

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان  
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN  
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département Sciences de la Terre et de l'Univers



## MÉMOIRE

Présenté par

**BOUKACEM Khedidja**  
**DERBAL Fatima Zohra**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

**En Hydrogéologie**

### Thème

**Etude hydrochimique et qualitative des eaux souterraines  
des régions de Béni Snous et Sabra (N - O algérien)**

Soutenu le ....., devant le jury composé de :

Président	BOUANANI Rahima	MAA Université de Tlemcen
Encadrant	KERZABI YOUSFI Somia	MCB Université de Tlemcen
Co-Encadrant	NEBIA Riad	DRE Tlemcen
Examineur	BOUDJEMA Abderrezak	MCA Université de Tlemcen

**Année universitaire 2020/2021**

## Dédicace

Je dédie ce travail à Mes chers parents **Lakhdar et Zoulikha**

Dont le mérite, les sacrifices, et les qualités humaines, m'ont permis de vivre ce jour

Je dédie cet évènement marquant de ma vie à la mémoire de ma sœur **Wassila.**

A mes sœurs **Samira, Karima.**

A la personne la plus chère **Zakaria.**

Merci de m'avoir apporté votre soutien.

A ma deuxième maman **Djamila** et tonton **Alilou.**

Mes amis proche **Hidayat, Fatima, Farah** et

tous ceux qui me connaissent.

***Khadidja***

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail à : Mes chers parents **Saïd** et **Nacira** que je les remercie énormément pour leurs sacrifices, leur soutien et leurs encouragements durant toutes

ces années ;

Que Dieu les garde.

Ma sœur **Sarah** et mon frère **Mohamed El-Habib**

Mes grands-mères

Toute la famille **DERBAL** et **AMARA**

Tous mes amis proches, surtout **Khadidja, Hidayat, Sana, Houaria** et

tous ceux qui me connaissent.

*Fatima*

## **REMERCIEMENTS**

L'élaboration de ce mémoire de fin d'études est le fruit de cinq ans d'études. Ce travail n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes que nous remercions vivement.

Nous remercions Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donnée durant toutes ces années d'études.

Nous tenons tout d'abord à remercier nos encadreurs Monsieur et Madame KERZABI pour nous avoir fait confiance, ainsi que pour leur disponibilité, leur patience et leurs généreux conseils tant scientifiques qu'humains qui ont été d'une grande valeur.

Merci pour votre aide inestimable, vos précieux conseils avisés ont été très utiles pour améliorer et développer notre esprit critique et scientifique. C'est un honneur pour nous de voir dans notre jury Mme Bouanani Rahima et Mr Boudjema Abderrezak, qu'ils soient vivement remerciés. Nos remerciements à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen.

Et enfin, nous tenons à remercier tous nos amis (es) qui nous ont aidé et encouragé pour réaliser ce mémoire.

## ملخص

اجريت هذه الدراسة على و لاية تلمسان تقع صبرة و بني سنوس فس شمال غرب الجزائر، هذه الاخيرة جزء من جبال تلمسان التي كانت بمثابة مركز المياه الطبيعية في غرب الجزائر و هذا راجع لطبقات المياه الجوفية و التكوين الجغرافي و الجيولوجي

و تعتبر هذه المنطقة ذات اهمية هيدروجيولوجية حيث يبلغ متوسط هطول الامطار السنوية 35ملم في صبرة و من 400ملم الى 650ملم في بني سنوس . تتميز هذه المنطقة بطبقات نافذة و شبه نافذة

اعتمد هذا العمل على دراسة هيدروكيميائية و نوعية المياه الجوفية طبقا للمعطيات التي اجريت على الابار (8) و منابع (3) (2009-2020) في صبرة و (2011-2020) في بني سنوس بناء على التحليلات الفيزيائية ، الكيميائية و (ADE). البكتريولوجية التي قامت بها الجزائرية للمياه

بناء على هذه المعطيات قمنا باجراء مقارنة بين النتائج الفيزيائية و الكيميائية المتحصل عليها وفقا للمنظمة الاغذية و الزراعة (FAO).

كلمات مفتاحية: المياه الجوفية - صبرة - بني سنوس - المعايير الجزائرية - جبال تلمسان - الادوات الفيزيائية والكيميائية – الادوات البكتريولوجية.

## **Résumé**

Notre étude est réalisée sur deux régions de la wilaya de Tlemcen, Sabra et Béni Snous qui sont situés au Nord-Ouest de l'Algérie. Ces derniers font partie des Monts de Tlemcen qui jouent le rôle de château d'eau naturel de l'ouest algérien grâce à leurs importants aquifères.

La région de Sabra et Béni Snous sont des zones à grand intérêt hydrogéologique où tombe en moyenne interannuelle une précipitation de 351 mm (Sabra) et 400 à 650 mm (Béni Snous). Ces zones généralement caractérisées par des formations perméables à semi-perméables.

Ce travail a été basé sur l'étude hydrochimique et qualitative des eaux souterraines qui a été réalisée sur les données de huit forages et trois sources de la période 2009-2020 (Sabra) et de 2011-2020 (Béni Snous), en analysant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques réalisées par la direction de l'ADE (Algérien des eaux). Ces analyses ont fait l'objet d'une validation puis servent à étudier la qualité de ces eaux.

**Mots-clés** : eaux souterraines –paramètres physico-chimiques - paramètres bactériologiques – Normes Algériennes – Monts de Tlemcen – Sabra – Béni Snous

## **Abstract**

This study was carried out in two regions of Tlemcen, Sabra and Béni Snous, located in the North-West of Algeria. These latter are part of the Tlemcen Mountains, which acted as the natural water tower of western Algeria, through the aquifers, geographical constitution, and geological formation.

The region of Sabra and Béni Snous is an area of great hydrogeological interest where annual average precipitation of 351 mm (Sabra) and 400 to 650 mm (Béni Snous) falls. This area is generally characterized by permeable to semi-permeable formations.

This work was also based on the hydrochemical and qualitative study of groundwater which was carried out on data from boreholes (8 boreholes) and sources (3 sources) dated in 2009-2020 at Sabra region and 2011- 2020 at Béni Snous region, based on the physicochemical and bacteriological analyses carried out by the management of ADE (Algérien des Eaux). These analyses were validated and then used to study the quality of these waters.

**Keywords:** groundwater - Sabra - Béni Snous - Algerian standards - Tlemcen Mountains - Physico-chemical parameters - bacteriological parameters.

## Table des matières

Dédicace .....	II
REMERCIEMENTS .....	IV
ملخص.....	V
Résumé.....	VI
Abstract .....	VII
Liste des figures .....	X
Liste des tableaux .....	XI
Introduction général : .....	1
PARTIE I : GENERALITES .....	2
CHAPITRE 1 : Présentation du secteur d'étude .....	3
I-Présentation du secteur d'étude :.....	4
II. Aspect climatique : .....	5
II-1. Précipitations : .....	6
II-2. Synthèse climatique : .....	9
CHAPITRE 2 : Outils et méthodes. ....	10
I. Système d'Information Géographique (SIG) : .....	11
I-1. Les composants d'un SIG : .....	11
I-2. Carte lithologique de la Région de Tlemcen au 1/100 000 .....	11
II. Choix et fonctions du MAPINFO : .....	12
II-1. Calage et affichage d'une carte : .....	13
II-2. Création de nouvelle couche : .....	16
II-3. Digitalisation : .....	17
CHAPITRE 3 : Cadre géo-structurale et hydrogéologique .....	22
I. Cadre géologique : .....	23
I-1. Contexte géologique : .....	23
I-2. Contexte structurale : .....	32
II. Contexte hydrogéologique : .....	33
II-1. Aquifères fortement karstique : .....	34
II-2. Aquifères poreux et fissurés : .....	35
II-3. Aquifères moyennement poreux parfois fissure : .....	35
II-4. Formation non aquifères .....	36
PARTIE II : ETUDE QUALITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE SABRA ET DE BÉNI SNOUS .....	38



I. Définitions .....	39
I-1. La norme algérienne pour l'eau potable :.....	39
I-2. Les indicateurs de qualité :.....	40
II. Présentation des données :.....	40
II-1. Moyens et méthodologie :.....	40
II-2 Vérification des analyses physico-chimiques :.....	42
III- Paramètres physiques des eaux souterraines : .....	44
III-1. Potentiel d'hydrogène pH :.....	44
III-2. Conductivité électrique C.E :.....	45
IV- Qualité des eaux souterraines de la région de Sabra, et Béni Snous .....	47
IV -1. Potabilité.....	47
IV-1-1. Ions majeurs : .....	47
IV-1-2. Paramètres indicateurs de pollution : .....	52
IV-2. Qualité des eaux d'irrigation selon les directives du FAO :.....	60
Conclusion générale : .....	63
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	64

## Liste des figures

Figure 1: Représentation de la situation géographique des Monts de Tlemcen (BENSAOULA et al. 2007).....	4
Figure 2: Localisation de la zone d'étude. ....	5
Figure 3 : Variation des moyennes annuelles de précipitation de la station du barrage Hammam Bouhrara (2000/2016).....	7
Figure 4: Variation des moyennes annuelles de précipitation de la station du barrage de Béni Bahdel (1986/2016).....	7
Figure 5: Variation des moyennes mensuelles de précipitation de la station du barrage Hammam Bouhrara (2000/2016).....	8
Figure 6: Variation des moyennes mensuelles de précipitation de station du barrage de Béni Bahdel (1986/2016).....	8
Figure 7: PCC.....	12
Figure 8 : Fenêtre de choix.....	14
Figure 9: choix projection. ....	15
Figure 10 : Calcule l'erreur de calage. ....	16
Figure 11: Création une nouvelle couche (table) .....	17
Figure 12 : Créer une nouvelle couche.....	17
Figure 13: Description du sous menu : Contrôle des couches. ....	18
Figure 14: Digitalisation des affleurements .....	19
Figure 15 : Table « Points d'eau ». ....	19
Figure 16: Table « Failles ».....	20
Figure 17 : Table « Toponymie ». ....	20
Figure 18: Carte géologique (avec toutes les tables créées) après la mise en forme sous Surfer .....	21
Figure 19 : Colonne géologique locale de la zone d'étude (d'après Benest et al. 1999) (modifiée).....	29
Figure 20: Carte géologique de la zone d'étude .....	30
Figure 21: Carte structural des Monts de Tlemcen ; a : agglomérations ; b : Faille verticale normale; c : Synclinale; d : Anticlinale; e : Faille majeure ; f : Faille mineure; g : Faille inverse; h : Sens de décrochement; i : Direction moyenne de la compression; j : Frontière (Benest 1986). ....	33
Figure 22: Colonne hydrogéologique locale de la zone d'étude.....	37
Figure 23 : carte hydrogéologique de la zone d'étude .....	42
Figure 24 : Validation des analyses : CE/100 en fonction de la somme des anions (de la région de Béni Snous). ....	43
Figure 25 : Validation des analyses : CE/100 en fonction de la somme des anions (de la région de Sabra).....	44
Figure 26 : Variation spatio-temporelle du pH de la région de Sabra.....	45
Figure 27 : Variation spatio-temporelle du pH de la région de Béni Snous. ....	45
Figure 28 : Variation spatio- temporelle de la conductivité de la région de Sabra. ....	46
Figure 29 : Variation spatio- temporelle de la conductivité de la région de Béni Snous.....	46

Figure 30 : Variation spatio- temporelle de $\text{Ca}^{2+}$ des eaux souterraines de la région de Sabra. ....	47
Figure 31 : Variation spatio- temporelle de la teneur du $\text{Ca}^{2+}$ des eaux souterraines de la région de Béni Snous.....	48
Figure 32 : Variation spatio- temporelle du $\text{Cl}^-$ dans la région de Sabra. ....	49
Figure 33: Variation spatio- temporelle du $\text{Cl}^-$ dans la région de Béni Snous.....	49
Figure 34: Variation spatio- temporelle du $\text{SO}_4^{2-}$ dans la région de Sabra. ....	50
Figure 35 : Variation spatio- temporelle du $\text{SO}_4^{2-}$ dans la région de Béni Snous. ....	50
Figure 36: Variation spatio- temporelle de la $\text{Mg}^{+2}$ de Béni Snous.....	52
Figure 37: Variation spatio- temporelle du $\text{Mg}^{+2}$ dans la région de Sabra.....	51
Figure 38: Variation spatio- temporelle du $\text{NO}_3^-$ dans la région de Sabra.....	53
Figure 39: Variation spatio- temporelle du $\text{NO}_3^-$ de la région de Béni Snous. ....	53
Figure 40 : Variation spatio- temporelle du $\text{NH}_4^+$ dans la région de Sabra.....	54
Figure 41: Variation spatio- temporelle du $\text{NH}_4^+$ dans la région de Béni Snous.....	54
Figure 42: Variation spatio- temporelle du $\text{NO}_2^-$ la région de Sabra. ....	55
Figure 43 : Variation spatio- temporelle du $\text{NO}_2^-$ de la région Béni Snous.....	55
Figure 44: Variation spatio- temporelle du P de la région de Sabra. ....	56
Figure 45: Variation spatio- temporelle du P de la région de Béni Snous. ....	56
Figure 46: Variation spatio- temporelle du $\text{PO}_4^{3-}$ de la région de Sabra.....	57

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des eaux d'après leur pH. (RéFEA, 2013). ....	44
Tableau 2 : Récapitulatif des différentes analyses microbiologiques des eaux de la région de Sabra.....	59
Tableau 3: Récapitulatif des points d'eau pollués du secteur de Béni Snous .....	59
Tableau 4 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique Sabra. ....	60
Tableau 6: Classification des eaux d'irrigation de la région Sabra selon directives du FAO (Ayers et Westcot 1985, FAO).....	62

## **Introduction général :**

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même aride (200 à 400mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière, l'apport total des précipitations serait de l'ordre 100 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an dont 12.4 milliards de m<sup>3</sup> en écoulements superficiels, et seuls 6 milliards de m<sup>3</sup> sont mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (Hydrologie, topographie, géologie) (A. Kettab (2001))

Notre secteur d'étude fait partie des Monts de Tlemcen, appelés le château d'eau naturel de l'Ouest Algérien. Ils occupent la partie centrale de la wilaya et représentent 28% de la superficie totale. En effet, par leur structure géologique, ils représentent un vaste horst où affleurent principalement les formations carbonatées du Jurassique supérieur et Crétacé inférieur. Ces formations sont largement karstifiées et constituent les aquifères les plus importants de la wilaya. Ces ressources qui se trouvent dans ces formations caractérisées, en générale, par une bonne qualité physico-chimique et leur mobilisation alimente une grande partie la population de Tlemcen.

Sabra et Béni Snous des régions dont la disponibilité des données nous a permis d'effectuer cette étude, elles sont caractérisées par des formations géologiques qui débute du Primaire jusqu'au Quaternaires. Le but de ce travail est l'étude hydrochimique et qualitative de ses eaux souterraines. En se basant sur les données fournies par l'ADE (Algérien des eaux), la DRE (direction des ressources en eaux) et l'ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques) de la wilaya de Tlemcen

Le travail s'articule sur deux parties ;

La première comportant les généralités sur les Monts de Tlemcen et de la zone d'étude, elle contient trois chapitres :

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'études, dans ce chapitre nous présenterons la situation géographique régionale et locale, et le contexte climatique.

Chapitre 2 : Outils et méthodes, pour définir tous les logiciels utilisés dans ce travail

Chapitre 3 : Contexte géo-structural et hydrogéologique, présentation des aquifères dans le secteur étudié.

La seconde partie : Étude hydrochimique et qualitative des eaux souterraines : après avoir présenté et validé, les données physico-chimiques vont servir à l'étude de la qualité des eaux souterraines de la région de Sabra et Béni Snous à la consommation humaine et à l'irrigation.

# **PARTIE I : GENERALITES**

**Chapitre 1 : Présentation du secteur d'études.**

**Chapitre 2 : Outils et méthodes.**

**Chapitre 3 : Cadre géo-structurale.**

## **CHAPITRE 1 : Présentation du secteur d'étude**

**I-Présentation du secteur d'étude :**

La zone d'étude (Sabra-Béni Snous) fait partie des Monts de Tlemcen, c'est une chaîne située à l'extrémité occidentale de l'Atlas tellien et au sud du bassin de la Tafna. Elle correspond à un vaste horst de direction NE-SO, située entre plaines et plateaux au Nord et une zone de hautes plaines steppiques au Sud. Les altitudes dans les Mont de Tlemcen varient de 800 m à 1 400 m et le point culminant est à 1 843 m au Djebel Tenouchfi, ces monts sont limités par le Fossé miocène de la Tafna au Nord, des Monts de Ghar Roubane et la frontière marocaine à l'Ouest, les Monts de la Daïa à l'Est et les Hautes Plaine au Sud (figure 1).

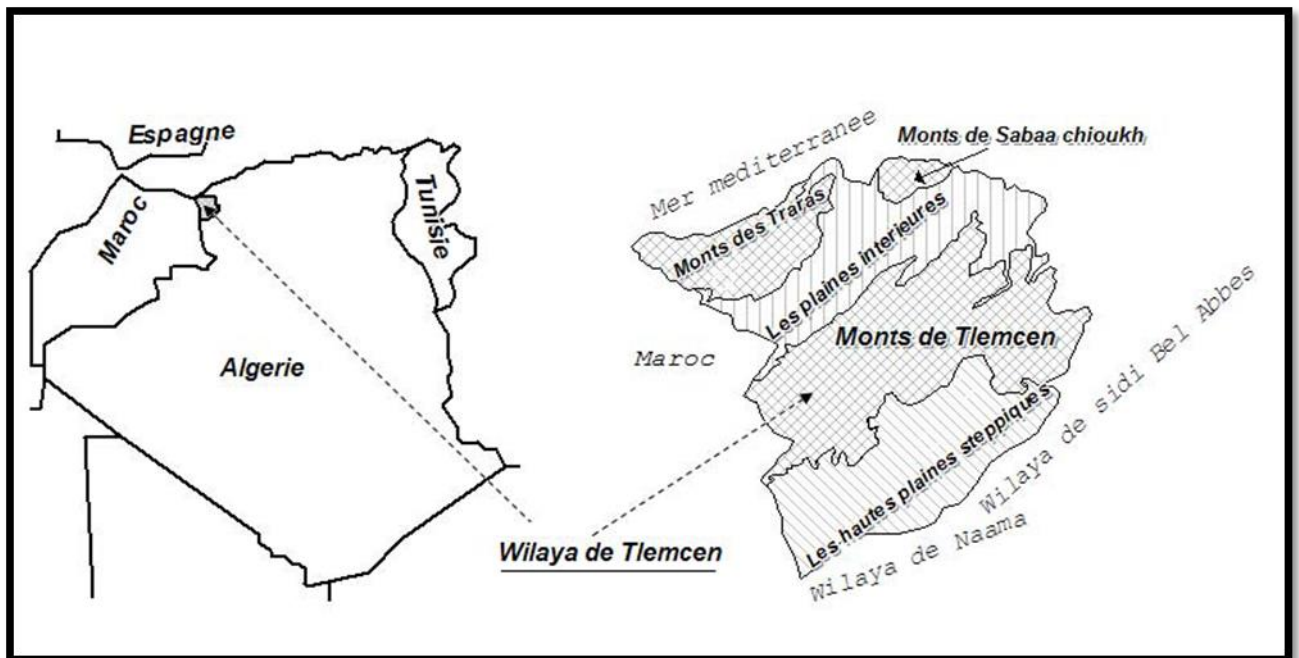


Figure 1: Représentation de la situation géographique des Monts de Tlemcen (BENSAOULA et al. 2007).

Sabra est situé à environ 20 km à vol d'oiseau à l'Ouest de Tlemcen, avec une longitude de 1°33'41'' O et latitude de 34°49'39'' N. La commune de Béni Snous est située à 45 km du Chef-lieu de la Wilaya, elle est comprise entre les parallèles 34°38'35'' Nord et longitude 1°33'41'' Ouest.

Notre zone d'étude est limitée :

- Au Nord par la plaine de Hennaya
- Au Sud par Azaïls.
- À l'Est par Sebdou et Terni (Beni Hdiel)
- A l'Ouest par Beni Boussaid et Lalla Maghnia





L'Algérie fait partie des zones arides et semi-arides qui sont vulnérables et souffrent de sécheresses chroniques. Ce qui entraîne de forts déficits hydriques qui représentent une forte contrainte sur l'environnement, les activités socio-économiques et le bien-être des populations qui s'intensifient inexorablement sans minimiser le phénomène de désertification qui affecte déjà gravement le pays.

### **II-1. Précipitations :**

Les précipitations représentent l'un des facteurs primordiaux qui détermine le type de climat. Elles sont constituées par la pluie, la neige, les grêles qui tombent sur la surface de la terre. Deux stations pluviométriques peuvent être représentatives pour notre zone d'étude : station de barrage Hammam Bouhrara et celle du barrage de Béni Bahdel. Les données ont été fournies par la direction des ressources en eaux de Tlemcen (DRE) pour la période 2000-2016 pour la première et 1986-2016 pour la seconde. Il faut noter que nous ne pouvons pas réaliser une étude climatique car nous ne possédons pas les températures des deux périodes des deux stations.

#### **II-1-1. Précipitations interannuelles :**

Les variations des précipitations moyennes interannuelles sont représentées dans la figure 3 pour la station du barrage Hammam Bouhrara et la figure 4 pour la station du barrage de Béni Bahdel.

L'analyse de l'histogramme de la figure 3 montre :

- Durant les trois premières années, Il y a une augmentation de variation de la pluviométrie.
- La pluviosité moyenne annuelle est faible avec une moyenne interannuelle égale à 157,70 mm.
- L'année 2015 présente des valeurs inférieures à 100 mm, celle de 2015 est la plus sèche avec une pluviométrie annuelle de 50 mm.
- L'année la plus pluvieuse reste celle de 2009 avec une valeur de 468,30 mm.

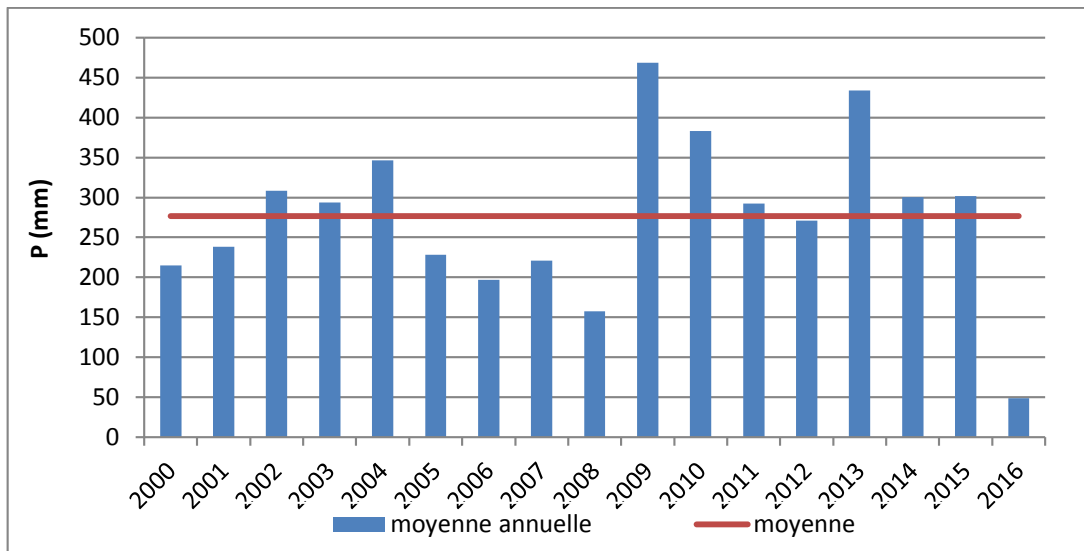


Figure 3 : Variation des moyennes annuelles de précipitation de la station du barrage Hammam Boughrara (2000/2016).

Quant à la station de La figure 4 montre que :

- L'année 2016 est la plus sèche avec une pluviométrie annuelle de 70,8 mm.
- L'année la plus pluvieuse reste celle de 2009 avec une valeur de 731,8 mm.

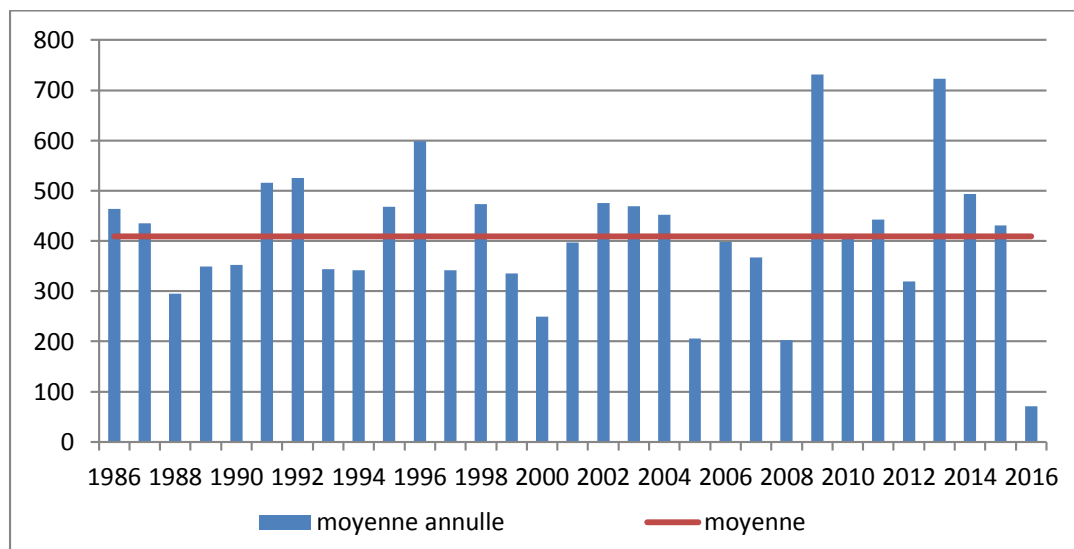


Figure 4: Variation des moyennes annuelles de précipitation de la station du barrage de Béni Bahdel (1986/2016).

### II-1-2. Précipitations mensuelles :

Les variations moyennes mensuelles dans la figure 5 montrent une pluviométrie maximale enregistrée au mois de novembre avec une valeur de 49.28 mm, et une minimale de 3.98 mm enregistrée au mois de juillet.

Les périodes avec une pluviométrie minimale (juin, juillet, août) ne dépassent pas les 10 mm.

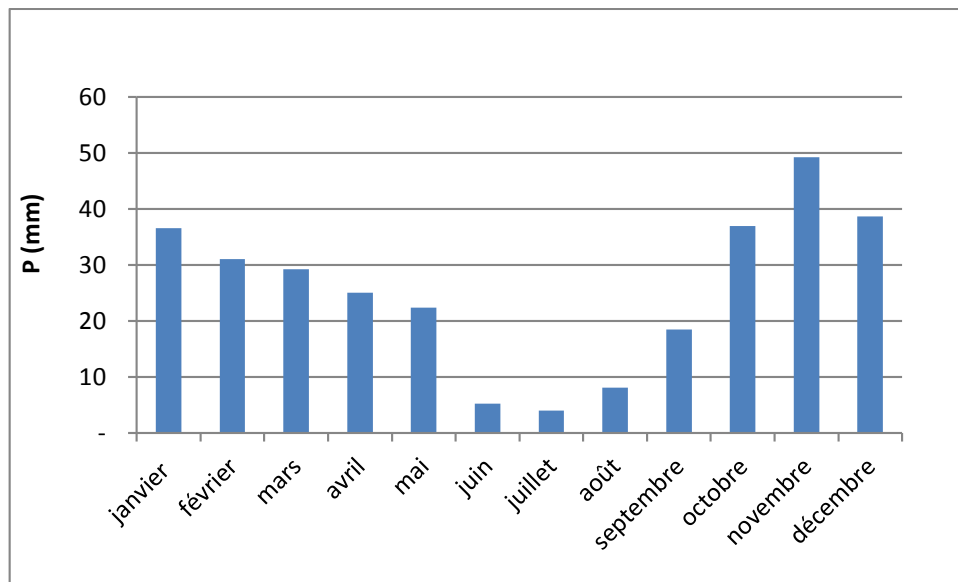


Figure 5: Variation des moyennes mensuelles de précipitation de la station du barrage Hammam Bouhrara (2000/2016).

Les variations moyennes mensuelles des précipitations, dans la figure 6 montrent qu'une pluviométrie maximale est enregistrée au mois de janvier avec une valeur de 64.23 mm, et une minimale de 7.44 mm est enregistrée au mois de juillet.

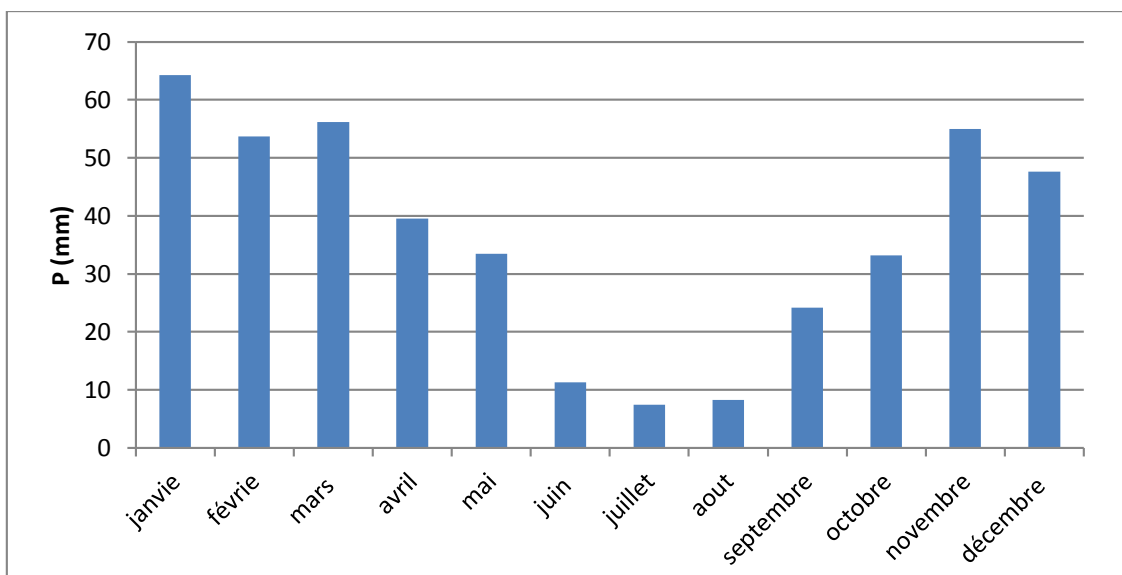


Figure 6: Variation des moyennes mensuelles de précipitation de station du barrage de Béni Bahdel (1986/2016).

**II-2. Synthèse climatique :**

L'étude du climat nous permet de déterminer les périodes sèches et humides, et on se basant sur plusieurs indices, elle nous permet, aussi la détermination du type du climat de la région donnée.

La région de Sabra possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Sabra généralement est de 17.7°C et les précipitations sont en moyenne de 351 mm (le planificateur ACONTRESENS). Contrairement à la région de Béni Snous elle est caractérisée par un climat très froid pluvieux et neigeux en hiver, et chaud en été avec une pluviométrie de 400 à 650 mm (DB City.com).

## **CHAPITRE 2 : Outils et méthodes.**

## **I. Système d'Information Géographique (SIG) :**

Un système d'information géographique est un ensemble constitué par le matériel, les logiciels et les ressources humaines pour gérer l'information dans son contexte spatial. Il permet, entre autres, la collecte, le stockage, la recherche, l'analyse, le traitement, la reproduction et la représentation de toutes sortes d'informations spatiales à référence géographique soit sous sa forme brute ou sous sa forme élaborée après avoir subi des traitements et cela dans un but d'aménagement précis (Joliveau 2013).

### **I-1. Les composants d'un SIG :**

Les composants nécessaires pour une bonne utilisation en cinq ensembles :

#### **I-1-1. Le matériel :**

- Unité d'intégration des informations (input) (clavier, souris, scanner);
- Unités de traitement et de stockage des informations (l'unité centrale) ;
- Unité de restitution des données et de présentation des résultats (l'écran et la carte graphique)

#### **I-1-2. Les utilisateurs :**

Divers spécialistes et la coordination entre eux est un élément clés de la réussite d'un projet.

#### **I-1-3. Les logiciels :**

Arcgis, Mapinfo, IDRISI, Erdas ..... etc.

#### **I-1-4. Les données :**

Les données géographiques numérisées

#### **I-1-5. Les méthodes :**

Les méthodes doivent être adéquates à répondre à ses objectifs (Joliveau 2013).

## **I-2. Carte lithologique de la Région de Tlemcen au 1/100 000**

La carte de CLAIR englobe l'ensemble de la zone d'étude. L'extrait de la carte couvre les agglomérations Sabra et Béni Snous, il est utilisé pour la digitalisation de la lithologie, la structurale, les localités et les points d'eau du secteur étudié.

### **I-2.1.PCC (Version\_2004)**

Le PCC est un programme de conversion des coordonnées utilisées en Algérie. Ce logiciel permet de réaliser la conversion de coordonnées cartographiques en coordonnées

géographiques et vis-versa. Cette conversion peut s'effectuer point par point ou à partir d'une liste enregistrée au préalable sous la forme d'une base de données dans Excel. Il utilise les systèmes de projections Lambert et UTM avec les ellipsoïdes Clarke 1880 et IAG GRS 80 (WGS 84).

L'exécution de la conversion des coordonnées Lambert en UTM zone 31 de tous nos points d'eau s'est effectuée à l'aide de cet outil.

### I-2-2. Conversion point par point :

À partir de la fenêtre « Convertir Point », choisissez :

- La projection (le « Nord » dans notre cas) ;
- L'ellipsoïde, par exemple « Clarke 1880 »
- Ensuite, faites entrer les coordonnées correspondantes puis cliquer sur le bouton indiqué en rouge pour convertir.

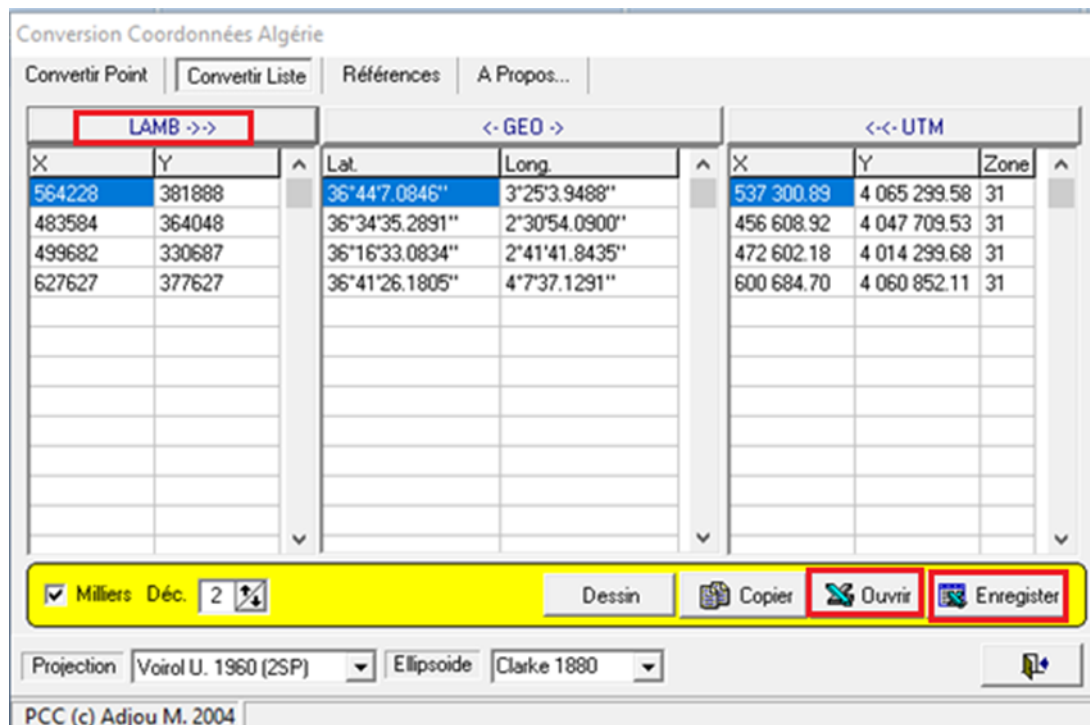


Figure 7: PCC

## II. Choix et fonctions du MAPINFO :

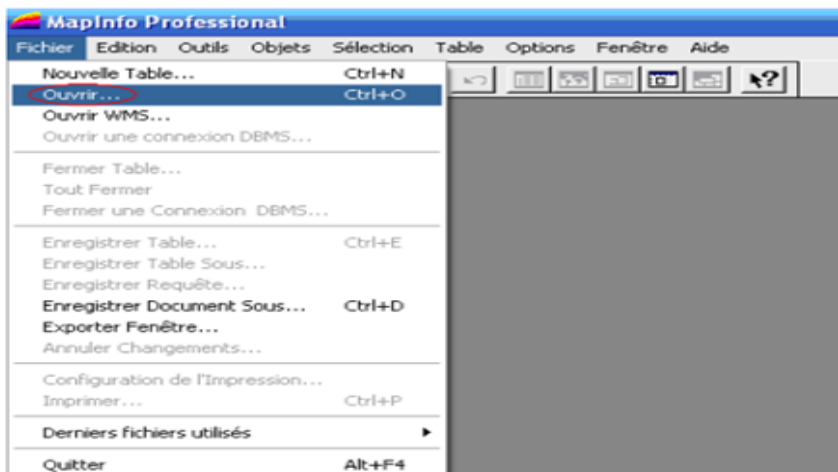
Mapinfo Professional est une application puissante de cartographie fonctionnant avec Microsoft Windows qui permet aux chercheurs de représenter facilement les corrélations entre données et géographie.

## II-1. Calage et affichage d'une carte :

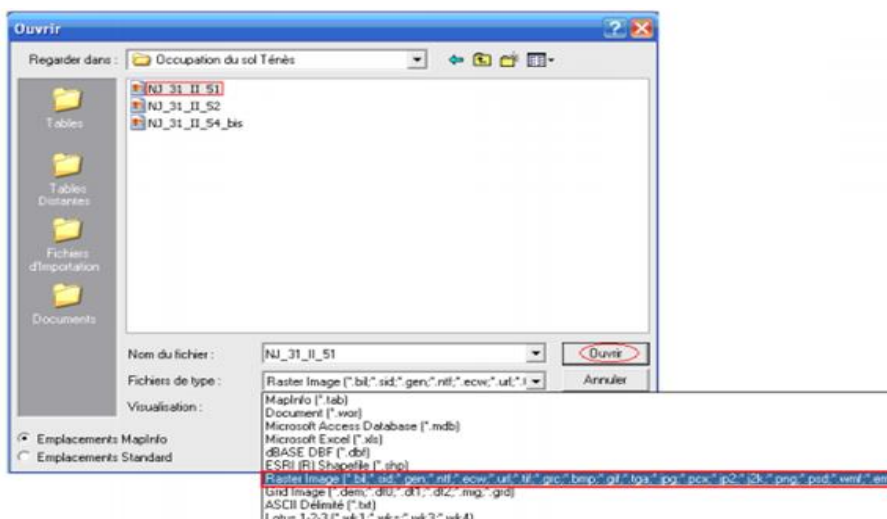
Le calage est une étape nécessaire avant tout travail sous SIG, il sert à établir une relation entre les entités affichées sous le système d'information géographique et leur position dans le monde réel, Cette opération s'effectue à partir de la boîte de dialogue « Calage Image ». Cette boîte permet de définir les coordonnées des points de calage et de préciser le type de projection de l'image raster.

Pour effectuer cette opération, on suit les étapes suivantes avec la commande « Fichier / Ouvrir Table ».

-Etape 1 : Calage d'une image raster



-Etape 2 :





-Etape 3 : cliquée sur « Calage »

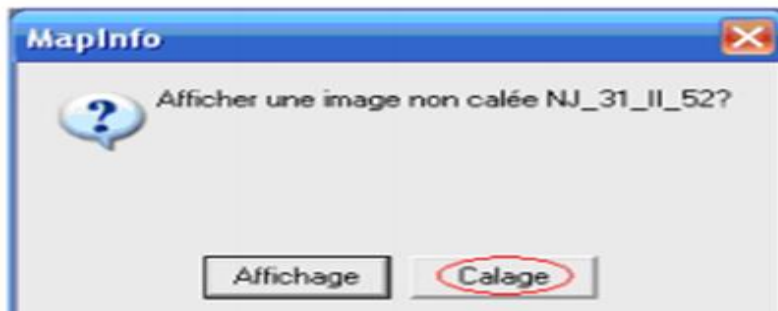


Figure 8 : Fenêtre de choix.

Dans notre cas, nous avons définis le type de projection de l'image à l'aide du bouton

« Projection », dans laquelle on va saisir les points de calage et l'unité de mesure :

- LAMBERT Algérie (Algérie du Nord et Algérie du Sud) ;
- L'Universal Transverse Mercator (UTM), 4 fuseaux UTM couvrent l'Algérie (29, 30, 31,32).

Ensuite, une nouvelle table nommée « Point d'eau » est créé de la même manière que la table « Lithologie ». Et ainsi de suite les mêmes étapes de création de nouvelle table sont suivies pour créer la table « Faille » et la table « Toponymie ».

- Etape projection clique sur : « crée. Projection. UTM zone 31. OK ».

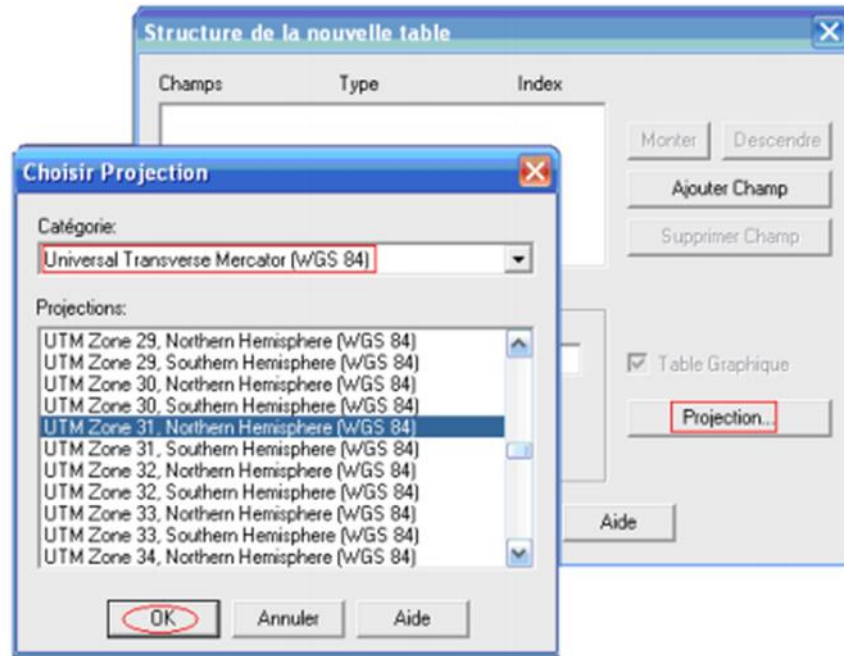
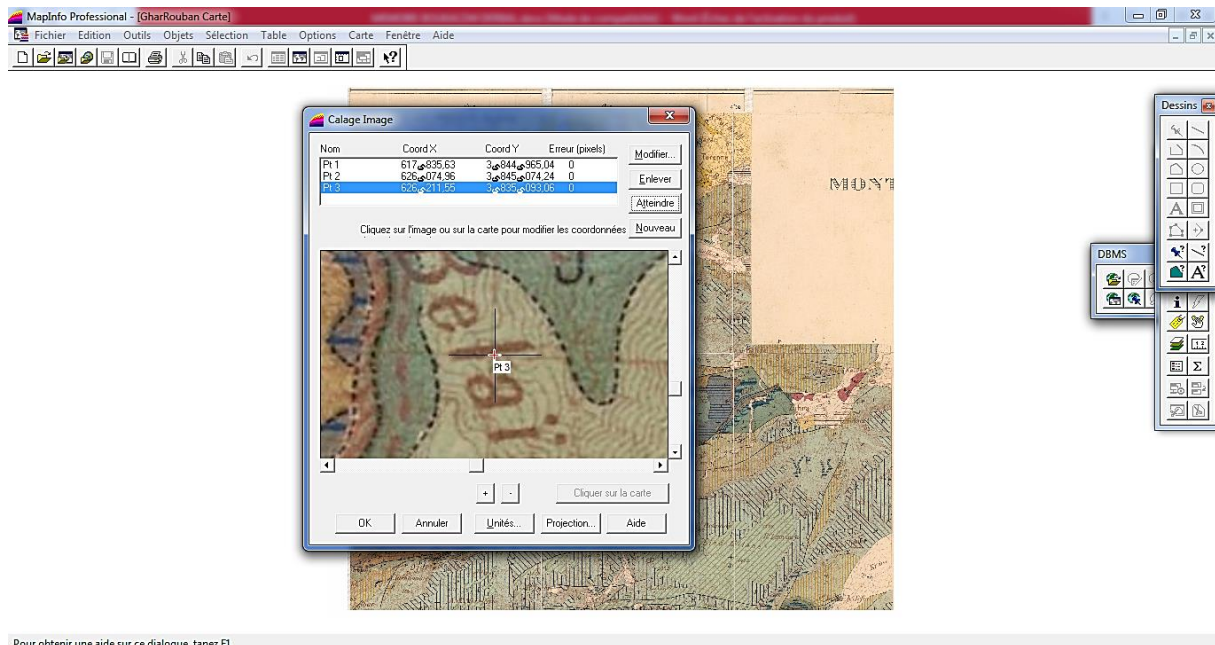


Figure 9: choix projection.

Pour le calage d'une image raster, on a besoin d'insérer au moins 4 points de calage bien répartis avec leurs coordonnées, les points choisis sont alors matérialisés dans la fenêtre de prévisualisation.

- Le premier point c'est le point de calage
- Le déplacement sur l'image se réalise avec les ascenseurs et les 2 boutons «+» et «-» qui permettent de zoomer avant et arrière.
- Une fois les quatre points de calage chargés, l'erreur doit être inférieure à 1 pixel
- Puis cliquez sur OK pour afficher l'image calée donnée.



Pour obtenir une aide sur ce dialogue, tapez F1

Figure 10 : Calcule l'erreur de calage.

## II-2. Création de nouvelle couche :

À partir de la commande « Fichier / Nouvelle Table / Ajouter à la fenêtre carte active / Créer » Ou clique sur ce bouton de la barre des outils, l'accès est donné au menu de création de la nouvelle table.

Sélectionnez « Ajouter à la fenêtre carte active » puis cliquer à droite sur « Créer ».

La première couche est nommée « Lithologie ». Ainsi les données associées à cette couche (le nombre de champs et leurs caractéristiques) sont définies dans la fenêtre « Structure de la nouvelle table ».

- Pour créer une nouvelle couche : « Fichier / Nouvelle Table »
- On décroche, dans la fenêtre « ouvrir une nouvelle fenêtre carte ».

La nouvelle couche créer est nommée «ex : Géologie». On définit ainsi, les données associées à cette couche (le nombre de champs et leurs caractéristiques).

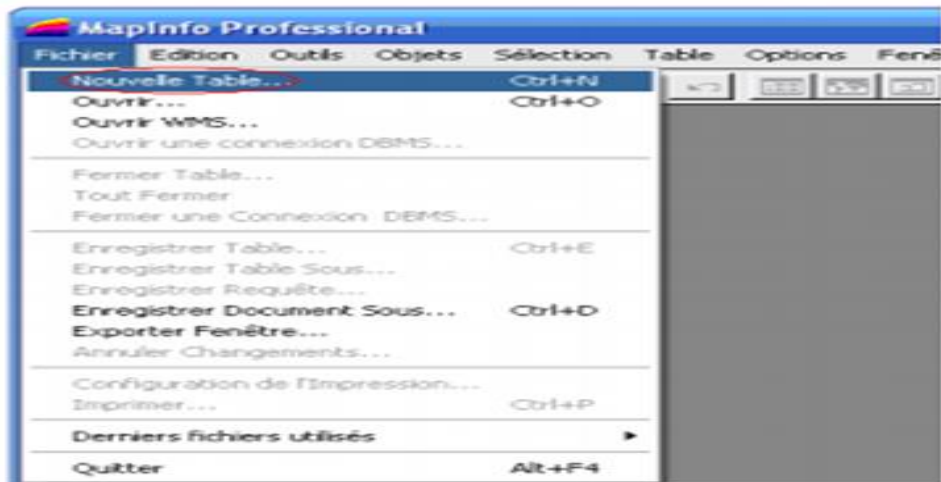


Figure 11: Création une nouvelle couche (table)

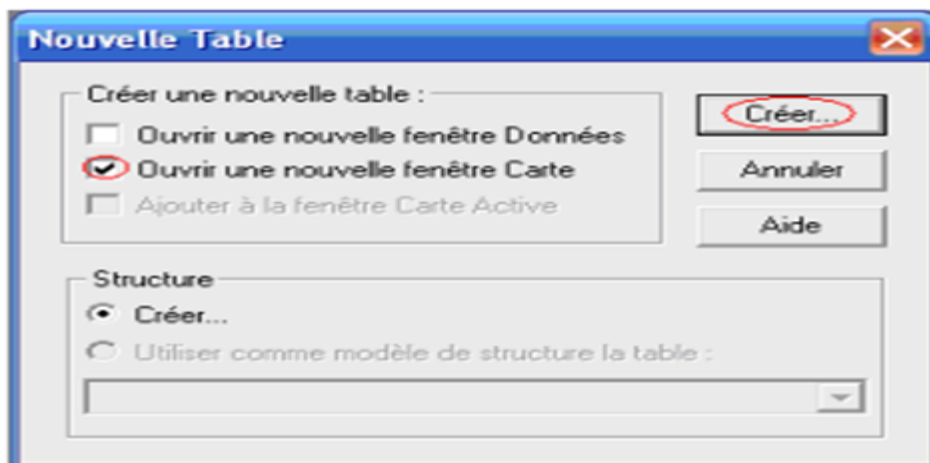







Figure 12 : Créer une nouvelle couche.

### II-3. Digitalisation :

Après création du style avec le bouton , la digitalisation des formations géologiques s'effectue en utilisant le bouton « Polygone  » sur le menu « Dessins ».

Pour symboliser les points d'eau, nous utilisons le bouton « Symbole  » sur le menu « Dessins ».

Le bouton « Polyligne  » est utilisé pour digitaliser les failles et les oueds, et le bouton « Texte  » pour la toponymie.

Les principales fonctions de « Contrôle des couches ».

### Contrôle des couches

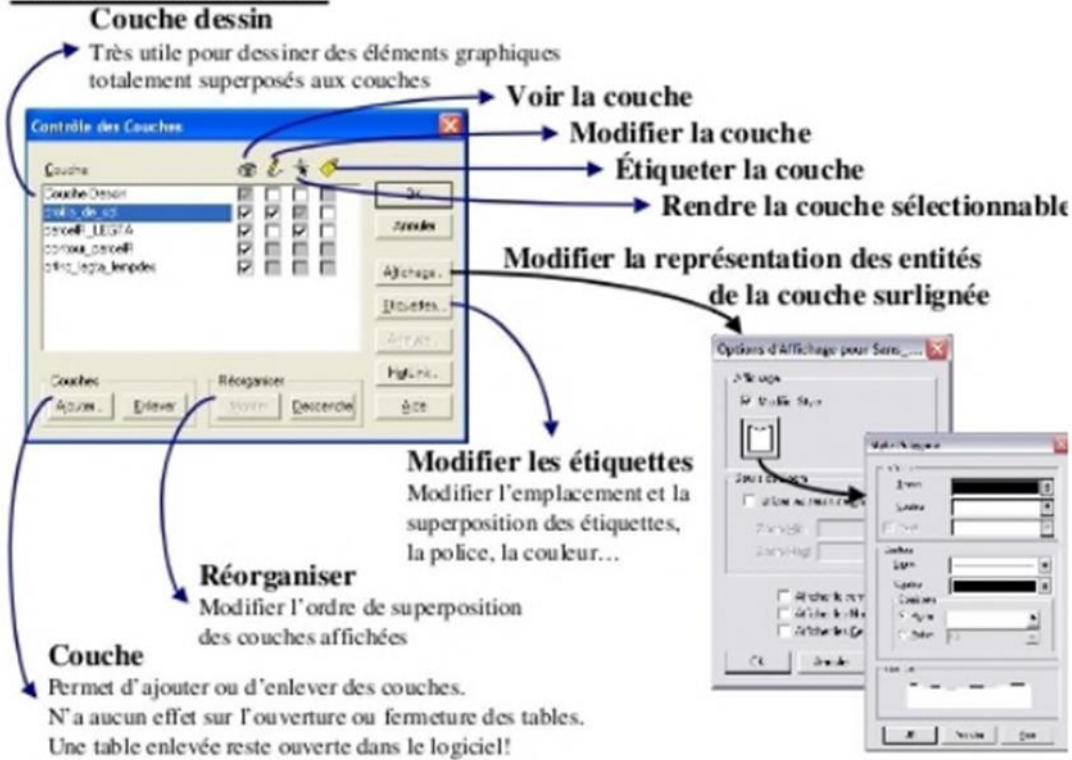



Figure 13: Description du sous menu : Contrôle des couches.

Pour créer un objet on utilise le menu dessin. Le bouton avec la punaise bleu  sert à numériser des objets ponctuels. Le bouton avec une ligne brisée en dessous sert à numériser les poly lignes.

Pour digitaliser la géologie de la zone d'étude déterminer avec la formation géologie (la légende de la carte).

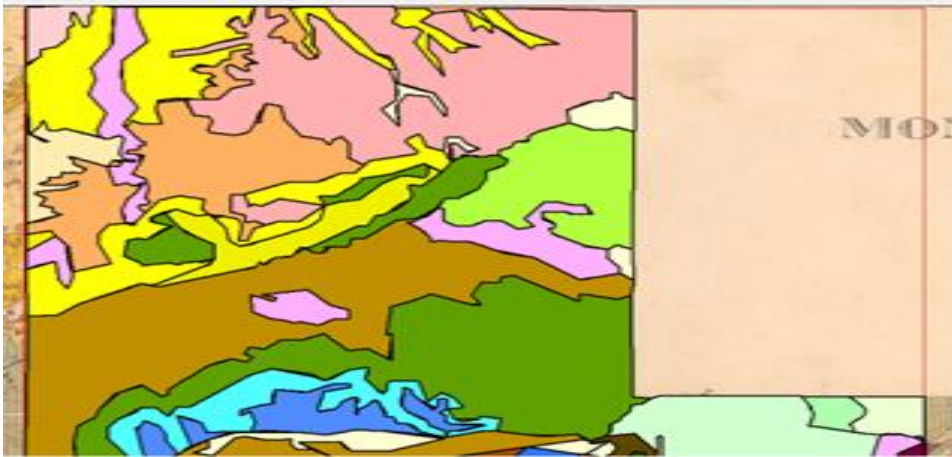


Figure 14: Digitalisation des affleurements

De la même manière, nous avons créé une nouvelle table nommée « point d'eau » pour digitaliser les points d'eau, une autre pour le réseau de faille, et une table pour la Toponymie.

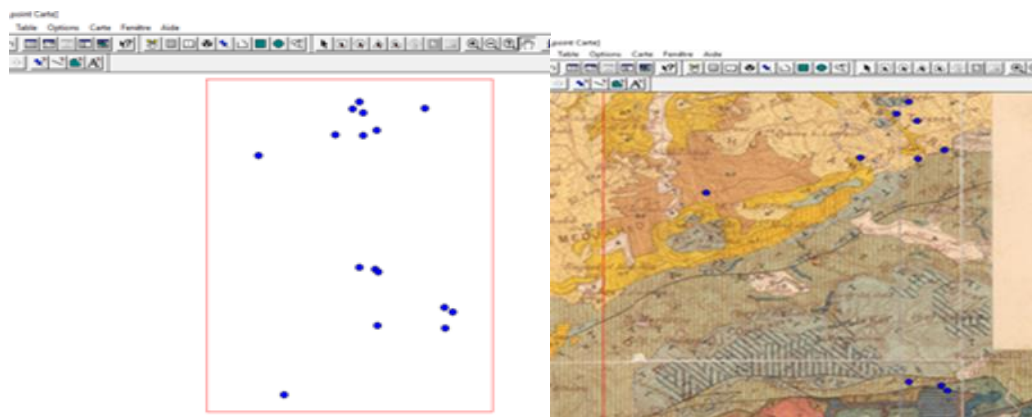


Figure 15 : Table « Points d'eau ».



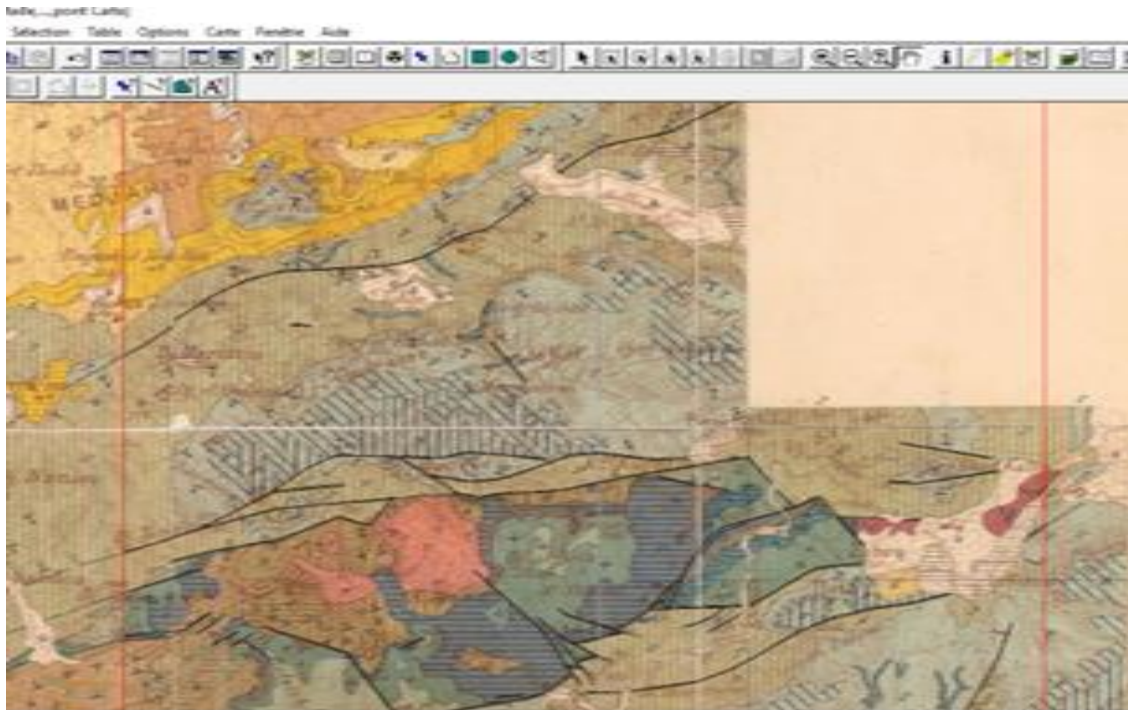


Figure 16: Table « Failles »

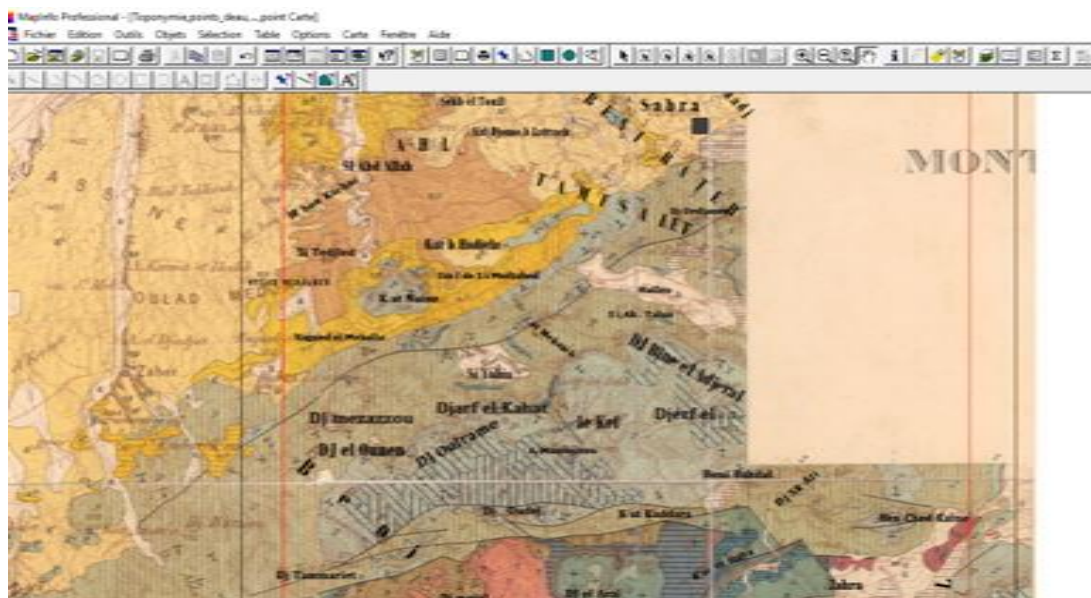


Figure 17 : Table « Toponymie ».

Pour chaque table créée, un tableau de donnée a été remplis, en utilisant le chemin suivant « Fenêtre/ donnée », un tableau s’affiche, contenant les champs nommés lors de la création de la table.

La mise en forme des cartes a été faite sous Surfer. Ce dernier permet une bonne présentation de la carte et il garde une bonne résolution de l’image exportée vers le Word.

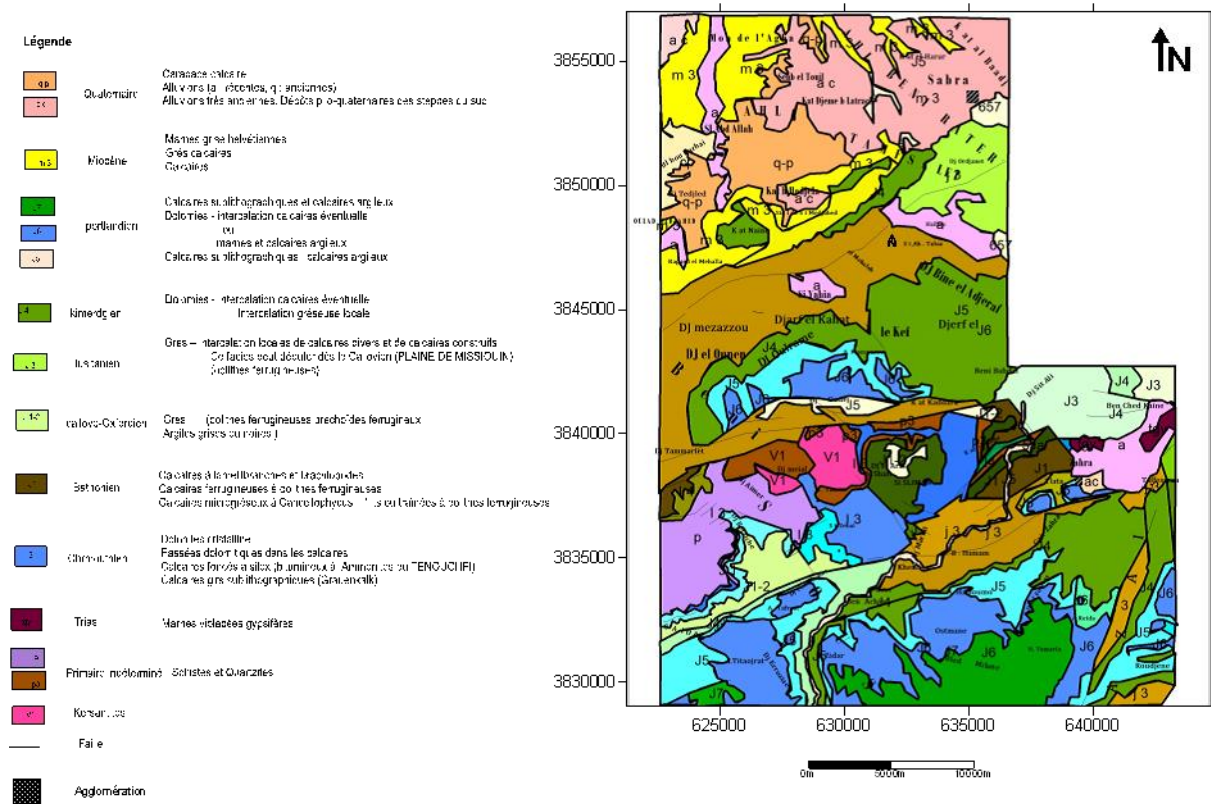


Figure 18: Carte géologique (avec toutes les tables créées) après la mise en forme sous Surfer



## **CHAPITRE 3 : Cadre géo-structurale et hydrogéologique**

## I. Cadre géologique :

Le secteur d'étude se situe dans les Monts de Tlemcen, plusieurs auteurs ont fait auparavant l'objet de recherche géologique détaillée. Ce volet géologie est inspiré des études de G. Lucas 1942, la notice explicative de la carte lithologique de A. Clair et Concaret 1973, Benest et al 1978 et nous a permis de décrire les formations géologiques qui affleurent dans la zone étudiée qui débute du Primaire jusqu'au Quaternaire.

### I-1. Contexte géologique :

Description de la série litho-stratigraphique :

#### I-1-1. Primaire (P, p3) :

Dans le Primaire et le Primaire indéterminé, notre zone d'étude contient les formations schistes et quartzites

#### I-1-2. Secondaire

##### I-1-2-1. Trias (tgy)

Il est à faciès Keuper (argiles plastiques rouges et gypsifères). Il affleure en partie à la faveur de structures diapiriques.

Localement le Trias est essentiellement localisé au nord d'Ain Tellout et dans la région des Beni Bahdel. Il est constitué par des argiles plus ou moins dolomitiques et gypseuses et des marnes bariolées fortement teintées (lie de vin, vertes, violacées), et des cargneules. Il est souvent traversé par des pointements d'ophite d'âge plus récent (jurassique ou crétacé) s'accompagnant d'un léger métamorphisme.

##### I-1-2-2. Jurassique :

#### a- Lias et Dogger (I<sup>2</sup>-Lotharingien, I<sup>3</sup>-Charmoutien, I<sup>4</sup>-Toarcien, I<sup>5</sup>J<sub>iii</sub>, J<sub>iii</sub>-I<sup>5</sup> J<sub>ii</sub><sup>m</sup>, J<sub>iii-ii</sub> Aalenien-Bajocien, J<sup>6</sup>-Bathonien) :

Les formations du Lias et du Dogger n'apparaissent qu'à la faveur de deux horsts : Ghar Roubane et Dj Tenouchfi. Ces formations sont caractérisées par d'importantes variations latérales de faciès.

Le Lias inférieur et moyen correspond à des calcaires massifs de plus de 200m d'épaisseur. Ces calcaires massifs et karstifiés sont connus par les filons de Blende et de galène exploités jadis au pied sud-ouest du Koudiat Er Ressass. Au cours du Lias moyen se dépose d'abord la formation des calcaires à Silex entrecoupés de passées marneuses, ensuite vient une série renfermant plusieurs niveaux à ammonites du Toarcien moyen au Dogger.

Les variations latérales de faciès ont été également observées (Benest et al. 1978) dans le Dogger inférieur de la région du Djebel Tenouchfi et au SO de ce massif en direction de Sidi Aissa (Benest et al.).

**b- Argiles de Saïda : (Callovo-Oxfordien J<sup>1-2</sup>) :**

Elles correspondent à des dépôts argileux et marneux, parfois schisteux à passées gréseuses. La formation peut atteindre 300 m jusqu'à 500 m est attribuée au Callovo-Oxfordien, elle offre parfois une transition assez progressive aux grès de Boumediene.

Localement, elles constituent la base du Jurassique et apparaissent dans la région de Sabra et plus près du Barrage Beni-Bahdel. Elles correspondent à des dépôts argileux et marneux parfois schisteux, à passées gréseuses. Cette formation peut atteindre 300 à 500m d'épaisseur et est attribuée au Callovo-Oxfordien.

**c-Grés de Boumediene : (Lusitanien J<sup>3</sup>)**

Ce sont des grés blancs parfois bruns ferrugineux à la surface, durs avec des intercalations de bancs marneux multicolores. C'est une série épaisse, dont les épaisseurs sont variables pouvant atteindre 500 comportant à son sommet des passages de bancs de calcaires bleus appelés calcaires de Zarifet. Cette formation a été attribuée au Lusitanien par Auclair et Biehler en 1967 et a été replacée dans l'Oxfordien et le Kimméridgien par Benest en 1985.

Dans ma zone d'étude les grés Lusitaniens (J3) ce sont des grés bruns et ferrugineux en surface, de teinte claire dans la masse, en gros bancs séparés par de petits délits argileux ou schisteux. A la partie supérieure de la série s'intercalent des niveaux calcaires biodétritique entrecoupés des marnes multicolores.

Datés par M. Benest et al 1978 à l'**Oxfordien**.

**d-Calcaires de Zarifet (Kimméridgien J<sup>4</sup>) :**

D'âge Kimméridgien, sont bien exposées dans les secteurs de Tlemcen et de Terni. Leur limite inférieure est placée au toit de la dernière assise gréseuse ou argileuse des grés de Boumediène, et à la base du premier banc carbonaté généralement dolomitisé. Leur limite supérieure a été fixée à l'apparition du 1er banc dolomitique des Dolomies de Tlemcen.

Elle ne correspond pas à une coupure synchrone à l'échelle régionale. En effet la dolomitisation montre une extension verticale très variable selon les secteurs.

Dans la partie méridionale des Monts de Tlemcen, elle affecte la quasi-totalité des calcaires de Zarifet qui de ce fait ne peuvent être séparées des Dolomies de Tlemcen. Son développement est tel dans certains cas qu'il n'est plus possible de distinguer entre les trois formations (calcaire de Zarifet, Dolomie de Tlemcen, calcaire de Stah). L'épaisseur de ces calcaires au Col de Zarifet

est de 100m, à Terni 95m, à Dj. Bou Acha 73m, à Sidi Yahia Ben Sefia 85 à 90m, à Nif El Ogab 105 à 110m, à Dj Ed Diss 90m.

#### **e- Dolomies de Tlemcen (Kimméridgien J<sup>4</sup>) :**

Les Dolomies de Tlemcen marquent les Monts de Tlemcen d'un style morphologique bien particulier. L'érosion y a parfois donné naissance à des reliefs très pittoresques à aspect ruinforme avec cheminées (sud de Terni, oued Tessera Mramet rive droite).

La limite inférieure de la formation n'est pratiquement jamais synchronisée sur tout le territoire des Monts de Tlemcen.

En l'absence de données bio-stratigraphiques précises, la limite inférieure a été placée à la base des premiers niveaux dolomitiques riches en laminâtes stromatolitiques. Elle est rarement aussi tranchée qu'au col de Zarifet.

La limite supérieure plus nette en général correspond à la première passée marneuse peu indurée par laquelle débutent les calcaires de Stah.

Les Dolomies de Tlemcen ainsi définies comportent assez souvent des intercalations lenticulaires calcaires.

#### **f-Calcaires de Stah (Kimméridgien J<sup>4</sup>) :**

Elle n'est vraiment différenciable des Dolomies de Tlemcen que lorsqu'elle est épargnée de la dolomitisation. Elle correspond à des calcaires massifs à dominante micritiques pratiquement dépourvues de passées marneuses.

En revanche dans d'autres secteurs cette formation admet des intercalations marneuses.

Localement, le Kimméridgien (J<sup>4</sup>) est un niveau marno-calcaire relativement peu épais (20 à 60m) séparant les deux séries calcaréo-dolomitiques du Kimméridgien inférieur et supérieur. Il est formé de petits bancs calcaires ou calcaréo-marneux gris-bleu à grains fin séparés par de petits lits de marnes feuilletées.

#### **g-Marno-calcaires de Raourai (Portlandien J<sup>5</sup>) :**

Au nord et à Ghar Roubane, dans l'ensemble, les marno-calcaires de Raourai ont une épaisseur assez constante. Dans la région du Kef, Beni Bahdel, Khémis, Sebdou, Terni et Tlemcen les épaisseurs varient de 90 à 150 m.

Dans la partie septentrionale des Monts de Tlemcen se manifestent un enrichissement de calcaire. Celui-ci est perceptible au Bled Gliaa à Ouled Mimoun avec une épaisseur 115m. Le faciès devient plus calcaire à l'Ouest de Tlemcen et plus au Nord avec une diminution de l'épaisseur, 75 m seulement au Dj. Tefatisset à Tlemcen.

Région méridionale des Monts de Tlemcen La formation sous un faciès très marneux devient très épaisse (400m) dans le massif de Raourai et à un degré moindre au Dj. Ouargla (240 m). Et est attribués au **Tithonien** par M. Benest et al 1978.

**h-Les calcaires du Lato (Portlandien J<sup>6</sup>) :**

Avec une épaisseur d'environ 50 m en moyenne. Elle débute au-dessus du dernier niveau marneux des marno-calcaires de Raourai et se termine au sommet de lamines noires formant une vire dans toute la région de Sebdu. Ils sont le plus souvent micritiques. Et est attribués au **Tithonien** par M. Benest et al 1978.

**i.Dolomies de Terni : (Portlandien J<sup>6</sup>) :**

Correspondent à la corniche au-dessus des calcaires du Lato, leur épaisseur est d'environ 50 dans la zone de Sebdu. Dans une grande partie des Monts de Tlemcen, les Dolomies de Terni peu fossilifères montrent un faciès constant. On observe à la base un horizon riche en silex et en stromatolites colonnaires recristallisées.

Sur la bordure méridionale des Monts de Tlemcen et de Daia, ainsi que les hautes plaines Oranaises. Cette formation dolomitique ne peut être séparée des calcaires du Lato également dolomitisés.

Le membre calcaire-dolomitique inférieur (les calcaires de Zarifet, les Dolomies de Tlemcen, les calcaires de Stah) et le membre calcaréo-dolomitique supérieur (les calcaires du Lato, les Dolomies de Terni et une partie des marno-calcaires de Hariga).

Notons que ces formations présentent un changement de faciès latéral, une variation d'épaisseur ainsi qu'une dolomitisation très irrégulière, à travers les Monts de Tlemcen (d'après les travaux de Benest, 1985 ; Collignon, 1986 et Bensaoula, 2006) Et est attribués au **Tithonien** par M. Benest et al 1978.

**j -Les marno-calcaires de Hariga (Portlandien J<sup>7</sup>) :**

La limite de ces marno-calcaires est difficile à déterminer lorsque les premières assises de la formation sont calcaires et entièrement atteintes par la dolomitisation

La limite supérieure est facile à préciser. Elle correspond à la semelle du premier banc gréseux des grès du Merchiche.

La limite de ces marno-calcaires est difficile à déterminer lorsque les premières assises de la formation sont calcaires et entièrement atteintes par la dolomitisation.

Cet ensemble, d'une puissance de 200m, affleure largement dans les Monts de Tlemcen. Et est attribués au **Tithonien** par M. Benest et al 1978.

### **I-1-3. Tertiaire :**

#### **I-1-3-1. Miocène (inférieur, moyen, supérieur) :**

Le Miocène (Helvétien m<sup>3</sup>) repose souvent en transgression et en discordance sur le Cartennien déformé et partiellement érodé. Il est constitué essentiellement par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées dans la masse, devenant ocre par altération. Au sein de cette masse, pouvant atteindre 300 m d'épaisseur dans le bassin de l'oued Isser, s'intercalent de nombreux bancs de grés jaunes plus ou moins épais et plus fréquents au sommet de la série.

La base de l'Helvétien, en particulier dans le bassin de Tafna est marquée par un niveau discontinu de poudingue relativement peu consolidé à ciment argilo-gréseux, bien représenté à 4 km à l'Est de Hammam Boughrara et en limite des affleurements jurassique. En bordure de la Tafna dans la zone d'épanchement des coulées volcaniques intercalées entre deux séries miocènes de Bles Chaaba, la base du Miocène moyen est souvent enrichie sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur par des cendres volcaniques (tufs rhyolitiques) formant une assise de teinte blanche très caractéristique pouvant atteindre 100 m d'épaisseur.

Localement le Miocène moyen peut avoir des faciès différents : calcaires récifaux à Lithothamnium de Sidi Zaher, calcaires marneux lacustres de Terni.

#### **I-1-3-1 Pliocène**

Les alluvions pliocènes : elles se retrouvent à l'Est, l'ensemble du plateau entre Ain Tellout et Sidi Ali Boussidi entre les cotes 600 et 700, dominant la vallée de l'oued Isser de 150 à 280 m. Vers le centre du bassin, dans la vallée moyenne de l'oued Zittoun, elles sont partiellement érodées et passent latéralement aux formations plio-villafranchienne.

### **I-1-4. Plio-Quaternaire et Quaternaire**

#### **I-1-4-1. Plio-Quaternaire :**

Représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables, bien que de natures variables. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes. On y rencontre les faciès suivants :

- Les travertins villafranchiens situés en bordure des Monts de Tlemcen, qui sont représentés par des travertins fortement consolidés et des calcaires lacustres.
- Le complexe de sédiments plio-villafranchiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur très variable mais toujours assez faible.

- Des marnes avec peu ou pas de galets, plus ou moins tufeuses, parfois très épaisses surtout au niveau du bassin de l'oued Mouilah.
- Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers.
- Les limons, sables et graviers récents qui s'étendent entre oued Mehaguène et Chaâbet El Arneb au Nord Est de la frontière algéro-marocaine. Les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres et à leur base se trouvent les galets en lits.
- Quelques lambeaux de basaltes interstratifiés, témoins d'une activité volcanique. Ils sont situés au Nord-ouest de la plaine de Maghnia dans le bassin du Mouilah. (Bouanani, 2004).

#### **I-1-4-2. Quaternaire :**

La bordure des massifs secondaire est souligné par des éboulis de piémont plus ou moins encroûté d'épaisseur assez faible bien développé sur la plaine d'Hennaya recouvrent les formations miocènes.

Les formations Quaternaires et plio-Quaternaire (q-p / a c) dans notre zone étude :

Les alluvions récentes : ces alluvions récentes se retrouvent dans les dépressions souvent peu profonds sillonnant la formation plio-villafranchienne ou les alluvions pliocènes.

Formation plio-villafranchienne : la carapace calcaire, où dominent les croûtes et encroûtements et les calcaires d'origine palustre ou lacustre, plus ou moins enrichie en galets par les poudingues sous-jacents ou les formations grossières de bordure. Cette carapace calcaire forme l'entablement subhorizontal des plateaux avec une faible pente vers le centre du bassin. La formation plio-villafranchienne précédée par une phase d'érosion en nappe mais montrant des chenaux plus ou moins marqués.

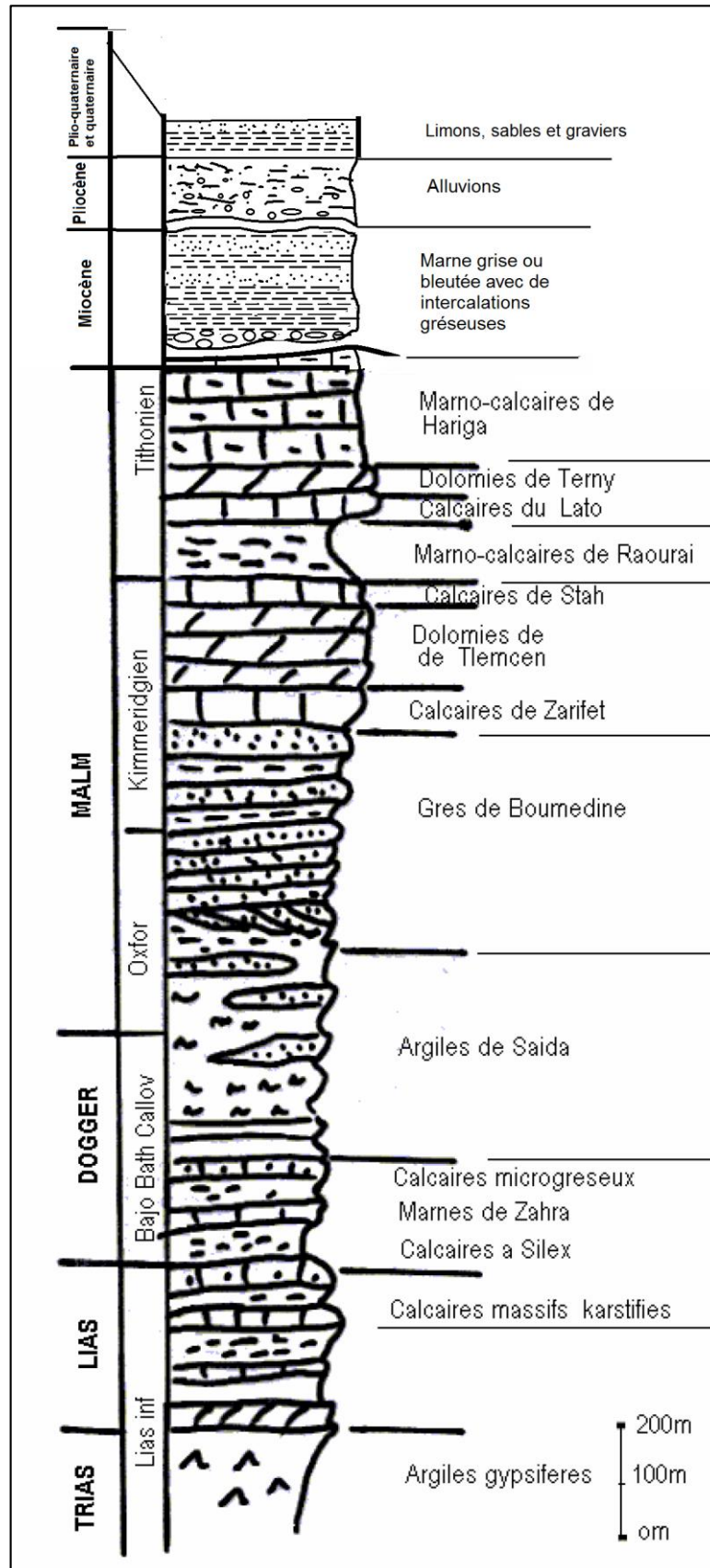



















Figure 19 : Colonne géologique locale de la zone d'étude (d'après Benest et al. 1999) (modifiée).





## Légende

	Quaternaire	Carapace calcaire
		Alluvions (a : récentes, q : anciennes) Alluvions très anciennes. Dépôts plio-quaternaires des steppes du sud
	Miocène	Marnes grise helvétiques Grès calcaires Calcaires
	Portlandien	Calcaires sublithographiques et calcaires argileux Dolomies - intercalation calcaires éventuelle ou
		marnes et calcaires argileux
		Calcaires sublithographiques , calcaires argileux
	Kimerdgien	Dolomies - Intercalation calcaires éventuelle Intercalation gréseuse locale
	Lusitanien	
	Callovo-Oxfordien	Grès (oolithes ferrugineuses bréchoïdes ferrugineux Argiles grises ou noires )
	Bathonien	
	Chrmouthien	Dolomies cristalline Passées dolomitiques dans les calcaires Calcaires foncés à silex (bitumineux à Ammonites ou TENOUCHFI) Calcaires girs sublithographiques (Grauenkalk)
	Trias	Marnes violacées gypsifères
	Primaire indéterminé	Schistes et Quartzites
		
	Kersantites	
	Faille	
	Agglomération	

**I-2. Contexte structurale :**

Les Monts de Tlemcen et de Ghar Roubane constituent la partie occidentale de la bordure septentrionale des hautes plaines oranaises (Elmi, 1970). Ils sont découpés par trois principaux systèmes de failles transversales. Les mouvements horizontaux et effondrements déterminent, au nord des avancées de terrains jurassiques qui dessinent trois éperons en relief en bordure de la dépression de Maghnia-Ben Badis. Le compartiment Ouest étant toujours saillant vers le Nord (Elmi, 1970).

- La transversale de la Tafna avec à l'ouest de Tlemcen l'éperon du Dj Tefatisset. Elle se suit du Dj Tenouchfi au SSW jusqu'à Beni-Mester.

- La transversale d'Oued Chouly à l'ouest de laquelle se trouve l'avancée du massif du Dj Ramlya. Elle se suit depuis le Dj El Arbi au SSW jusqu'à la plaine de Sidi Abdelli au NNE.

- La transversale d'Ain Tellout qui sépare les Monts de Tlemcen et les Monts de Daia.

Le compartiment Ouest est nettement décalé vers le nord. Elle est très nette entre Ain Tellout et Dj Ez Ziait. Elle se poursuit jusqu'au Sud, au Dj Ouargla. Le passage de ces trois accidents est souligné par des montées de Trias. Ces accidents subméridiens découpent les Monts de Tlemcen en panneaux. Le jeu de ces accidents détermine l'orientation actuelle approximativement SW-NE de l'orographie. Ces phénomènes sont à rattacher à l'orogénie atlasique. Ensuite la région fut surtout affectée par des mouvements de surrection différentielle, parfois accompagnés de forts basculements d'assises mio-pliocène et même de coulissage. Les réajustements se sont poursuivis jusqu'au Quaternaire. (F. Bensaoula .2006).

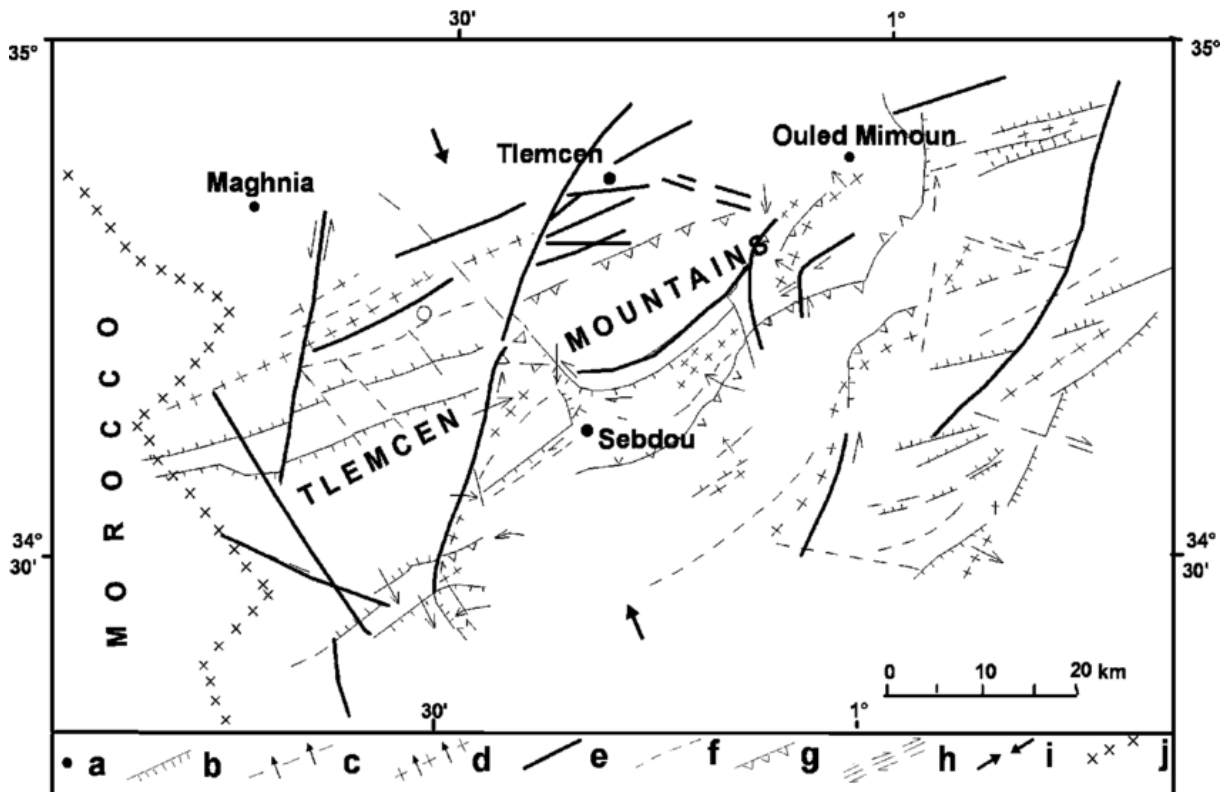


Figure 21: Carte structurale des Monts de Tlemcen ; a : agglomérations ; b : Faille verticale normale; c : Synclinale; d : Anticlinale; e : Faille majeure ; f : Faille mineure; g : Faille inverse; h : Sens de décrochement; i : Direction moyenne de la compression; j : Frontière (Benest 1986).

## II. Contexte hydrogéologique :

Les Monts de Tlemcen sont constitués essentiellement de formations carbonatées du Kimméridgien et du Tithonien formant la plus grande partie des plateaux. Au nord et au sud, ces formations sont masquées par une sédimentation néogène épaisse représentée par des marnes miocènes et des dépôts continentaux de l'Eocène moyen et supérieur. Les aquifères qui y sont contenus constituent la principale ressource en eau de la région. Les contacts entre le Jurassique et le Néogène se font particulièrement par faille dans les limites nord et jalonné par plusieurs sources.

Les Monts de Tlemcen font partie, presque en totalité, du bassin versant de la Tafna. En effet, le chevelu hydrographique les drainant constitue la partie amont du bassin de la Tafna. Il faut signaler que une partie des versants sud est drainée vers la Daiet El Ferd (dépression fermée des piémonts méridionaux), la partie orientale est, par contre, drainée par oued Lamtar qui fait partie du bassin de la Mekerra.

L'allure du tracé du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps tertiaires et quaternaires.

L’empreinte de la structure et surtout de la néotectonique a été déterminante pour le tracé du réseau hydrographique et le découpage de la région en Horst et Grabens (Remaoun, 1996).

La partie centrale des Monts de Tlemcen est drainée par l’oued Sikkak qui prend naissance sur le plateau de Terni par l’Oued Ennachef. Il récupère à la sortie du fossé de Tlemcen les quelques affluents qui drainent les reliefs voisins et se jette dans le cours principal de la Tafna avec l’Oued Zitoun et Oued el Atchane qui sont des affluents de rive gauche. La partie orientale des Monts de Tlemcen est d’abord drainée par Oued Lakhdar ex Oued Chouly qui prend sa source dans les massif des bordures Sud et Est du plateau de Terni, ensuite il se jette dans l’oued Isser au niveau de sa rive gauche en entaillant le plateau des Abdellys. (Doctorat de Bensaoula 2006)

Dans les travaux de Bensaoula, les niveaux les plus intéressants sont les Dolomies de Tlemcen au sens large. Elles présentent une forte perméabilité due à la forte fissuration voire karstification. Ceci a déjà été mis en évidence dès 1880 lors des premiers travaux de terrassement du barrage du Meffrouch où l’on vit la première crue de septembre s’engouffrer et disparaître dans les fouilles ouvertes du barrage. Le projet fût abandonné et ne put être repris qu’en 1946 (Gevin, 1952 et 1987). Des observations analogues ont été faites lors des travaux de réalisation du barrage des Beni Bahdel (Gautier, 1946).

Dans ce chapitre nous proposons d’identifier les principales formations aquifères de la zone d’étude qui présentent un grand intérêt hydrogéologique. En se basant sur la synthèse géologique locale du chapitre précédant.

Nous nous sommes basés sur le travail de Hayane, 1983 pour représenter les formations aquifères des monts de Tlemcen qui nous permet de présenter ces formations à intérêts hydrogéologiques du secteur étudié.

## **II-1. Aquifères fortement karstique :**

### **II-1-1. Le Lias et le Dogger**

Ces formations correspondent à des calcaires massifs et karstifiés constituent un aquifère fissuré parfois karstique d’un potentiel hydrique important.

### **II-1-2. Dolomies de Tlemcen:**

Avec à leur base les calcaires de Zarifet et à leur sommet les calcaires de Stah, occupant la plus grande partie des massifs, ces roches sont diaclasés et intensivement karstifiées, les nombreux sources qui émergent de ce niveau témoigne de son intérêt hydrogéologique, (Hayane, 1983)

**II-1-3. Dolomies de Terni:**

Sont moins karstifiées que les dolomies de Tlemcen plus micritique, à leur base les calcaires de Lato, présente de nombreux passés stromatolithiques qui doivent faciliter les phénomènes de dissolution, sont plus homogènes que les dolomies de Tlemcen (Hayane, 1983)

**II-1-4. Formations plio-quatrenaires :**

Les formations plio-villafranchiennes sont représentées par les travertins fortement consolidés et fortement karstifiés, en bordure des Monts de Tlemcen, d'extension très limités ne peuvent pas constituer des niveaux aquifères exploitables.

**II-2. Aquifères poreux et fissurés :****II-2-1. Grès du Serravalien (Miocène Moyen) :**

Ces grès se sont avérés très fissurés rarement karstifiés.

**II-2-2. Grès du Tortonien (Miocène Supérieur) :**

Admettant une perméabilité de fissures et d'interstices. (Hayane, 1983)

**II-2-3. Formations Plio-quatrenaires et Quaternaires :**

Les formations du Plio-quatenaire sont représenté par des sédiments continentaux de natures variables sous forme de très haute terrasse au-dessus des rivières actuelle ou d'éboulis de piémont plus ou moins encroutés. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes d'épaisseur faible ; constituant ainsi des aquifères à extension très limités recouvrant les formations miocènes.

Les formations du Quaternaire, représenté par des alluvions, se situent généralement dans les lits d'oueds, ce qui leur permet de constituer parfois et localement des lentilles de nature grossière d'être assez aquifère, de faible extension, et à exploitation agricole limitée.

**II-3. Aquifères moyennement poreux parfois fissure :****II-3-1. Grés de Boumediene :**

Ces grès sont peu poreux, cela justifie que la perméabilité d'interstices est faible, Cependant les bancs marneux intercalés dans les niveaux gréseux permettent à l'ensemble de jouer un rôle d'écran étanche qui sert à maintenir le niveau aquifère du Jurassique supérieur (dolomies de Tlemcen et calcaires associés), c'est cette formation qui délimite le bassin hydrogéologique (Hayane, 1983).

**II-4. Formation non aquifères**

Lorsqu'on parle des formations géologiques imperméables, il n'existe pas de formation parfaitement imperméable mais des formations dont la perméabilité est très faible.

**II-4-1. Le Primaire** : cette formation constitue un substratum imperméable.

**II-4-2. Trias** : ces formations de nature imperméables

**II-4-3. Argile de Saida (Callovo-Oxfordienne J1-2)** : formation imperméable

**II-4-4. Marno-calcaires de Raouraï :**

Elles sont relativement imperméables, les niveaux calcaires peuvent admettre une certaine perméabilité horizontale en particulier dans les niveaux supérieurs altérés. Mais l'ensemble de la série est étanche dans le sens vertical.

**II-4-5. Marno-calcaire de Hariga (Portlandien J7)** : formation imperméable

**II-4-6. Marnes du Miocène Inférieur :**

C'est une série marneuse imperméable dans la majeure partie du bassin miocène, localement cependant les niveaux grossiers de base peuvent, par leur impluvium ou en jouant le rôle d'un drain (Clair et Concaret, 1973).

**II-4-7. Marnes du Serravalien (Miocène Moyen) :**

C'est une série marneuse imperméable qui peut contenir un peu ou beaucoup d'eau dans ses intercalations gréseuses.

**II-4-8. Formations Quaternaires :**

Des dépôts continentaux occupant les fonds d'oued, constituant une succession de lambeaux de terrasses et de glacis de pentes (Soltanien) de nature le plus souvent limono-argileuses imperméables, de faible extension et d'épaisseur.

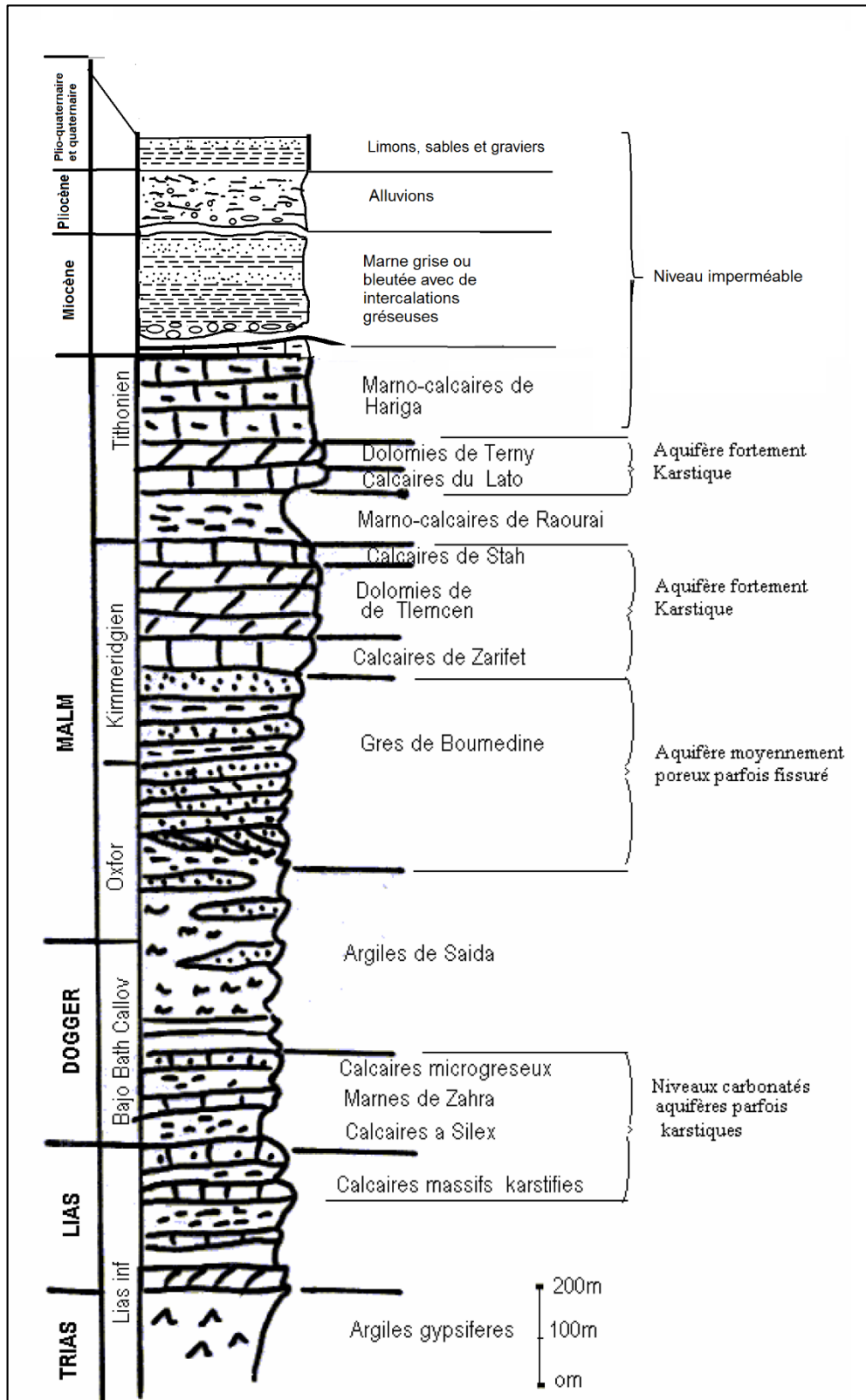


Figure 22: Colonne hydrogéologique de la zone d'étude



**PARTIE II : ETUDE QUALITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES DE  
LA REGION DE SABRA ET DE BÉNI SNOUS**

L'analyse hydrochimique a une grande importance dans une étude hydrogéologique vue qu'elle nous permet de déterminer la répartition qualitative et quantitative des différents éléments chimiques majeurs dissous dans l'eau et leurs relations avec la géologie des réservoirs, d'avoir une idée sur la qualité des eaux de la région, et d'apprécier les différents paramètres ayant une influence sur l'évolution chimiques des eaux et leur potabilité.

La qualité de l'eau d'alimentation doit impérativement être conforme aux normes de potabilité, principalement aux niveaux bactériologiques et physico-chimiques.

### **I. Définitions**

Qu'est-ce qu'une norme : La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser, ou une limite inférieure à respecter. CMA est Concentration maximale admissible (maximale autorisée pour un élément) (Aubril Carhon L, 2013). Les normes de l'eau diffèrent selon les pays car elles dépendent de plusieurs facteurs. Cependant, l'OMS, en publiant ses directives de qualité pour l'eau de boisson, laisse aux autorités compétentes des pays le soin d'établir des normes nationales en fonction des facteurs environnementaux économique, socioculturel et écologique. Mise à part les normes internationales de l'OMS qui sont prise en considération par de multiple pays, ils existent également des normes de potabilité de l'eau pour l'union européenne qui sont également utilisées.

#### **I-1. La norme algérienne pour l'eau potable :**

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualités très stricts fixés par les responsables de la santé. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur et selon le degré de développement des pays, c'est pour cette raison que les normes des pays développés (les états unis, canada, l'union européen etc.) sont plus sévère on comparaison avec les pays en voie de développement (Algérie, Egypte, Tunisie etc.), où les moyens techniques de traitement des eaux sont moins disponible. En Algérie, l'article 10 du 26 juillet 2000 fixe la norme algérienne pour l'eau potable (Tab 14.). Art.10. l'état assure une surveillance des différentes composantes de l'environnement. Sur cette base, l'Algérie a établi des normes de potabilité pour l'eau de boisson définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n°51/00) relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation émanant du ministère du commerce. Ces normes ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 4 catégories: les paramètres organoleptiques, les paramètres physico chimiques, les substances indésirables et les substances toxiques.

### **I-2. Les indicateurs de qualité :**

La qualité de l'eau est caractérisée du point de vue physico-chimique, biologique, au sein des programmes humanitaires le terme de qualité se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation. L'étude du chimisme des eaux permet d'identifier les faciès chimiques des eaux, leur qualité de potabilité, ainsi que leur aptitude à l'irrigation. Elle permet de suivre aussi l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et d'estimer leur origine en les corrélant avec la géologie et la piézométrie (Bahir et al, 2003), On note bien que l'hétérogénéité lithologique de l'aquifère joue un rôle très important, sans doute, sur les variations des caractéristiques chimiques de ces eaux.

Les moyens pour estimer la qualité des eaux sont les suivants :

Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres bactériologiques, et l'enquête sanitaire

Pour la caractérisation du milieu des eaux souterraines, les indicateurs sont les suivants :

- pH
- La conductivité
- Les Cations, Anions et les éléments en traces

Pour l'aptitude en vue de caractériser à l'irrigation, il y a :

- La conductivité
- Les cations.

## **II. Présentation des données :**

### **II-1. Moyens et méthodologie :**

Cette partie de notre étude est basée sur l'interprétation des analyses chimiques effectuée par le laboratoire d'analyse ADE (Algérienne des eaux) de la wilaya de Tlemcen. Les prélèvements ont été effectués au niveau des forages et sources répartis sur les communes de Sabra et de Béni snous (Figure.). Pour mieux appréhender et atteindre notre objectif sur le suivi qualitatif, les séries temporelles ont été choisies ; la première est datée de 2009 à 2020 sur 5 forages (forage Ain Baida 1, forage Ain Baida 2, forage Sabra 2, forage Sabra 3 et forage Oued Zittoun) et une source (source Ain Sabra) pour la région de Sabra, la seconde est en 2011 à 2020 elle concerne 3 forages (forage Fahs 1, forage Fahs 2 et forage Fahs 3) et 2 sources (source Ain Ghebali et source Reha).

Les analyses physico-chimiques sont pour les éléments majeurs : les cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) et des anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), le pH, température, la conductivité et la turbidité.

Ces analyses présentent un manque de deux éléments ; l'élément de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et celui du potassium (K) au niveau des cations, il s'avère donc que l'étude de faciès chimique est impossible. Pour la validation, nous avons utilisé le rapport de la conductivité, (CE/100) (Appelo et Postma, 2005), elle peut donner une bonne estimation de la qualité de l'analyse. Après une étude qualitative a été établie ; en comparant les teneurs des anions et des cations avec les normes algériennes. Vu l'impossibilité de calculer les indices d'irrigation (tel que le SAR, le Kelly's Ratio (KR)), nous avons utilisé la CE, et la salinité pour évaluer l'aptitude à l'irrigation.

Les différents histogrammes représentent l'évolution spatio-temporelle des éléments chimiques des eaux souterraine de la commune de Sabra (2009 à 2020) et la commune de Béni Snous (2011 à 2020).

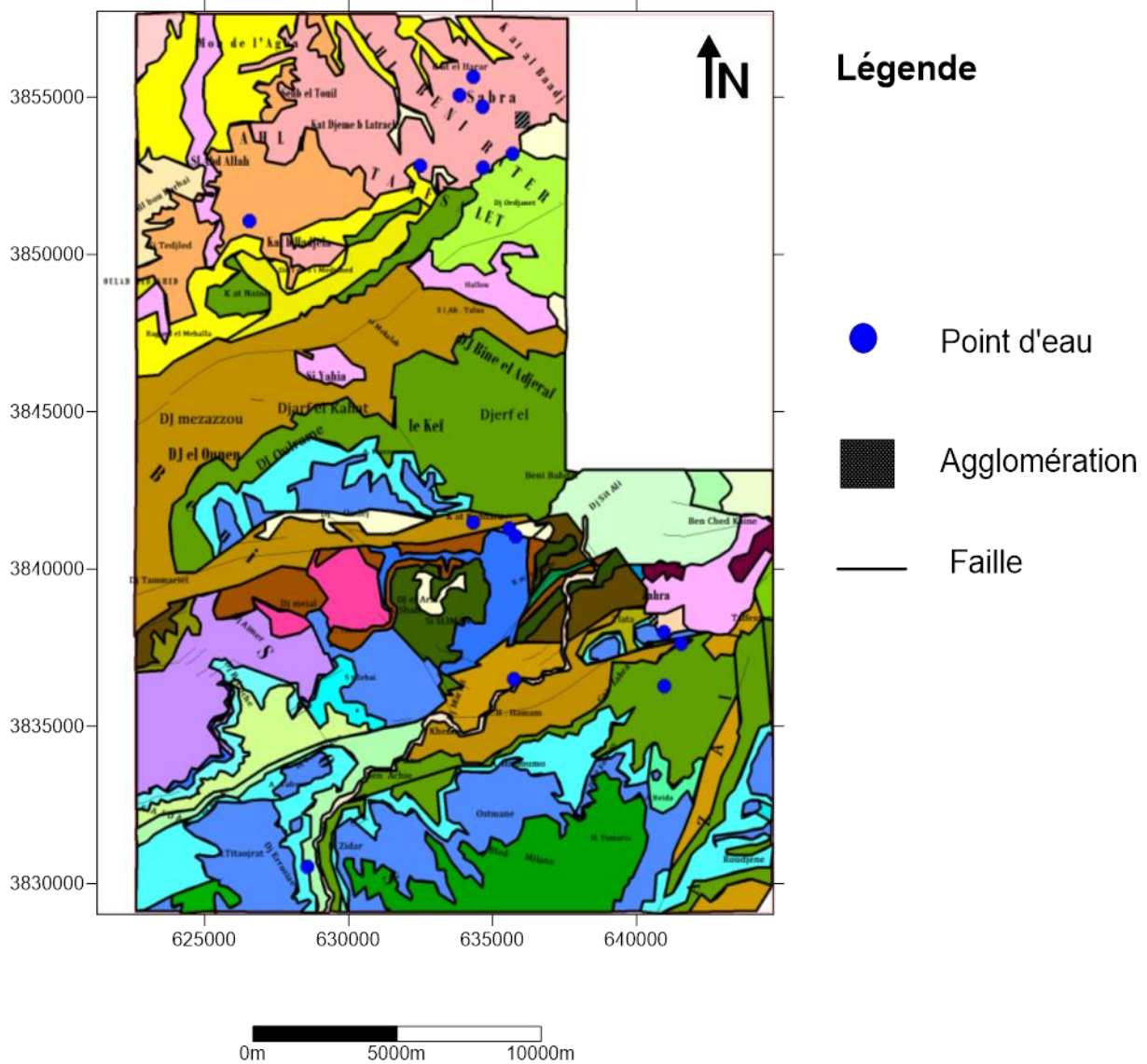


Figure 23 : carte hydrogéologique de la zone d'étude

### II-2 Vérification des analyses physico-chimiques :

La vérification de la fiabilité de l'analyse a été vérifiée en utilisant la méthode du rapport de conductivité. Cette méthode étant la seule dont nous pouvons utiliser pour vérifier la pertinence des analyses et éliminer les mauvaises analyses pour une bonne évaluation du traitement. Elle consiste à effectuer le rapport de la Conductivité Electrique (CE) par 100, selon les résultats on peut en déduire de l'état des analyses :

- Cond/100 égale à la somme des anions ou à la somme des cations= Bonne analyse
- Cond/100 < à la somme des anions ou à la somme des cations nous avons une surestimation des concentrations des éléments majeurs.

Les données physicochimiques sont étudiées dans les graphes permettant de mieux apprécier la fiabilité des analyses pour toute utilisation. Cette méthode est appliquée pour les deux régions étudiées (Sabra 2009/2020) (Béni Snous 2011/2020).

Pour valider les analyses et la réalisation des graphes, on procède par :

- La présentation du rapport CE/100 sur l'axe des Y en fonction de la somme des anions (vu qu'il y a un manque dans les cations) sur l'axe des X, cela nous permet de visualiser la dispersion du nuage de points au tour de la droite CE=Σanions
- La réalisation des droites  $(CE/100 = (\sum r^-) + 1.5)$  et  $(CE/100 = (\sum r^-) - 1.5)$ , ces deux droites comportes en ordonné le rapport CE/100 et en abscisse la somme des anions  $\pm 1.5$ .
- L'obtention de l'intervalle où le rapport CE/100 et la somme des anions sont bien corrélés ce qui signifie que l'analyse est bonne, en dehors de ces deux droites, les analyses sont inacceptables pour sabra :( F.Ain .Baida (2009.2019)- F.O.Zittoune(2010)-F.Ain.Baida (2010.2011.2016.2017.2018.2019) F.Sabra 2 (2011)-F.Sabra 3 (2010.2012) – S .Sabra 1 (2015.2010.2009.2016).

Pour Béni Snous : F.Fahs 3 (2012.2020)-F.Fahs (2012) –S.Ain .Ghballi (2011).

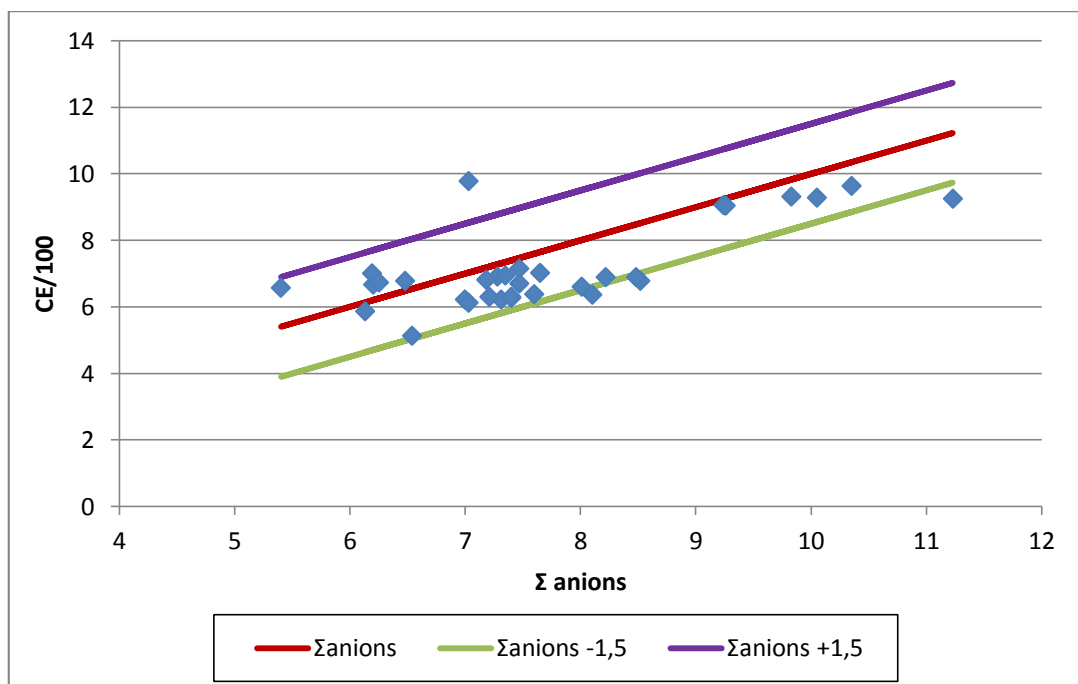


Figure 24 : Validation des analyses : CE/100 en fonction de la somme des anions (de la région de Béni Snous).

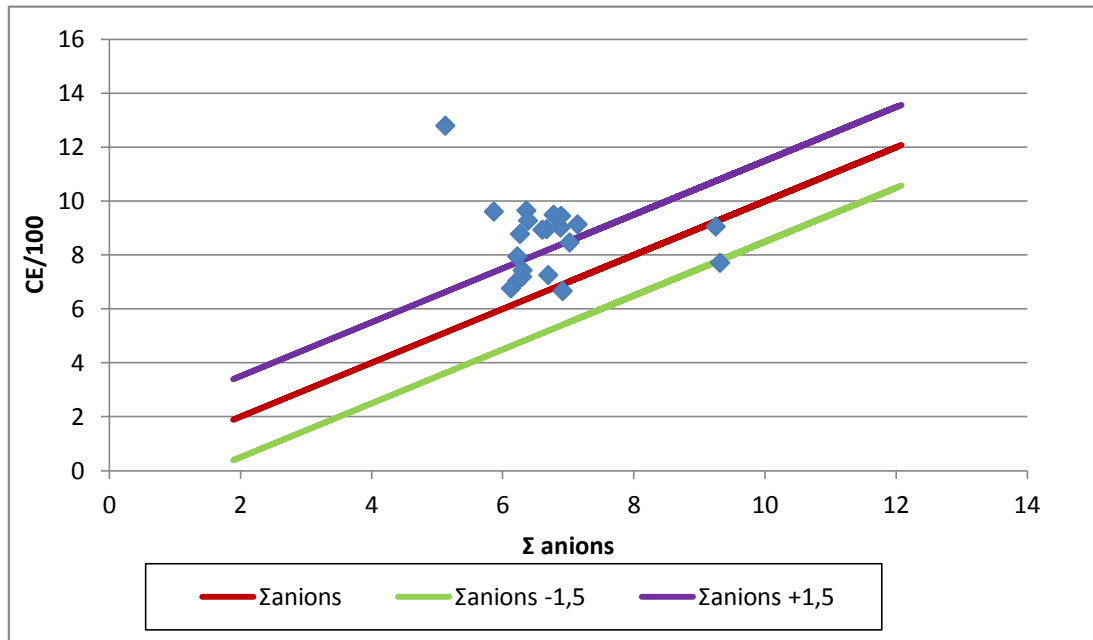


Figure 25 : Validation des analyses : CE/100 en fonction de la somme des anions (de la région de Sabra).

### III- Paramètres physiques des eaux souterraines :

#### III-1. Potentiel d'hydrogène pH :

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions  $H^+$ , les valeurs du pH dans la région d'étude varie de 7 à 8, ils sont dans la norme de potabilité.

Tableau 1 : Classification des eaux d'après leur pH. (RéFEA, 2013).

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

D'après l'histogramme, les valeurs du pH des eaux dans notre zone d'étude sont égales ou légèrement supérieures à 6 avec un maximum de 8,3 observé à source Ain Sabra (2009) et 7,73 au forage Fahs 2 (2011) à Béni Snous, les valeurs minimum sont égales à 6,32 à source Ain Sabra (2019) et 6,81 Fahs 1 (2019). Les valeurs sont inférieures par rapport aux normes.

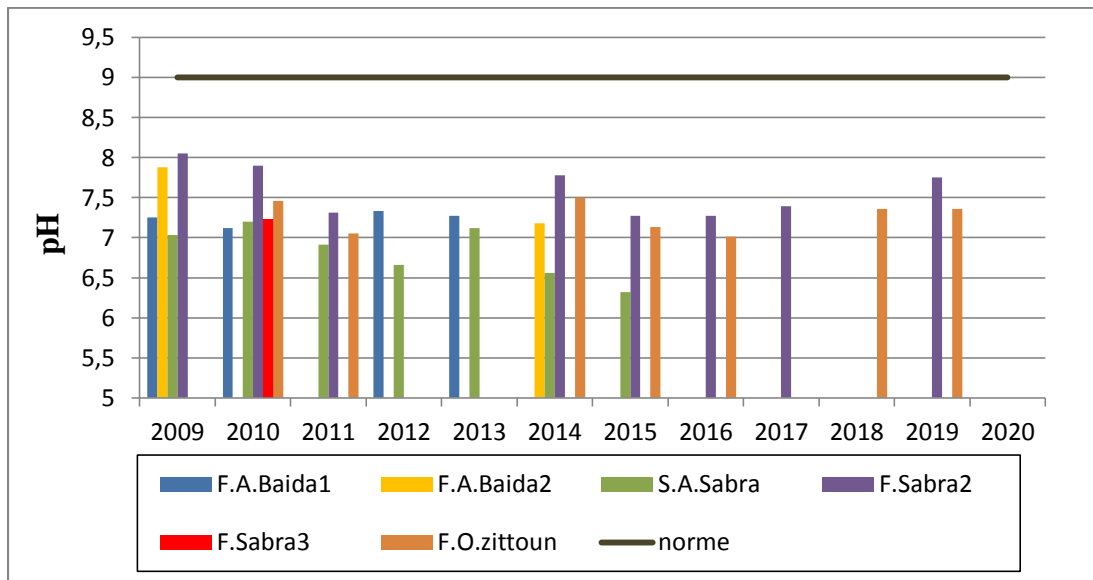


Figure 26 : Variation spatio-temporelle du pH de la région de Sabra.

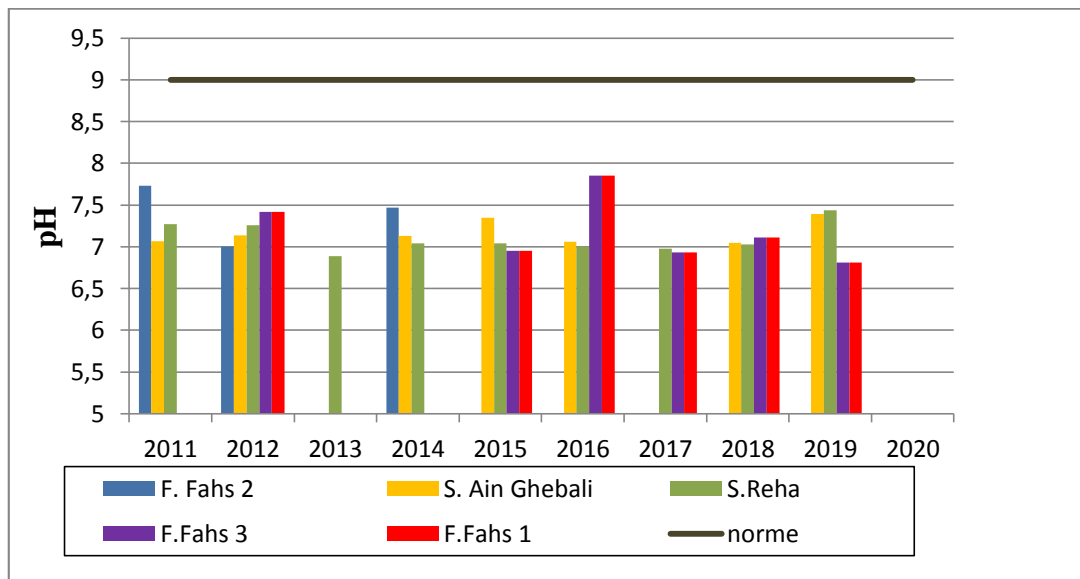


Figure 27 : Variation spatio-temporelle du pH de la région de Béni Snous.

### III-2. Conductivité électrique C.E :

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre 2 électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique. [lozere.fr - Analyses Physico-chimiques des eaux].



## Partie II : Etude qualitative des eaux souterraines de la région de Sabra et de Béni Snous

D'après l'histogramme, La valeur la plus faible égale 668  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en 2016 à forage Ain Baida 2 et 512  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en 2011 à forage Fahs 2.

Le maximum de la conductivité est enregistré en 2009 elle est de 1280  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au niveau de forage Ain Baida 1 et 978  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en 2020 à forage Fahs 3. Les valeurs sont inférieures par rapport aux normes.

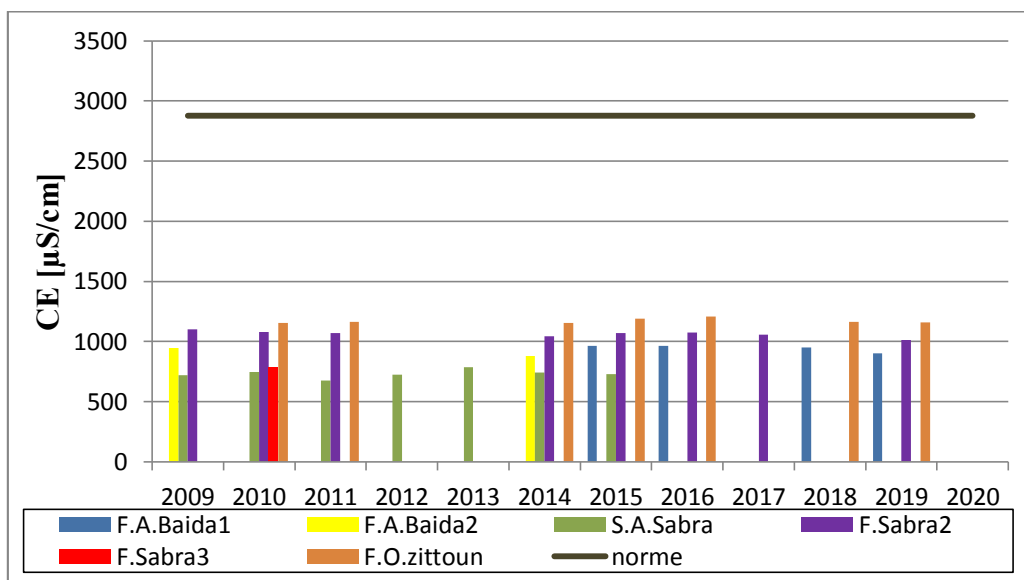


Figure 28 : Variation spatio- temporelle de la conductivité de la région de Sabra.

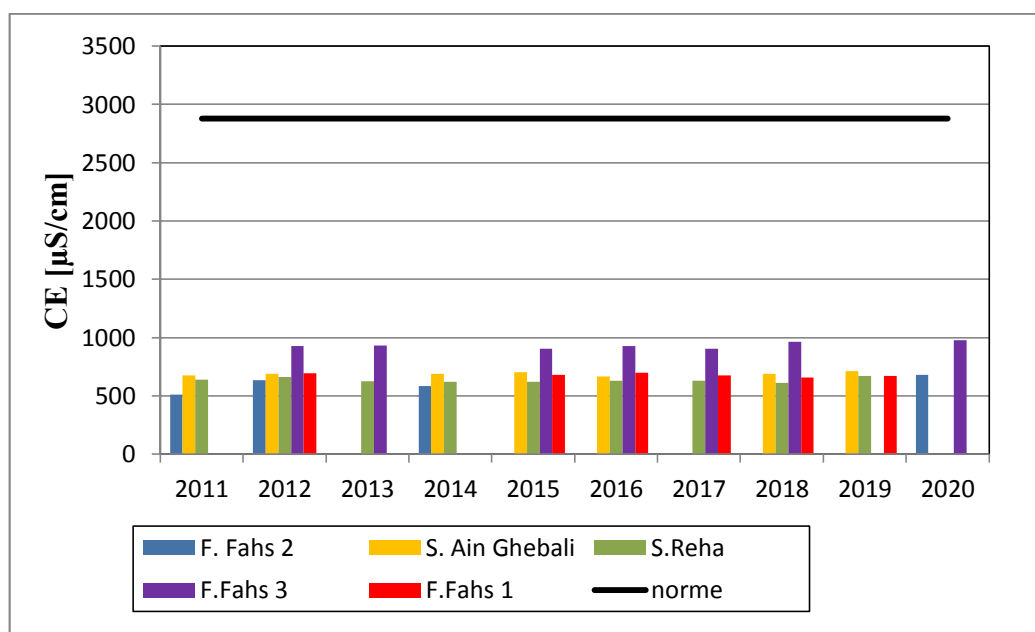


Figure 29 : Variation spatio- temporelle de la conductivité de la région de Béni Snous.

#### IV- Qualité des eaux souterraines de la région de Sabra, et Béni Snous

##### IV -1. Potabilité

L'eau potable doit satisfaire en quantité et en qualité chimique suffisante comprises entre le seuil de tolérance, et une qualité microbiologique suffisante. Si un des éléments dépasse la concentration admissible, l'eau peut être considéré comme impropre à la consommation humaine. Dans cette partie nous allons comparer les concentrations des ions majeurs, des indicateurs de pollution (chimiques et biologiques) aux normes algériennes (JORA 2014).

##### IV-1-1. Ions majeurs :

##### IV-1-1-1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

La présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau indique, soit une dissolution des formations carbonatées, calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomie [ $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ ], ou bien la dissolution des formations évaporatiques, gypse [ $\text{CaSO}_4, 2(\text{H}_2\text{O})$ ] et anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ).

D'après l'histogramme de la figure 34, la valeur maximale est égale à 204 mg/L en 2012 au forage de Sabra 2, cette valeur dépasse légèrement la norme. Le même forage enregistre la plus faible valeur : 28 mg/L en 2010, ces teneurs montrent une importante variation temporelle.

Dans la figure 35, on remarque que les teneurs de  $\text{Ca}^{2+}$  sont inférieures normes et varient entre 80 mg/L en 2020 et 180 mg/L en 2015 dans le forage Fahs 3.

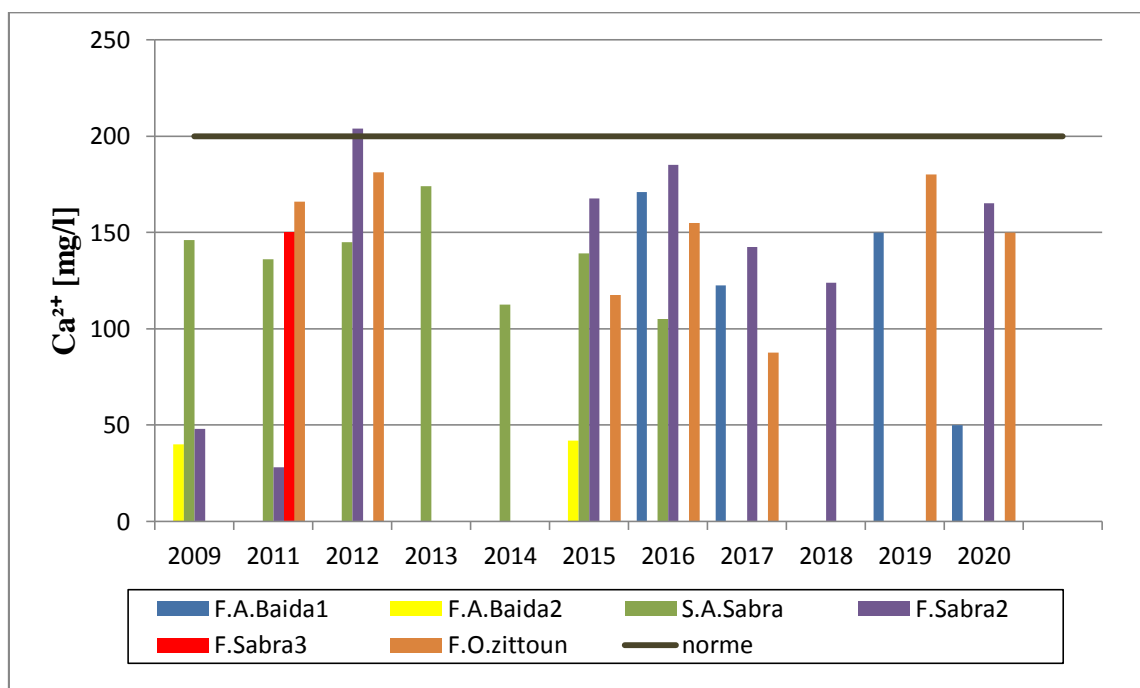


Figure 30 : Variation spatio- temporelle de  $\text{Ca}^{2+}$  des eaux souterraines de la région de Sabra.

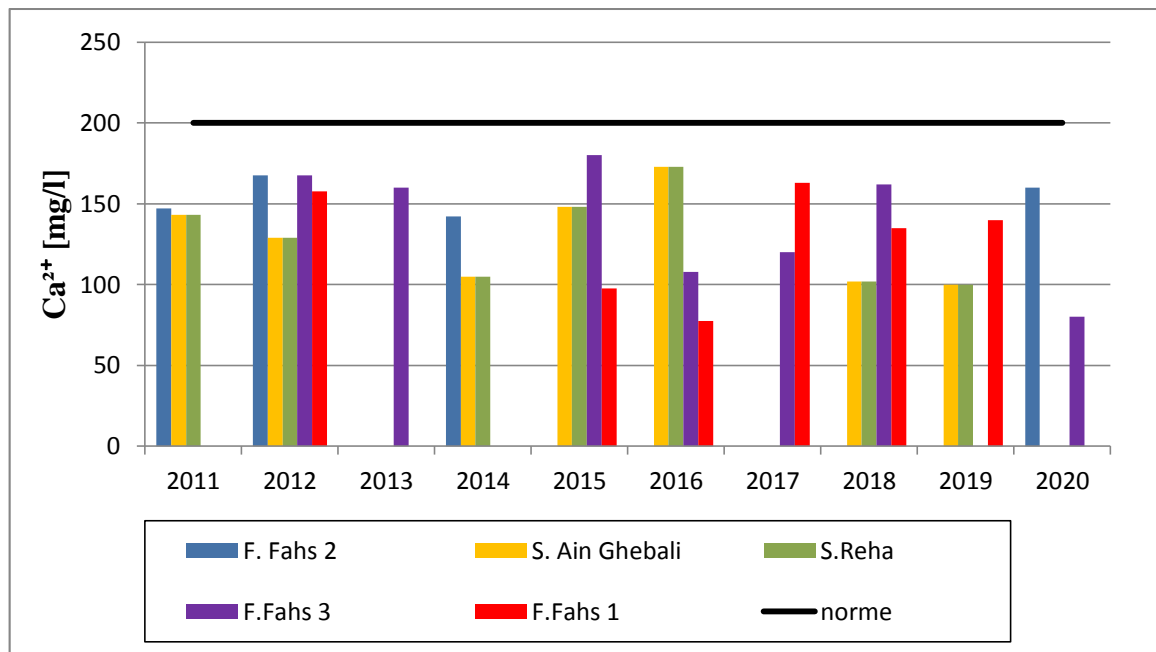


Figure 31 : Variation spatio- temporelle de la teneur du Ca<sup>2+</sup> des eaux souterraines de la région de Béni Snous.

#### IV-1-1-2. Chlorure (Cl<sup>-</sup>) :

D'après l'histogramme (figure 36), dans la région de Sabra la valeur maximale est 248,59 mg/L au forage Sabra 2 en 2009 et la plus faible égale 23,94 mg/L, est enregistré au niveau de source Ain Sabra en 2014.

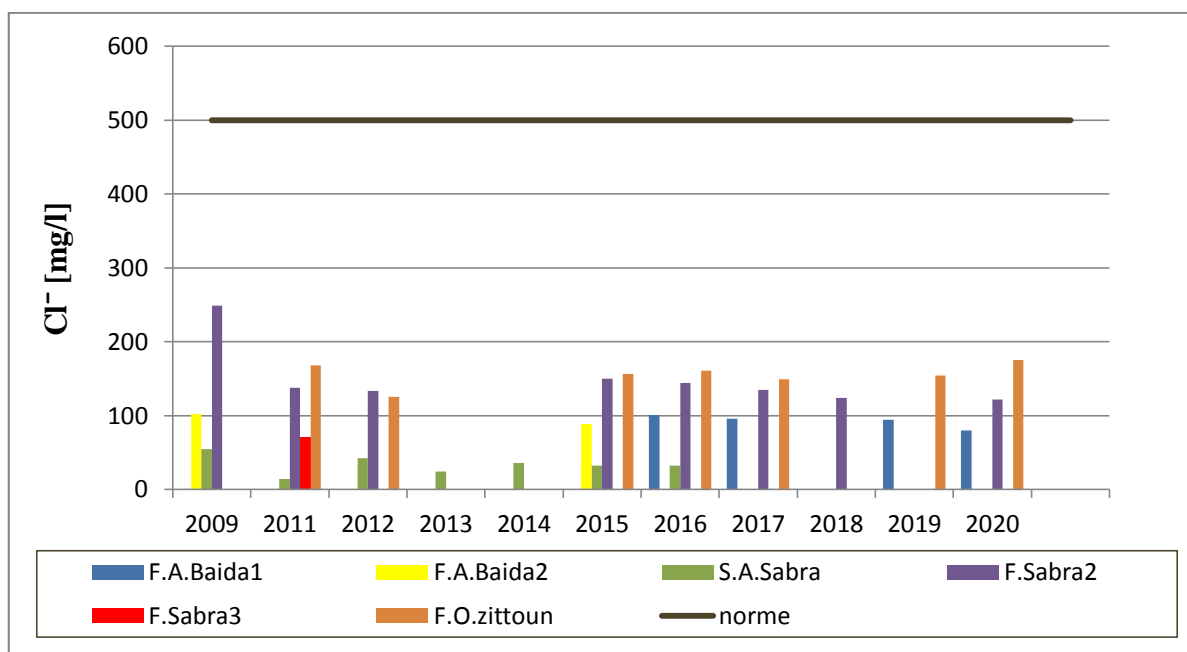


Figure 32 : Variation spatio- temporelle du Cl<sup>-</sup> dans la région de Sabra.

Les valeurs des teneurs en chlorures des eaux de la commune de Béni Snous sont relativement basses pour la plus parts des points d'eau. La teneur maximale est enregistrée au niveau du forage Fahs 3 en 2020 avec une valeur de 92,52 mg/L mais en 2012 les teneurs en chlorures présentent dans le même forage un minimum de 19,3 mg/L. Toutes ces valeurs restent inférieurs par apport aux normes de potabilité.

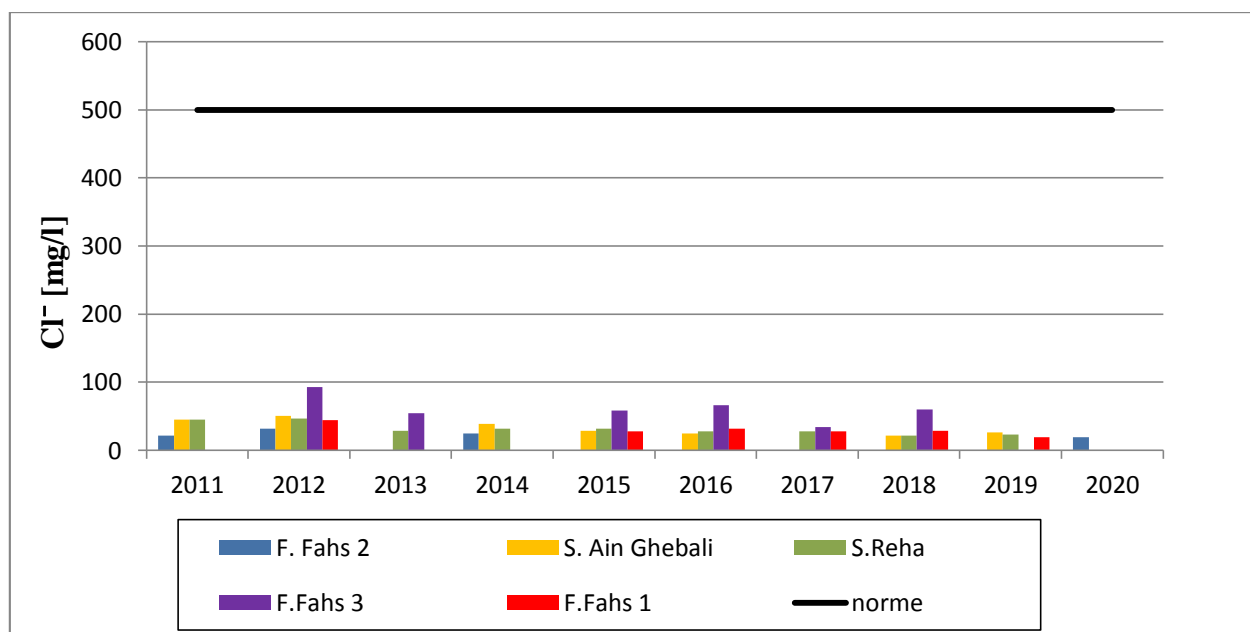


Figure 33: Variation spatio- temporelle du Cl<sup>-</sup> dans la région de Béni Snous.

IV-1-1-3. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :

La variation spatio-temporelle des teneurs en sulfates (figure 38 et 39) montre qu'elles sont relativement faibles dans les eaux de notre zone d'étude.

Pour les années 2016 et 2017 un minimum enregistré est de 8 mg/L et 9 mg/L sur la source Reha et Source Ain Sabra, et un maximum de 41 mg/L et 80 mg/L sur le forage Fahs 3 et le forage Oued Zittoun. Les valeurs sont inférieures par rapport aux normes.

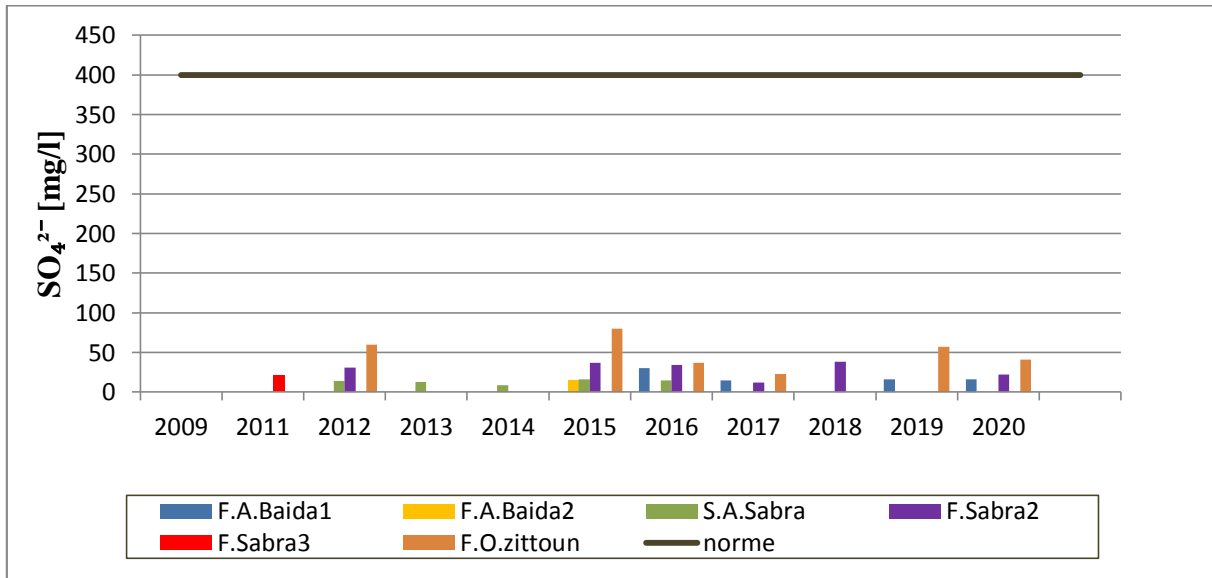


Figure 34: Variation spatio- temporelle du  $\text{SO}_4^{2-}$  dans la région de Sabra.

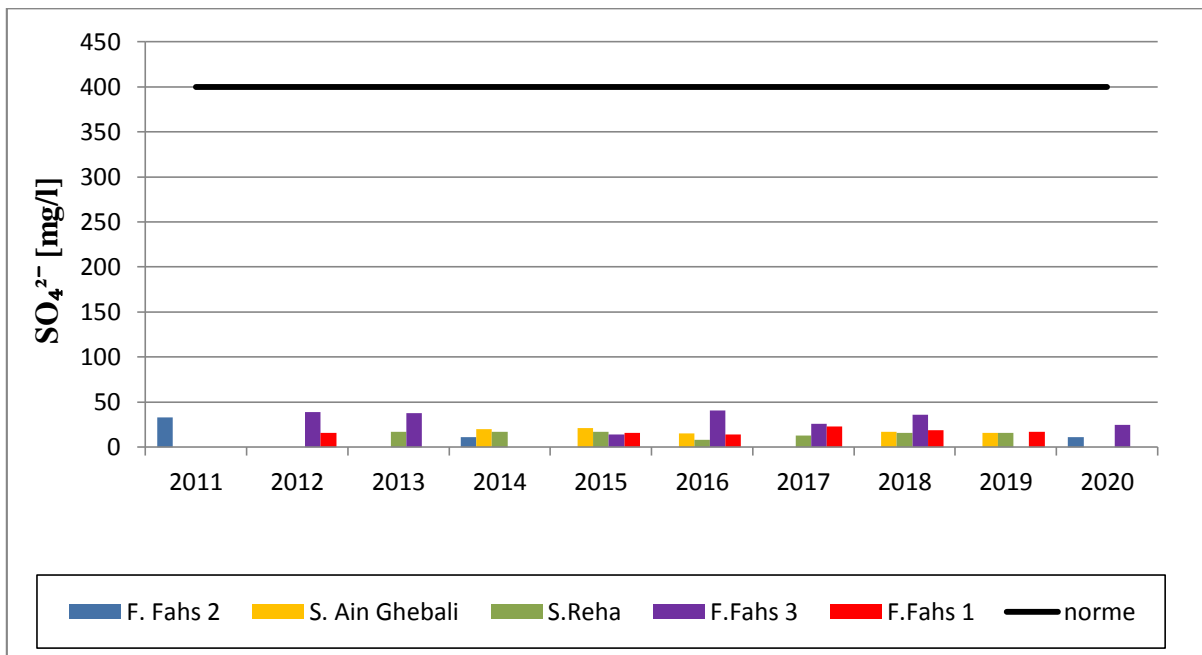


Figure 35 : Variation spatio- temporelle du  $\text{SO}_4^{2-}$  dans la région de Béni Snous.

**IV-1-1-4. Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) :**

Les histogrammes (figures 40, 41) montrent que les maximums sont de 86.4 mg/L et 79.8 mg/L enregistrés en 2010 et 2015 sur les forages Sabra et Fahs3 et les minimums sont de 36mg/L et 24 mg/L le forage Sabra 3 et la source Reha. Les valeurs sont inférieures par rapport aux normes de l'OMS.

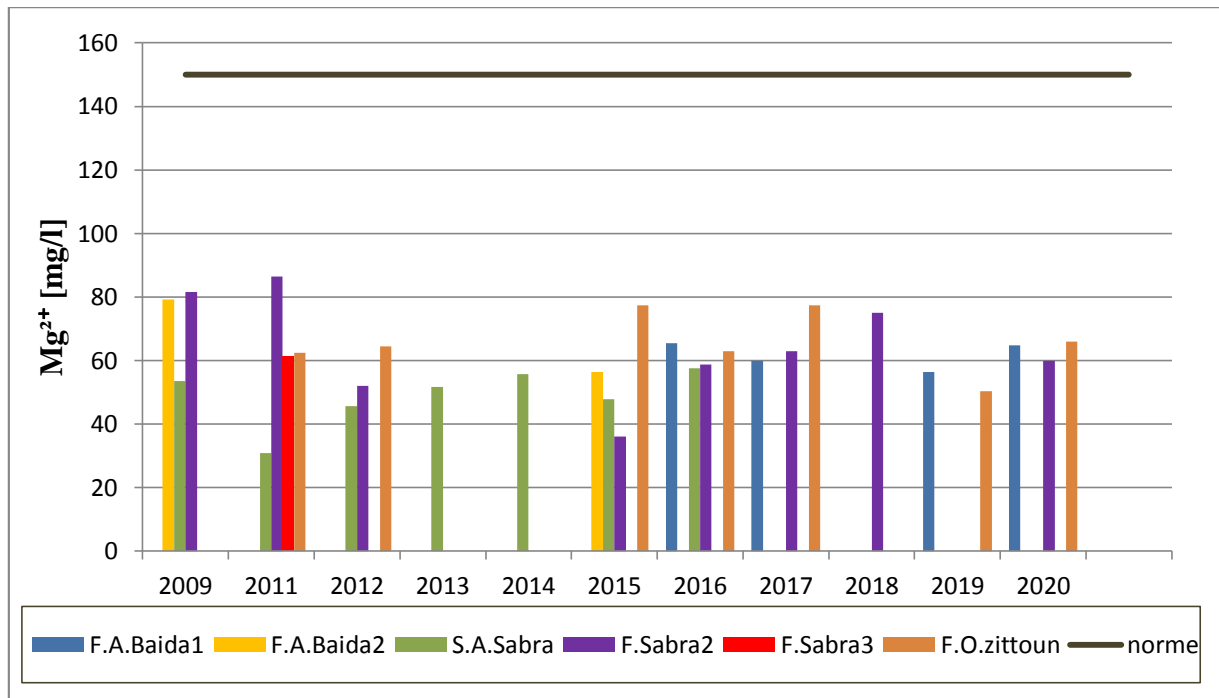


Figure 36: Variation spatio- temporelle du Mg<sup>2+</sup> dans la région de Sabra.

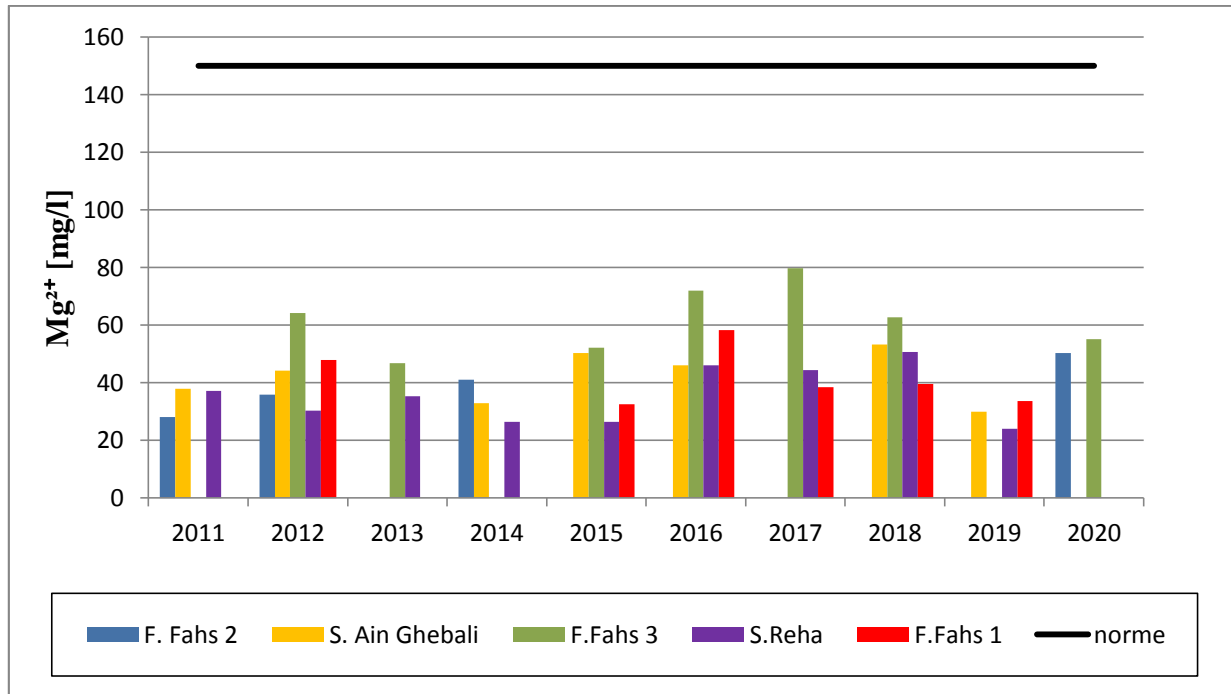


Figure 37: Variation spatio- temporelle de la  $Mg^{+ 2}$  de Béni Snous.

#### IV-1-2. Paramètres indicateurs de pollution :

Une eau ne doit pas renfermer d'organismes pathogènes. Afin d'évaluer la contamination des eaux, le résultat des analyses réalisées a montré deux sources de pollution tant sur le plan chimique que bactériologique, nous avons :

##### IV-1-2-1. Contaminants chimiques :

###### a. Nitrate ( $NO_3^-$ ) :

Le nitrate ( $NO_3^-$ ) est un ion produit au cours du cycle de l'azote, particulièrement soluble dans l'eau et responsable d'une pollution des eaux.

La figure 42 montre que la valeur maximale est enregistrée au forage Ain Baida 1 en 2009. Nous disposant les teneurs de nitrate dans la région de Béni Snous que pour l'année 2016 : le maximum enregistré est de 34.1 mg/L au forage Fahs3 et le minimum est de 12.1 mg/L sur la source Ain Ghbali. Ces valeurs restent inférieures aux normes.

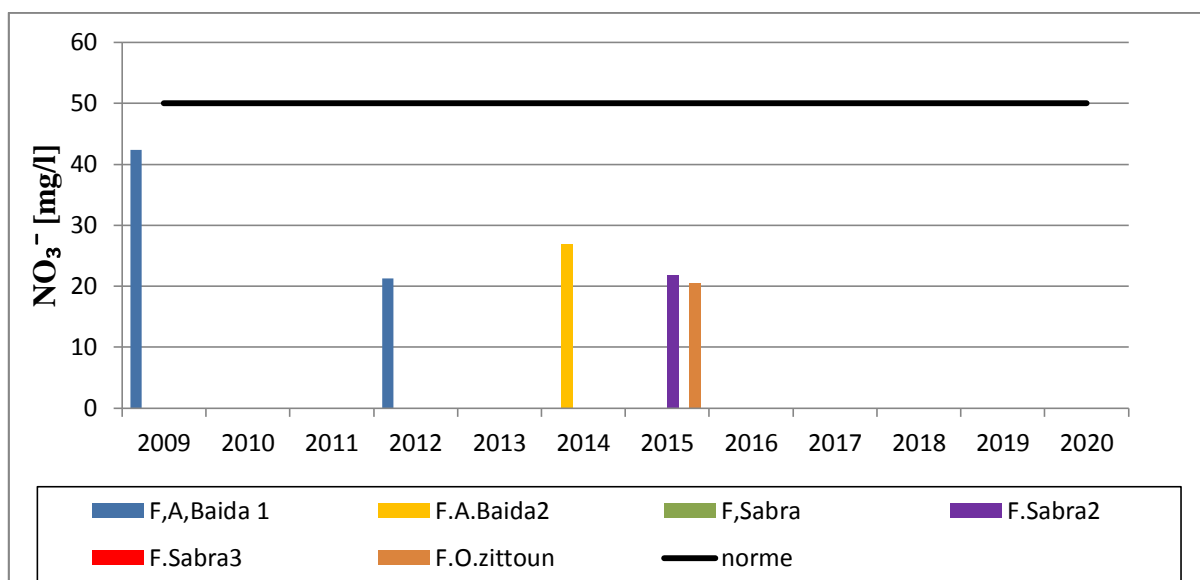


Figure 38: Variation spatio- temporelle du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans la région de Sabra.

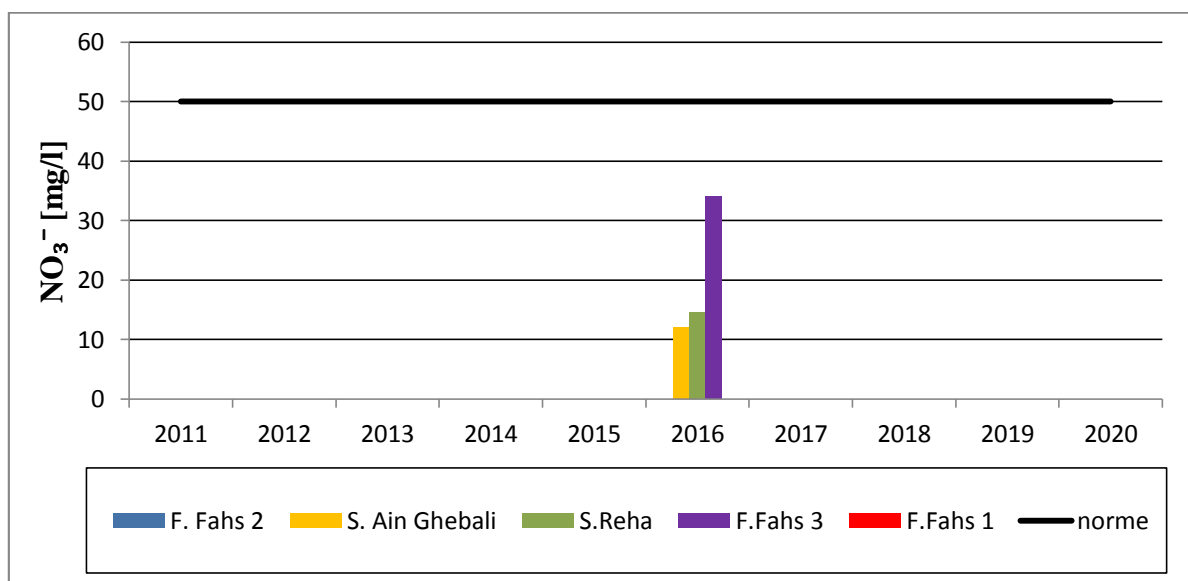


Figure 39: Variation spatio- temporelle du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de la région de Béni Snous.

**b. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :**

L'ammonium est un excellent indicateur de la pollution de l'eau, par son origine les rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

D'après l'histogramme de la figure 44, les années 2009, 2014 et 2020 enregistrent les valeurs maximales de 0.14 mg/L et 0.41mg/L sur le forage Sabra2 et Fahs3. Les autres valeurs ne dépassent pas 0.01mg/L. Ce qui est loin du seuil mentionné par les normes.



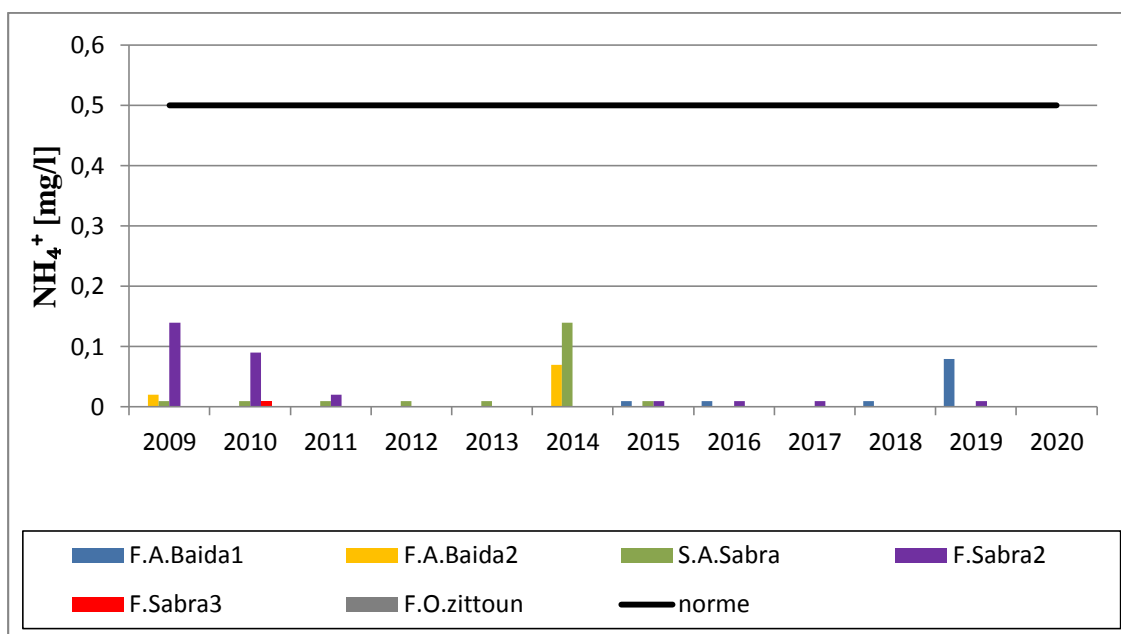


Figure 40 : Variation spatio- temporelle du NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans la région de Sabra.

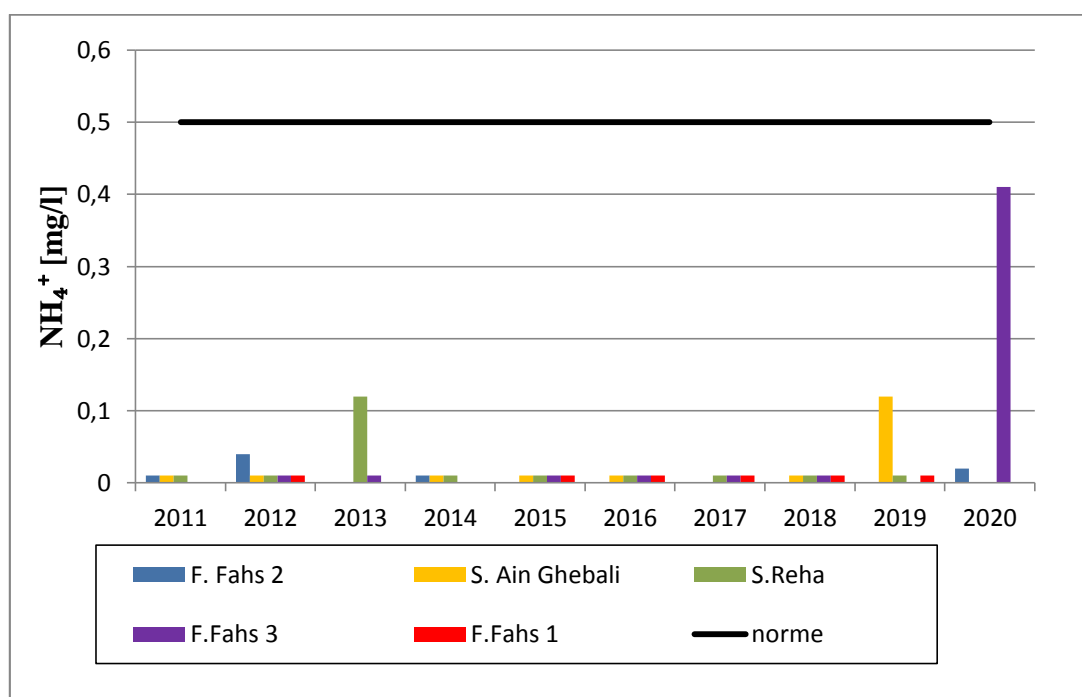


Figure 41: Variation spatio- temporelle du NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans la région de Béni Snous.

### c. Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement, présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre Nitrosomonas, puis en nitrates par les bactéries du genre Nitrobacter.

Les histogrammes des figures 47 et 48 montrent que seul le forage Fahs 1 enregistre une valeur de 5.5mg/L qui dépasse largement la norme (0.2mg/L).

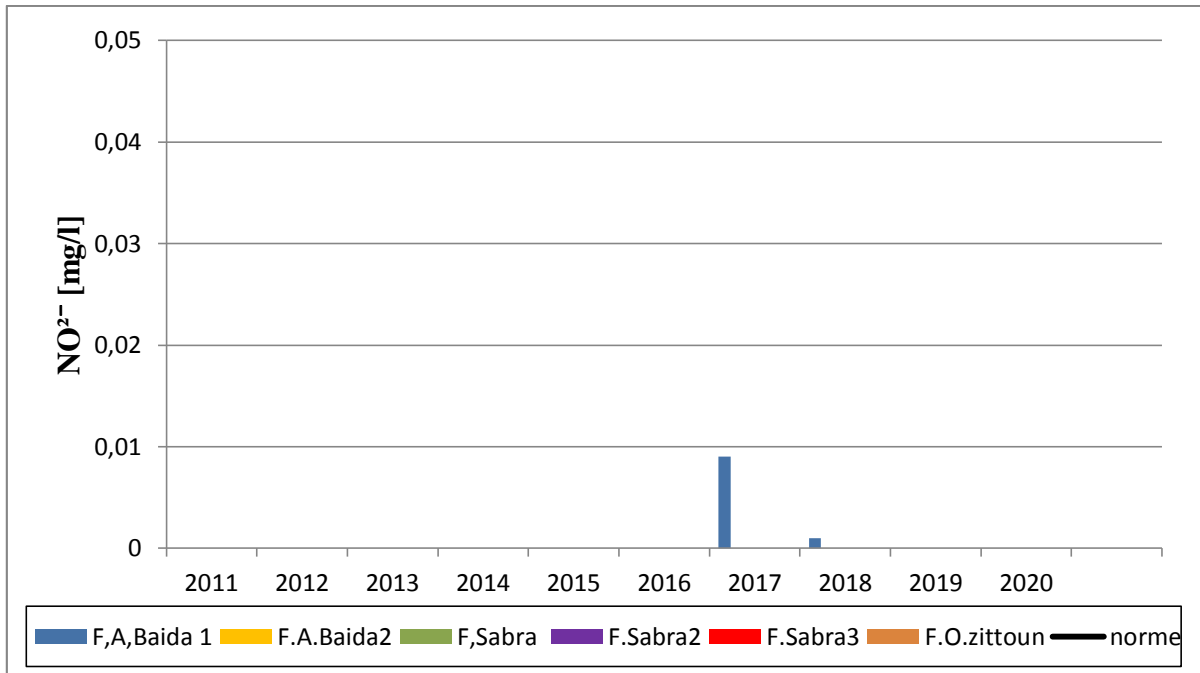


Figure 42: Variation spatio- temporelle du NO<sub>2</sub><sup>-</sup>- la région de Sabra.

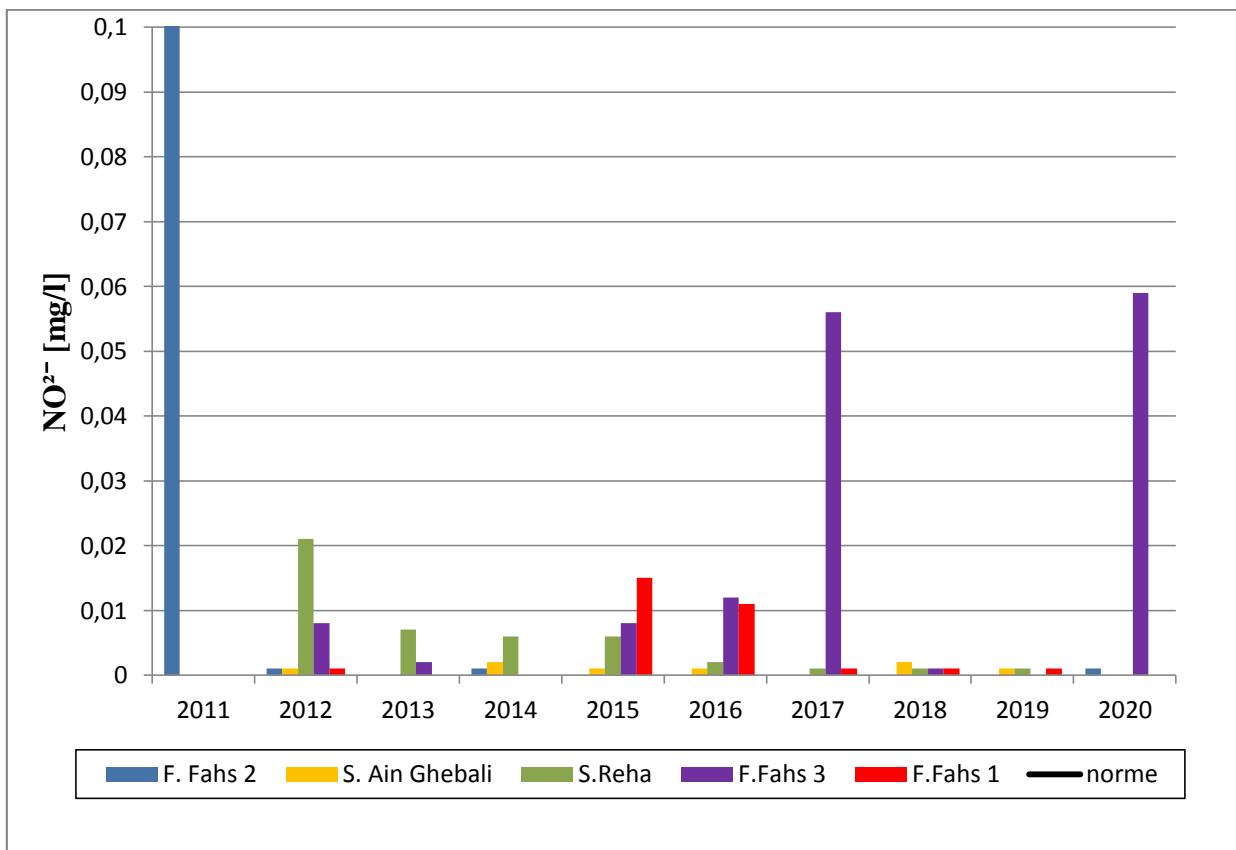


Figure 43 : Variation spatio- temporelle du NO<sub>2</sub><sup>-</sup>- de la région Béni Snous.

**d. Phosphate (P) :**

D'après les histogrammes (figures 48 et 49), la valeur maximale est égale à 0,09 au forage Baida 2 (2009). On enregistre les valeurs de 0,27 et 0.24mg/L en 2016 à source Ain Ghebali et en 2017 au forage Fahs1. Les teneurs de tous les points d'eau sont inférieures à la norme (5mg/L).

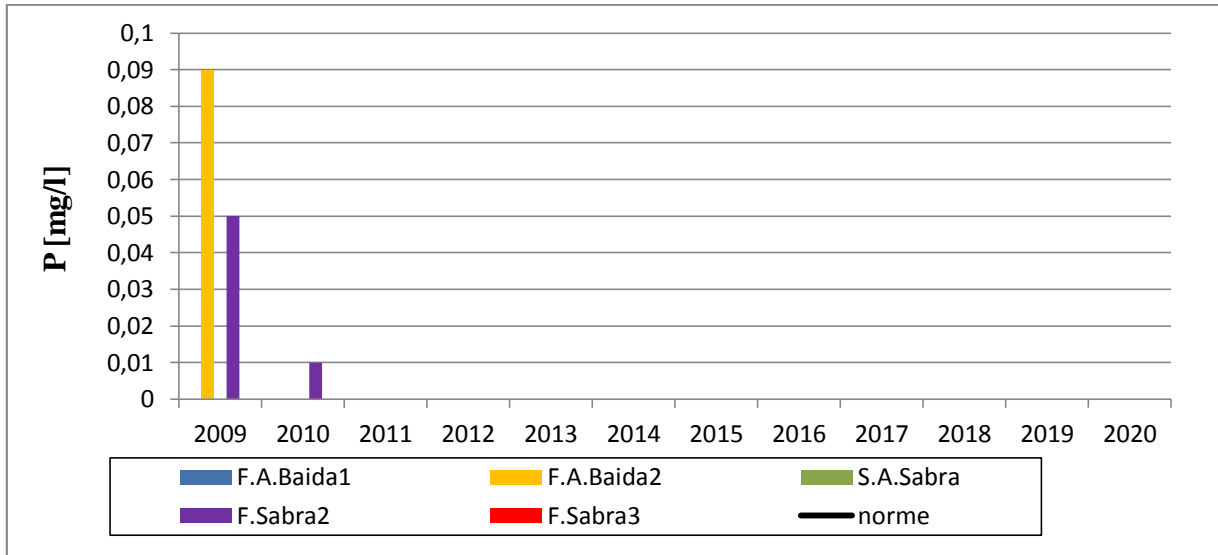


Figure 44: Variation spatio- temporelle du P de la région de Sabra.

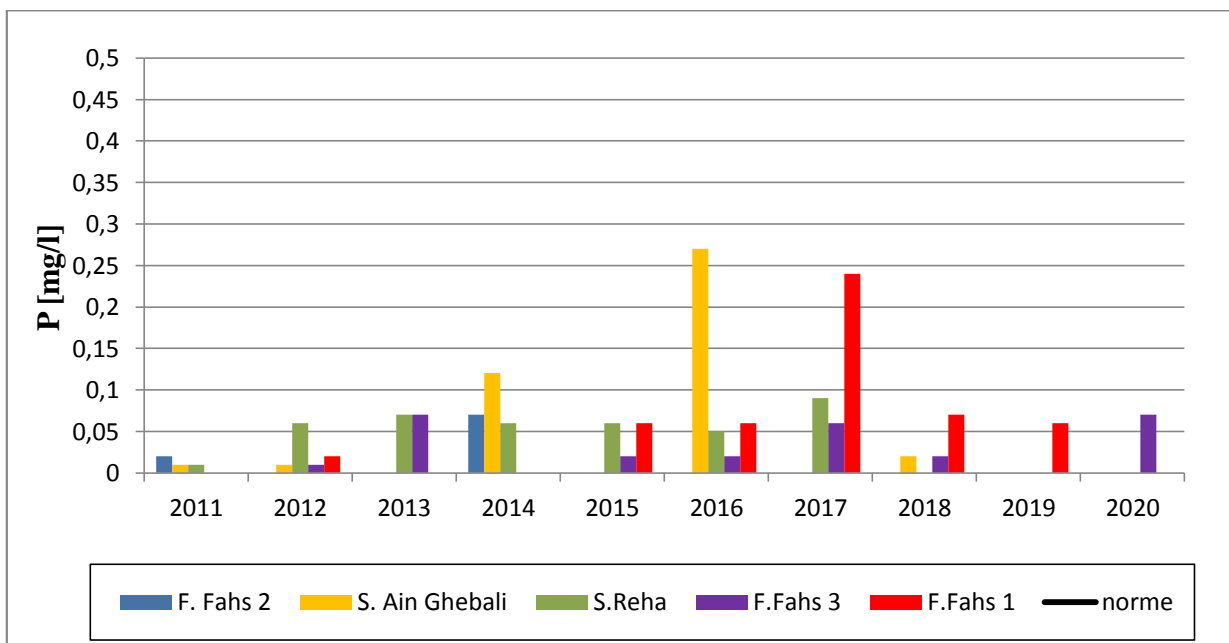


Figure 45: Variation spatio- temporelle du P de la région de Béni Snous.

**e. Ortho phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :**

Les ortho phosphates (ions  $\text{PO}_4^{3-}$ ) sont la forme la plus simple et la plus répandue des phosphates dans l'eau.

D'après l'histogramme montre que la valeur maximal (0.09mg/L) a été enregistré au forage Ain Baida 2 et valeur minimale est de 0.01 été enregistrer en forage Sabra 2. Les valeurs sont inférieure par apport à la norme (0.5 mg/L).

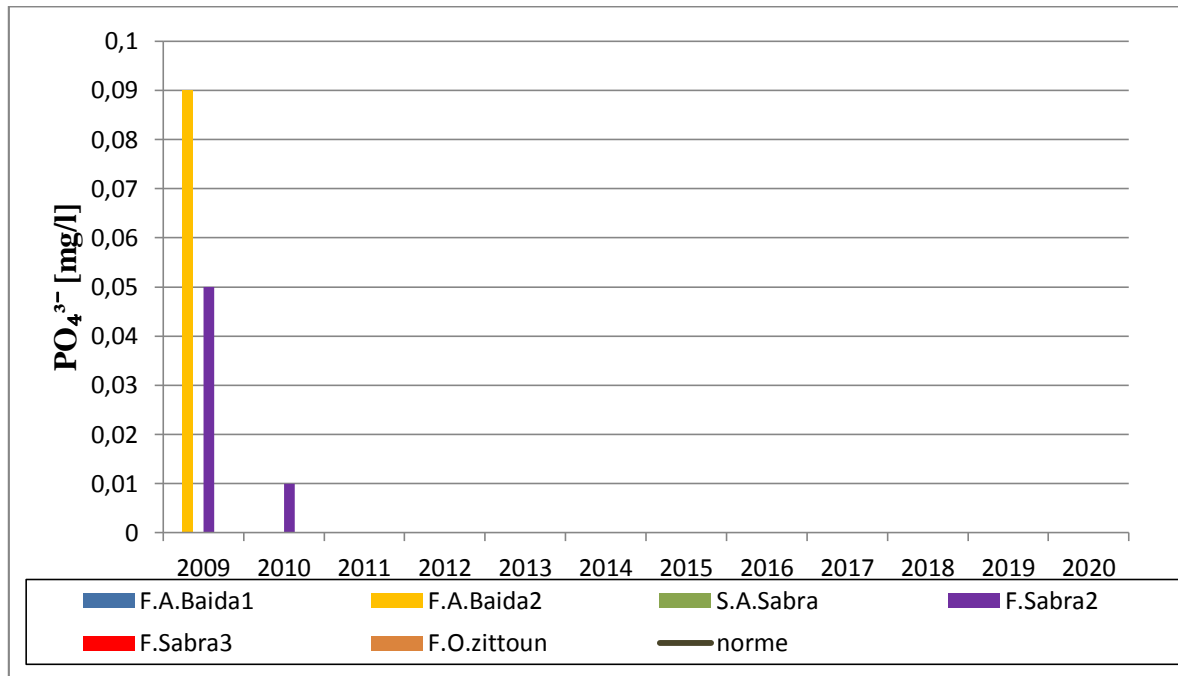


Figure 46: Variation spatio- temporelle du  $\text{PO}_4^{3-}$  de la région de Sabra.

**IV-1-2-2. Les paramètres bactériologiques :**

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature, car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène. (RODIER, 2005).

Les bactéries la plus recherché se sont :

- Coliforme Totaux : Les coliformes décrivent des bactéries à coloration de Gram négative fermentant le lactose avec production de gaz à 35-37°C en 48h, ce sont des bacilles non sporulants, donnant une réponse négative au test à l'oxydase, aérobies ou anaérobies facultatives, capables de cultiver en présence de sels biliaires ou équivalents.
- Escheriachiocoli : Est un micro-organisme, un colibacille gram négatif, une espèce de bactérie intestinale des mammifères très commune chez l'être humain. On l'appelle couramment bactérie E.
- Streptocoques fécaux : Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux

D'après les tableaux 3 et 4, les eaux de forages et sources suivants contient des bactéries : le forage A.Baida 1 (2015), forage Sabra2 (2018, 2020) forage Sabra 3 (2010), source Sabra2 (2010, 2011, 2013,2018), forage A. Beida 2 (2017), forage Fahs 2 (2011), S. Reha (2011, 2016, 2019), forage Fahs 3 (2013, 2016) et forage Ain Ghbali (2019). Cela rend ces eaux biologiquement polluées.

Tableau 2 : Récapitulatif des différentes analyses microbiologiques des eaux de la région de Sabra.

Pollution fécale			
	streptocoques fécaux (n/100 ml)	coliformes fécaux (n/100 ml)	coliformes totaux (n/100 ml)
Eau polluée par rapport aux normes algériennes			
Normes	0	0	0
2010			F.Sabra3 F.Sabra2
2011	S. Sabra	S. Sabra	
2013	S. Sabra	S. Sabra	
2015	F.A.Baida1		
2017	F.A.Baida1 F.A.Baida2		
2018	S. Sabra. F.Sabra2.		S. Sabra
2019	F.A.Baida2		
2020	F.Sabra2		F.Sabra2.

Tableau 3: Récapitulatif des points d'eau pollués du secteur de Béni Snous

Pollution fécale			
	streptocoques fécaux (n/100 ml)	coliformes fécaux (n/100 ml)	coliformes totaux (n/100 ml)
Eau polluée par rapport aux normes algériennes			
Normes	0	0	0
2011	F. Fahs 2		
2012	Ain Ghbali		
2015	S.A.Ghbali		
2016	S.Reha, F.Fahs3, F.Fahs1	F.Fahs 3	
2017	F.Fahs3 F.Fahs1		
2018	F.Fahs1		
2019	S.A.Ghbali		S.Reha
F= forage S= source			

**IV-2. Qualité des eaux d'irrigation selon les directives du FAO :**

**IV-2-1. La conductivité :**

Les eaux destinées à l'irrigation comme les eaux destinées à l'alimentation, doivent répondre à certains critères de qualité pour minimiser les risques de salinisation des terrains. La conductivité de l'eau permet de déterminer l'aptitude d'une eau pour l'irrigation, elle estime la minéralisation ainsi que la quantité de sels dissous.

D'après le tableau 6, la majorité des eaux souterraines de la région de Sabra présentent une qualité médiocre, à l'exception de la source Sabra (2013.2011.2014.2019) qui présente une bonne qualité.

D'après le tableau 7, la majorité des eaux souterraines du secteur de Béni Snous présentent une bonne qualité, à l'exception du F.Fahs 3 (2013, 2015-2018) qui présente une qualité médiocre.

Tableau 4 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique Sabra.

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Qualité de l'eau	Point d'eau
400 à 750	Bonne qualité	S. Sabra (2013.2011.2014.2019).
750 à 1500	Médiocre mais eau utilisable	Le reste

Tableau 5 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique Béni Snous

Conductivité électrique (exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Qualité de l'eau	Point d'eau
400 à 750	Bonne qualité	Le reste.
750 à 1500	Médiocre mais eau utilisable	F.Fahs 3 (2013, 2015-2018)

**IV-2-2. Autres indicateurs de qualité :**

Pour visualiser l'évaluation de la qualité de l'eau à irrigation, les résultats des paramètres chimiques ont été comparée au tableau 8 de directive de la qualité des eaux d'irrigation (Ayers et Westcot 1985) à laquelle on doit se référer pour juger si une eau convient ou non à l'irrigation.

La méthodologie préconisée par la FAO (1985) est adoptée par de nombreux pays. Elle est utilisée dans le cadre de l'agriculture californienne par le service de vulgarisation, la station

expérimentale et le corps enseignant de l'université de Californie. Les directives devraient aider à situer les effets de la qualité de l'eau dans la perspective des autres facteurs influant sur la production agricole et permettre à l'homme de terrain de juger si l'eau utilisée convient ou non à l'irrigation.

Du point de vue salinité, les eaux souterraines de la région Sabra sont classées dans la catégorie faible à modéré, sauf la source Sabra en (2013) ne présente aucun problème pour l'irrigation.

D'après le tableau 8, l'ion toxique (chlorure) des eaux souterraines de cette région ne présentent aucun problème, à l'exception des forages Sabra et O. Zittoune qui sont classés dans la catégorie faible à modéré, ni pour l'irrigation du surface ni pour l'irrigation d'aspersion.

Point de vu pH, les effets divers sur les cultures sensible sont inexistantes pour les eaux souterraines du secteur de Sabra.

Pour la région de Béni Snous, les eaux souterraines sont classées dans la catégorie faible à modéré selon la salinité. La concentration des chlorures ne présente aucun problème pour l'irrigation de la surface et d'aspersion. Les eaux souterraines appartiennent au rang normal du pH.



**Partie II : Etude qualitative des eaux souterraines de la région de Sabra et de Béni Snous**

Tableau 5: Classification des eaux d'irrigation de la région Sabra selon directives du FAO (Ayers et Westcot 1985, FAO).

			Degré de restriction imposé à l'utilisation		
Problème potentiels d'irrigation	Paramètre		Aucun	Faible à Modéré	Important
Salinité	C,E (dS/m)		<0,7	0,7-3	>3
			Source Sabra 2013	Le reste	
Ions toxiques	Chlorure (meq/l)	Irrigation du surface	<4	4-10	>10
			Le reste	F.Sabra(2015,2016)	
		Irrigation par aspersion	<3	>3	
			Le reste	F.Sabra (2009,2010,2012,2015,2016, 2017,2018,2020) F.O.Zitoune(2011,2012,2015,2016, 2017,2019,2020)	
Effets divers (sur les cultures sensible)	pH		6,5-8,5		
			Tous		

### **Conclusion générale :**

Les eaux souterraines constituent en général des réserves naturelles de bonne qualité qui nécessitent peu de traitement par rapport aux eaux de surface. Cette ressource doit être bien gérée car elle n'est ni inépuisable, ni insensible aux agressions de l'environnement. Il est indispensable d'assumer une gestion quantitative et qualitative des eaux souterraines, afin de satisfaire la demande par les points de production les mieux adaptés. Une exploitation rationnelle est indispensable, car une exploitation mal maîtrisée des nappes pourrait avoir des conséquences très néfastes et peut être irréversibles sur la qualité de l'eau.

Ce travail avait pour objectifs d'évaluer la qualité des eaux souterraines de la région de Sabra et Béni Snous à la consommation et à l'irrigation.

Le secteur d'étude est généralement caractérisé par un climat semi-aride, un été chaud et sec et un hiver froid et tempéré, où la moyenne pluviométrique est de 351 mm/an à la station du barrage de Hammam Bouhrara et 400 à 650 mm/an à la station du barrage de Béni Bahdel.

Ce travail a apporté de nouvelles données, de nouvelles interprétations tant du point de vue hydrochimique et qualitatif de la ressource en eau souterraine. Pour cela nous avons utilisées quelques logiciels nécessaires à la cartographie intelligente et le traitement de données (Mapinfo, Surfer 9, PCC, Excel) avec l'utilisation de la cartes géo-structurale.

En premier lieu, La géologie et l'hydrogéologie de la région des Monts de Tlemcen présente une grande diversité lithologique avec une nette prédominance des formations carbonatées. L'éventail stratigraphique s'étend du Paléozoïque au Plio-Quaternaire, pour cela les aquifères karstiques couvrent une bonne partie de la région d'étude jouant un rôle très important à l'alimentation en eau potable des populations de la région.

Cette étude a permis de synthétiser une masse d'informations considérables qui devait l'être pour mieux poursuivre les futures prospections car ils nous donnent les résultats des analyses physico-chimiques, biologiques et la qualité d'eau pour l'irrigation. Le traitement spatio-temporel de données physico-chimiques et bactériologiques montre que certain point d'eau présente une contamination chimique et/ou bactériologique (F.Sabra2, F.Fahs 3...) qui rend ces eaux non potable, et cela révèle la nécessité d'un suivi plus rigoureux de la qualité des eaux et l'installation des zones de protection, afin de les protéger contre tout risque de contamination.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHMED KETTAB (2000)** - Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision.
- ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE** - cette fiche a été rédigée par l'équipe technique du RéFEA.lozere.fr -Analyses Physico- chimiques des eaux.
- APPELO C.A.J. & POSTMA D. (2005)** - Geochemistry, Ground Water and Pollution, 2<sup>nd</sup> edition.
- AUBRIL CARHON, L. (2013)** - Eau potable : Normes. [En ligne].
- BENEST M. BENSALAH.M BOUABDELLAH H. ET OUARDAS T. (1999)** - La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlecénien (Avant pays tellien d'Algérie occidentale) : Stratigraphie, paléoenvironnement, dynamique sédimentaire et tectonique – genèse alpine. Bulletin du service géologique de l'Algérie, vol.10, no2.
- BENEST, (1985)** - Evolution de la plateforme de l'Ouest algérien et du Nord - Est marocaine au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse de Doctorat, Univ, Lyon.
- BENSAOULA F (2007)** - Etude de karstification à partir des données de forage : le cas des Monts de Tlemecn (Algérie). Karstologia n°49, 2007. 15-24p.
- BENSAOULA F, ADJIM M, BENSALAH M, (2007)** - L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eaux de la population de Tlemcen. Larhyss Journal.
- BENSAOULA F, BENSALAH M, (2006)** - Contribution à l'étude de la vulnérabilité à la pollution des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen, Journal algérien des zones arides.
- BOUANANI, (2004)** - Hydrologie, Transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérien). Thèse de Doctorat d'état, Univ. Tlemcen.
- COLLIGNON, (1986)** - Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen. Thèse de Doctorat nouveau régime .Université d'Avignon.

**GEVIN P, (1952)** - Eléments de technologie des barrages Algériens et de quelques ouvrages annexes, le projet de barrage sur l'oued Meffrouche. Tome I, La géologie et les problèmes de l'eau en l'Algérie, 19p.

**HAYANE, (1983)** - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du bassin versant de l'oued Sikkak. Thèse de doctorat. Univ. Oran.

**JOLIVEAU T, (2013)** - Glossaire des SIG. <http://www.emse.fr/tice/uved/SIG/Glossaire>

**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°18, (2011)** - Décret exécutif n 11- 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif la qualité de l'eau de consommation humain. 18 Rabie Ethani 1432, 23 mars 2011.

**LUCAS G, (1942)** - la notice carte lithologique de G.LUCAS 1942 la région de Tlemcen au 1/100000.

**RODIER, J., (2005)** - L'analyse de l'eau. 8eme édition.

**BOUKLI HACENE C et RABAH FISSA A** - Systèmes d'information géographique, cours et travaux pratiques. Polycopié intitulé Université de Tlemcen, Département d'Hydraulique.

[https://planificateur.a-contresens.net/afrique/algerie/wilaya\\_de\\_tlemcen/sabra/2482736.html](https://planificateur.a-contresens.net/afrique/algerie/wilaya_de_tlemcen/sabra/2482736.html)

[Consulté le 12 Juin 2021].

<https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Tlemcen--Beni-Snous--Beni-Snous> [Consulté le 12 Juin 2021].