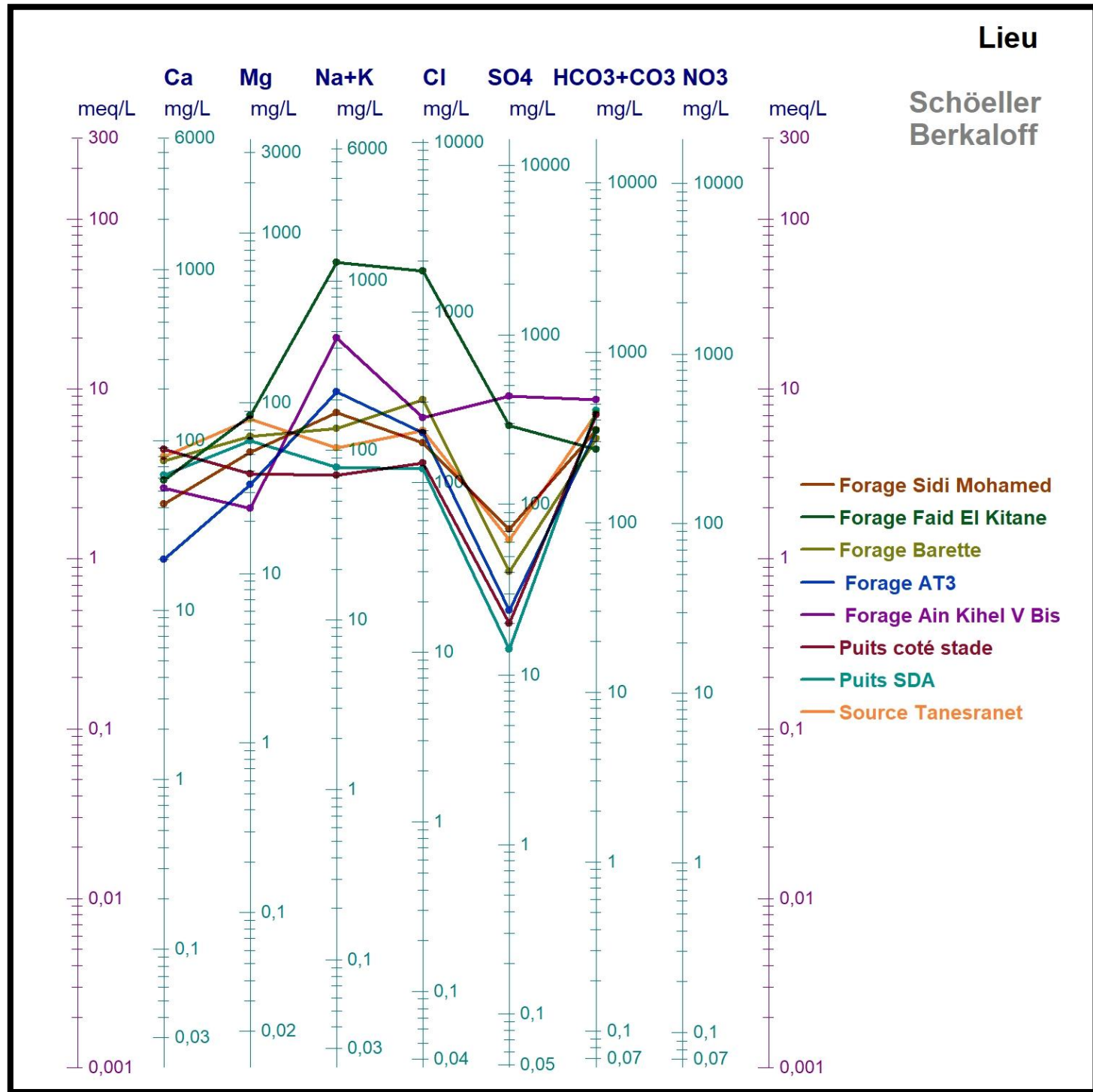


Figure 38 : Classification des eaux des basaltes du Plio-Quaternaire selon le diagramme de Shoeller-Berkaloff

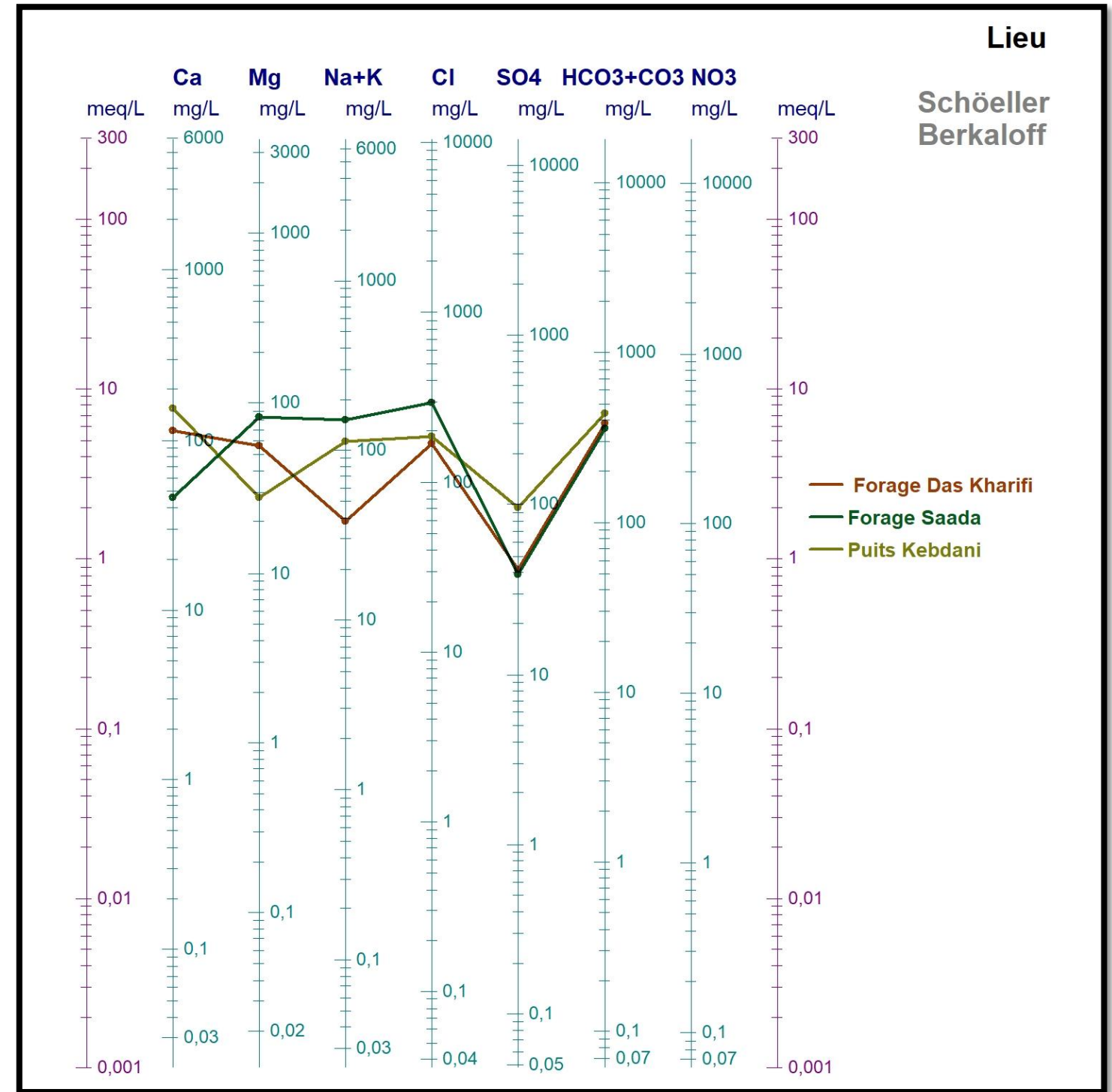


Figure 39 : Classification des eaux d'Oligo-Miocène selon de Shoeller-Berkaloff



D'après le diagramme de Shoeller-Berkaloff (Fig.38, Fig.39) :

Les eaux du Plio-Quaternaire sont classées en cinq familles :

- Bicarbonaté Sodique : (Forage Sidi Mohamed, Forage AT3).
- Bicarbonaté Calcique : (Puits Coté de Stade)
- Bicarbonaté Magnésienne : (Puits SDA, Source Tanesranet)
- Chloruré Sodique : (Forage Faïd El Kitane, Forage Barette)
- Sulfaté Sodique : (Forage Ain Kihel V Bis)

Les eaux d'Oligo- Miocène sont classées en deux familles :

- Bicarbonaté Calcique : (Forage Das Kharifi, Puits Kibdani)
- Chloruré Magnésienne : (Forage Saada)

#### **III.1.2.2.1.E Récapitulatif des classements finals des faciès chimiques des eaux**

Tableau 17 : Tableau récapitulatif des classements

Points d'eaux	Aquifère capté	Stabler	Stiff	Piper	Shoeller-Berkaloff	Résultas
Forage Sidi Mohamed	Basaltique Plio-quaternaire	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique
Forage Faïd El Kitane	Basaltique Plio-quaternaire	Chloruré Sodique	Chloruré Sodique	Chloruré Sodique et potassique	Chloruré Sodique	Chloruré Sodique
Forage Das Kharifi(Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique
Forage Saada(Aghlel)	Calcaire Oligo-miocène	Chloruré Magnésien	Chloruré Magnésien	Chloruré et Sulfaté calcique et Magnésienne	Chloruré Magnésien	Chloruré Magnésien
Forage Barette(Ain Témouchent)	Basaltique Plio-quaternaire	Chloruré Sodique	Chloruré Sodique	Chloruré et Sulfaté calcique et Magnésienne	Chloruré Sodique	Chloruré Sodique
Forage AT3	Basaltique Plio-quaternaire	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique	Bicarbonaté Sodique
Forage Ain Kihel V Bis	Basaltique Plio-quaternaire	Sulfaté Sodique	Sulfaté Sodique	Chloruré Sodique et potassique	Sulfaté Sodique	Sulfaté Sodique
Puits coté stade (Ain kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique
Puits SDA (Ain Kihel)	Basaltique Plio-quaternaire	Bicarbonaté Magnésien	Bicarbonaté Magnésien	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Magnésien	Bicarbonaté Magnésien
Puits Kebdani (Aghlal)	Calcaire Oligo-miocène	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Calcique
Source Tanesrane (Ain Tolba)	Basaltique Plio-quaternaire	Bicarbonaté Magnésien	Bicarbonaté Magnésien	Bicarbonaté Calcique	Bicarbonaté Magnésien	Bicarbonaté Magnésien

### III.1.3 Qualité des eaux souterraines à la consommation humaine.

#### III.1.3.1 Normes de potabilité :

La qualité de l'eau de consommation est appréciée sur la base des normes de potabilité, définies par organisation. Si un des paramètres dépassent largement les normes de potabilité algériennes, les critères spécifiés ne sont pas respectés. L'interprétation des données fournies par l'ANRH, par rapport aux normes algériennes, vis à déterminer les caractéristiques physico-chimique de l'eau destinée à la consommation. **Annexes III**, présente la qualité des eaux, selon les normes algériennes.

#### III.1.3.2 Qualité des eaux d'après les paramètres physico-chimiques

D'après le tableau 17 et la Figure 40, les résultats d'analyses des eaux finale montrent que six faciès hydrochimiques sont dominants dans la région d'étude, le Bicarbonaté sodique et chloruré sodique, Bicarbonaté magnésien, Bicarbonaté calcique au milieu de la zone d'étude et chloruré magnésien, Bicarbonaté calcique, sulfaté sodique dans la partie Sud de la région d'étude.

La majorité des points d'eaux ont des concentrations qui ne dépassent pas le seuil autorisé par les normes algériennes, sauf Forage Faid El Kitane, Forage Ain Kihel V Bis, Forage AT3 qui dépasse les normes. Donc nous avons trois (3) forages qui ne sont pas potables à cause de la concentration élevée en  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$  et  $Cl^-$ .

**Tableau 18 : Qualité des eaux d'après les paramètres chimiques**

	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$K^+$	$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	Etats
<b>Les normes Algériennes de potabilité</b>	<b>75 à 200</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>20</b>	/	<b>200 à 500</b>	<b>200 à 400</b>	/
<b>Forage Sidi Mohamed</b>	42	51	156	10	352	170	72	potable
<b>Forage Faid El Kitane</b>	58	85	1162	114	271	1755	295	Non potable
<b>Forage Das Kharifi(Aghlal)</b>	113.3	56.1	34.7	3.2	383.8	168.1	41.7	potable
<b>Forage Saada(Aghlel)</b>	45.63	83.74	145.6	6.13	356.2	294.2	38.7	potable
<b>Forage Barette (Ain Témouchent)</b>	75.39	64.05	128	5.3	312.32	308.44	40.49	potable
<b>Forage AT3</b>	20	33	196	25	344	196	24	Non potable
<b>Forage Ain Kihel V Bis</b>	52	24	453	8	532	239	434	Non potable
<b>Puits coté stade (Ain kihel)</b>	88	38.4	65	6	429.4	129.8	19.95	potable
<b>Puits SDA (Ain Kihel)</b>	62	60.2	66	13	453.8	119.8	14.09	potable
<b>Puits Kebdani (Aghlal)</b>	154.74	27.84	107	5.5	439.2	187.9	96.05	potable
<b>Source Tanesranet (Ain Tolba)</b>	79.35	81.03	95.91	7.29	439.2	202.08	62.14	potable

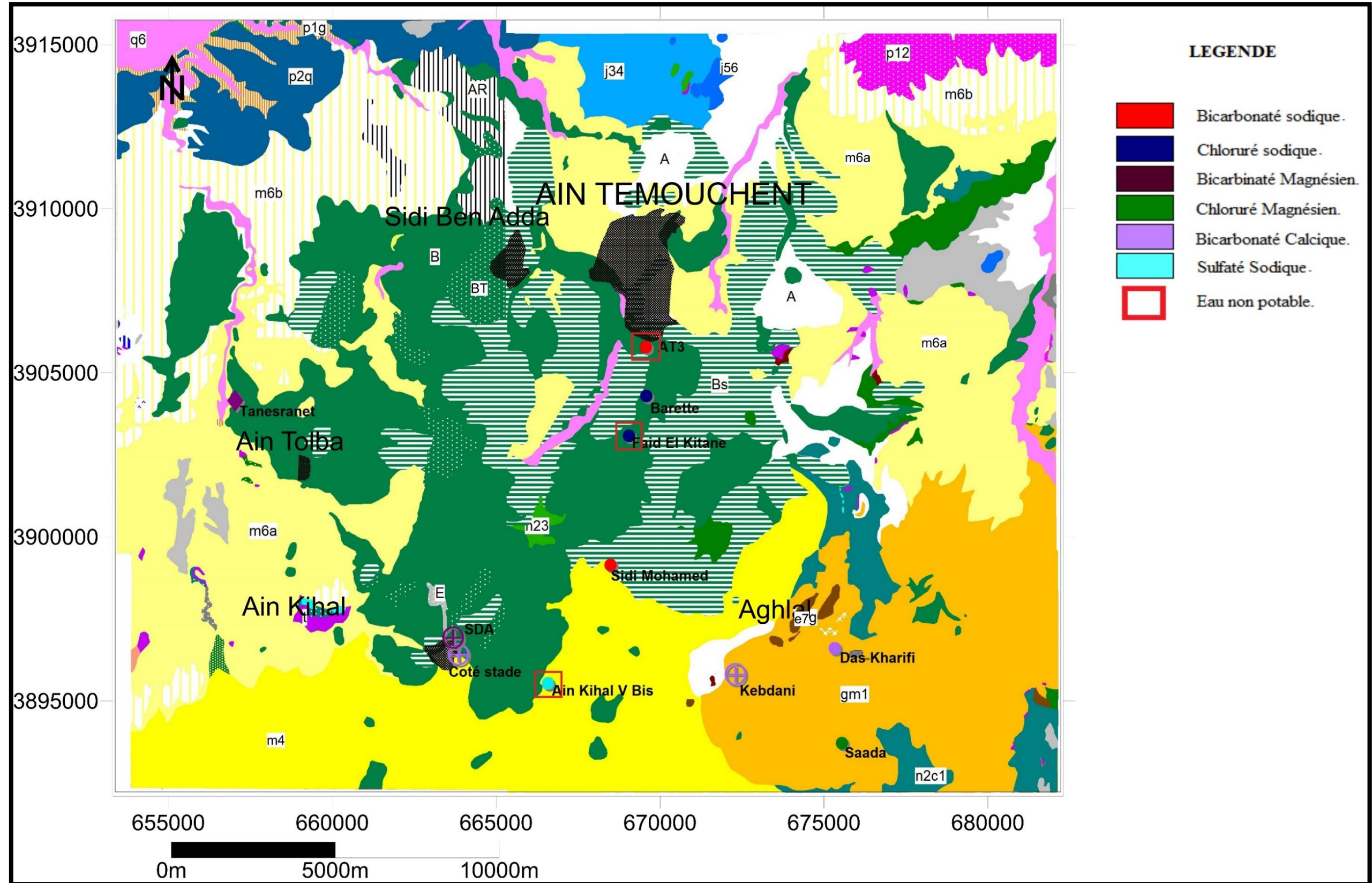


Figure 40 : Carte représent la répartition des faciès chimiques et de la potabilité des points d’eaux de la zone étude.

### III.1.4 Qualité des eaux souterraines à l'irrigation

Les eaux souterraines peuvent être bien utilisées pour la consommation humaine, industrielle ou pour l'irrigation. Les normes d'irrigation dépendent du type de sol, de la végétation, des conditions climatiques et de la qualité chimique de l'eau.

La capacité d'eau utilisée pour l'irrigation peut être évaluée à travers un certain nombre de coefficients, plus ou moins fiable, parmi lesquels :

- Indice de Kelly's Ratio (KR)
- Pourcentage du sodium (Na%)
- Sodium Alkalinity Ratio (SAR)

#### III.1.4.1 Indice de Kelly's Ratio (KR)

L'indice de Kelly's Ratio (KR) est représenté par le rapport des concentrations de  $\text{Na}^+$ . La somme de  $\text{Ca}^{2+}$  et de  $\text{Mg}^{2+}$ . Il constitue une base pour la détermination de l'aptitude des eaux à l'irrigation.

Une grande concentration en  $\text{Na}^+$  dans l'eau d'irrigation est considérée comme inappropriée pour son utilisation, cet indice est donné par la relation suivante :

$$KR = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}$$

- ✓ Si :  $KR < 1$  : l'eau est considérée comme bonne pour l'irrigation.
- ✓ Si :  $KR > 1$  : l'est est mauvaise pour l'irrigation (elle est déconseillée).

Les concentrations de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  sont en méq/L.

Tableau 19 : Classification des eaux de la zone d'étude selon le KR

Points d'eaux	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	KR	Qualité
Forage Sidi Mohamed	2,1	4,25	6,7826087	1,06812735	Mauvaise
Forage Faid El Kitane	2,9	7,08333333	50,5217391	5,06060826	Mauvaise
Forage Das Kharifi(Aghlal)	5,665	4,675	1,50869565	0,14590867	Bonne
Forage Saada(Aghlel)	2,2815	6,97833333	6,33043478	0,68364457	Bonne
Forage Barette (Ain Témouchent)	3,7695	5,3375	5,56521739	0,61109228	Bonne
Forage AT3	1	2,75	8,52173913	2,27246377	Mauvaise
Forage Ain Kihel V Bis	2,6	2	19,6956522	4,28166352	Mauvaise
Puits coté stade (Ain kihel)	4,4	3,2	2,82608696	0,37185355	Bonne
Puits SDA (Ain Kihel)	3,1	5,01666667	2,86956522	0,35353986	Bonne
Puits Kebdani (Aghlal)	7,737	2,32	4,65217391	0,46258068	Bonne
Source Tanesranet (Ain Tolba)	3,9675	6,7525	4,17	0,38899254	Bonne

D'après le tableau 18. Nous remarquons que la plupart des valeurs de KR sont inférieures à 1, qui indique une Bonne qualité d'eau pour l'irrigation sauf Forage Sidi Mohamed, Forage Faid El Kitane, Forage AT3, Forage Ain Kihel V Bis sont supérieures à 1, qui indique une mauvaise qualité, Ceci est dû à la teneur élevée en sodium dans ces points.

#### III.1.4.2 Pourcentage du sodium (Na%)

Il est basé sur la concentration totale des sels dissous et le pourcentage de Sodium par rapport aux autres sels dans l'eau (Wilcox, 1955).

Le %Na<sup>+</sup> calculé par la relation suivante :

$$\%Na^{+} = \frac{Na^{+} + K^{+}}{Na^{+} + K^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 100$$

En prenant en considération le Na%, nous pouvons déduire quatre classes d'eau pour notre région d'étude : la classe 1 (Très Bonne) et la classe 2 (Bonne) ; la classe 3 (Admissible) ; la classe 4 (Mauvaise). La classification de Wilcox est basée sur la conductivité électrique et la teneur en Sodium dans l'eau exprimée en pourcentage.

Le report des valeurs du pourcentage en Sodium en fonction de celles de la conductivité sur le diagramme de Wilcox (Tableau 19) permet de voir une autre classification des eaux souterraines

Concernant leur aptitude à l'irrigation.

Tableau 20 : Classification des eaux d'irrigation selon le %Na

Paramètre	Très Bonne	Bonne	Admissible	Médiocre	Mauvaise
%Na	< 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	> 80

Tableau 21 : Classification des eaux d'irrigation d'Ain Témouchent selon le Na%

Points d'eaux	CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	Na%	Remarque
<b>Forage Sidi Mohamed</b>	1000	52,5730748	Admissible
<b>Forage Faid El Kitane</b>	5770	84,2604058	<b>Mauvaise</b>
<b>Forage Das Kharifi(Aghlal)</b>	1100	13,3331714	Très Bonne
<b>Forage Saada(Aghlel)</b>	2330	41,1978781	Admissible
<b>Forage Barette (Ain Témouchent)</b>	1490	38,4999366	Bonne
<b>Forage AT3</b>	1100	70,9589692	Médiocre
<b>Forage Ain Kihel V Bis</b>	1924	81,2250878	<b>Mauvaise</b>
<b>Puits coté stade (Ain kihel)</b>	1410	28,1658975	Bonne
<b>Puits SDA (Ain Kihel)</b>	1470	28,2952436	Bonne
<b>Puits Kebdani (Aghlal)</b>	1260	32,2770043	Bonne
<b>Source Tanesranet (Ain Tolba)</b>	1730	28,8979592	Bonne

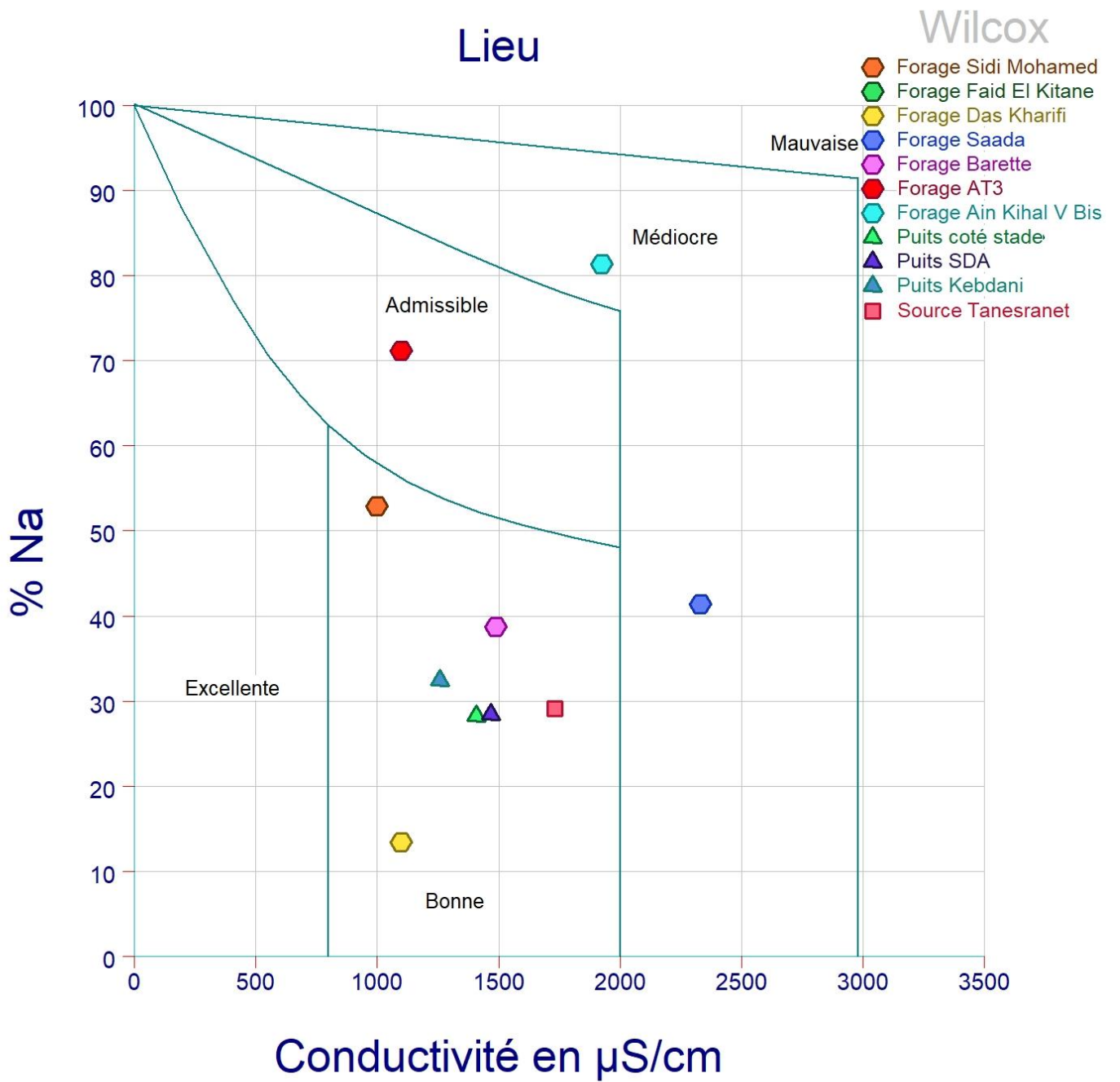


Figure 41 : Diagramme de Riverside/Wilcox



Le diagramme couvrant tout la période d'observation, montre que les eaux souterraines de la région d'étude, appartiennent aux quatre classes. D'après la figure 41, nous pouvons classer les eaux comme suit :

- La classe Bonne : Cette classe regroupe le plus grand nombre de point d'eau : Forage Sidi Mohamed, Forage Barette, Forage Das Kharifi, Puits coté stade, Puits SDA, Puits Kibdani, Source Tanesranet, elle représente des eaux faiblement minéralisées au Centre et au Sud-Est de la région d'étude
- La classe Admissible est représentée par le Forage AT3
- La classe Médiocre est représentée par les Forage Saada, Forage Ain Kihel V Bis, elle représente des eaux plus minéralisées que celle des classes précédentes.
- La classe Mauvaise est représentée par les Forage Faid El Kitane ce dernier ne figure pas sur diagramme. Par remise nous les recueillons, en classe Mauvaise.

#### III.1.4.3 Sodium Alcalinity Ratio (SAR)

Les sols à grandes concentrations en  $\text{Na}^+$  (en solution) sont connus pour avoir une mauvaise structure physique. La toxicité en  $\text{Na}^+$  a lieu avec l'accumulation du Sodium dans les tissus des plantes. Une augmentation du SAR des eaux d'irrigation augmente celle des solutions du sol et de ce fait le sodium échangeable du sol (Ali B.Y. et Chouaki A.R., 2013).

Le SAR peut être déterminé par l'équation suivante :

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

- $SAR < 10 \Rightarrow$  Eaux Excellentes. (Eaux utilisées avec peu de danger d'alcalinisation des sols).
- $10 \leq SAR \leq 18 \Rightarrow$  Eaux Bonnes. (Eaux utilisées avec un danger appréciable d'alcalinisations).
- $18 \leq SAR \leq 26 \Rightarrow$  Eaux Convenable. (Eaux pouvant provoquer un danger d'alcalinisation).
- $SAR > 26 \Rightarrow$  Eaux Médiocres. (Eaux présentant un danger d'alcalinisation très fort).

**Tableau 22 : Valeurs du S.A.R et de la conductivité pour les points d'eau de la zone d'étude**

<b>Points d'eaux</b>	<b>Ce (<math>\mu\text{s/cm}</math>)</b>	<b>SAR</b>	<b>Remarque</b>
<b>Forage Sidi Mohamed</b>	1000	3,8064918	Excellent
<b>Forage Faid El Kitane</b>	5770	22,612861	Convenable
<b>Forage Das Kharifi (Aghlal)</b>	1100	0,6635236	Excellent
<b>Forage Saada (Aghlel)</b>	2330	2,942029	Excellent
<b>Forage Barette (Ain Témouchent)</b>	1490	2,6080113	Excellent
<b>Forage AT3</b>	1100	6,2233983	Excellent
<b>Forage Ain Kihel V Bis</b>	1924	12,986928	Bonne
<b>Puits coté stade (Ain kihel)</b>	1410	1,449752	Excellent
<b>Puits SDA (Ain Kihel)</b>	1470	1,4244337	Excellent
<b>Puits Kibdani (Aghlal)</b>	1260	2,0746112	Excellent
<b>Source Tanesranet (Ain Tolba)</b>	1730	1,8011657	Excellent

D'après la classification ci-dessus, le tableau 21, montre que tous les points d'eau ont des valeurs de SAR inférieure à 10, qualifiant leurs eaux d'excellentes. Sauf Forage Faid El Kitane qualifiant l'eau convenable. Nous reportons les valeurs calculées du S.A.R en fonction de celles de la conductivité sur le diagramme de classification des eaux d'irrigation qui comporte des classes de différentes qualités d'eau.

**Tableau 23 : Classification des eaux d'irrigation, d'après Servant.J, 1975,  
(U.S Salinity L.A.B.).**

	Qualité	Classe	Description
1	Excellente	C1- S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes aux sels, sur sols ayant une bonne perméabilité. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles au sodium et aux sols à forte capacité d'échange d'ions (sols argileux)
3	Admissible	C3-S1	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. Principaux problèmes dus aux plantes trop sensibles au sodium et aux sols à faible perméabilité
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation, mais pouvant être utilisée sous certaines conditions : sols très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

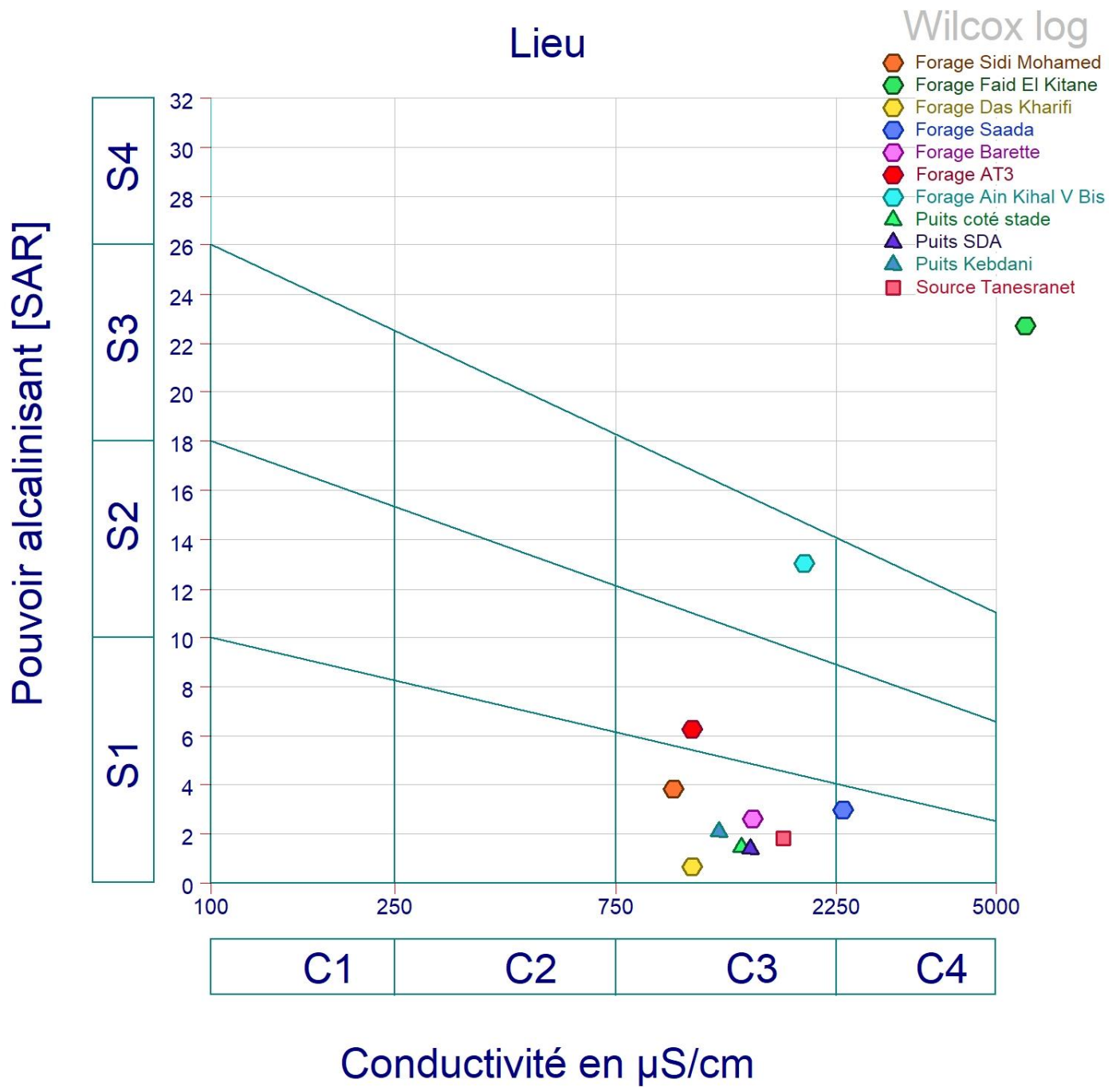


Figure 42 : Diagramme de Riverside

D'après le tableau 22 et la figure 42, la plus part des points d'eau concerne la classe C3-S1 de qualité admissible et qui regroupe les points d'eaux suivant : Forage Sidi Mohamed, Forage Das Kharifi, Forage Barette, Puits coté stade, Puits SDA, Puits Kebdani, Source Tanesranet, avec une tendance vers les classes (C3-S2), (C4-S1), (C3-S3) qui est de qualité Médiocre, Sauf un point d'eau représente Mauvaise qualité (Forage Faid El Kitane).

### III.2 Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les eaux de la nappe sont caractérisées par :

- Une température allant une valeur maximale de 23.23°C et minimale de 16.2°C
- Un pH entre 7.01 et 7.56 dans l'intervalle des normes algériennes.
- Une conductivité allant entre 1,1mS/cm (1100µS/cm) et 2.33 mS/cm (2330µS/cm), qui répond à la norme fixée à 2800 µS/cm.
- Une forte minéralisation, allant jusqu'à 4376.80µS/cm.
- Les eaux des points d'eaux présentes des teneurs acceptables en tous les paramètres analysée, et qui ne dépassent pas largement les normes de potabilité algériennes. Cela présente un réel pas de danger pour la santé de la population de la région.
- Les eaux des deux nappes sont réparties en six faciès chimiques :
  1. Bicarbonaté sodique
  2. Chloruré sodique,
  3. Bicarbonaté magnésien,
  4. Bicarbonaté calcique,
  5. Chloruré magnésien,
  6. Sulfaté sodique,
- Pour l'usage agricole, et d'après les indices calculés (KR, Na% et S.A.R) et les diagrammes réalisés (diagrammes de Richards et de Wilcox), les points d'eau de la région d'étude sont classés dans les catégories admissibles, médiocre, à mauvaise pour l'irrigation. Cette contradiction entre deux méthodes S.A.R et Riverside semble nous laisser croire que l'eau analysée n'est pas de la même source, les contractions suggèrent qu'il existe un mélange des eaux entre les aquifères.

# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

Le plateau d'Ain Témouchent présente une ressource en eau souterraine assez importante, très utilisée par l'agriculture. L'exploitation des données et l'utilisation d'un certain nombre de méthodes et d'outils nous a permis de conclure :

L'étude climatologique a montré que le climat de la zone d'étude est méditerranéen humide avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec.

D'après la carte géologique de la région on distingue trois types de formation :

- Des formations basaltiques avec des cendres volcaniques d'âge Plio-quaternaire.
- Des formations sédimentaires constituées de marnes et grès du Miocène..
- Des formations sédimentaires constituées de marnes et calcaires gréseux d'Oligo-miocène.

La cartographie hydrogéologique du plateau d'Ain Témouchent nous a permis de constater une relation hydrique entre les différents niveaux aquifères. Malheureusement, le manque de données de forages nous a empêché de présenter l'écoulement souterrain dans les basaltes plio-quaternaires.

L'analyse des paramètres physico-chimiques des quelques points d'eau du plateau a montré que les eaux sont potable (d'après les normes algériennes de potabilité). Les eaux sont d'une manière générale Bicarbonatés Calciques, Bicarbonatés Magnésiens à Sodiques, Chlorurés Sodique. Du point de vue irrigation, le diagramme de Riverside et les indices calculés (KR, Na%, SAR) ont montré différentes classes d'utilisation. La majorité des eaux de la plaine sont des eaux médiocres à admissibles, pour l'irrigation.

Le système d'information géographique a joué un rôle déterminant en facilitant l'accès aux différentes cartes, il nous a permis une centralisation des informations dans une base de données archivé que nous pourrons utiliser ultérieurement dans d'autres études.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**



## Bibliographie

**ABOUBAKAR M. (2012)**- Caractérisation d'un système aquifère volcanique par approche couplée hydrogéochimique et modélisation numérique. Exemple de l'aquifère des basaltes de Dalha, sud-ouest de la République de Djibouti. *Thèse de l'Université de Poitiers*.

**ALI BELHADJ.Y, CHOUAKI.A (2013)**- Application de quelques traitements statistiques aux données hydrochimiques des eaux de la nappe alluviale de la plaine de Maghnia (NW Algerien). Mém. Ing. Etat, univ. Tlemcen, 54p.

**ATMANI.S(1999)**- Etude hydrogéologique de l'aquifère des basaltes (Massif volcanique d'Ain Témouchent). Mém. Ing. Etat, univ. Oran, 95. 97. 103. 104. 106. 110p.

**BOUADL.N, BELAHDI.M(2013)**- Application du SIG pour la cartographie des paramètres hydrodynamiques et hydrochimiques de la nappe alluviale de Sidi Bel Abbas. Mém. Ing. Etat, univ. Tlemcen, 27p.

**BEAUDEMOULIN.W, CHESNE.M (2014)**- Système d'information géographique et politique foncière. Conférence à Beauvais- France.

**CHEMOURI.K(2013)**- Contribution à l'évaluation du risque sismique de la Wilaya d'Ain Témouchent. Mém. Master, univ. Tlemcen, pp.06-10.

**Carte hydrogéologique de Ghazaouet à 1/200 000 (ANRH)**

**DERFOUF.F(2015)**- Contribution à l'élaboration d'une géodatabase du réseau hydrographique cas/ la région d'Ain Témouchent. Mém. Master, univ. Ain Témouchent, 6.9. 11p.

**GUARDIA P. (1975)**- Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre le Rif externe, le Tell et l'avant-pays atlasique. Thèse de l'université de Nice.

**HALLOUCHE. B(1986)**- Contribution à l'étude hydrogéologique de la partie occidentale du bassin versant de l'Oued El Malah (W. Ain Témouchent) ». Projet d'ingénieur d'état.

## Bibliographie

**KADDOR.N(2017)**-Caractérisation, classification, et statistique multi variable des eaux du bassin versant de l'Oued El Malah (NW Algerien).Mém.Master, univ.Tlemcen, Tab66, 41.43.52.59p.

**POIDEVIN Didier**, « La carte, moyen d'action. Conception - Réalisation », Ellipses éditions, année 1999. ISBN : 2-7298-6808-9.

**RAHAL.F(2015)**-Les systèmes d'information géographique appliqués à l'Architecture et à l'Urbanisme sous le logiciel MapInfo.Mém.Master, univ. Oran, 14.44p.

**RENAL Paul TATSO(2011)**- Intégration d'un observatoire urbain sur Google Maps ». Mém.master ,univ. DOUALA –CAMEROUN.

**SAOUD.I(2014)**- Contribution à l'étude hydrochimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa).Mém.Master, univ.Ouargla, 21p.

**TABELIOUNA M. (1997)**- Etude dynamique, pétrographique et géochimique des laves basaltiques, plio-quaternaires, de massif d'Ain Témouchent.(Oranie occidentale-Algérie).Thèse.magister,univ.Alger.

**ZEROUAL.K(2005)**-Etude et réalisation d'un système d'information géographique pour le réseau d'assainissement de la ville de Thies.Mém.Ing.conception,univ.Dakar ,39p.

### **ABREVIATIONS**

- ❖ Direction des ressources en eau de la willaya d'Ain-Témouchent(DRE).
- ❖ Algérien des eaux de la willaya d'Ain-Témouchent(ADE).
- ❖ Nationale eau et environnement(NEE).
- ❖ Hydro projet ouest (HPO d'Oran).

# **ANNEXES**

## Annexes

### Annexe I : Hauteurs des précipitations mensuelles de la région d'Ain Témouchent (1979/2017)

Année/mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Ju	Jui	Août
79/80	27,8	59,1	39,4	138,0	46,1	31,5	92,6	16,1	20,1	0,0	0,0	0,3
80/81	24,3	44,5	24,7	122,0	34,4	44,7	34,4	90,3	15,5	63,0	0,0	1,7
81/82	9,7	2,6	0,0	23,7	23,3	76,8	3,9	54,7	80,6	2,1	2,0	1,6
82/83	4,9	50,7	91,0	65,0	0,0	58,2	25,7	5,2	6,6	0,0	0,0	1,9
83/84	0,0	0,0	17,4	71,4	41,3	51,6	45,7	2,6	78,7	0,5	0,0	0,0
84/85	7,1	6,7	270,8	38,0	37,8	22,3	61,4	59,4	44,4	0,7	0,0	0,0
85/86	0,3	0,7	81,3	43,5	75,2	109,9	57,1	48,1	5,4	1,9	0,0	1,7
86/87	38,5	51,9	57,4	33,6	43,4	97,8	1,1	0,4	9,5	1,0	16,6	0,8
87/88	37,0	17,4	60,1	5,6	129,5	12,7	8,5	31,5	44,5	15,9	0,0	0,0
88/89	16,4	1,7	37,7	8,8	33,0	19,1	156,1	57,7	9,2	0,3	0,0	3,5
89/90	12,8	1,7	11,4	30,0	150,3	2,5	31,7	96,8	32,4	0,4	0,0	0,0
90/91	10,5	7,8	77,0	52,5	70,3	58,4	164,1	5,0	5,1	0,0	0,0	1,0
91/92	8,0	56,8	58,9	16,6	35,7	22,7	82,8	14,9	77,9	47,3	0,0	5,5
92/93	1,3	12,7	30,7	17,5	5,3	73,6	53,0	53,6	48,5	3,8	1,5	0,3
93/94	6,3	20,5	77,3	5,3	67,0	46,7	5,6	26,9	6,7	0,5	0,3	2,8
94/95	22,7	29,1	24,3	8,5	33,8	21,1	32,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
95/96	9,2	10,6	26,0	49,6	57,3	86,9	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
96/97	0,0	11,6	25,2	62,4	117,2	0,0	0,0	52,5	10,1	1,5	1,0	7,3
97/98	36,6	8,1	89,6	42,7	20,2	37,4	30,3	40,9	29,9	1,1	0,5	0,0
98/99	2,5	9,1	33,7	5,7	130,9	58,6	58,2	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
99/00	17,2	30,2	102,7	62,1	0,0	0,0	4,4	35,2	47,8	0,0	0,0	0,0
00/01	60,3	117,4	61,7	32,6	110,7	72,6	3,6	3,3	15,5	0,0	0,0	0,0
01/02	21,3	17,6	81,1	40,7	1,1	6,7	24,1	70,7	41,7	1,5	0,0	19,1
02/03	0,5	24,5	146,5	8,0	87,6	110,0	31,5	26,0	19,5	2,2	0,0	0,0
03/04	0,0	25,7	60,1	95,4	46,7	16,6	30,1	27,2	55,2	14,7	0,0	9,1
04/05	0,0	50,6	53,5	76,9	20,0	46,9	43,8	22,3	0,3	0,0	0,0	0,0
05/06	8,5	27,1	75,9	39,4	52,7	96,6	11,8	22,2	42,7	0,5	0,0	0,5
06/07	12,5	4,6	8,8	92,6	22,9	43,1	122,4	64,9	1,6	0,0	0,0	0,0
07/08	21,8	147,4	53,9	12,7	22,8	31,5	22,5	13,1	28,4	0,0	0,0	0,0
08/09	25,3	94,9	88,3	161,6	140,0	23,4	32,5	41,4	8,0	0,0	0,0	0,0
09/10	62,5	0,7	26,1	71,3	108,4	59,0	75,1	22,4	7,8	15,6	0,0	8,0
10/11	6,6	84,0	60,6	25,3	50,5	60,3	29,9	99,3	33,2	7,0	0,0	0,0
11/12	15,4	48,0	169,6	31,9	36,9	24,6	27,8	43,0	2,4	0,0	0,0	0,0
12/13	17,2	46,9	212,9	37,4	134,0	68,8	69,6	93,0	34,2	0,0	0,0	0,0
13/14	88,0	30,8	112,2	120,8	106,2	38,2	39,9	5,6	17,2	15,4	0,0	0,7
14/15	54,1	12,3	86,1	98,1	111,9	73,6	32,4	4,7	37,6	0,0	0,0	0,0
15/16	1,7	26,4	35,0	0,0	26,1	68,4	91,1	41,8	24,2	0,0	0,0	1,4
16/17	3,3	25,0	57,5	129,7	206,3	13,8	19,9	2,3	2,9	0,0	0,0	3,1

## Annexes

### Annexe II : les résultats des analyses chimiques des points d'eaux

Points d'eaux	Coordonnées Lambert		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Na <sup>+</sup>		K <sup>+</sup>		∑ Cations	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		∑ Anions
	X (UTM)	Y (UTM)	mg/l	méq/l	mg/l	méq/l	mg/l	méq/l	mg/l	méq/l	(méq/l)	mg/l	méq/l	mg/l	méq/l	mg/l	méq/l	(méq/l)
<b>Forage Sidi Mohamed</b>	668787,8	3899455	42,00	2,10	51,00	4,25	156,00	6,78	10,00	0,26	13,39	352,00	5,77	170,00	4,86	72,00	1,50	12,13
<b>Forage Faid El Kitane</b>	669122	3903181,6	58,00	2,90	85,00	7,08	1162,00	50,52	114,00	2,92	63,43	271,00	4,44	1755,00	50,14	295,00	6,15	60,73
<b>Forage Das Kharifi (Aghlal)</b>	675517	3897454,9	113,30	5,67	56,10	4,68	34,70	1,51	3,20	0,08	11,93	383,80	6,29	168,10	4,80	41,70	0,87	11,96
<b>Forage Saada (Aghlel)</b>	675877,1	3894751,6	45,63	2,28	83,74	6,98	145,60	6,33	6,13	0,16	15,75	356,20	5,84	294,20	8,41	38,70	0,81	15,05
<b>Forage Barette (Ain Témouchent)</b>	669557,2	3904353,2	75,39	3,77	64,05	5,34	128,00	5,57	5,30	0,14	14,81	312,32	5,12	308,44	8,81	40,49	0,84	14,78
<b>Forage AT3</b>	669473,1	3905757	20,00	1,00	33,00	2,75	196,00	8,52	25,00	0,64	12,91	344,00	5,64	196,00	5,60	24,00	0,50	11,74
<b>Forage Ain Kihel V Bis</b>	667138,1	389595,5	52,00	2,60	24,00	2,00	453,00	19,70	8,00	0,21	24,50	532,00	8,72	239,00	6,83	434,00	9,04	24,59
<b>Puits coté stade (Ain Kihel)</b>	664470,2	389677,8	88,00	4,40	38,40	3,20	65,00	2,83	6,00	0,15	10,58	429,40	7,04	129,80	3,71	19,95	0,42	11,16
<b>Puits SDA (Ain Kihel)</b>	664290,1	3897055,2	62,00	3,10	60,20	5,02	66,00	2,87	13,00	0,33	11,32	453,80	7,44	119,80	3,42	14,09	0,29	11,16
<b>Puits Kebdani (Aghlel)</b>	672644	3896488,2	154,74	7,74	27,84	2,32	107,00	4,65	5,50	0,14	14,85	439,20	7,20	187,90	5,37	96,05	2,00	14,57
<b>Source Aghlal (Aghlel)</b>	675959,37	3896387,5	134,00	6,70	36,20	3,02	45,00	1,96	2,00	0,05	11,72	370,80	6,08	109,80	3,14	21,81	0,45	9,67
<b>Source Tanesranet (Ain Tolba)</b>	657482,66	3903519,9	79,35	3,97	81,03	6,75	95,91	4,17	7,29	0,19	15,08	439,20	7,20	202,08	5,77	62,14	1,29	14,27
<b>Source Fendrou (Ain Kihel)</b>	/	/	61,50	3,08	80,40	6,70	111,70	4,86	7,41	0,19	14,82	219,60	3,60	273,70	7,82	58,09	1,21	12,63
<b>Source Bendouma (Ain Kihel)</b>	665792,1	3895537,6	68,00	3,40	45,10	3,76	73,00	3,17	12,00	0,31	10,64	522,10	8,56	139,80	3,99	27,82	0,58	13,13

## Annexes

### Annexe III : Les normes algériennes de potabilités, pour certains paramètres

Groupe de paramètres	Paramètres	Les Normes algériennes		
		Unités	N.G	C.M.A
Physiques	pH	-	6,5-9	-
	T	C°	-	25
	Conductivité	μS/cm à 20C°	-	2800
	Résidu sec à 100° C	mg /L	500	2000
Chimiques	Ca <sup>2+</sup>	mg/L	75	200
	Mg <sup>2+</sup>	mg/L	-	150
	K <sup>+</sup>	mg/L	-	20
	Na <sup>+</sup>	mg/L	-	200
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	200	400
	Cl <sup>-</sup>	mg/L	200	500
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	-	50	

## Annexes

### Annexe IV : les sources de la région d'étude

<b>Sources</b>	<b>X (UTM)</b>	<b>Y(UTM)</b>	<b>Débit (l/s)</b>
<b>Sidi Yamine</b>	667076.66	3910777.54	2
<b>Sidi Younes</b>	667223.18	3900516.24	2
<b>Sidi Ali Z</b>	666401.86	3897412.59	1.2
<b>Bendouma</b>	665792.14	3895493.52	5
<b>Aghlal</b>	6759559.37	3896343.45	5
<b>Tanesrante</b>	657482.66	3903475.94	5

## Annexes

### Annexe V : les données des caractéristiques physiques des points d'eaux pour la région d'étude.

N° des points d'eaux	Point d'eau	T (°C)	pH	CE ( $\mu\text{s/cm}$ )
F1	Forage Sidi Mohamed	24.2	8	1000
F2	Forage Faïd El Kitane	16.8	7,9	5770
F3	Forage Das Kharifi (Aghlal)	23,23	7,23	1100
F4	Forage Saada (Aghlel)	16,2	7,01	2330
F5	Forage Barette (Ain Témouchent)	14,7	7,92	1490
F6	Forage AT3	24,1	7,8	1100
F7	Forage Ain Kihel V Bis	17.2	7,25	1924
P1	Puits coté stade (Ain Kihel)	17.7	7,56	1410
P2	Puits SDA (Ain Kihel)	17,9	7,53	1470
P3	Puits Kibdani (Aghlel)	16,7	7,21	1260
S1	Source Aghlal (Aghlel)	18,5	7,4	1240
S2	Source Tanesranet (Ain Tolba)	20,5	7,65	1730
S3	Source Fendrou (Ain Kihel)	24,3	7,59	1280
S4	Source Bendouma (Ain Kihel)	17,4	7,55	1180





## ملخص

لعمل الجاري جزء من معرفة أفضل لموارد المياه الجوفية في منطقة عين تموشنت وجمع المعلومات الجغرافية المتعلقة بمنطقة الدراسة هذه من أجل تصور الاختلاف المكاني للخصائص الهيدروجيولوجية والهيدروكيميائية. ولكن تجدر الإشارة إلى أن نقص البيانات هو حقيقة واقعة. لذلك استغلينا أكبر عدد ممكن من الأعمال في هذه المنكرة. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد واستعمال الخرائط لمعرفة الخصائص الهيدروجيولوجية لطبقات المياه الجوفية في منطقة عين تموشنت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية و دراسة الجودة الهيدروكيميائية للمياه الجوفية في هذه المنطقة باستخدام تطبيق « Diagramme ».

في ظل مناخ شبه جاف، هضبة عين تموشنت، المعروفة بخصوصية أراضيها، تظهر ندرة في المياه السطحية، وبالتالي الحاجة إلى استغلال المياه الجوفية، لتغطية الاحتياجات المائية وخاصة المياه للنشاط الزراعي. سمحت لنا معالجة ورسم الخرائط للمعلومات المتعلقة بالجيولوجيا والهيدروجيولوجيا في هضبة عين تموشنت بتمثيل منطقة الدراسة بأكملها وتجانسها والحصول على رؤية كاملة لطبقات المياه الجوفية. يوضح تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية لمياه هضبة عين تموشنت أنها تتميز بدرجة حموضة معتدلة وناقلة عالية نسبيا. نتج عن تصنيف المياه لمنطقة الدراسة، حسب طريقة Piper وStabler Stiff ؛ Shoeller-Berkaloff عدة عائلات، وخاصة بيكربونات الصوديوم، بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنيزيوم.

من وجهة نظر النوعية، تظهر مياه منطقة الدراسة أن التركيزات لا تتعدى المعايير الجزائرية لإمكانية الشرب بالنسبة لمعظم نقاط المياه، باستثناء نقاط Faïd El Kitane، البئر AT3، البئر Ain Kihel V Bis. فيما يتعلق بالري تعتبر هذه المياه مقبولة عامة.

**الكلمات المفتاحية:** هضبة عين تموشنت، رسم الخرائط، نظم المعلومات الجغرافية، الهيدروجيولوجيا، الكيمياء المائية

## Apport des SIG à la caractérisation hydrogéologique et hydrochimique du plateau d'Ain Témouchent

### Résumé

Les travaux en cours s'inscrivent dans le cadre d'une meilleure connaissance des ressources en eaux souterraines de la région d'Ain Témouchent et de la collecte d'informations géographiques liées à cette zone d'étude afin de visualiser la variation spatiale des propriétés hydrogéologiques et hydrochimiques. Mais il convient de noter que le manque de données est une réalité. Nous avons donc exploité le plus de travail possible organisé dans le cadre de ce mémoire.

L'objectif de cette étude est de déterminer et cartographier les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères de la région d'Ain Témouchent à l'aide du S.I.G et étudier la qualité hydrochimique des eaux souterraines de cette région en utilisant l'application Diagramme.

Sous un climat semi-aride, le plateau d'Ain Témouchent, connu par la fertilité de ses terres, présente une rareté des eaux superficielles, d'où la nécessité d'exploiter les eaux souterraines, pour couvrir les besoins en eau spécialement pour l'activité agricole.

Le traitement et la cartographie des informations liées à la géologie et l'hydrogéologie du plateau d'Ain Témouchent nous a permis de représenter et d'homogénéiser l'ensemble de la zone d'étude et avoir une vue complète de ses aquifères.

L'analyse des paramètres physicochimiques des eaux du plateau d'Ain Témouchent montre qu'elles sont caractérisées par un pH neutre et une conductivité relativement élevée. La classification des eaux de la région d'étude, selon les diagrammes de Stabler et Stiff et Piper ; Shoeller-Berkaloff, nous a permis de distinguer plusieurs familles de faciès, principalement Bicarbonaté Sodique, Bicarbonaté Calcique, et Bicarbonaté Magnésienne.

Du point de vue qualitatif ; les eaux du la région d'étude montrent des concentrations ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité pour la majorité des points d'eau, sauf pour les points Forage Faïd El Kitane, Forage AT3, Forage Ain Kihel V Bis. Concernant la qualité pour l'irrigation ces eaux sont d'une manière globale admissible à médiocres.

**Mots clés :** plateau d'Ain Témouchent, cartographie, SIG, hydrogéologie, hydrochimie.

## Contribution of GIS to the hydrogeological and hydrochemical characterization of the plateau of Ain Temouchent

### Abstract

Work in progress is part of a better knowledge of the groundwater resources of the Ain Temouchent region and the collection of geographical information related to this study area in order to visualize the spatial variation of the properties hydrogeological and hydrochemical. However, it should be noted that the lack of data is a reality. We have therefore exploited as much work as possible organized in this memoir.

The objective of this study is to determining and mapping the hydrogeological characteristics of the aquifers of the Ain Temouchent region; using the G.I.S. and to study the hydrochemical quality of the groundwater of this region using the Diagramme application.

Under a semi-arid climate, the plateau of Ain Temouchent, known for the fertility of its land, presents a scarcity of surface water, hence the need to exploit the groundwater, to cover the water needs especially for the agricultural activity.

The treatment and mapping of information related to the geology and hydrogeology of the Ain Temouchent plateau allowed us to represent and homogenize the entire study area and to have a complete view of its aquifers. The analysis of the physicochemical parameters of the waters of the Ain Temouchent plateau shows that they are characterized by a neutral pH and a relatively high conductivity. The water classification of the study area, according to the diagrams of Stabler and Stiff and Piper ; Shoeller-Berkaloff, allowed us to distinguish several facies families, mainly Bicarbonat Sodium, Bicarbonat Calcique, and Bicarbonaté Magnesite.

From the qualitative point of view, the waters of the study area present the concentrations less then Algerian standards of potability for the majority of the water points, except for the points El Faïd El Kitane, Drilling AT3, Drilling Ain Kihel V Bis. Regarding quality for irrigation, these waters are globally acceptable to mediocre.

**Key words:** plateau of Ain Temouhent, mapping, GIS, hydrogeology, hydrochemistry.