

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة 8 ماي 1945 قالمة  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des sciences de la Nature et de la vie et Sciences de la terre et de l'Univers



## Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master

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

**Filière:** Géologie

**Spécialité :** Hydrogéologie

**Département :** Sciences de la Nature et de la vie

### Thème

Détermination de la géométrie du fossé d'effondrement de Terraguelt par la combinaison des méthodes géologiques et géophysiques (Wilaya de Souk-Ahras)

#### Présenté par :

- ◆ HIMEUR Chayma
- ◆ BOUMAIZA Baya

#### Dirigé par :

- ◆ Dr. BRAHMIA. A

Dr. Djerrab Muriel

Dr. Ghrieb Lassaad

Examinatrice

Président

MCB

MCB

Université de Guelma

Université de Guelma

Juillet 2021

Promotion : 2020/2021

## **REMERCIEMENT**

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

En tout premier lieu, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de monsieur BRAHMIA Ali, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Toute nos gratitude s'adresse aussi à monsieur le docteur GHRIEB Lasaad et à madame le docteur DJERRAB.M qui nous fait l'honneur d'examiner et de participer à la soutenance de ce mémoire.

## **DEDICACE**

A mes très chers parents, source de vie, d'amour et d'affection.

A ma chère unique sœur, source de joie et de bonheur.

A ma grande famille.

A tous mes amis, tout particulièrement kiki.

A Baya, chère amie avant d'être binôme.

A tous mes collègues sans exception.

A tous qui m'aime et que j'aime.

## **DEDICACE**

Je dédie ce travail à:

Mes chères mères et mes chers pères à qui je dois la réussite de mon parcours.

Mon cher frère « Saif Eddine ».

Mes sœurs « Dhikra, Bochra, Sabrina, Zayneb, Meryem ».

Mes chères tantes « Seham et Nedjwa ».

Mes familles « Boukharouba, Boumaiza, Rabachi ».

Mes amis « Maissa, Hiba, Chaima, Mona, Leila ».

Chayma, chère amie avant d'être binôme.

A mes amis collègues.

Tous les futures Hydrogéologue de l'Université 8 Mai 1945 Guelma.

## **Résumé :**

La région d'étude est située dans la plaine de Terraguelt au Nord-Est de l'Algérie à wilaya de Souk-Ahras, cette région est entourée par des affleurements (DJ. Terraguelt).

À l'aide des informations climatologiques on peut classer le climat de la région de Terraguelt du type semi-aride.

D'un point de vue géologique et tectonique, la plaine de Terraguelt est caractérisée par des affleurements dans les bordures formés par les calcaires d'âge maastrichtien supérieur.

Ces formations sont effondrées à cause d'un mouvement d'extension est présenté par un ensemble de failles normales d'orientation NW-SE et NE-SW en forme d'escaliers qui résultent du fossé d'effondrement.

Cette étude est réalisée pour le but de la détermination de la géométrie du fossé d'effondrement de la plaine de Terraguelt et pour préciser la profondeur du toit de calcaire maastrichtien supérieur.

Parmi les différents types de prospection réalisés dans la plaine, la prospection gravimétrique qui nous donne une estimation de l'affaissement des calcaires maastrichtiens supérieur à une profondeur d'environ 1200m.

Les résultats de la prospection électrique confirment l'effondrement des calcaires en question sous un remplissage important de faible résistivité (des formations détritiques).

La prospection hydrogéologique montre deux types d'aquifères (karstique et détritique).

La combinaison des résultats des différentes méthodes de prospection a permis de tracer la morphologie du fossé d'effondrement de la plaine de Terraguelt dans sa moitié Sud par contre la moitié Nord manque d'informations et la forme du fossé est à prendre avec beaucoup de précaution.

**Mots-clés : plaine de Terraguelt, Souk-Ahras, Algérie, fossé d'effondrement, Prospection électrique, gravimétrie, calcaire maastrichtien supérieur, isobathe.**

## **Abstract :**

The study area is located in the plain of Terraguelt in the North-East of Algeria in wilaya of Souk-Ahras, this region surrounded by outcrops (DJ. Terraguelt). Using climatological information, the climate of the Terraguelt region can be classified as half-dry.

From a geological and tectonic point of view, the plain of Terraguelt is characterized by outcrops in the borders formed by limestones of upper maastrichtian âge.

These formations are collapsed due to an extension movement is presented by a set of normal orientation faults NW-SE and NE-SW in the form of stairs which result from the collapse ditch.

This study carried out for the purpose of determining the geometry of the collapse ditch of the plain of Terraguelt and to specify the depth of the roof of limestone upper maastrichtian.

Among the deferential types of prospecting carried out in the plain, Gravimetric prospecting which gives us an estimate of the subsidence of the Maastrichtian limestones above a depth of about 1200m.

The results of the electric prospecting confirm the collapse of the limestones in question under an important filling of low resistivity (detritic formations).

Hydrogeological exploration shows two types of aquifers (karst and detritic).

The combination of the results of the different prospecting methods has made it possible to trace the morphology of the collapse ditch of the Terraguelt plain in its southern half on the contrary the northern half lacks information and the shape of the ditch is to be taken with great caution.

**Keywords: Terraguelt Plain, Souk-Ahras, Algeria, Collapse Ditch, Electric Prospecting, Gravimetry, upper Maastrichtian Limestone, Isobathe.**

## الملخص

تقع منطقة الدراسة في سهل ترغالت في الشمال الشرقي للجزائر في ولاية سوق - أهراس ، وهي منطقة محاطة بالمنحدرات ( جبل ترغالت). وباستخدام المعلومات المناخية ، يمكن تصنيف مناخ منطقة ترغالت على أنها ذات مناخ شبه رطب.

من وجهة النظر الجيولوجية والتكتونية ، يتميز سهل ترغالت بانقباضات في الحدود التي تشكلت من الأحجار الجيرية في العصر الطباشيري الاعلى.

تنهار هذه التشكيلات بسبب العوامل التكتونية حيث تبرز من خلال مجموعة من التشوهات البنيوية في شكل سلالم التي تنتج من الانهيارات التي تتعرض لها.

حيث أجريت هذه الدراسة لغرض تحديد الهندسة البنيوية للحوض المنهار في سهل ترغالت و كذلك لتحديد عمق سقف الحجر الجيري الاعلى.

ومن بين البحوث التي أجريت للتنقيب في السهل ، البحوث الجيوفيزيائية (الكهربائية و الكهرومغناطيسية)، حيث ان الطريقة الكهرومغناطيسية ساعدتنا على وضع تقدير تقريبي لعمق سقف الحجر الجيري الاعلى بعمق يبلغ حوالي 1200 متر.

وقد أتاح الجمع بين نتائج أساليب التنقيب المختلفة تعقب مورفولوجيا الحوض المنهار .

## الكلمات المفتاحية

الحوض المنهار ، سهل تارقالت، سوق اهراس، الجزائر، البحوث الجيوفيزيائية، الكهربائية ، الكهرومغناطيسية ، الحوض المنهار.

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig.1</b> - zone d'étude .....	<b>3</b>
<b>Fig.2</b> - Extrait de Google Earth Pro de la zone d'étude .....	<b>4</b>
<b>Fig.3</b> - Carte géologique de Berriche et Ain El Beida.....	<b>10</b>
<b>Fig.4</b> - Mécanisme du développement du fossé d'effondrement .....	<b>13</b>
<b>Fig.5</b> -Arrangements des électrodes de courant (A et B) et de potentiel (M et N) à la Surface d'un terrain homogène et isotrope.....	<b>15</b>
<b>Fig.6</b> - Carte de situation des coupes électriques dans la plaine de Terraguelt.....	<b>18</b>
<b>Fig.7</b> - Coupe géo-électrique A .....	<b>19</b>
<b>Fig.8</b> - Coupe géo-électrique Y .....	<b>20</b>
<b>Fig.9</b> - Coupe géo-électrique E .....	<b>21</b>
<b>Fig.10</b> - Coupe géo-électriques Q .....	<b>22</b>
<b>Fig.11</b> - Illustration de l'effet de l'altitude sur les valeurs de g .....	<b>26</b>
<b>Fig.12</b> - Effet du relief sur la valeur de g .....	<b>27</b>
<b>Fig.13</b> - Carte d'anomalie de bouger de la plaine de Terraguelt et sa région .....	<b>29</b>
<b>Fig.14</b> - Carte d'anomalie résiduelle avec les principaux axes d'anomalies .....	<b>30</b>
<b>Fig.15</b> - Profil d'anomalie gravimétrique résiduelle .....	<b>31</b>
<b>Fig.16</b> - Carte d'implantation des forages mécaniques et les trois coupes litho stratigraphiques de la plaine de Terraguelt .....	<b>33</b>
<b>Fig.17</b> - Coupe litho-stratigraphique 1 .....	<b>34</b>
<b>Fig.18</b> - Coupe litho-stratigraphique 2 .....	<b>35</b>
<b>Fig.19</b> - Coupe litho-stratigraphique 3 .....	<b>36</b>
<b>Fig.20</b> - Carte d'isobathe des calcaires maastrichtien supérieur .....	<b>38</b>
<b>Fig.21</b> - Carte d'isobathe des calcaires maastrichtien supérieur .....	<b>40</b>
<b>Fig.22</b> - Carte morphologique 3D du fossé d'effondrement de Terraguelt vue de Surface .....	<b>41</b>
<b>Fig.23</b> - Carte morphologique 3D du fossé d'effondrement de Terraguelt vue de Profil .....	<b>42</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau.1-</b> Températures moyennes mensuelles de la station d'Oum el Bouaghi (Période 1983-2001) Brahmia.A .....	<b>5</b>
<b>Tableau.2-</b> précipitation moyenne mensuelle de la station d'Oum el Bouaghi (Période 1983-2001) Brahmia.A .....	<b>5</b>
<b>Tableau.3-</b> Echelle des résistivités en ohms.m .....	<b>17</b>
<b>Tableau.4</b> - inventaire des forages d'eau dans la plaine de Terraguelt .....	<b>32</b>

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>PROBLEMATIQUE</b> .....	2
<b>I. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE</b> .....	3
- Aperçu socio-économique .....	4
- Aperçu climatologique .....	5
I.1. Stratigraphie .....	7
I.2. Tectonique .....	12
I.3. Qu'est-ce qu'un fossé d'effondrement .....	12
I.3.1. Définition de fossé d'effondrement .....	12
I.3.2. Mécanisme de formation du fossé .....	12
I.3.3. Les fossés d'effondrement en Algérie .....	13
<b>II. METHODES ET OUTILS DE TRAVAIL</b> .....	14
<b>II.1. METHODE DE PROSPECTION ELECTRIQUE</b> .....	
II.1.1. Généralités sur la méthode électrique utilisée en courant continu..	14
II.1.2. Sondage électrique vertical .....	15
II.1.3. Echelle des résistivités .....	16
II.1.4. Les coupes géo-électriques .....	19
<b>II.2. LA PROSPECTION GRAVIMETRIQUE</b> .....	23
III.2.1. Rappels théoriques .....	23
III.2.2. Anomalie de Bouguer .....	24
III.2.3. Application sur la plaine de Terraguelt .....	28
<b>II.3. LA PROSPECTION HYDROGEOLOGIQUE</b> .....	32
II.3.1. Identification et géométrie des aquifères .....	34
<b>III. RESULTATS ET DISCUSSIONS</b> .....	39
<b>CONCLUSIONS GENERALES</b> .....	43
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	44

## **Introduction**

Ce thème a été traité d'une manière à cerner la géométrie du fossé d'effondrement en utilisant plusieurs volets de la géologie en commençant par la présentation de la région d'étude dans son cadre socio-économique et géographique suivie d'un contexte géologique et structurale para rapport à la géologie de l'Algérie.

Nous avons posé aussi la problématique et l'intérêt d'étudier ces structures tectoniques spéciales qui concernent une bonne partie du Nord de l'Algérie sous l'activité de la tectonique alpine qui est à l'origine des structures géologiques actuelles.

Nous avons procédé d'abord à la collecte des différentes informations concernant la région, les études antérieures, géologiques, géophysiques (électriques et gravimétriques), hydrogéologiques, suivie d'une actualisation de certaines données essentiellement des nouveaux forages réalisés dans la plaine.

Ces informations nous ont été très utiles pour la réalisation des coupes géo-électriques et des corrélations litho-stratigraphiques entre les différents forages pour montrer l'extension des différentes strates et leur limites horizontales, verticales et leur géométrie afin de confirmer ou infirmer la structure d'un fossé d'effondrement.

Les résultats des différentes méthodes d'exploration ont été regroupés en un seul fichier pour illustrer la forme géométrique du toit des calcaires du Maastrichtien supérieur sous le recouvrement Mio-Plio-Quaternaire.

## Problématique

Les fossés d'effondrement au Nord de l'Algérie constituent une structure tectonique importante qui revête une importance considérable pour les hydrogéologues à cause de l'importance du réseau de failles normales qui sont responsables de leur genèse d'un côté et de l'autre côté de l'importance du comblement appelé aussi remplissage détritique qui peut par endroit atteindre des centaines ou dépasser le millier de mètres.

Ces structures tectoniques sont le résultat de la tectonique alpine caractéristique du Nord de l'Algérie.

Au point de vue sédimentologie les reliefs qui forment les bordures de ces structures sont soumis à l'érosion depuis des millions d'années, le matériel érodé est transporté par les eaux de ruissellement vers le point le plus bas du fossé d'où la formation d'une épaisseur importante de terrains détritiques meubles comblant toute cette structure ce qui lui donne actuellement l'aspect d'une plaine d'où le nom actuel de notre région d'étude « la plaine de Terraguelt ».

Ce transport de matériau solide obéit à la loi de sédimentologie, le matériel détritique grossier se dépose le premier, les éléments les plus fins se déposent les derniers, ce qui signifie que les éléments grossiers, les galets, graviers, sables et en derniers les éléments argileux

L'étude des dimensions et la forme géométrique de ces structures tectoniques en l'occurrence le bassin d'effondrement permet de localiser les aquifères potentiels et une bonne compréhension de l'hydrodynamique du système aquifère.

Dans notre cas il s'agit de deux types d'aquifère, l'un, détritique superficiel composé de galets, graviers et sables localisé en bordure du fossé et au piémont des montagnes périphériques essentiellement Djebel Terraguelt. L'autre localisé dans les calcaires fissurés et karstifiés d'âge maastrichtien supérieur.

L'étude nous permet aussi de limiter et localiser les endroits favorables ou défavorables à la formation des aquifères.

## I. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.

La zone d'étude Terraguelt est située à **20 km** au sud de la ville de Sedrata et à environ **45 km** au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de souk Ahrass, cette région est située en Algérie orientale dans les hautes plaines constantinoises limitée par :

**Dj. Tiguilaline au Nord.**

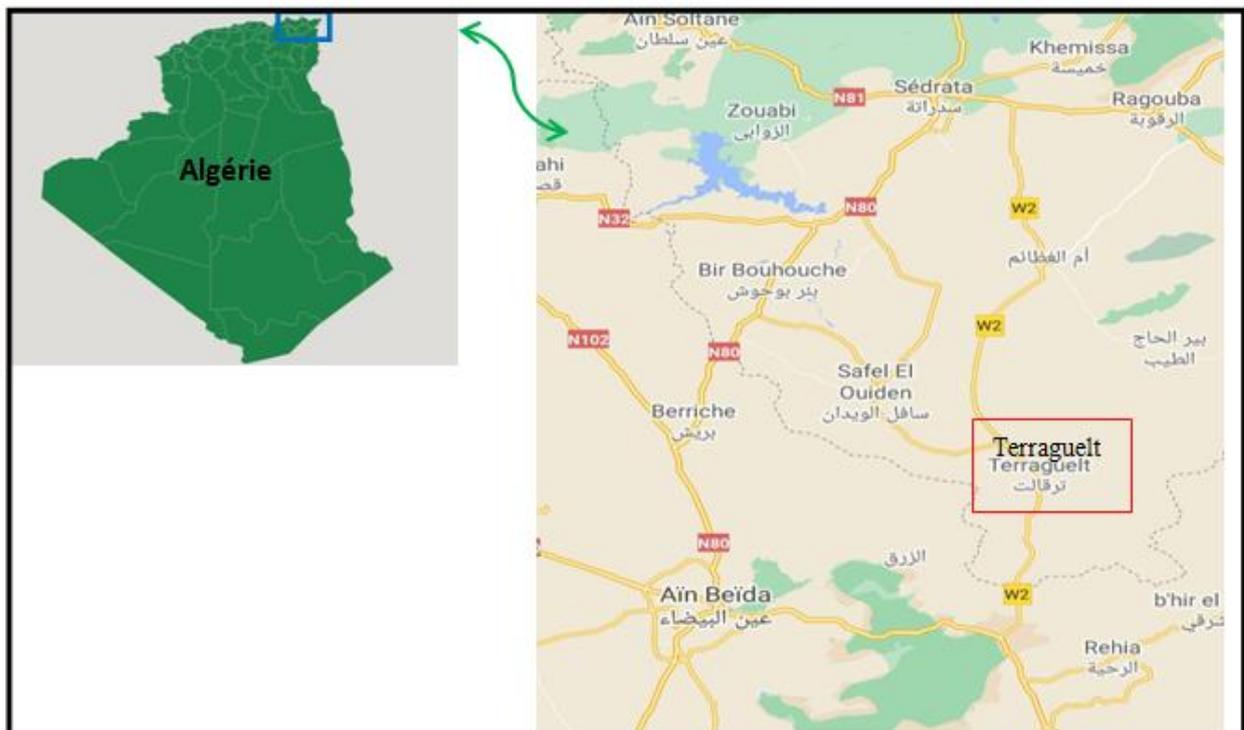
**Dj. Terraguelt à l'Est.**

**Les monts d'Ain Beida au Sud.**

**Les plaines d'Ain Beida et Berriche à l'Ouest.**

Ces hautes plaines constantinoises sont traversées par les oueds de **Trouch** et **Ain snob**. Notre terrain d'études s'étend sur une longueur de **40 km** et **32 km** de large, limité par les coordonnées kilométriques rectangulaires Lambert suivantes :

$$\begin{array}{ll} X_{\min} = 915 & X_{\max} = 947 \\ Y_{\min} = 280 & Y_{\max} = 320 \end{array}$$



**Fig.1 - zone d'étude**  
(Google)

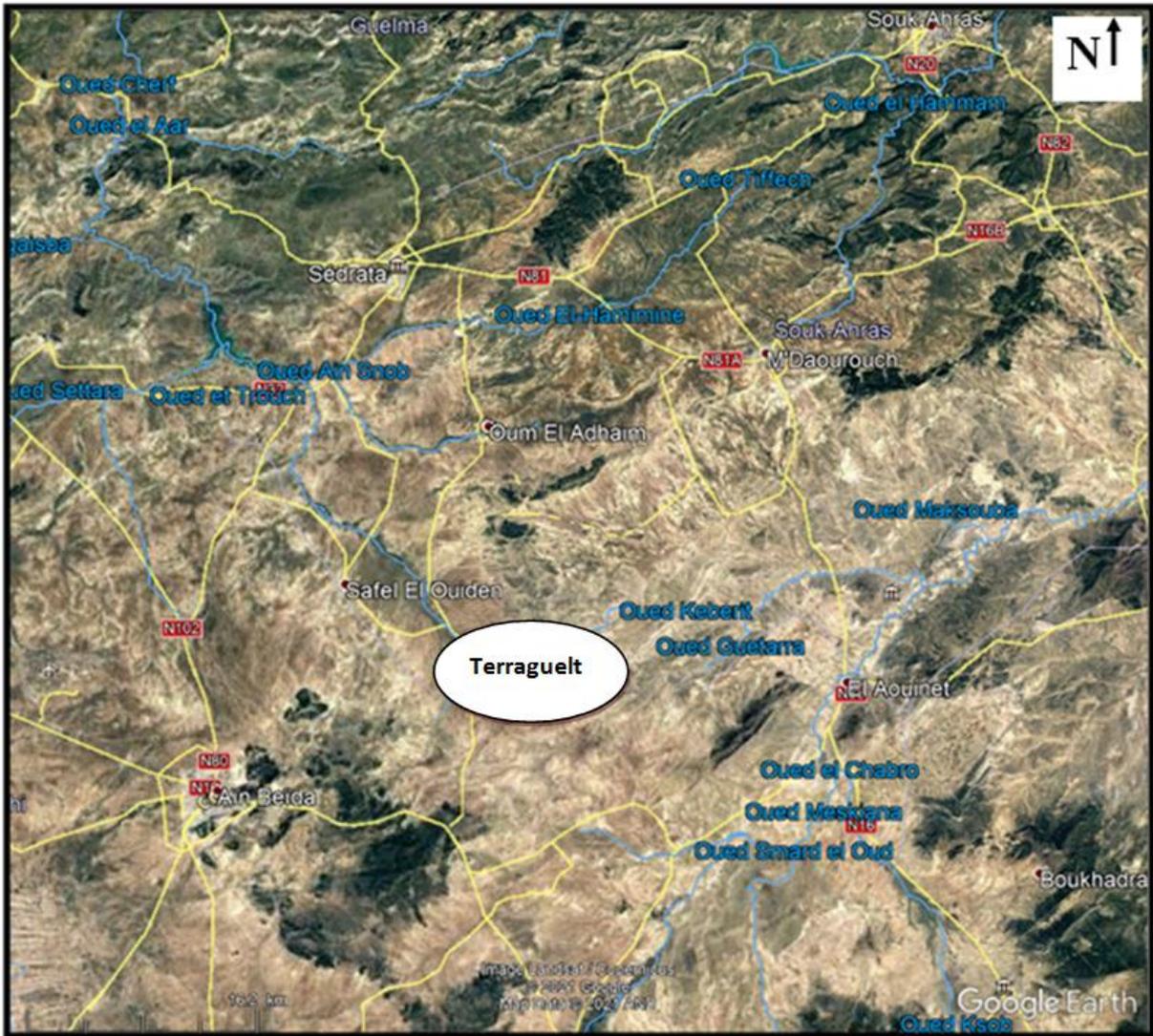


Fig.2 - Extrait de Google Earth Pro de la zone d'étude.

**- Aperçu socio-économique :**

La plaine de Terraguelt est une région à vocation agricole depuis l'époque coloniale, sa population est répartie en plusieurs agglomérations et parfois des habitations isolées au milieu de leur terre à cultiver.

Le réseau d'assainissement souvent se jette dans la plaine essentiellement à oued Trouch, ce qui peut entraîner une éventuelle pollution anthropique des eaux souterraines surtout que souvent ces habitations possèdent des puits à usage domestique ou agricole.

**- Aperçu climatologique :**

Les informations concernant le climat de la région d'étude sont basées sur les données de la station météorologique d'Oum el Bouaghi dont les coordonnées sont : longitude 07° 07' E et latitude 36° 57'N.

La température moyenne de la région est calculée sur la période de 1983 à 2001 les données sont représentés dans le tableau N°1 :

**Tableau.1- Températures moyennes mensuelles de la station d'Oum el Bouaghi (Période 1983-2001) (Brahmia.A, (2002)).**

les mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mais	Juin	Juill	Aout	moy
T en °C	22,00	17,04	11,1	7,42	6,41	7,42	9,61	12 ,57	17,77	22,61	25,76	25,16	15 ,42

Nous pouvons conclure que la température moyenne annuelle est de 15.42 ° C, avec un minimum de 6.41°C au mois de janvier et un maximum de 25.76°C au mois de juillet.

Les moyennes mensuelles des précipitations enregistrées dans la même station sont regroupées dans le tableau N°2

**Tableau.2- précipitation moyenne mensuelle de la station d'Oum el Bouaghi (Période 1983-2001) (Brahmia.A, (2002)).**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mais	Juin	Juill	Aout	moy
P (mm)	34 ,21	20 ,92	26,93	37,95	31,03	25,63	29,76	23,38	39,22	21,21	10, 37	22,24	322,84

La moyenne annuelle des précipitations est de 322.84mm, avec un minimum de 10.37mm au mois de juillet et un maximum au mois de mai 39.22mm.

Selon les paramètres des précipitations et températures moyennes annuelles 322.84 mm et 15.42°C qui donnent un indice de Martone 12.70 ce qui nous permet de classer le climat de la région de Terraguelt du type semi-aride.

Pour bien appréhender la géométrie du fossé d'effondrement nous avons eu recours à une étude multidisciplinaire basée sur :

- L'étude stratigraphique et lithologique inspirée des deux cartes géologiques sur lesquelles s'étale le fossé. Il s'agit des cartes géologiques de Berriche et Ain Beida à l'échelle 1 /50 000 et leur notices explicatives.
- La réalisation et réinterprétation de coupes électriques réalisées dans la plaine dans le cadre de l'étude de l'ENAGEO sur la base de l'interprétation des différents SEV qui montrent la profondeur des calcaires par endroits.
- L'exploitation des données gravimétriques de l'étude gravimétrique réalisé par Zerdazi et Brahmia et l'interprétation de l'anomalie gravimétrique dans la plaine et qui est provoquée par l'effondrement des calcaires maastrichtiens supérieur et son recouvrement par une épaisseur importante de sédiments Mio-plio-Quaternaires qui provoque une différence de densité avec les calcaires. Cette étude a permis d'estimer la profondeur des calcaires qui forment le toit du fossé de Terraguelt.
- L'exploitation et l'actualisation des données de forages mécaniques réalisés dans la plaine de Terraguelt et ses environs pour l'exploitation des eaux souterraines. Il s'agit de la réalisation et l'interprétation des coupes litho-stratigraphiques entre plusieurs forages reliant les bordures de la plaine dans le but de voir l'extension latérale et verticale des couches et leurs structures.

## **I.1. Stratigraphie :**

A partir des deux cartes géologiques BERRICHE et AIN BEIDA au 1/50000 réalisés en 1973 pour la SONATRACH dans le cadre du permis AIN BEIDA par M.S.GUELLAL. Alors ingénieure-géologue à la SONATRACH et J.-M.VILA maître-assistant au département de géologie structurale de l'université PIERRE et MARIE CURIE, laboratoire associé au C.N.R.S.n 145, collaborateur au service de la carte géologique de l'Algérie. La coordination des contours a été assurée par J.-M.VILA.

### **- Les formations peu ou pas tectonisées du Mio-Plio-Quaternaire :**

#### **A : alluvions actuelles ou récentes :**

Elles sont localisées le long des oueds septentrionaux (oued Settara, oued Cherf, et oued Lahmimine) et le long d'oued Trough qui draine le fossé de Terraguelt. Il s'agit de limons, des sables, et des graviers gris.

#### **Q: Terres arables, formations de pente, alluvions anciennes et Quaternaires indéterminées :**

Les terres arables sont installées sur les placages limoneux et supportent un sol brun peu ou pas calcaires. La pente est faible avec les glacis anciens et les alluvions anciennes avec lesquelles se raccordent insensiblement.

#### **Q<sup>t</sup> Glacis polygéniques nappant les reliefs :**

Il s'agit de débris bien calibrés possédant un aspect de croûtes calcaires rosâtres feuilletées, organisées en pentes douces.

#### **Q<sup>c</sup> Villafranchien probable : croûtes calcaires :**

L'aspect le plus fréquemment réalisé est celui des croûtes massives blanchâtres.

#### **Mio-pliocène :**

##### **MpMio-pliocène continental : calcaires lacustres et conglomérats.**

Ces formations sont développées au Nord de la faille de Berriche à oued el Lahmimine, c'est à dire l'extrémité septentrionale du fossé du Mio-plio quaternaire de Terraguelt formant l'essentiel du versant nord du Djebel Tiguilaline. Il s'agit de conglomérats oranges mal cimentés, de grès calcaireux jaunâtres et de calcaires lacustres ou rosés (on les rencontre à Sedrata et M'Daourouch).

- **Formations autochtones nord-aurésiennes :**

**C<sup>6b</sup> Maastrichtien Supérieur : Calcaires crayeux à Inocérames**

Les principaux reliefs de la feuille de Berriche sont installés sur des **calcaires crayeux** beiges à cassures blanchâtres fortement **karstifiés** en bancs décimétriques ou métriques à petites intercalations de calcaires granuleux à nodules de silex. Ces terrains formant **Djebel Terraguelt et Tiguilaline**. La série n'excède pas **95 à 100m** d'épaisseur.

**C<sup>6a</sup> Maastrichtien inférieur marneux :**

Ces couches tendres mettent en relief la corniche précédente. Ce sont des marnes beiges à petits bancs de calcaires à Inocérames, ou peu noduleux. La microfaune est la même que celles des faciès analogues de la feuille de Ain Beida. La base de cette formation remonte au Djebel Terraguelt quelques niveaux conglomératiques 40 intra-formationnels. Ailleurs il est possible de dater la limite Campanien - maastrichtien avec des microfaunes à *Globotruncana Calcarata*. La série n'excède pas une trentaine de mètres.

**C<sup>5</sup> Campanien : marnes beiges et calcaires crayeux.**

Les petits affleurements du nord de la feuille montrent des marnes et des marno-calcaires à Inocérames pélagiques.

Au Djebel Terraguelt, le Campanien est légèrement gréseux mais contient toujours des microfaunes pélagiques avec *Globotruncana Stuartiformis*.

**C<sup>4</sup> Santonien: alternances de calcaires noduleux et de marnes grises.**

Autour du Djebel Terraguelt, le Santonien forme les talus marneux sur lesquels sont installés les glacis polygéniques. Il s'agit de 150 à 200 m de marnes grises ou beiges à petites intercalations marno-calcaires à incohérentes,

**C<sup>2H</sup> Turonien: calcaires marneux en plaquettes à la base, marnes et micrites à *Globotruncana ahelvetica* au sommet.**

La partie supérieure au pied du Turonien est formée d'alternances de marnes et de micrites à *Globotruncana Helvetica*. A l'ArgoubGoussa ces couches présentent une série marneuse. La base de la série est constituée de calcaire marneux en plaquette à patine blanche et cassure noir. Les empreintes d'ammonites ne sont pas rares.

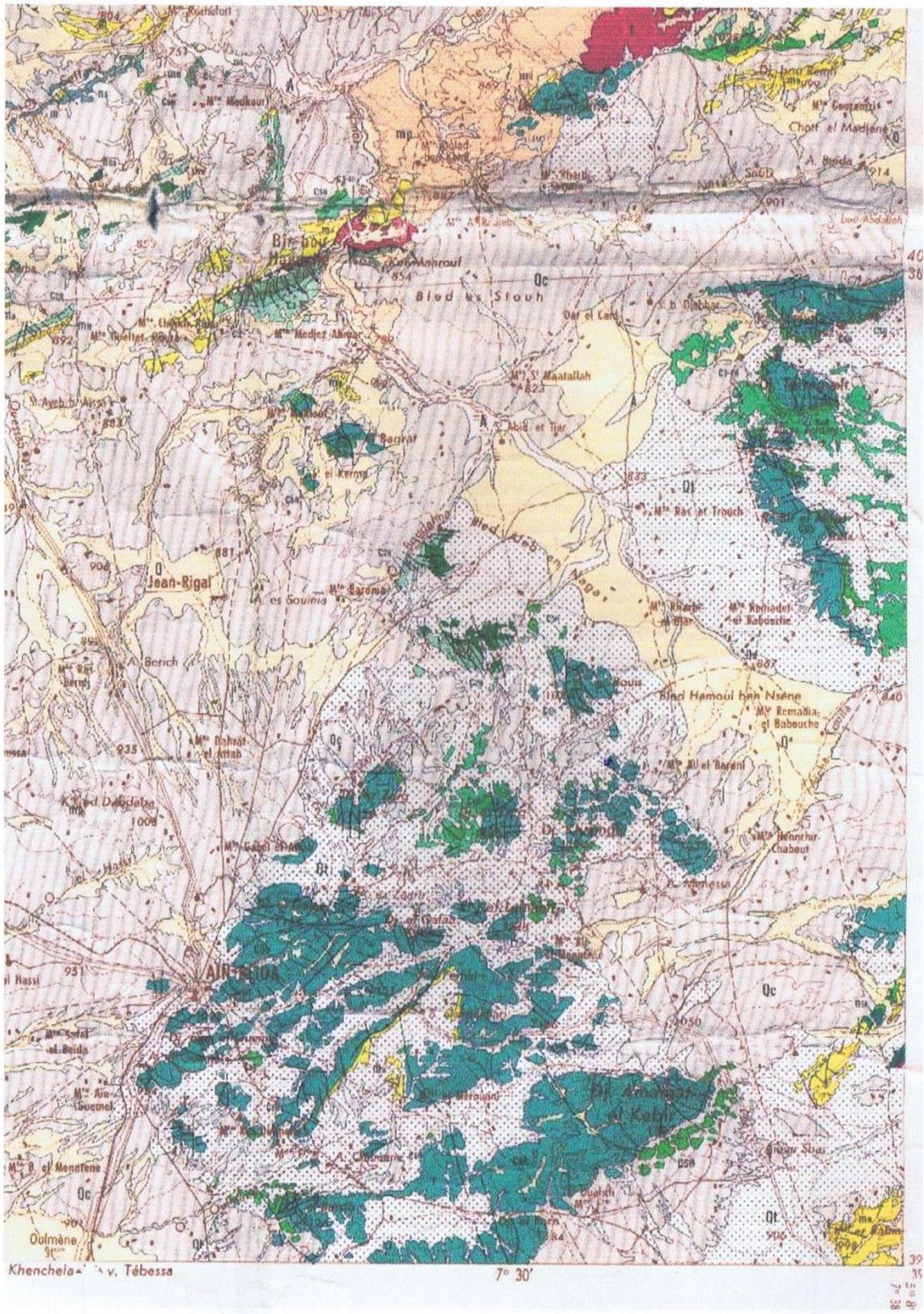
**C<sup>1c</sup> Cénomaniens supérieur marneux à *Rotalipores* :**

Ce sont des marnes grises à grands *Rotalipores*, ces affleurements se trouvent en bordure du fossé de Terraguelt.

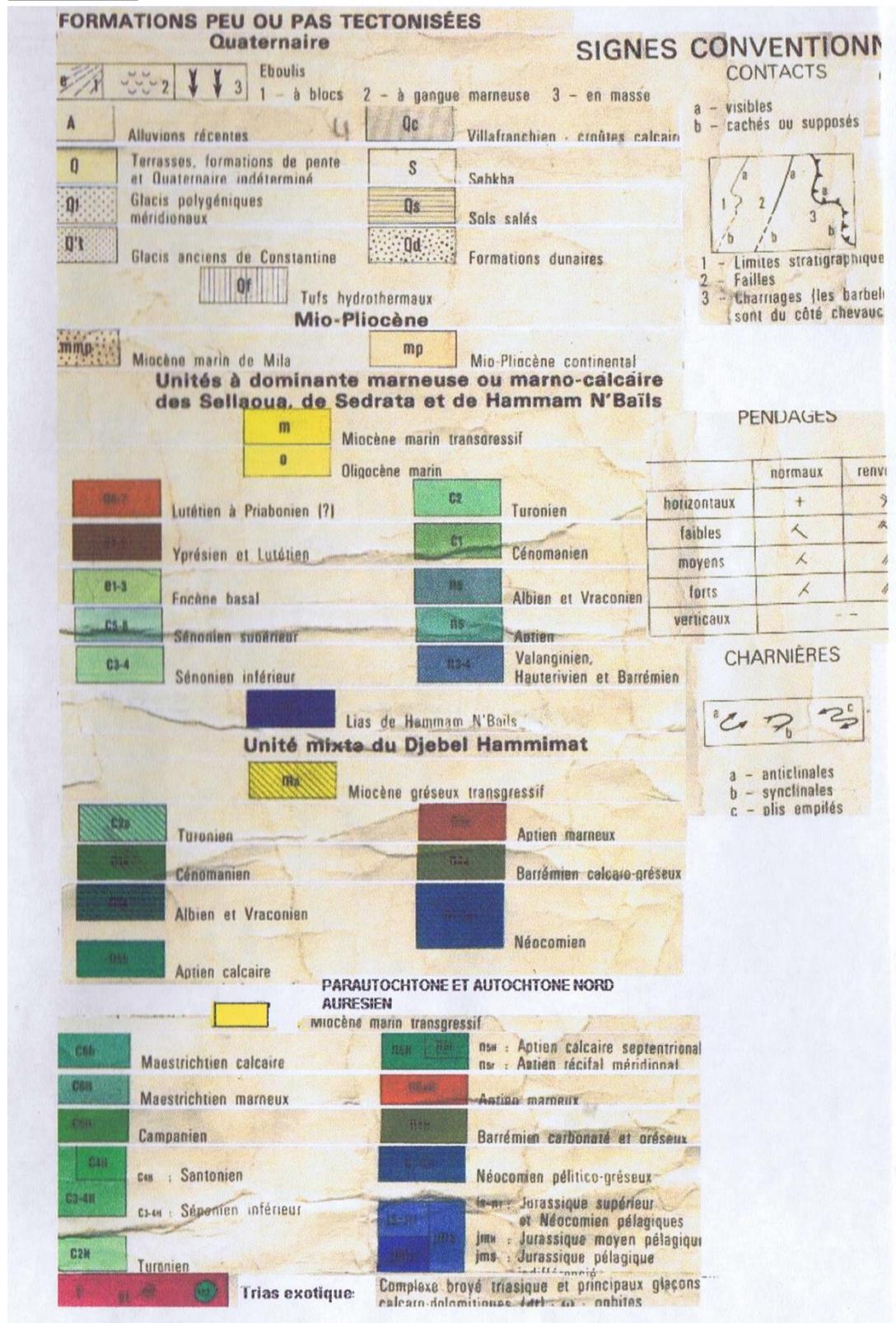
**C<sup>1b</sup> Vraconien et Cénomaniens inférieur : marnes et bio-micrites :**

Cette formation est assez semblable à la base du Sénonien et lardée de filonnets de calcite.

La figure 3 illustre parfaitement la stratigraphie de la plaine de Terraguelt :



**Légende :**



**Fig.3-Carte géologique de Berriche et Ain El Beida (Brahmia.A, (2002)).**

## I.2. Tectonique :

A partir des deux cartes géologiques BERRICHE et AIN BEIDA au 1/50000 réalisés en 1973 pour la SONATRACH dans le cadre du permis AIN BEIDA par M.S.GUELLAL. Alors ingénieure-géologue à la SONATRACH et J.-M.VILA maître-assistant au département de géologie structurale de l'université PIERRE et MARIE CURIE, laboratoire associé au C.N.R.S.n 145, collaborateur au service de la carte géologique de l'Algérie. La coordination des contours a été assurée par J.-M.VILA.

Dans la plaine de **TERRAGUOLT** on a distingué une vaste gamme de failles normales formées par un mouvement d'extension intense, qui sont déployées dans l'orientation NW-SE, dans la partie Nord-Est de la plaine on a remarqué qu'ils sont situés dans les affleurements **DJ.TERRAGUOLT, KOUDIAT BIR ELAKHAL et KOUDIAT EL Freha** d'âge maastrichtien supérieur (calcaire crayeux) et aussi dans leurs bordures.

Dans la partie Sud-Ouest on a trouvé le reste de ces failles dans les affleurements suivants: **DJ.AMAMAT el kébir et KOUDIAT EL Bagrat** d'âge Maastrichtien supérieur (calcaire crayeux).

La genèse du fossé de Terraguolt est provoquée par des failles normales dans les formations des calcaires maastrichtien supérieur qui sont cachées par un remplissage d'une épaisseur importante d'éléments fins dus à l'érosion des formations avoisinantes.

D'un point de vue tectonique, l'Algérie est divisée en deux unités majeures séparées par la faille sud-atlasique :

- Le Nord de l'Algérie, qui porte l'empreinte de la tectonique alpine.
- La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

Cette activité tectonique est le résultat de la collision entre les deux plaques Africaine et Eurasienne, à l'origine de la chaîne alpine au Nord de l'Algérie.

A la période pré-tectogénique, au Trias succèdent les phases tectoniques tertiaires au cours desquelles les maghrebides ont été structurées.

- **La phase finie lutécienne ou phase atlasique (Patagonienne)** marque la fin du cycle Sédimentaire. Cette phase a débuté dès le trias supérieur par des manifestations tectoniques locales de faible incidence sur la sédimentation (Obert et Leiken, 1974 in Chadi, 2004). Cette phase à caractère compressif est expliquée par la fermeture de la Téthys occidentale lors de la rotation de l'Afrique autour d'un pôle situé à l'ouest de Tanger, conduisant à la collision entre la partie orientale de l'Alboran et la marge Africaine tellienne. Cette phase est associée à des accidents verticaux de direction NE-SW.

- **Les phases Miocènes**, Ces phases marquent la fin de l'édifice du tell par une compression généralisée des structures.

### **\* La phase burdigalienne**

Elle caractérise le début du raccourcissement Nord–Sud. La partie occidentale de la plaque d’Alboran continue sa migration vers l’ouest, pour entrer en collision.

### **\* La période post- tectogénique Plio- Quaternaire**

La période post–tectonique s’étend en fait du Miocène supérieur au Plio–Quaternaire et fait l’objet de l’histoire néotectonique référant à échelle globale aux mouvements des plaques (Ibérie, Afrique).

Dans le cadre de ce travail on se limitera, à échelle ponctuelle, aux effets, tels que les mouvements compressifs et distensifs et le jeu des grandes structures occasionnant des effondrements.

## **I.3. Qu’est-ce qu’un fossé d’effondrement**

### **I.3.1. Définition de fossé d’effondrement :**

Les bassins d’effondrement représentent un type de bassin sédimentaire particulier, ce sont des bassins relativement allongés et étroits, limités par des failles normales parallèles. Ils correspondent à une rupture majeure de la lithosphère.

Une dépression effondrée de ce type est appelée graben. Ces structures tectoniques peuvent être découpées en grabens secondaires par des compartiments restés en saillie ou Horsts.

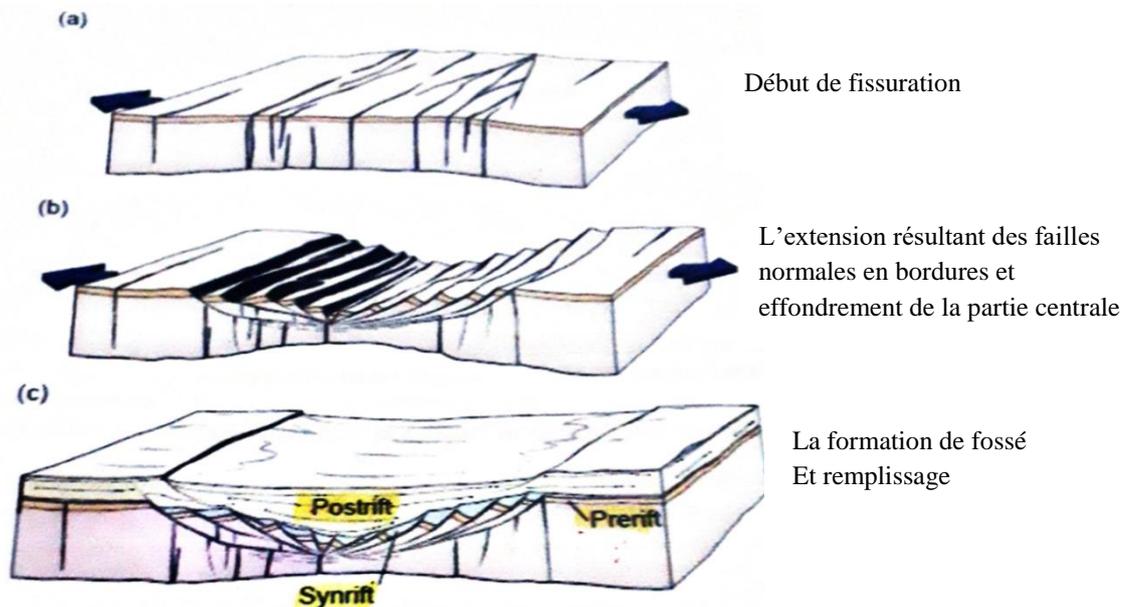
Les **fossés d’effondrements** sont des structures superficielles, de faible importance (dimensions de l’ordre du kilomètre et rejets maximum d’une centaine de mètres). Dès que les fossés d’effondrement deviennent d’échelle continentale, c’est-à-dire offrent une longueur de 100 à plusieurs centaines ou milliers de kilomètres et une largeur de plusieurs dizaines de kilomètres, on constate toujours qu’à leur verticale se produisent des modifications de la croûte et du manteau supérieur. Dans ce cas, on parle de **rifts** qui sont évidemment les structures d’effondrement les plus intéressantes.

### **I.3.2. Mécanisme de formation du fossé :**

Sous l’effet d’une distension, la croûte supérieure casse suivant un système de failles normales conjuguées définissant un fossé allongé et étroit, tandis qu’en profondeur la croûte ductile s’amincit en se cisailant de manière asymétrique.

L’amincissement est composé en surface par une subsidence que permet le dépôt rapide d’une épaisse série sédimentaire. En profondeur, il provoque la remontée du manteau et sa fusion partielle.

L’illustration du mécanisme de la formation d’un fossé d’effondrement est représentée par la figure 04.



**Fig.4 –mécanisme du développement du fossé d’effondrement (google).**

### **I.3.3. Les fossés d’effondrement en Algérie :**

Tous les fossés d'effondrement dans les confins algéro-tunisiens coupent des structures D'âge fini-lutésiennes.

La phase intensive du Miocène se manifeste par la création des fossés d'Oulad-Soukies, de Foussana-Kasserine et du bassin d'EL Ma Labiod et le fossé de TERRAGUELT.

Il existe deux phases de plissements post - miocènes dans les environs de la plaine de Terraguelt:

- les plissements du Pliocène inférieur (contrainte maximale N 00 - 200 E, à direction de plis N 90°110° E), dont le stade distensif a provoqué l'effondrement du fossé de Terraguelt,

-les plissements du Villafranchien inférieur (contrainte maximale 80°), dont le stade distensif A provoqué l'effondrement du fossé de Terraguelt.

Le substratum De fossés de Terraguelt est constitué d'une mosaïque de horsts et grabens.

Quatre stades successifs ont pu être dénombrés au cours de la mise en place du fossé De Terraguelt: le premier, au Villafranchien inférieur (Pliocène supérieur), le deuxième, au Villafranchien supérieur (Pléistocène inférieur), le troisième, à la fin du Pléistocène moyen et le quatrième à la fin du Pléistocène supérieur.

L'affaissement se poursuit encore actuellement (trois secousses en 1995), parallèlement Au soulèvement des marges du graben, dont le substratum s'est enfoncé dans la partie médiane au cours du dernier stade d'effondrement.

## **II. Méthodes et outils de travail**

### **II.1. METHODE DE PROSPECTION ELECTRIQUE**

#### **Introduction :**

Cette méthode de prospection non destructive basée sur les variations des résistivités électriques des roches en fonction de leur états (compaction, densité, karstification, fissuration, saturation en eau....etc.) a pour objectif de localiser les calcaires karstifiés du maastrichtien supérieur essentiellement en bordure du fossé d'effondrement de Terraguelt en allant vers le milieu de la plaine et leur mode d'effondrement recouvert le remplissage. Pour atteindre cet objectif nous avons réalisé de nouvelles coupes géo-électriques en plus de la réinterprétation d'anciennes coupes géo-électriques réalisées par la compagnie ENAGEO dans son étude dans la plaine.

Avant de présenter les résultats de notre travail nous vous présentons un rappel théorique sur la méthode.

#### **II.1.1.Généralités sur la méthode électrique utilisée en courant continu :**

Elle mesure les variations de la résistivité électrique ( $\rho$ ) du sol qui traduit la difficulté avec laquelle un courant électrique peut traverser un volume de terrain donné.

-La résistivité électrique dépend essentiellement de la porosité des sols, c'est-à-dire de la taille et de l'homogénéité des grains constitutifs du sédiment ainsi que la saturation en eau et les sels dissous et les natures...

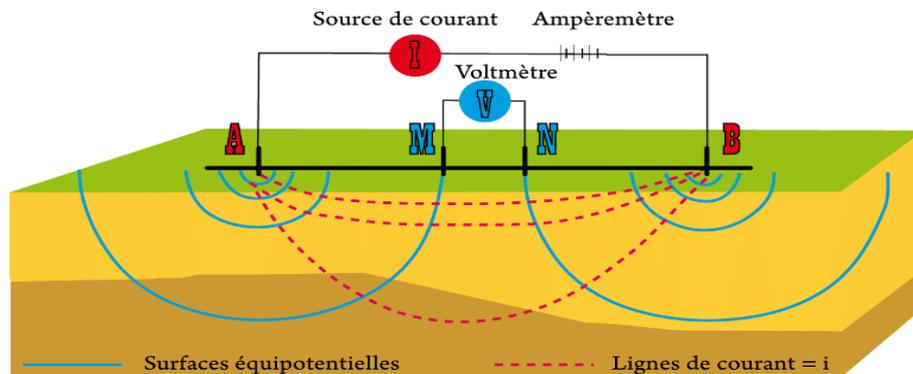
-Un sol très hétérogène, avec une part de gravier grossier importante est donc résistant.

-Une couche sédimentaire alluviale argileuse, où les grains sont fins et bien triés, présente une plus faible résistivité.

Il existe plusieurs méthodes de prospection électrique, dans notre travail nous allons traiter les travaux des sondages électriques verticaux déjà interprétés par la même compagnie, ce qui nous aidera à réaliser plusieurs coupes géo-électriques.

Ces coupes géo-électriques nous servent à déterminer la profondeur du toit des calcaires Maastrichtiens supérieurs dans la plaine de Terraguelt sous le recouvrement Mio-Plio Quaternaires.

Dans ce qui suit nous vous présentons un rappel théorique de la méthode utilisée :



**Fig.5 -Arrangements des électrodes de courant (A et B) et de potentiel (M et N) à la Surface d'un terrain homogène et isotrope (Google).**

### II.1.2. Sondage électrique vertical:

Pour effectuer un sondage électrique vertical (SEV) il existe plusieurs techniques en fonction de la position des électrodes, la plus célèbre c'est celle de Schlumberger qui consiste à :

A l'aide d'un dispositif composé de :

- Un résistivimètre
- des câbles
- une source d'énergie électrique (piles en série, batterie, génératrice de courant électrique)
- 04 électrodes A et B pour envoyer le courant électrique dans le sous-sol et M et N pour mesurer le potentiel électrique.

Sur le terrain il s'agit d'aligner les quatre électrodes A et B à l'extérieur, MN à l'intérieur, la distance MN doit être petite par rapport à AB (figure 05). On envoie le courant électrique entre les deux électrodes A<sup>+</sup> et B<sup>-</sup> on mesure la différence de potentiel entre les deux autres électrodes M et N.

On commence toujours par une distance AB petite, Après l'injection du courant dans le sous-sol on mesure l'intensité du courant électrique I en milliampère, et la différence de potentiel  $\Delta V$  entre les électrodes M et N en millivolts.

Connaissant les distances entre les différentes électrodes nous calculons la résistivité apparente pour la première mesure à l'aide de la formule suivante :

$$\rho_a = K * (\Delta V / I)$$

**Avec :**

$\rho_a$  : résistivité apparente en ohms.m

**K** : coefficient géométrique du dispositif de mesure (dépend du position des électrodes pendant chaque mesure, calculé pour chaque mesure) sans unité.

$$\mathbf{K} = (3.14.AM.AN) / MN$$

$\Delta V$  = différences de potentiels entre deux électrodes MN (mv).

**I** = intensité du courant en (mA).

La valeur trouvée de la résistivité apparente correspond au point du centre de la distance AB et aux terrains correspondant à une profondeur comprise entre AB/4 et AB/10. Ensuite on écarte les électrodes de l'extérieur c'est-à-dire A et B et en gardant les électrodes M et N fixes ce qui veut dire que nous explorons les terrains correspondant au centre AB mais à une profondeur supérieure à la mesure précédente.

On relève les mêmes paramètres et on recalcule k (les distances ayant changé). Une autre Valeur de résistivité ayant été trouvée.

On procède de la même manière jusqu'à la profondeur d'investigation souhaitée.

L'interprétation des données de terrain peut se faire manuellement ou l'aide d'un logiciel.

Cette interprétation permet de déterminer au niveau de chaque Sondage Electrique Vertical (SEV), le nombre de terrains et les résistivités électriques de chacun d'entre eux ainsi que leurs épaisseurs.

Pour affecter chaque résistivité trouvée à un type de terrains, il faut avoir une bonne connaissance de la géologie de la région, sinon il est indispensable de réaliser des SEV au voisinage de quelques forages mécaniques dont on connaît leur logs afin de faire une correspondance entre les couches électrique du SEV et les couches lithologiques forage mécanique.

Cette corrélation nous permet d'établir une échelle des résistivités qu'on utilisera pour l'interprétation tout le reste des SEV et qui nous donnera une tranche de résistivité électrique pour chaque terrain de la zone d'étude.

Notre objectif pour cette méthode c'est la détermination des profondeurs calcaires maastrichtiens supérieurs qui forment le fond du graben de Terraguelt.

### **II.1.3. Echelle des résistivités :**

Pour élaborer et bien interpréter nos coupes géo-électriques de ce travail nous avons choisi notre échelle des résistivités en utilisant les forages mécaniques TR5 et B06, les résultats sont regroupés dans le tableau 3 suivant :

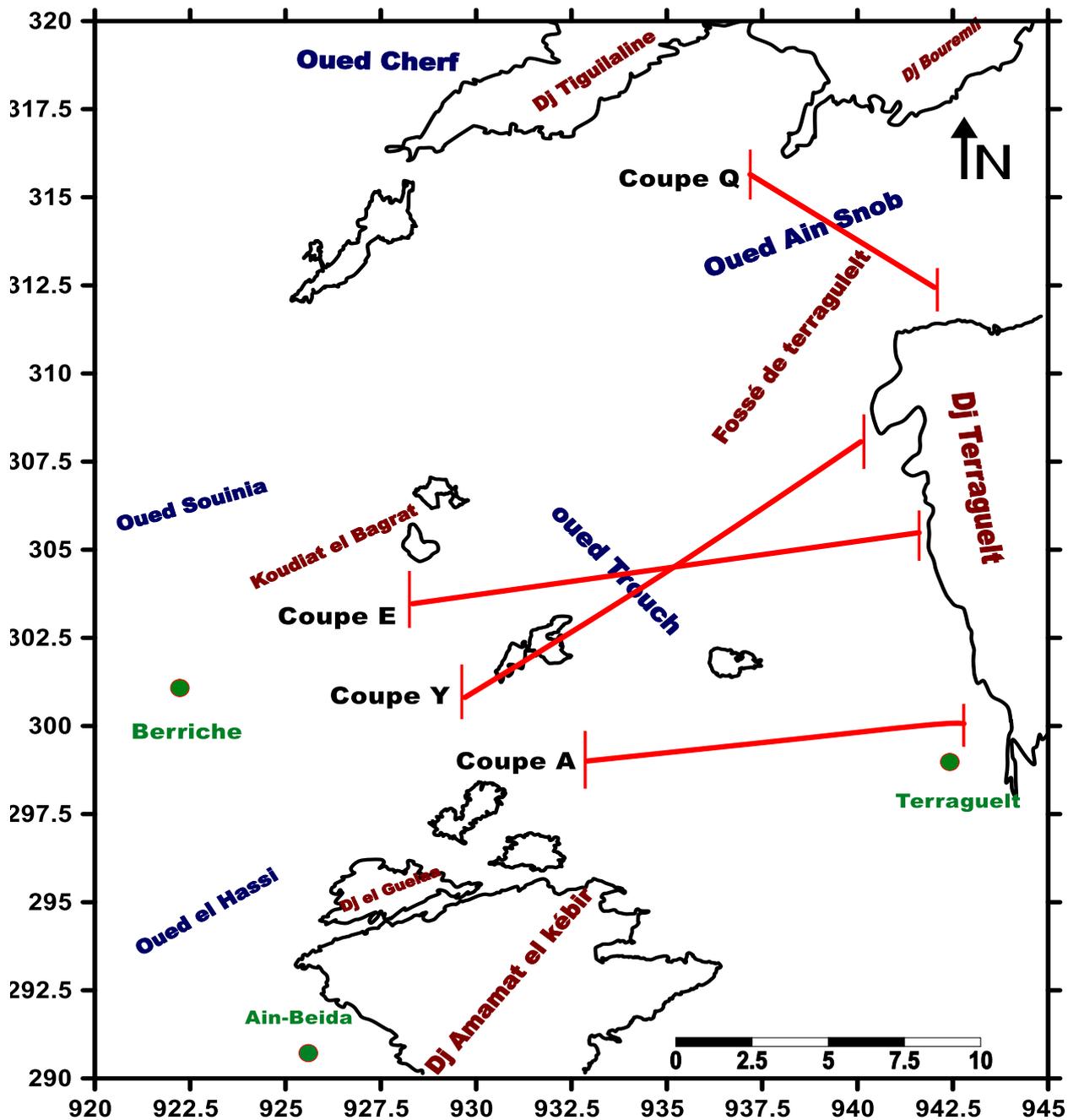
**Tableau.3- Echelle des résistivités en ohms.m  
(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma ,2021).**

<b>Forage</b>	<b>Nature lithologique</b>	<b>La résistivité ohms.m</b>
<b>TR5</b>	Calcaire Maastrichtien supérieur blanchâtre	50-100
	Calcaire Maastrichtien karstifiée	20-50
<b>B06</b>	Formation Argileuse	5-17

Les calcaires blanchâtres fissurés ont une résistivité de 50 à 100 ohms.m par contre les calcaires karstifiés ont une moyenne résistivité de 20-50 ohms.m à cause de la circulation de l'eau à l'intérieur de cette formation réputée dans la plaine d'être un bon réservoir d'eau confirmé par les forages de la plaine qui ont atteint ces calcaires qui ont donné des débits autour de 20l/s, l'exemple le plus récent est celui de TRG1 réalisé en 2020.

La plaine est remplie par des formations détritiques ont une résistivité d'environ 5 à 17ohms.m.

Pour mieux connaître l'effondrement de ces calcaires nous avons réalisé quatre coupes géo-électriques recoupant les deux rives de la plaine, leur localisation est représentée dans la figure6 :



**Légende :**

-  Coupe électrique
-  Ville

**Fig.6- Carte de situation des coupes électriques dans la plaine de Terraguelt**

(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

## II.1.4. Les coupes géo-électriques :

### Coupe géo-électrique A :

La coupe A localisée dans la partie sud de la plaine d'orientation Ouest-Est. Cette coupe montre en bordure Ouest et au centre de la coupe, SEV A5 et A6 que les calcaires maastrichtiens supérieurs blanchâtres de 20 – 30 ohm.m d'une épaisseur environ 100 m sont à une profondeur estimée à 30m environ cette formation est cachée par des formations d'une faible résistivité environ de 6 – 14 Ohms.m. En bordure Est il y a une croûte de calcaire en surface de résistivité de 40 Ohms.m qui surmonte une couche argileuse conductrice d'une épaisseur importante.

Les autres endroits de la coupe ne montrent que de formations de faibles résistivités qu'on peut affecter aux formations argileuses, nous pouvons supposer aussi que les calcaires sont plus profonds en forme de plusieurs grabens (figure 7).

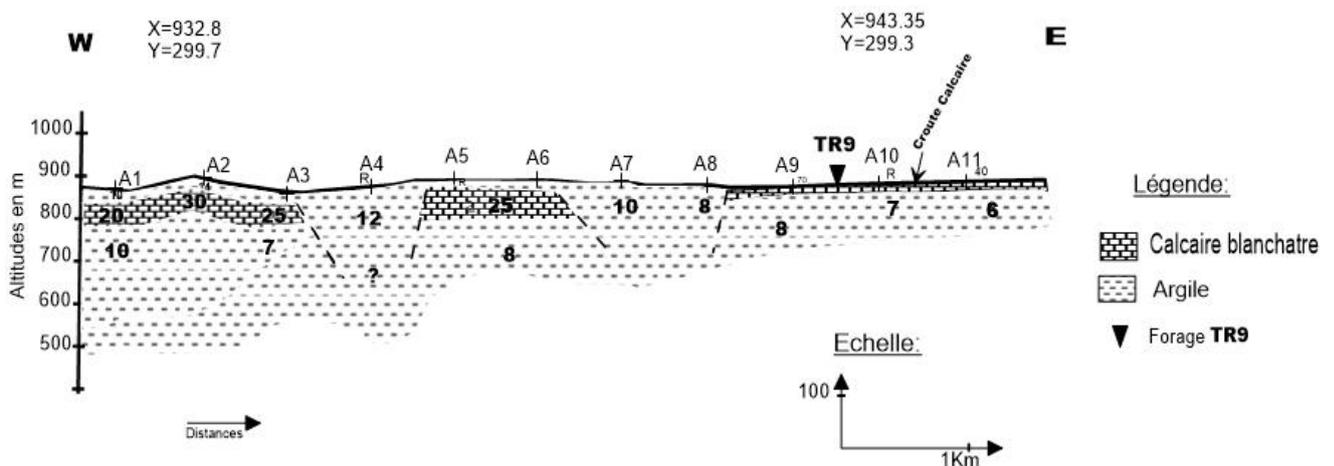


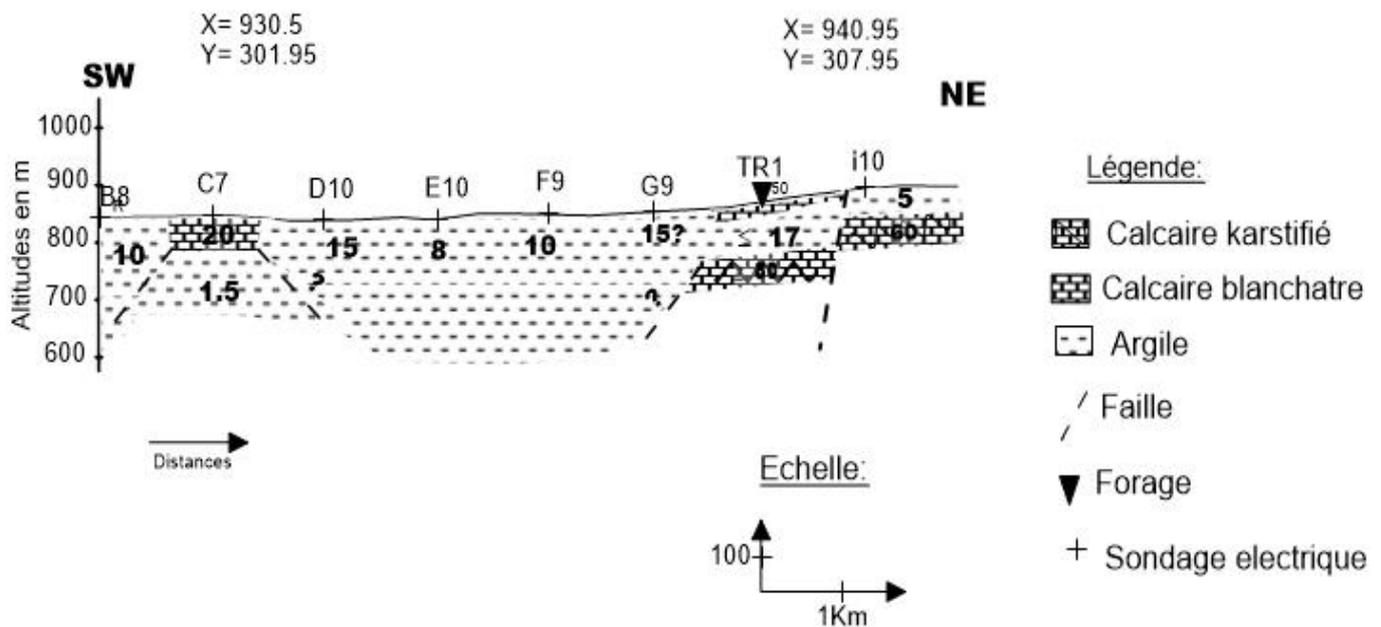
Fig.7- coupe géo-électrique A

(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

## Coupe géo-électrique Y :

La coupe est située dans le centre de la plaine d'orientation SW-NE, cette coupe montre des calcaires maastrichtiens supérieurs dans la bordure SW qu'ils affleurent sur la surface d'une épaisseur d'environ de 100m et une résistivité de 20ohms.m, par contre au centre de la coupe il y a une disparation de calcaire maastrichtien, pour être remplacés par des formations argileuses de résistivités de 5-17 ohms.m.

Dans la bordure NE, on a relevé la présence des calcaires maastrichtiens a une profondeur d'environ 100m au niveau de SEV H10, et d'environ de 50m au niveau de SEV i11, avec une résistivité de 60-80 ohms.m (figure 8).



**Fig.8- coupe géo-électrique Y**

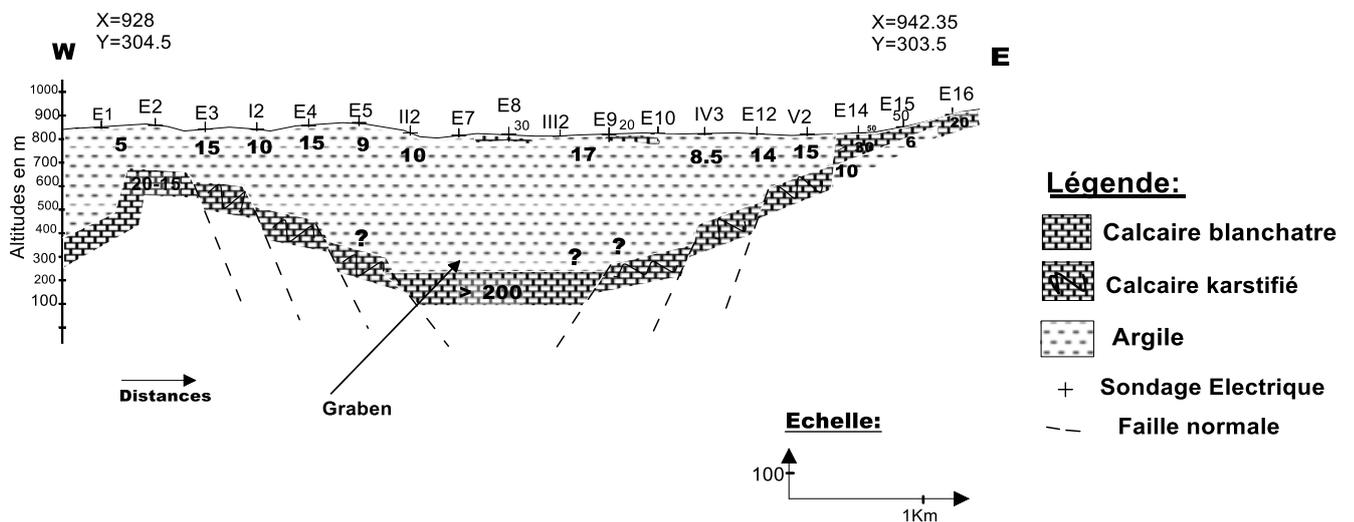
**(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).**

## Coupe géo-électrique E :

Cette coupe est localisée au centre de la plaine et la recoupe d'Est en ouest, nous pouvons constater que les calcaires maastrichtiens supérieurs au centre de la plaine se trouvent à une profondeur d'environ 740m au niveau des SEV E7 et E8 et une résistivité autour de 200 ohms.m.

La coupe nous montre aussi que ces calcaires remontent pour affleurer en surface en bordure Est en failles normales sous forme d'escaliers, par contre en bordure Ouest prennent la même forme jusqu'à une profondeur de 200m.

Cette coupe illustre bien le caractère d'effondrement des calcaires Maastrichtiens supérieurs en forme de graben par un jeu de failles normales (figure 9).



**Fig.9- coupe géo-électrique E**

**(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).**

## Coupe géo-électrique Q :

C'est une coupe au Nord de la plaine de Terraguelt d'orientation NW au SE. Cette coupe montre bien en surface dans sa partie NW, des formations de résistivité de 55-180 Ohms.m qui peuvent correspondre aux calcaires du maastrichtien supérieur qui disparaissent entre les SEV VI3 et VI2 pour être remplacés par des formations de faible résistivité comprises entre 5 et 13 ohms.m qu'on peut affecter aux formations argileuses.

Dans sa bordure SE à une profondeur de 150m on rencontre une formation de résistivité 100 ohms.m qui peut être interprétée par des calcaires maastrichtiens supérieurs (figure 10).

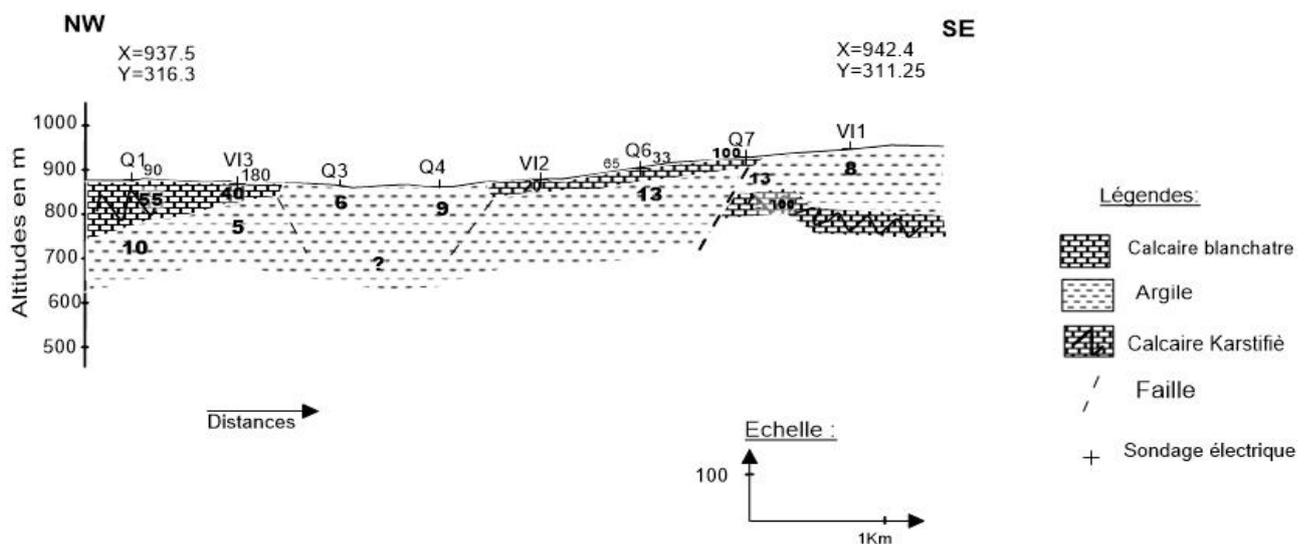


Fig.10-Coupe géo-électriques Q

(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

## II.2. LA PROSPECTION GRAVIMETRIQUE.

### INTRODUCTION :

La méthode gravimétrique vise à mesurer les variations du champ de pesanteur terrestre essentiellement dues à l'inégale répartition des densités dans le sous-sol. Cela permet donc de fournir des informations quant aux structures internes de la terre.

#### II.2.1. Rappelles théoriques :

##### Formule 1 :

Deux particules de masses  $m$  et  $m'$  séparées par une distance  $r$  sont attirées l'une vers l'autre par une force  $F$  telle que :

$$F = G m m' / r^2$$

Avec :

$F$  : la force appliqué sur la masse  $m'$ .

$r$  : la distance entre  $m$  et  $m'$

$G$  : la constante universelle de la gravité  $G = 6.6742 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{Kg}^2 \text{ SI}$

##### Formule 2 :

Le champ de gravité : le poids d'un corps est égal à l'attraction de la terre sur ce corps, Soit :

$$g = G.M/R^2$$

Avec :

$M$  : masse de la terre  $5.977.10^{24} \text{Kg}$

$R$  = rayon de la terre (la distance le corps attiré par les masses de la terre et le centre de la terre), si le corps est situé à la surface de la terre  $R$  est égal au rayon de la terre =  $6370 \text{Km}$

**$g$  = accélération de la pesanteur =  $9.81 \text{ m/s}^2$**

En l'honneur de Galilée l'unité de l'accélération gravitationnelle le Gal

Avec :

$$1 \text{Gal} = 1 \text{cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

**1mGal** =  $10^{-3} \text{ Gal} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$  c'est l'unité utilisé en Gravimétrie,  $1 \text{Gal} = \text{dyne/g}$ .

En prospection gravimétrique nous utilisons le milligal pour montrer les variations de  $g$  entre les différents points.

## - Les causes de variation de g :

Si la terre était isolée dans l'espace, parfaitement ronde, immobile et formée de couches concentriques latéralement homogène, g aurait partout la même valeur, or il n'en est rien, la pesanteur varie d'un point à un autre. Et causes de variation du champ de pesanteur sont les suivantes :

- L'altitude du point de mesure (nature géodésique).
- Sa latitude (nature géodésique).
- L'attraction des astres (position du point de mesure par rapport au soleil et la lune) (en fonction de la position des astres).

### II.2.2 Anomalie de Bouguer :

La mise en évidence des formations géologiques se fait par comparaison des valeurs de  $g_{\text{mesuré sur le terrain}}$  avec celle des modèles théoriques ( $g_{\text{calculé}}$ ),  $g_{\text{modèle}}$ .

$$\mathbf{AB} = g_{\text{mesuré sur le terrain et corrigé}} - g_{\text{modèle}}.$$

$g_{\text{mesuré}}$  :

Sur le terrain, les mesures exécutées à l'aide d'un gravimètre sont des mesures relatives. On effectue d'abord une lecture en un point où la valeur de g est connue puis une autre lecture au point où elle est à déterminer. La différence des deux lectures devrait être égale à la différence  $\Delta g$  de l'accélération de la pesanteur entre ces points.

Afin d'avoir des résultats qui sont indépendants des conditions de mesures, il faut effectuer des corrections qui tiennent compte :

- a) de l'influence luni-solaire.
- b) de l'effet de la hauteur du trépied.
- c) de la dérive instrumentale.

#### **a- Influence Luni-solaire :**

Cette influence est préétablie à l'avance en fonction du temps (date et heure) et du lieu (latitude et longitude). Les tables nous donnent la valeur de la correction à effectuer, en fonction de la position géographique de la région étudiée et du moment de la mesure. Cette influence Luni-solaire peut être directement ajoutée à la pesanteur mesurée.

#### **b- Effet de la hauteur du trépied :**

Pour chaque mesure le gravimètre est posé sur un trépied qui est à une hauteur variable par rapport au point nivelé. Pour ramener la mesure au point nivelé il suffit d'ajouter la valeur de l'effet air libre qui est fonction de la hauteur du trépied.

$$C_{\text{trép}} = 0.3086.h \text{ mGal}$$

Où h est la hauteur du trépied en mètres.

### **c- Dérive instrumentale :**

L'existence de cette dérive impose un mode opératoire particulier. On effectue toutes les mesures en cycles de la façon suivante :

- ouverture à la base
- mesures aux différentes stations
- répétition de quelques stations lors du retour à la base
- fermeture à la base

Le retour à la base permet alors d'évaluer la dérive. La différence entre la valeur finale et la valeur initiale à la base, corrigée de la Luni-solaire, correspond à la dérive instrumentale, valeur qu'on distribue linéairement en fonction du temps écoulé entre la lecture à la base et la station donnée.

Le passage de la valeur de la pesanteur lue à la valeur corrigée s'effectue ainsi :

$$g_{\text{mesuré, corrigé}} = g_{\text{lue}} (\text{mGal}) + C_{\text{LS}} + C_{\text{trep}} + D_{\text{inst}}$$

Cette relation permet de connaître de proche en proche les variations de la pesanteur entre les différents points. Pour définir la valeur de la pesanteur en ces points il est nécessaire de connaître une valeur de référence de la pesanteur.

### **g<sub>modèle</sub> :**

La valeur de g mesuré, ayant subi les seules corrections luni-solaires et instrumentales ne peut être exploitée pour dégager des enseignements sur la structure du sous-sol. Pour uniformiser l'ensemble des mesures et les rendre comparables elles, il faudrait alors les ramener au même niveau.

La valeur de g mesuré et corrigé est comparée à une valeur théorique de la pesanteur. Cette dernière, d'abord calculée, sur l'ellipsoïde est transportée au niveau de la station, là elle subit une correction fonction de l'altitude (correction air libre) et de la densité (correction du plateau) et une correction du relief.

L'écart normal qui en résulte est appelé Anomalie de Bouguer et s'exprime ainsi :

$$AB = g_{\text{mes}} - g_{\text{th}} + \Delta g_{\text{al}} - \Delta g_{\text{pl}} + \Delta g_{\text{topo}}$$

### **a-Effet de la latitude :**

La Terre, n'étant pas parfaitement sphérique, peut être assimilée en première approximation à un ellipsoïde de révolution. Le  $g_{\text{th}}$ , pour tout point de l'ellipsoïde terrestre d'altitude zéro, peut être calculé par la formule internationale de 1930 dite de **Cassini**, valeur définie par rapport au réseau international de Postdam.

$$g_{th} = 978\,049.0 (1 + 0.0052884 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi) \text{ (mGals)}$$

Où  $\phi$  - latitude du point

978 049.0 =  $g$  à l'altitude zéro sur l'équateur.

### b- Effet de l'altitude ou correction à l'air libre :

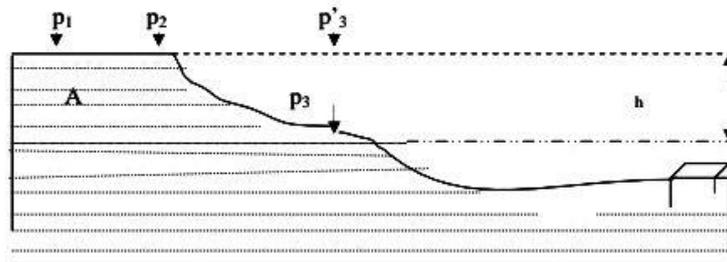
La figure 11 représente la coupe d'un terrain pétrographiquement parfaitement homogène, pourtant les valeurs de la pesanteur mesurées en P1, P2 et P3 seraient toutes différentes. Les points P1 et P2 sont plus éloignés du centre de gravité de la Terre que ne l'est P3, par conséquent la pesanteur y est plus faible.

En s'élevant de la surface de référence, la valeur de la pesanteur  $g$  diminue en raison d'inverse du carré de la distance  $R$  au centre de la Terre. Cet écart est déduit de l'équation :

$$g = G.M / R^2 \text{ où } M \text{ masse de la Terre}$$

En différenciant par rapport à l'altitude on trouve

$$\Delta g_{al} = -2 (g/R).h = - 0.3086h \text{ mGals}$$



**Fig.11- Illustration de l'effet de l'altitude sur les valeurs de  $g$  (Brahmia.A, (2002)).**

### c-Effet de la densité ou correction du plateau $\Delta g_{pl}$ :

Grâce à la correction air libre on peut en quelque sorte élever P3 en P'3 (voir figure précédente) c'est à dire au niveau de P1 et P2. Encore faut-il, pour pouvoir comparer les valeurs de la pesanteur en ces trois points, ajouter sous P'3 une tranche de terrain, un plateau identique à celle située sous P1 et P2.

Cette tranche est assimilée à un plateau horizontal homogène d'extension infinie et de densité  $\rho$  constante.

L'influence de la sphéricité de la terre peut être considérée comme négligeable à l'échelle d'une étude locale.

L'effet de ce plateau s'écrit alors:

$$\Delta g_{pl} = 2\pi G\rho h = 0.0419\rho h \text{ mGals}$$

Où h est l'épaisseur du plateau en mètres et  $\rho$  est la densité du plateau en  $\text{g/cm}^3$ ,  $\Delta g$  s'exprime en milligals.

### **d-Effet du relief ou correction topographique $\Delta g_{\text{topo}}$ :**

Jusqu'ici nous avons considéré la surface terrestre comme plane, or nous devons encore tenir compte des effets provoqués par le relief. Un relief positif induit une attraction supplémentaire  $T^+$  dirigée vers le haut,  $T^+$  diminue ainsi la valeur du g th il est donc à retrancher. Un creux topographique entraîne une diminution gravifique  $T^-$ , cette masse ayant déjà été prise en considération dans la correction du plateau, il faut également la retrancher (figure 12).

La correction topographique totale est ainsi la somme des contributions négatives des bosses et des creux. Pour éliminer cet effet topographique, il faut exécuter les corrections topographiques.

Le principe de ces corrections est le suivant : La zone entourant le point de mesure est subdivisée en couronnes successives, elles-mêmes subdivisées en secteurs.

L'attraction de chaque couronne vaut :

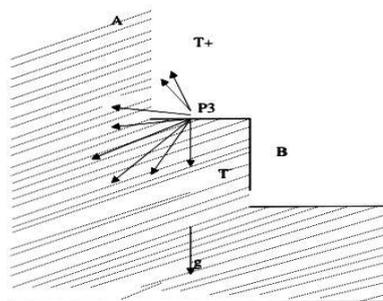
$$\Delta g_{\text{cour}} = G.2\pi\rho [r_2 - r_1 + (r_1^2 + h_2^2)^{1/2} - (r_2^2 + h_2^2)^{1/2}] \text{ mGals}$$

Où h- en mètre est la différence entre l'altitude de la couronne et celle du point d'observation

G- constante universelle

$\rho$  densité en  $\text{g/cm}^3$  des roches de la couronne envisagée

En examinant les deux figures 11 et 12 on se rend compte immédiatement que la pesanteur mesurée en P3 est plus que celle qu'on y mesurerait si la topographie était plane. En effet, la colline A provoqué en P3 une légère attraction vers le haut qui s'oppose à la pesanteur; de même, l'absence de matériau dans la dépression B « enlève » quelque chose à l'attraction vers le bas qui s'exerce en P3 et donc à la valeur de g mesurée en ce point.



**Fig.12- Effet du relief sur la valeur de g (Brahmia.A, (2002)).**

## - Anomalie de Bouguer :

La mise en évidence des formations géologiques se fait par comparaison des valeurs de  $g$  mesuré sur le terrain avec celles du modèle théorique.

L'anomalie de Bouguer se définit alors comme la différence entre les valeurs réelles de la pesanteur ( $g_{\text{mes. corrigé}}$ ) et les valeurs théoriques déterminées par le modèle de Bouguer.

$$AB = g_{\text{mes. Corrigé}} - g_{\text{modèle}}$$
$$AB = g_{\text{mes}} - \Delta g_{\text{modèle}} + \Delta g_{\text{gal}} - \Delta g_{\text{pl}} + \Delta g_{\text{topo}}$$

### II.3.3. Application sur la plaine de Terraguelt :

Dans notre travail nous avons repris les résultats d'étude gravimétrique réalisés par Mr Brahmia.A (référence 2009).

Il s'agit de la séparation de l'anomalie résiduelle de l'anomalie de Bouguer (figure 13 et 14).

#### La carte d'Anomalie de Bouguer :

Les courbes (ou iso-anomales) tracées par interpolation linéaire à partir des valeurs de l'anomalie de Bouguer en chaque point de mesure, constituent le document de base appelé « Carte de l'anomalie de Bouguer » figure 13. C'est une expression graphique d'une somme d'anomalies gravimétriques dont les causes peuvent être locales et superficielles, ou profondes et étendues.

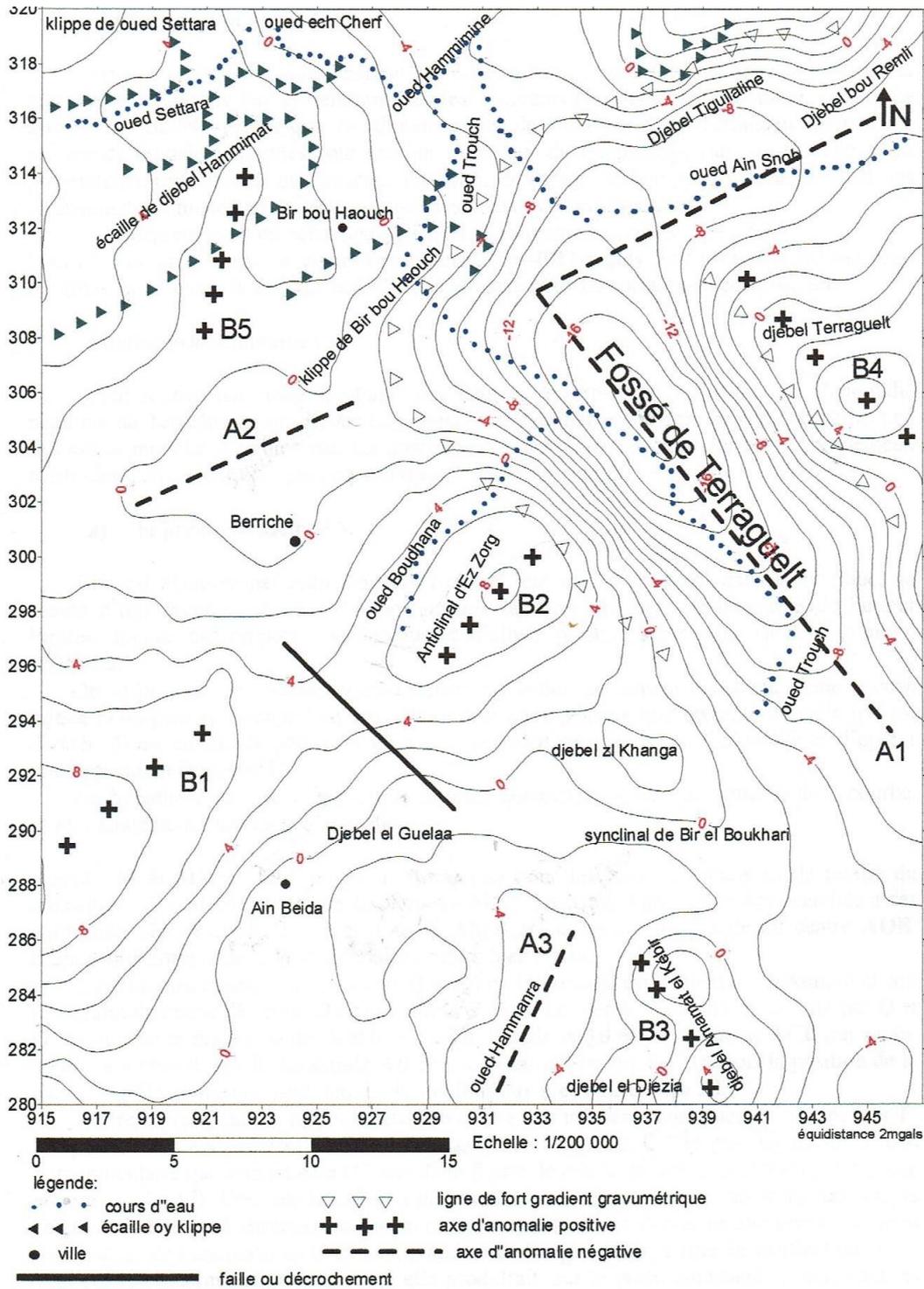
La carte d'anomalie résiduelle est obtenue par la soustraction de l'anomalie régionale de l'anomalie de Bouguer.

$$AB = \text{anomalie régionale} + \text{anomalie résiduelle}$$

Pour obtenir la carte d'anomalie résiduelle nous avons procédé à un établissement de la carte d'anomalie régionale, puis une application de la superposition et soustraction. Cette opération est compliquée et peut être faites par plusieurs méthodes.

Nous vous présentons ici le résultat final de la carte d'anomalie résiduelle (BRAHMIA, 2009) C'est l'analyse de cette carte qui fait ressortir les principales anomales gravimétriques locales qui sont dues aux hétérogénéités du sous-sol figure 14.





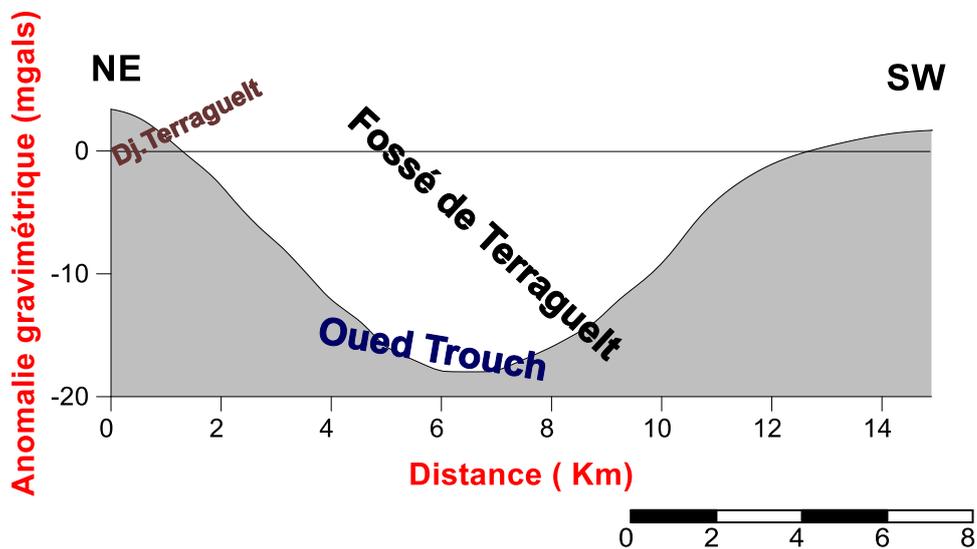
**Fig.14 -Carte d'anomalie résiduelle de la plaine de Terraguelt avec les principaux axes d'anomalies,  $d = 2.67$**   
**Correction topographique effectuée jusqu'à 167 km**  
**Coordonnées kilométriques rectangulaires Lambert**  
**(Brahmia.A, (2002)).**

## - Interprétation de l'anomalie gravimétrique résiduelle :

La carte d'anomalie gravimétrique résiduelle montre une anomalie gravimétrique de  $-20$  mGals au centre de la plaine et correspond à la profondeur maximale du bloc des calcaires maastrichtiens supérieur (figure 14).

Cette anomalie est orientée NW-SE dans la partie centrale de la plaine et prend une orientation NE-SW dans sa partie Nord.

Un profil qui montre cette anomalie a été tracé comme le montre la figure 15. Cette anomalie a été interprétée par Mr Brahmia (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar 2009) pour estimer la profondeur maximale des blocs effondrés à environ 1200 m.



**Fig.15- Profil d'anomalie gravimétrique résiduelle (Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).**

### III.4. LA PROSPECTION HYDROGEOLOGIQUE.

#### Introduction :

Nous avons recensé les 28 forages mécaniques dont deux sont récemment réalisés ce qui nous a permis d'actualiser les informations des études déjà réalisés sur la plaine en l'occurrence il s'agit des forages TRG1 et TRG2.

Le traitement des données de logs de ces forages mécaniques nous ont permis de réaliser un certain nombre de corrélations lithologiques entre les deux rives de la plaine.

Certains forages réalisés dans la plaine ont atteint les calcaires maastrichtiens supérieurs parfois karstifiés avec une perte totale de la boue lors de la réalisation du forage.

Les profondeurs de ces calcaires atteintes dans ces forages ont été utilisées pour le travail de la géométrie du fossé d'effondrement.

La réalisation des coupes hydrogéologiques et corrélations litho-stratigraphiques nous a permis d'identifier les types d'aquifères de la plaine ainsi que leur localisation et aussi la structures de l'effondrement des calcaires maastrichtien supérieur sous l'effet d'ensemble de failles normales sous forme d'escaliers de part et d'autre de l'axe du graben figure .

L'inventaire des forages de la plaine est consigné dans le tableau suivant 4:

**Tableau 4: inventaire des forages d'eau dans la plaine de Terraguelt (Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).**

N du forage	X	y	Z
TR8	938.7	294	935
TR3	937.1	298.8	883
TR6	941.6	292	952
BB5	927.8	314.25	800
TR5	940.55	307.75	920
TR4	939.76	297.35	891
SE04	929.55	305.75	840
B04	940.1	298.65	860
B06	934.35	307.55	821
SE03	925.75	307.8	820
BB1	925	310.75	850
B05	942.45	297	870
TR9	941.85	299.15	860
BEGAS	928	306.4	700
TR8	938.7	294	935
TR12	941.88	296.4	872
TR11	938.95	296.15	880
ML1	941.8	311.8	915
BB1	925	310.75	850
BB2	923	308.35	865
ML5	937	317	930
TR1	939	306.6	835
TROB	939.55	295	885.5
BB4	928.5	309.15	820
TR2bis	936.8	299	882
TR7	939.47	296.51	880
TRG1	939.207	294.73	845
TRG2	941.1	299.3	850

La figure 16 montre la répartition des forages mécaniques dans la plaine et la localisation des trois coupes de corrélations litho-stratigraphiques réalisées dans la plaine.

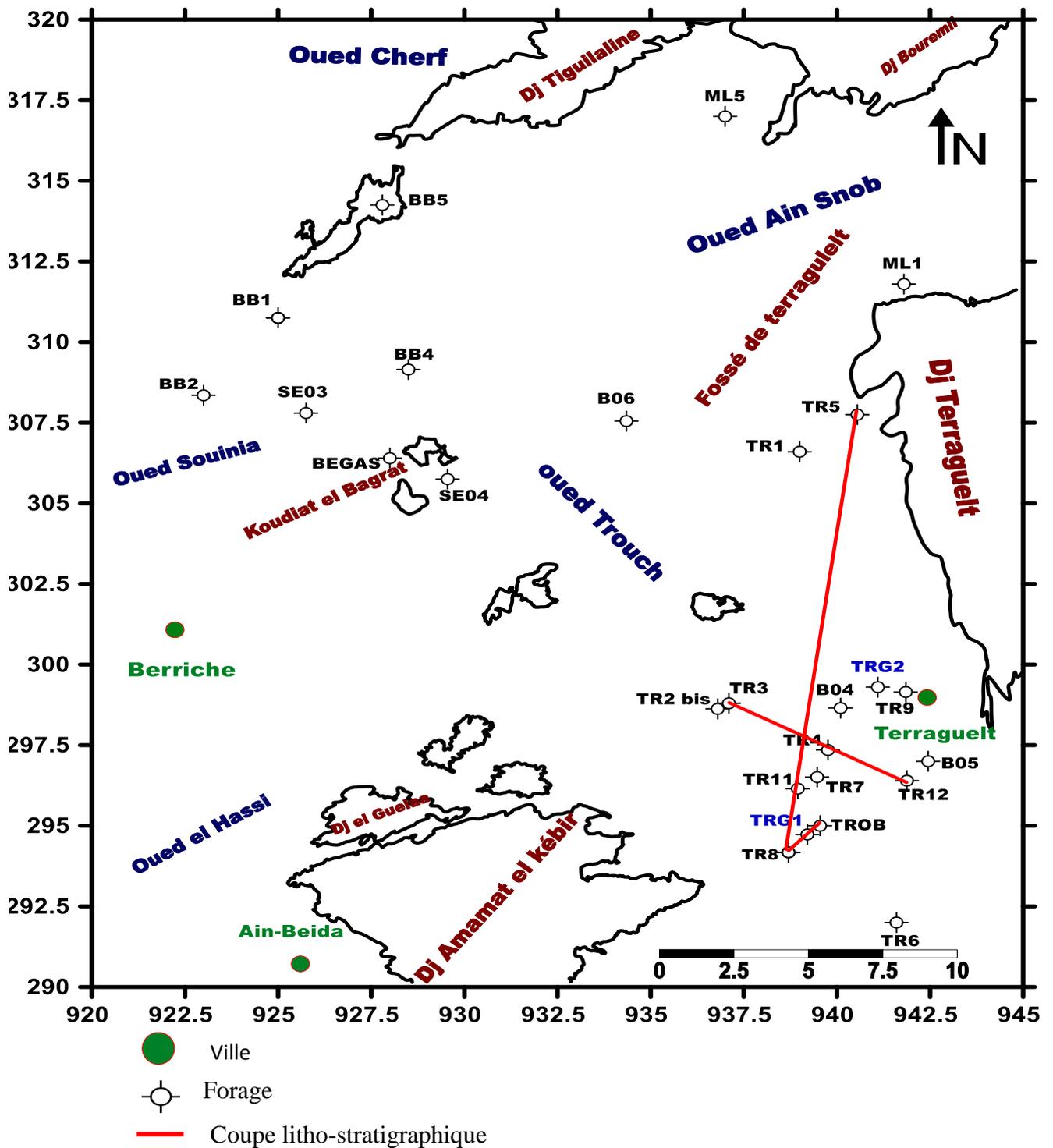


Fig.16 - Carte d'implantation des forages mécaniques et les trois coupes litho-stratigraphiques de la plaine de Terraguelt

(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

### III.4.1. Identification et géométrie des aquifères :

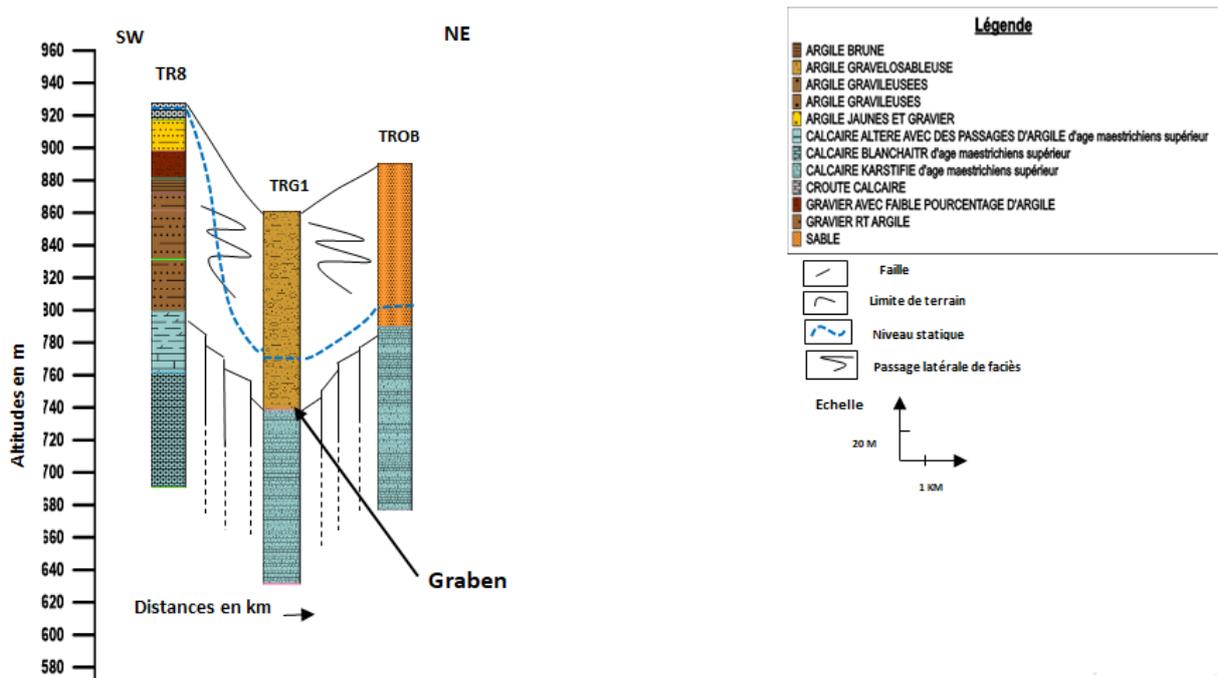
A l'aide des données lithologiques des forages mécaniques nous avons réalisé 3 coupes litho-stratigraphiques, nous les présentons par ordre :

#### Coupe litho-stratigraphique 1 :

Cette coupe est située dans la partie Sud de la plaine d'orientation SW-NE.

Pour mieux illustrer la géométrie des calcaires et l'identification des aquifères nous avons introduit un forage récemment réalisé et qui atteint ces calcaires, il s'agit de TRG1.

Nous pouvons constater au centre de cette coupe que les calcaires en question montrent une forme de graben comblé par des formations détritiques (graviers, sables, argiles) d'environ 80 m d'épaisseur (figure 17).



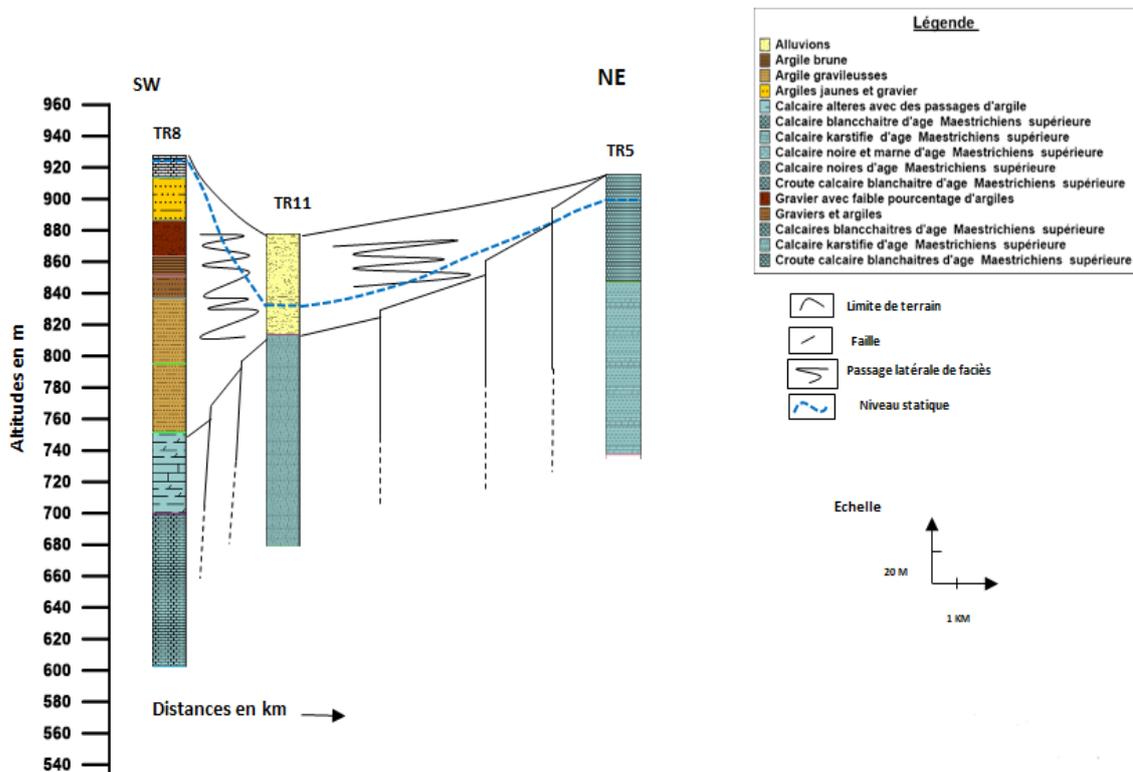
**Fig.17- Coupe litho-stratigraphique 1**  
**(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).**

## Coupe litho-stratigraphique 2 :

Ce coupe est réalisée en reliant les forages mécaniques suivant (TR8-TR11-TR5) d'orientation SW-NE (figure 18).

Cette figure illustre bien l'effondrement progressif des calcaires maastrichtiens supérieur à partir de la surface topographique en bordure de la plaine en allant vers son centre, par une succession de failles normales entre les trois forages.

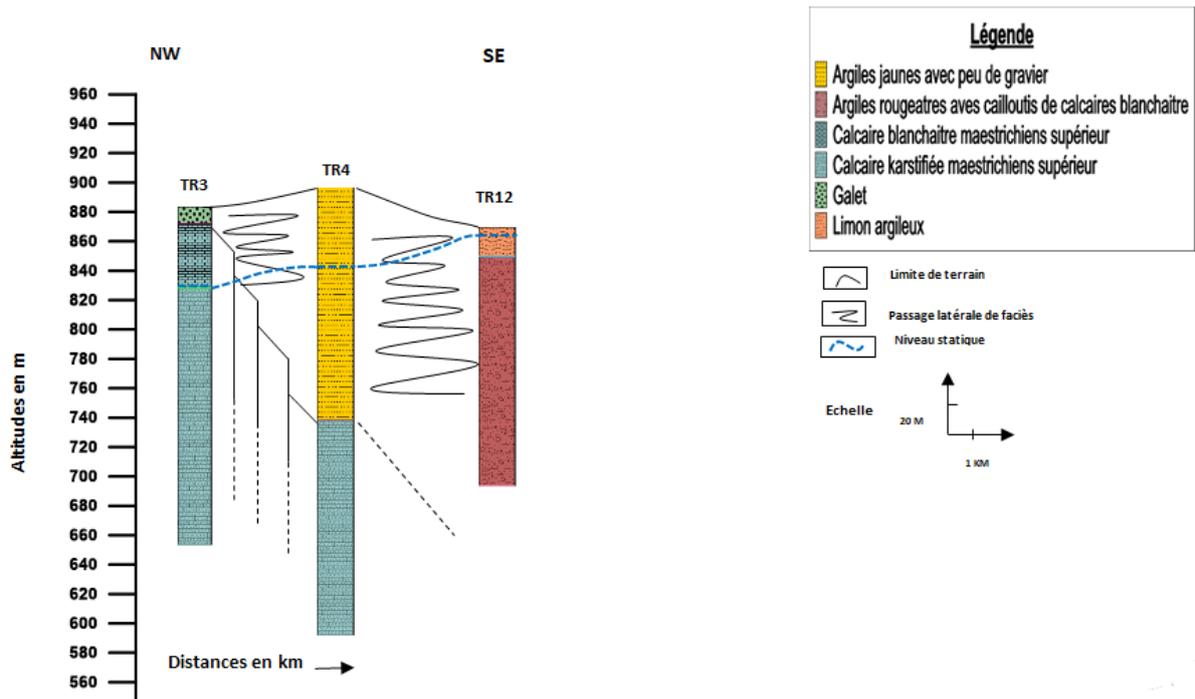
Le forage TR5 montre que les calcaires maastrichtiens supérieur affleurent en surface et deviennent karstifiés à partir de 57m de profondeur.



**Fig.18- Coupe litho-stratigraphique 2**  
 (Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

### Coupe litho-stratigraphique 3 :

Cette coupe est située dans la partie sud de la plaine, d'orientation NE-SW (figure 19). Elle montre à la surface des formations détritiques comme les galets les argiles limon, Sous ces formations il y a les calcaires du maastrichtien supérieur qui s'approfondissent sous l'effet des failles d'Ouest en allant vers le centre de la plaine.



**Fig.19- Coupe litho-stratigraphique 3**

(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

Le dépouillement des logs de forages mécaniques disponibles et l'interprétation des coupes litho-stratigraphiques précédente nous a permis de mettre en évidence deux types (figure20) d'aquifères :

### **1 - aquifère détritique :**

Les forages mécaniques (B05, BO4, SEO3) sont situés dans la partie Sud de la plaine, ces logs sont formés essentiellement par des dépôts Alluvionnaires (gravier) d'épaisseur d'environ 90 m d'âge Quaternaire. Cet aquifère est libre par endroit et confiné dans d'autres.

### **2- Aquifère Karstique :**

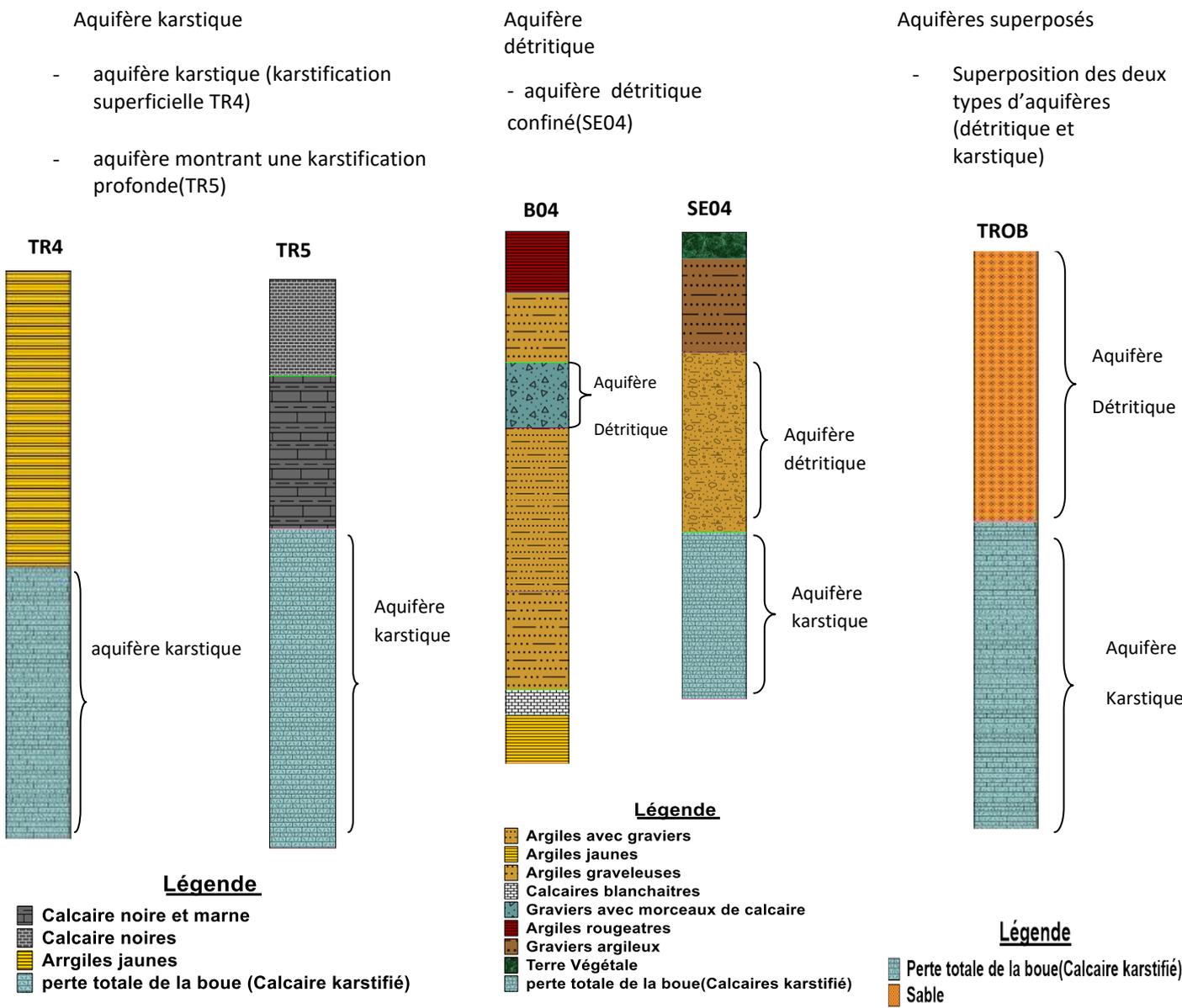
On trouve parmi les logs de forage mécanique disponible, la plus part des forages (TR4, TROB, BB5, SE04, TR11, TR6, TR8, TRG1, TR5) sont localisé au Sud de la plaine.

Les formations détritiques (graviers, sable ...) d'épaisseur d'environ 40m sont superposées sur les calcaires maastrichtiens supérieur par une épaisseur d'environ 100 m.

Ces forages ont montré que la karstification des calcaires peut être superficielle ou plus profonde (figure20).

- le forage TR4 représente une karstification superficielle.

-Par contre le forage TR5 localisé dans la bordure Nord-Ouest de la plaine (Dj. Terraguelt), montre des calcaires non karstifiés en surface et qui deviennent karstifiés en profondeur.



**Fig.20 – Les types d’aquifères de la plaine de Terraguelt (Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).**

## IV. RESULTATS ET DISCUSSION :

Pour avoir la géométrie du fossé d'effondrement de la plaine de Terraguelt nous avons systématisé les résultats obtenus par les différentes méthodes de prospection en un seul fichier Excel.

Nous avons pris comme référence le niveau d'intersection entre la surface topographique en bordure de la plaine avec la limite inférieure de l'affleurement des calcaires maastrichtiens supérieur comme profondeur égale à zéro. Les profondeurs inférieures à zéro (négatives) correspondent au toit des calcaires couverts par les sédiments à l'intérieur du fossé et les profondeurs positives correspondent au toit des calcaires maastrichtiens supérieur qui affleurent en surface et qui forment l'essentiel des reliefs de la périphérie de la plaine.

L'interprétation de l'anomalie, nous a aidés à cerner le pourtour du fossé, la profondeur maximale des calcaires maastrichtiens étant déjà estimée par les études antérieures à une profondeur d'environ 1230m.

Nous avons aussi relevé les profondeurs du toit des calcaires maastrichtiens supérieur dans certains forages mécaniques,

L'interprétation de certains sondages électriques verticaux aussi nous ont été utiles à relever les profondeurs de ces calcaires en plusieurs endroits de la plaine où il y a une couverture de cette prospection.

A l'aide du logiciel Surfer nous avons tracé une carte en trois dimensions qui représente la forme géométrique du fond du bassin d'effondrement formé par les formations des calcaires Maastrichtiens supérieur (figures 21).

Le résultat de l'étude montre dans la moitié Sud de la plaine un fossé légèrement orienté NW-SE.

La carte d'isobathe des calcaires maastrichtiens supérieur montre un approfondissement progressif de ces derniers du Sud vers le Nord du fossé illustré par des courbes iso-profondeur légèrement espacées, par contre latéralement l'approfondissement se fait d'une manière abrupt en allant vers l'axe principal du fossé correspondant bien à l'axe de l'anomalie gravimétrique comme le montre les courbes iso-profondeurs très serrées, cela peut être interprété par le réseau de failles normales suivant l'orientation de l'anomalie gravimétrique négative.

La majorité des informations en notre disposition est concentrée sur la moitié Sud de la plaine, par contre la partie Nord de la plaine est une zone qui manque beaucoup d'informations pour bien illustrer la géométrie des calcaires en question et la géométrie du graben de Terraguelt, pour cette raison les résultats de la géométrie du fossé d'effondrement est à prendre avec beaucoup précaution.

Le fossé de Terraguelt localisé dans la partie centrale de la plaine vers le Nord-Est.

Par contre dans la partie Sud du fossé, la position entre les courbes de niveau sont éloigné ce qui signifie l'effondrement des calcaires maastrichtiens sont passé effectuer progressivement figure 21.

Pour bien montrer la forme du graben nous avons tracé deux cartes morphologiques 3D du fossé d'effondrement de Terraguelt vue de surface (figures 23 et 24).

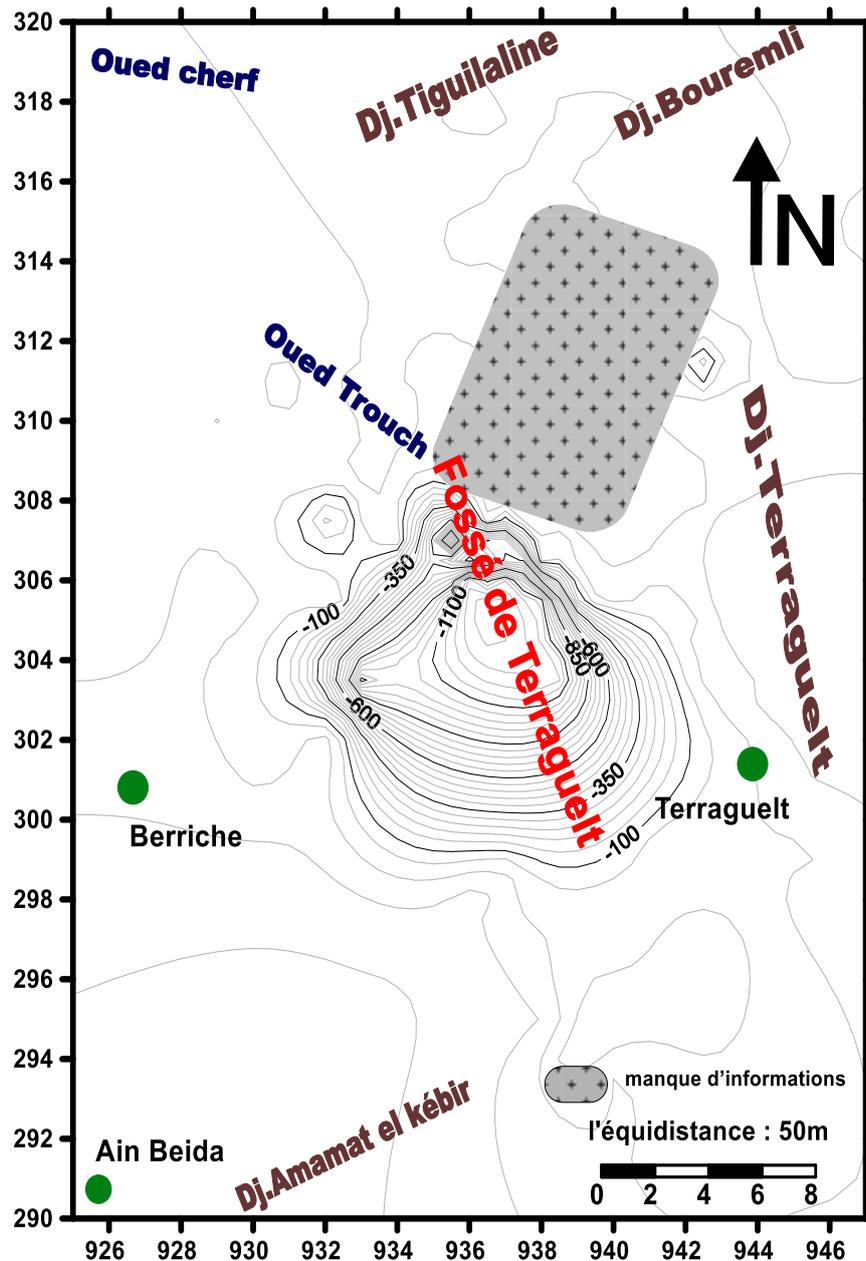
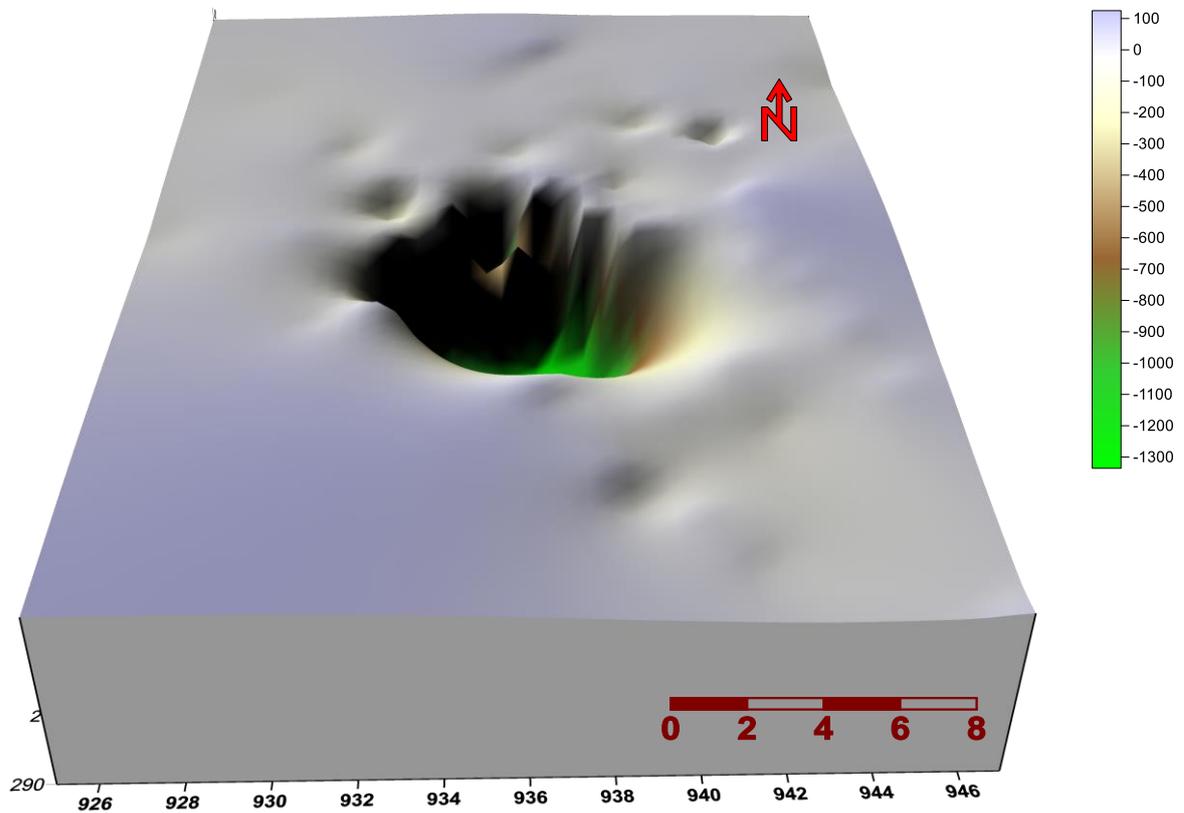


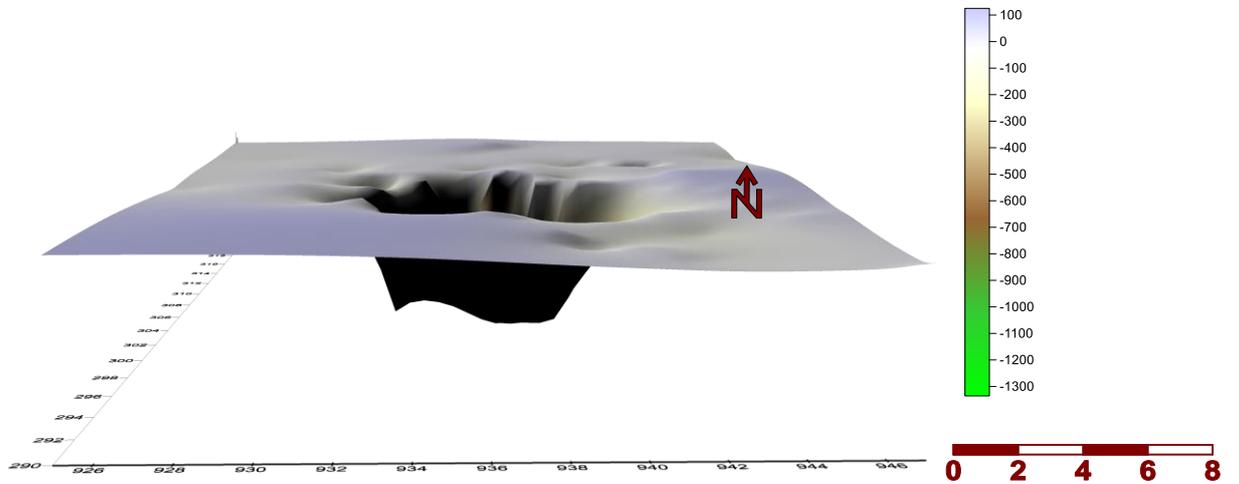
Fig.21 – Carte d'isobathe des calcaires maastrichtien supérieur (Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021)).

- les deux figures suivantes (22,23) illustrent bien la morphologie du fossé en 3D



**Fig.22 – Carte morphologique 3D du fossé d’effondrement de Terraguelt vue de surface**

**(Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021))**



**Fig.23 –Carte morphologique 3D du fossé d’effondrement de Terraguelt  
vue de profil (Boumaiza.Baya, Himeur.Chayma (2021))**

Nous constatons que la moitié Nord de la plaine de Terraguelt est une zone de manque d’informations utiles pour une étude de la forme du graben et mérite une exploration pluridisciplinaire et peut être l’objet d’un thème de recherche complémentaire à notre étude.

## Conclusions générales et recommandations

Nous pouvons conclure que la plaine de Terraguelt est un fossé d'effondrement comblé par les sédiments d'érosion des reliefs avoisinants. Ce remplissage peut atteindre une épaisseur maximale de 1200m.

La prospection gravimétrique montre une anomalie négative de  $-20$  mGals suivant l'axe du principal cours d'eau qui draine la plaine en l'occurrence oued Trough.

La prospection électrique montre que les calcaires maastrichtiens supérieur en bordure de la plaine s'effondrent sous l'effet des failles normales sous forme d'escaliers couverts par les sédiments détritiques.

La prospection hydrogéologique essentiellement les corrélations entre les logs de forage montre l'existence de deux types d'aquifères :

- aquifère détritique localisé en bordure de la plaine, formé galets, graviers, sables parfois contient un certain pourcentage d'argiles d'une épaisseur variable de 20 à 90m.

- aquifère karstique, il est localisé dans les calcaires maastrichtiens supérieur, cette karstification parfois est superficielle, dans d'autres cas elle est plus profonde et se manifeste par la perte totale de la boue lors de la réalisation de certains forage de la plaine.

L'étude hydrogéologique montre que par endroits les deux aquifères se superposent et constituent un potentiel hydrogéologique important.

L'établissement de la carte d'isobathe des calcaires maastrichtiens supérieur montre que le bloc le plus effondré se trouve à environ 1200m de profondeur.

Nous pouvons conclure aussi que la combinaison des données des différentes méthodes de reconnaissances géologiques, géophysiques et hydrogéologiques peut être concluante pour une configuration plus ou moins proche de la réalité de la morphologie d'une structure géologique spéciale comme les fossés d'effondrement.

Par manque d'informations et l'absence des forages mécaniques, la prospection géophysique ou autres études nous n'avons pas pu avoir la forme géométrique du fossé d'effondrement dans sa partie Nord et Nord-Est.

Nous recommandons des études plus poussées et des forages reconnaissance dans les zones Nord de la plaine de Terraguelt.

## Références bibliographiques

-Brahmia.A, (2009) –Etude de la structure profonde du système aquifère de la fosse d’effondrement de Terraguelt, haute Seybouse, Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, (chapitre gravimétrie) p48.

-Brahmia.A, (2002) –Les potentialités en eaux souterraines de la plain de Terraguelt – Wilaya de Souk-Ahras, (Caractérisation et évaluation),(chapitre gravimétrie) p36 , p40.

-Bouroubi.Y –Ouadfel (2009) –Etude hydrogéologique du synclinal de la Taoura : fonctionnement et évaluation des ressources en eaux souterraines (synthèse structurale de la chaîne des maghrébides), Mémoire de magister, Université Mentouri, p 17.

-Guellal.S et vila.J.m (1977) -Notice explicative de la carte géologique, Ain Beida, n°123, première édition, 150.000.

-Guellal.S, (1973) –Carte géologique de Berriche (Jean Rigal). Première édition, échelle : 1/50 000.

-Guellal.S et vila.J.m, (1973) –Carte géologique de Ain Beida. Première édition, échelle : 1/50 000.

-Zerdazi A. (1990). Etude gravimétrique du môle d’Ain Mlila et de l’atlas saharien Septentrional oriental (NE Algérie). IGL, Lausanne.

