



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique

Université de Laarbi Tébessi -Tébessa-

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences de la terre et de l'Univers

Mémoire de master

Domaine : Science de la terre et de l'Univers

Filière : Géosciences

Spécialité : Géologie des bassins sédimentaires

*Réalisé par :*

HADDAD Amdjed

M<sup>elle</sup>. DJEDDI Lamia

Thème :

*Etude de synthèse des dépôts des formations  
quaternaires dans la région d'EL MA EL ABIOD (W de  
Tébessa NE de l'Algérie)*

*Devant le jury :*

<i>Président</i>	GUEFAIFIA Omar	MCA
<i>Examineur</i>	HADJEM Ryad	MAA
<i>Promoteur</i>	DEFAFLIA Nabil	MCA

Date de soutenance :

الله أكبر

## ملخص

المغرب العربي هو منطقة انتقالية بين أفريقيا والقارات الأوروبية الآسيوية. تم وضع علامة تاريخها من قبل التناقضات السنوية والمكانية التي كان لها تأثير على تكوين الأراضي في العصر الحديث الأقرب إلى الهولوسين العليا

كانت الودائع الرباعية في منطقة الماء الأبيض ولاية تبسة (شمال الجزائر) موضوع الكثير من الأبحاث. ودراسنا بشكل خاص تخص المدرجات النهرية لمنطقة الماء الأبيض تقع إلى الجنوب من مدينة تبسة في شرق الجزائر

الهدف من هذا العمل هو دراسة المراحل والتغيرات البيئية الحديثة من خلال السجلات الرسوبية التي حدثت مؤخرا على مستوى منطقة الماء الأبيض

لقد فضلنا استخدام طرق جديدة وأساليب حديثة و مميزة تتيح لنا الحصول على معلومات حول وسط الترسيب والتسلسل الزمني للأحداث من بينها :

تحاليل رسوبية ( حجم الحبوب وتحديد المعايير الترسيبية , المورفسكوبية , الإفرسكوبية , الكلسمترية ), تحاليل معدنية (حيود الأشعة السينية لحبيبات الطين ) , و طرق تحديد العمر النسبي والمغناطيسية البيئية من أجل الحصول على تسلسل زمني للأحداث بأكثر موثوقية ممكنة.

التغيرات في قيم معايير حجم الحبوب يقدم معلومات عن تصنيف وتحليل الرواسب و على انتظام أو عدم انتظام مستوى طاقة عامل النقل.

الإفرسكوبية جعلت من الممكن التفريق بين التاريخ الرسوبي للكوارتز (تعرية ، نقل مائي قاري و نقل هوائي). الفحوص التي أجريت باستخدام مجهر الكتروني مع كاسح على أسطح هذه الحبوب أتاحت الفرصة لتحديد الهياكل المختلفة التي يمكن أن تكون إما على علاقة بالشعرية البدائية لكريستال الكوارتز أو مع آليات ألحت و التآكل في محيط التعرية .

دراسة المعادن الطينية للرواسب أتاحت لنا أن نستنتج أن البحث عن أصل معادن السمكتايت , الكاولينيت والإليت لهاتين الوحدتين , يجب أن يكون في منطقة مستجمعات المياه في منطقة الدراسة.

المعطيات المغناطيسية البيئية سمحت لنا الأخذ بعين الاعتبار الاختلافات ذات الدلالة على ظروف التهوية (هوائية / لا هوائية) , ويمكن للمرء أن يستنتج أن رواسب المقطعين الاول و الثاني تشكلت خلال مناخ جاف وأن الرواسب ترسبت بواسطة الرياح في حين أن رواسب المقطع الثالث نشأت في ظل مناخ منخفض الرطوبة.

إن الهدف من هذه الدراسة هو معرفة تشكيل الظروف البيئية أثناء تكون الشرفات

**الكلمات الدالة:** الماء الأبيض ، تبسة، الجزائر القديم، مراحل الترسيب، الترسبات الرباعية ، الإفرسكوبية، علم المعادن والصلصال.

### Résumé

Le Maghreb est une zone de transition entre l'Afrique et le continent eurasiatique. Son climat passé se caractérise par des contrastes annuels et spatiaux qui ont eu un impact sur l'occupation des territoires au Pléistocène supérieure et à l'Holocène.

Les dépôts quaternaires dans la région d'el Ma El Abiod/ Tébessa ont fait l'objet de nombreuses recherches. Notre étude concerne les formations quaternaires (terrasses fluviales et alluvionnaires) d'El Ma El Abiod, qui se trouvent au sud de la ville de Tébessa en Algérie orientale.

Le présent travail vise, à travers des études stratigraphique, magnétique et sédimentologique des formations sédimentaires de quelques terrasses alluvionnaires, à déterminer les paléoenvironnements de cette région.

Du point de vue sédimentologique, les sédiments sont dominés par la fraction sableuse suivie par la fraction limoneuse; les teneurs modérées en  $\text{CaCO}_3$  sont le résultat de la dissolution des reliefs calcaires avoisinants (calcaire maastrichtien).

L'observation morphoscopique des grains de quartz à la loupe binoculaire permet de proposer une évolution plus ou moins importante, puisqu'ils sont souvent émoussés ou sub-émoussés.

L'étude exoscopique des grains de quartz montre d'une part l'existence de plusieurs types d'érosion mécanique et chimique, et d'autre part la présence de figures de dissolution sur la surface de plusieurs grains de quartz.

L'association des minéraux argileux, sur la terrasse fluviale d'el Ma El Abiod, est constituée de smectite, de kaolinite, d'illite et de sépiolite. La smectite est en général le minéral dominant.

Les résultats de l'étude magnétique concordent avec ceux de l'étude sédimentologique. Les valeurs de la susceptibilité magnétique sont fortes dans les parties médianes de trois coupes stratigraphiques (juste au-dessus des niveaux archéologiques) et diminuent légèrement dans les parties supérieures. Les plus faibles valeurs sont enregistrées dans les parties inférieures. Les valeurs de la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique ( $\chi_{fd}$ ) sont fortes tout le long des trois coupes stratigraphique et témoignent de la présence d'un mélange de grains de taille monodomaine (MD), pseudo-monodomaine (PMD) et superparamagnétiques (SP) (avec une prédominance des grains SP). La forte concentration de grains de taille SP révèle la présence d'une pédogenèse importante lors de la mise en place des sédiments.

**Mots clés :** El Ma El Abiod, Tébessa, Algérie, paléoclimats, processus sédimentologique, Quaternaire, exoscopie, minéralogie des argiles.

### Abstract

The Maghreb is a zone of transition between Africa and the Eurasian. Its past climate is characterized by annual and space contrasts which have an impact on the occupation of the territories at Pleistocene higher than the Holocene one.

The quaternary deposits in the area of el Ma El Abiod TEBESSA were the object of many research. Our study relates to the quaternary formations (benches and alluvial) of El Ma El Abiod which are in the south of the town of Tébessa in Eastern Algeria.

This work consists, through studies stratigraphic, paleomagnetic and sedimentological of the sedimentary formations of some alluvial terraces. Via this study, we will be able to then determine the paléoenvironnements.

From the sedimentological point of view, the sediments are dominated by the sandy fraction followed by the muddy fraction; the contents moderated of CaCO<sub>3</sub> are the result of the dissolution of the reliefs neighbouring limestones (maastrichtian limestone).

The morphoscopic observation of the quartz grains to the binocular magnifying glass makes it possible to propose a more or less important evolution, since they are often blunted or sub-blunted.

The exoscopic study of the quartz grains shows on the one hand the existence of several types of mechanical and chemical erosion, and on the other hand the presence of figures of dissolution on the surface of several quartz grains.

The association of argillaceous minerals, on the bench of El Ma LABIOD, consists of smectite, kaolinite of illite and sepiolite. The smectite is in general the mineral dominating.

The results of the magnetic study agree with those of the sedimentological study. The values of magnetic susceptibility are strong in the median parts of three stratigraphic sections (just above archaeological levels) and decrease slightly in the upper parts.

The low values are recorded in the lower fd)  $\chi$  parts. The values of the frequency response of magnetic susceptibility (are strong all the way along three cuts stratigraphic and testify to the presence of a mixture of grains of size monodomaine, pseudo-monodomaine (PMD) and superparamagnetic (SP) (with a prevalence of grains SP). The strong concentration of grains of size SP reveals the presence of an important pedogenesis at the time of the installation of the sediments.

**Keywords:** El Ma El Abiod, Tébessa, Algeria, paleoclimates, process sedimentological, Quaternary, exoscopy, mineralogy of clays.

# Remerciements

## Remerciements

*Tout d'abord, on tient à remercier le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant **Mr. DEFALIA Nabil** Pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port, nous le remercions pour ses précieux, son soutien, et ses encouragements au long de ce mémoire.*

*Aux membres du jury :*

*Président : Mr. GUEFAIFIA Omar*

*Examinateur : Mr. HADJEM Ryad*

*Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.*

*Enfin, Nous remercions à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.*

# Dédicace

## Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force et la patience.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

**Mes parents :** *Vous êtes mon guide de la vie, mes épaules et la source de mes efforts, vous m'avez donnés les conseils et le courage et la puissance pendant les 24 ans de ma vie et les 18ans de ma période d'étude, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et ma formation. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu vous préserve et vous procure santé, longue et belle vie.*

*Chapeau pour vous mes cœurs*

**Mes frère et ma petite sœur :** *Ibrahim, Achref et imane ; vous êtes un cadeau du ciel. Je vous remercie pour votre support, vos dévouements et indéfectible soutien, je vous dédie ce travail pour tous les moments qu'on a pu partager ensemble. Que dieu le tout puissant puisse vous préserver du mal, vous combler de sante et de bonheur.*

**Ma partenaire dans la vie :** *Vous avez été présente à tout instant de ma faiblesse et m'avez soutenu, que Dieu te garde pour moi Quoique je dise je ne saurais exprimer l'amour que j'ai pour toi, merci pour ton soutien et pour ta présence dans ma vie.*

**Toute la famille :** *Mon grand père et ma grande mère, mes oncles et mes tantes, mes cousins, Que ce travail soit le témoin de toute mon affection et mon attachement.*

**Mes chers amis :** *Naïm, boubakeur, abdou, marouane et sans oublié kaabour*

*Vous êtes les meilleure Nous avons partagé les bons et les mauvais moments durant toute la vie merci pour tous vous encouragements.*

**H.Amdjed**

# Dédicace

## Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force et la patience.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,*

*A mes chers frères pour leur appui et leur encouragement,*

*A toutes mes amis et collègues pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Permis Djebel Doukkane Forage Petrolier Boudjellal-2 [BDJ-2] .....	<b>18</b>
<b>Tableau 2</b> : Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment.....	<b>32</b>
<b>Tableau 3</b> : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de la moyenne .....	<b>36</b>
<b>Tableau 4</b> : Classification des faciès sédimentaires en fonction du Sorting index selon la Méthode Trask. ....	<b>36</b>
<b>Tableau 5</b> : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice d'asymétrie.....	<b>37</b>
<b>Tableau 6</b> : Paramètres granulométriques de la terrasse fluviatile de Birzguene .....	<b>51</b>
<b>Tableau 7</b> : Nouvelles subdivisions des dépôts basées sur les résultats de l'étude granulométrique.	<b>54</b>
<b>Tableau 8</b> : pourcentages du CaCO <sub>3</sub> des différents niveaux et leurs profondeurs .....	<b>58</b>
<b>Tableau 9</b> : Pourcentages du CaCO <sub>3</sub> des différents niveaux et leurs profondeurs .....	<b>60</b>

### Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Situation géographique de site des oued Birzguel et Adaila (El Ma El Abiod).....	5
<b>Figure 2</b> : Modèle numérique de bassin d'El- Ma- Labiod.....	7
<b>Figure 3</b> : Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Malabiod.....	8
<b>Figure 4</b> : Carte géologique de la région d'El Ma El Abiod.....	19
<b>Figure 5</b> : Coupes géologique dans la région d'El Ma El Abiod.....	20
<b>Figure 6</b> : Carte de système de failles .....	26
<b>Figure 7</b> : Granulomètre laser Mastersizer 2000 de MALVERN.....	34
<b>Figure 8</b> : Schéma général du Granulomètre Malvern 2000.....	35
<b>Figure 9</b> : Calcimètre de Bernard et son support .....	38
<b>Figure 10</b> : Diagramme de la granulométrie des différentes fractions fines.....	44
<b>Figure 11</b> : Profil stratigraphique de la terrasse étudiée. ....	46
<b>Figure 12</b> : Courbes cumulative des échantillons 1 et 26 .....	47
<b>Figure 13</b> : Courbes cumulatives des échantillons 3, 56 et 57.....	48
<b>Figure 14</b> : Courbes de fréquence de l'échantillon n° 1 .....	48
<b>Figure 15</b> : Résultats des différents indices granulométriques .....	50
<b>Figure 16</b> : Position des fractions granulométriques dans le diagramme ternaire .....	52
<b>Figure 17</b> : Granulométrie du sédiment fin.....	53
<b>Figure 18</b> : Résultats des différents indices granulométriques .....	55
<b>Figure 19</b> : Position des fractions granulométriques dans le diagramme ternaire .....	56
<b>Figure 20</b> : Evolution du taux de CaCO <sub>3</sub> des sédiments dans la coupe Birzguene.....	57
<b>Figure 21</b> : Pourcentage de CaCO <sub>3</sub> .....	59
<b>Figure 22</b> : Les grains du quartz .....	61
<b>Figure 23</b> : Les grains de quartz.....	62

## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

**µm:** Micromètre

**ANRH:** Agence Nationale des Ressources hydrauliques

**BDJ2:** Boudjellal 2

**C:** Carbone

**CaCo3:** Carbonate de calcium

**Cm:** Centimètre

**Co2:** Dioxyde de carbone

**ENAVA:** Entreprise Nationale des Verres et Abrasifs

**HCl:** Chlorure d'hydrogène

**KG:** *kurtosis*

**Km:** Kilomètre

**Log:** Logarithme

**m:** mètre

**MD :** MonoDomaine

**ml:** mililitre

**mm:** millimètre

**N° :** Numéro

**NaCl:** Chlorure de sodium

**NE :** Nord-Est

**pH:** Acidité

**PMD:** Pseudo-MonoDomaine

**RN:** Route Nationale

**SK:** Coefficient de *Skewness*

**So:** Sorting

**SP:** SuperParamagnétique

**SW:** Süd-West

**χfd:** Dépendance en Fréquence

## Table des matières

ملخص

Résumé

Abstract

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction Général ..... 1

### CHAPITRE I- CADRE PHYSIQUE

1. Situation géographique de la zone d'étude.....	5
2. Topographie .....	6
3. Activité économique de la région .....	6
4. Hydrographie .....	7
5. Aperçu géomorphologique.....	9
5.1. Les plaines.....	9
5.2. Les collines.....	9
5.3. Le bassin versant .....	10
5.4. La dépression du Miocène.....	10
5.5. Le confinement : bassin versant- cuvette du Miocène .....	10
5.6. Les lits des oueds.....	10
5.7. Les alluvions du Quaternaires .....	10

5.8. Les sources .....	10
5.9. Les barrières rocheuses .....	11
<b>6. Climatologie .....</b>	<b>11</b>

### CHAPITRE II- CONTEXTE GÉOLOGIQUE

<b>1. Introduction .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Cadre géologique .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Stratigraphie de la région .....</b>	<b>13</b>
3.1. Le Secondaire .....	14
3.1.1. Le Trias .....	14
3.1.2. Le Crétacé .....	21
3.2. Le Tertiaire .....	21
3.2.1. Le Miocène .....	21
3.2.2. Le Pliocène .....	21
3.3. Le Quaternaire .....	23
3.3.1. Les Conglomérats .....	23
3.3.2. La croûte calcaire .....	23
3.3.3. Les dépôts de sources .....	23
3.3.4. La nappe des cailloux .....	23
3.3.5. Les dépôts actuels .....	23
<b>4. Tectonique .....</b>	<b>23</b>
4.1. Style tectonique .....	23
4.2. Phases tectoniques .....	24
4.2.1. Les mouvements récents .....	25
<b>5. Paléographie .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Conclusion .....</b>	<b>29</b>

## CHAPITE III-MÉTHODOLOGIE

<b>1. Etude de terrain</b> .....	<b>32</b>
1.1. Établissement de la stratigraphie.....	32
1.2. Description des niveaux .....	32
1.3. Echantillonnage .....	32
<b>2. Etude au laboratoire</b> .....	<b>32</b>
2.1. Analyse Granulométrique .....	32
2.1.1. Définition et but de l'analyse granulométrique.....	32
2.1.2. Appareillage et principe de mesure : .....	33
2.1.3. Les paramètres granulométriques .....	35
<b>3. Calcimétrie</b> .....	<b>36</b>
3.1. Appareillage .....	36
3.2. Mode opératoire .....	36
3.3. La mesure .....	36
3.4. Teneur en CaCO <sub>3</sub> .....	40
<b>4. pH des sédiments</b> .....	<b>40</b>
<b>5. Morphoscopie des grains de quartz</b> .....	<b>40</b>

## CHAPITRE IV- RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

<b>1. Synthèse des études stratigraphique</b> .....	<b>43</b>
1.1. La terrasse fluviatile de BIRZGUENE.....	43
1.2. Le terrasse fluviatile (ADAILA) .....	45
1.2.1. Description de la coupe.....	45
<b>2. Synthèse des études sédimentologique</b> .....	<b>47</b>
2.1. Analyse granulométrique de la terrasse fluviatile de BIRZGUENE.....	47

## Sommaire

---

2.1.1. Paramètres granulométriques.....	49
2.2. Analyse granulométrique de la terrasse fluviatile de Adila .....	52
2.2.1. Paramètre granulométrique.....	54
<b>3. Les carbonates.....</b>	<b>56</b>
3.1. Terrasse fluviatile Berzguene.....	56
3.2. Terrasse fluviatile ADILA .....	59
<b>4. La PH-métrie.....</b>	<b>60</b>
<b>5. La morphoscopie des grains de quartz.....</b>	<b>60</b>
5.1. Terrasse fluviatile de BEREZGUENE.....	60
5.2. Terrasse fluviatile de ADILA.....	61
<b>6. Les indices paléoenvironnementaux.....</b>	<b>62</b>
6.1. Les traces des sédiments autochtones .....	62
6.2. Les traces des sédiments allochtones .....	63
<b>7. Conclusion .....</b>	<b>63</b>
<b>Conclusion général .....</b>	<b>64</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>67</b>

**Introduction général**



La dénomination « Quaternaire » a été proposée par Jules Desnoyers en 1829 pour qualifier des formations ou terrains, à partir de l'analyse des sédiments du Bassin de la Seine qui semblaient être plus jeunes que les roches du Tertiaire (Commission de paléontologie, groupe d'études du Quaternaire).

La limite inférieure de la période a fait l'objet de nombreux débats scientifiques et restait difficile à préciser car plusieurs marqueurs de froids peuvent être utilisés (donnant une limite inférieure entre environ -2,6 et -1,5 millions d'années). Avec l'avancée des méthodes de datation absolue des roches les plus anciennes, le Quaternaire désigne désormais un période géologique récente caractérisée par le retour des cycles de périodes glaciaires (alternance de phases glaciaires et interglaciaires), et débute il y a environ 2.6 millions d'années. Le Quaternaire se compose des époques Pléistocène et Holocène, subdivision confirmée en 2009 par l'Union internationale des sciences géologiques. Une troisième époque est actuellement proposée : l'Anthropocène.

- L'originalité du Quaternaire tient à ses caractères essentiels :
- Sa brièveté en comparaison des autres aires géologiques,
- Son actualité dans l'histoire de la terre,
- Les variations climatiques qui y tiennent une place essentielle,
- L'émergence des hominidés.

Les alluvions sont des dépôts de débris plus ou moins grossiers (sédiment), tels le sable, la vase, l'argile, les galets, les limons ou graviers, transportés par de l'eau courante.

Les alluvions peuvent se déposer dans le lit du cours d'eau ou s'accumuler au point de rupture de pente. Nous distinguons plusieurs types d'alluvions :

- Les alluvions fluviales, qui se déposent sous l'effet d'un fleuve ou d'une rivière.
- Les alluvions fluvioglaciaires qui sont déposés par l'eau de fonte d'un glacier,
- Les alluvions fluviomarines qui s'accumulent dans les estuaire

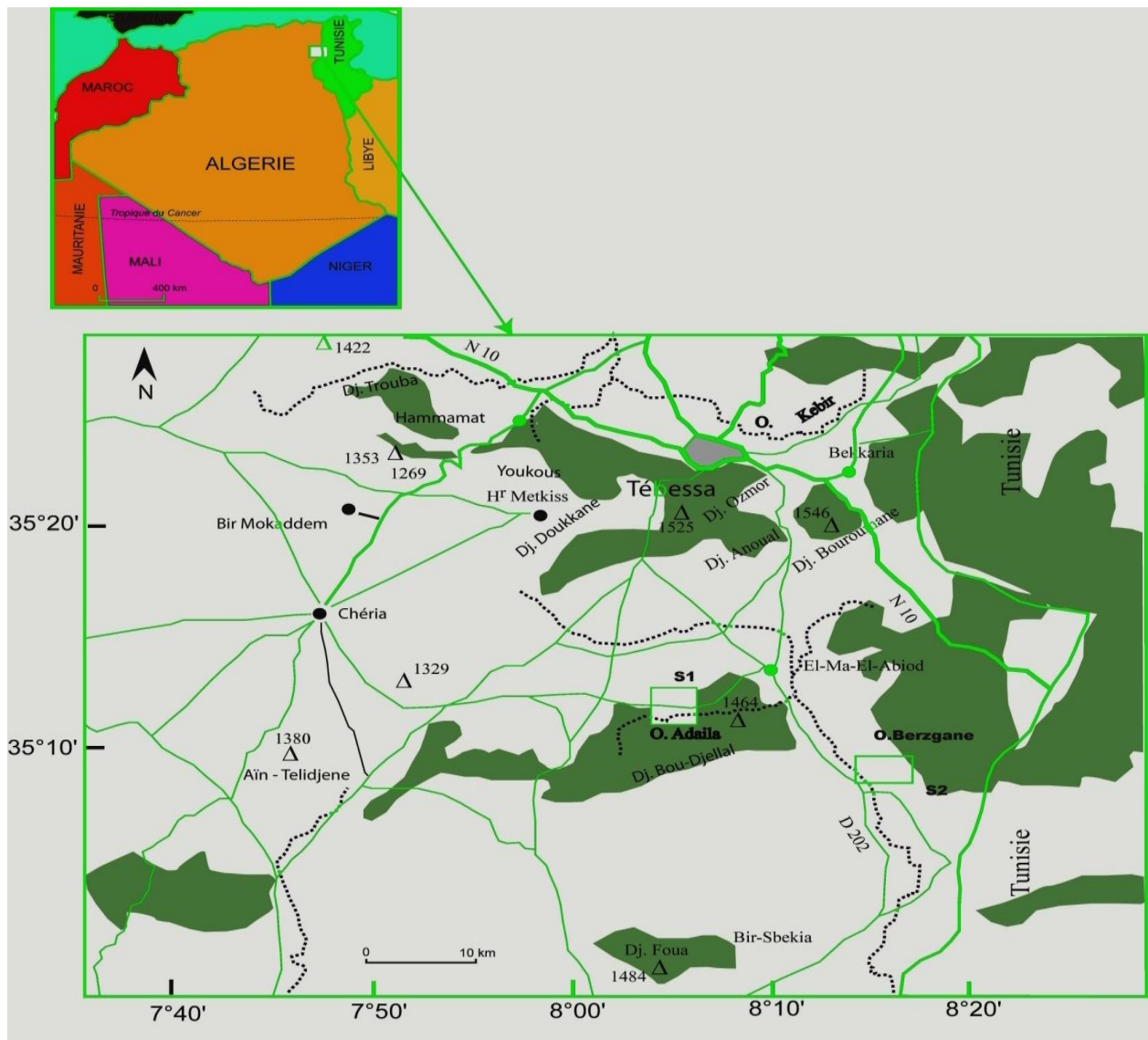
La qualité de la reconstitution des événements climatiques anciens dépend de la qualité de leur enregistrement dans les sédiments, laquelle est fortement influencée par les conditions de conservation. L'enregistrement de l'événement ancien peut être de nature paléontologique ou biologique, lithologique, géochimique et géologique : il est encore très souvent biogéochimique avec la mise en évidence de molécules caractéristiques de certains organismes (**Rhoujjati, 1995**).

Le présent travail consiste à faire une étude de synthèse des dépôts des formations quaternaires dans la région d'EL MA EL ABIOD (W de Tébessa NE de l'Algérie).

**Chapitre I- Cadre physique**

## 1. Situation géographique de la zone d'étude

La plaine d'El Ma El Abiod se trouve au nord-est de l'Algérie, dans la wilaya de Tébessa, à environ 40km au sud-ouest de chef-lieu et à proximité immédiate de la frontière tunisienne située à l'intérieur des terres, à quelque 250km de la mer méditerranée, elle appartient antérieurement au versant saharien et à la zone des Hauts plateaux (Djerrab, 2012) (Figure 1).



**Figure 1** : Situation géographique de site des oued Birzguel et Adaila (El Ma Labiod, Tébessa, Algérie).

Ses limites naturelles sont :

- Au Nord, une ligne de crête regroupant les Djebels Doukkane, El Khenga et Bouroumane.
- Au sud, les monts de Boudjellal , El Guelia et Eddla.
- A l'ouest, Guebel Errouiss et Draa Douamiss.
- A l'est, Djebel El Kechrid et Koudiet sidi Salah qui matérialise les confins du coté du territoire tunisien (**Djebari, 2011**)

La plaine d'El Ma El Abiod est caractérisée par :

- Elle est l'un des constituants du grand bassin du Chott Melhrir (-40 m au dessous de la mer).
- L'absence des cuvettes fermées.
- Le drainage superficiel s'exerce complètement jusqu'aux bas-fonds su Sahara oriental.
- Chaque dépression a en effet son déversoir vers un cours d'eau.

### 2. Topographie

La région d'El Ma El Abiod se distingue par une topographie variée ; en effet, une série de monts escarpés, dont l'altitude oscille de 1432 (Djebel El Gautra) à 1432 (Djebel Anoual).

Le point culminant est de 1712m à Djebel Doukkane. Ce cadre montagneux cerne une plaine ayant une altitude moyenne de 1020 à 1200m (**Figure 2**) et occupant la partie centrale de la zone.

Elle présente l'allure d'une dépression épousant la forme d'une cuvette. Il a été signalé l'apparition de quelques coteaux remarquables, d'une hauteur relative de l'ordre de 10 à 20m par rapport à celle de la plaine. Leur présence est imputée à une ascension probable des couches imperméables, et ce vers l'amont d'oued El Goussa, du coté sud, sur l'axe parallèle à la *RN 16* (**Djebari, 2011**).

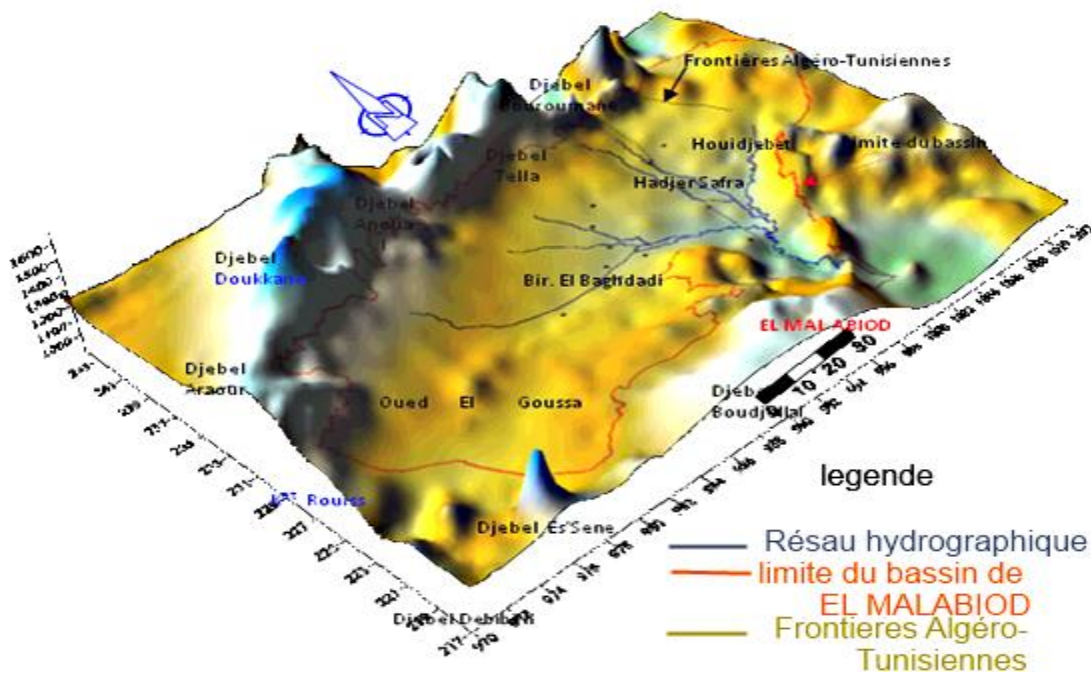
### 3. Activité économique de la région

Le réveil, quant à l'activité industrielle, ne s'est fait sentir que très récemment, et ce n'est qu'au début des années 90 du siècle écoulé, que la région voit s'édifier :

- Sa première usine ; filiale société de ciment et dérivés de Tébessa (**Ciment Portland**)

Suivie de la fabrique du verre (**ENAVA**)

- Et ensuite l'entreprise nationale des tubes roulés et transformation des produits métalliques (*ANABIB*), qui sont un acquis et un moyen de développement (*Djebbari, 2011*).



**Figure 2 :** Modèle numérique de bassin d'El- Ma- Labiod (*Djebbari, 2011*)

#### 4. Hydrographie

Le réseau hydrographique est un ensemble de cours d'eau, naturels (ou artificiels), pérennes (ou temporaires), qui drainent les eaux de ruissellement ou de restitution des nappes ; sous formes de sources ou tout au long des lits d'oueds.

Il est différencié selon quatre facteurs principaux ; la géologie (sensibilité à l'érosion, présence de structures conditionnant le sens du courant...), le climat (réseau dense en région montagneuses et humides...), la pente du terrain (réseau en phase érosive ou sédimentaire...) et la présence humaine (modification du tracé originel du réseau par le drainage, l'endiguement, construction de barrages...).

Il est souvent caractérisé par sa hiérarchisation, son profil en long et son développement.

La projection, de ce qui a été avancé plus haut, sur le bassin étudié permet de dire : De par sa situation (région semi-aride), le nombre de cours d'eau y est limité, cela n'empêche que le réseau est quand même dense, marqué de nombreux ravins formants des affluents secondaires,

sinueux, intermittents et à pentes raides. Les quelques Oueds importants qui collectent les eaux d'orages et les drainent à l'exutoire à savoir **(Figure 3)** :

**1- Oued El Goussa**, qui prend son origine à l'Ouest et tend sa vallée selon une direction Ouest-Est sur une longueur d'environ 28,2Km. C'est le thalweg principal. Il draine cette partie avec comme affluent, Oued Es-Sagui et celui du Koriz, qui commence à couler après fonte des neiges sur Djebel Doukkane, néanmoins, il finira par se perdre un peu en aval, dans les alluvions quaternaires

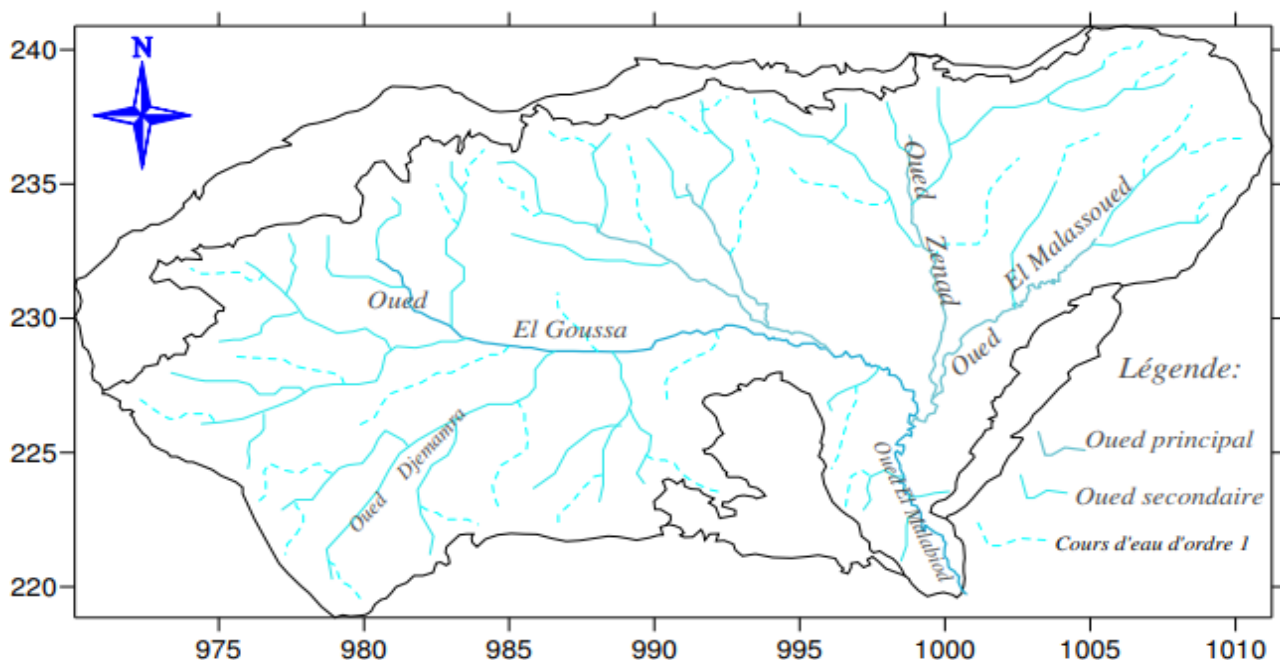
**2- Oued El Malassoued**, qui lui trouve sa source au Nord-Est (Djebel Taga) et reçoit, après un parcours de 12Km, Oued Ez'Zenad et longe ensuite la plaine. Il est considéré comme le collecteur des eaux de ruissellement du Nord et du Nord-Est du secteur.

**3- Oued Ez'Zned**, prend naissance au Nord, il reçoit l'Oued de T'noukla (issu de Kef T'noukla) et s'écoule, comme ses prédécesseurs, vers le Sud.

**4- Oued El Malabiod**, la confluence de ces cours, donne naissance au conduit principal du bassin, un peu en amont de la ville d'où il tire l'appellation, Oued El Malabiod

Il est à rappeler qu'un peu plus au Sud, l'Oued Berzguène et celui de Saf Saf, y prennent naissance. Ces derniers reçoivent à leur tour Oued Gh'routa, Guelb Es'sfa et El Ouesra, ce qui est à l'origine du cours qui draine les eaux vers chott Melhrir au Sud.

Les crues ne font jamais référence à une saison quelconque (humide), mais sont fonction particulièrement des orages qui se manifestent à la fin du printemps et au début de l'automne.



**Figure 3** : Carte du réseau hydrographique/Bassin d'El Malabiod

### 5. Aperçu géomorphologique

L'apport des résultats de recherches géologiques ainsi que les études géomorphologiques est incontestable ; quant à son exploitation en hydrologie et surtout dans l'investigation des eaux souterraines, la connaissance des différentes formations qui peuvent se comporter comme aquifères, leur modes d'alimentation, et par conséquent la détermination de leur intérêt en la matière. L'évolution morphologique se rapportant au dit secteur a conduit à un façonnement du relief, d'où diverses formes morphologiques typiques d'un terrain sédimentaire sont décelables dans le bassin d'El Malabiod, on cite entre autres :

#### 5.1. Les plaines

Ce sont de vastes étendues planes intermontagneuses, leur envergure est d'une dizaine de kilomètres, alors que leur allongement prend une orientation Nord-est – Sud-Ouest ou encore, Nord-Sud. La dénivellation y est faible relativement, par rapport à l'ensemble du territoire, traduisant une topographie, localement, régulière, si ce n'est l'apparition de quelques roches résiduelles dispersées (d'environ 10m de dénivellation).

#### 5.2. Les collines

Ces formes se présentent, entre les formations du miocène, comme des îles, puisqu'il s'agissait initialement de horsts ou de restes de bassin versant ; ayant subi une activité tectonique très dense. Leur importance se fait beaucoup plus sentir dans l'éventuelle alimentation de l'aquifère du miocène. Ainsi, et de par leur répartition et leurs caractéristiques hydrogéologiques, elles peuvent avoir une double fin ; indépendamment l'une de l'autre, dans notre terrain :

- ✓ Elles peuvent jouer le rôle de pièges d'eau souterrains ; une fois qu'elles sont constituées de formations imperméables (argiles, marnes, calcaires compacts ...etc.).
- ✓ Comme elles peuvent aussi se comporter comme une source d'alimentation secondaire de la nappe principale, dans le cas contraire, caractère qui peut leur être conféré par leurs aptitudes perméables, s'il pourrait s'agir de calcaires fissurés-karstifiés.



### 5.3. Le bassin versant

Les formations constituantes du bassin versant, entre autres les marnes, les marno-calcaire..., remontent à l'âge Crétacé ; elles sont très marquées par les divers mouvements tectoniques (failles, plissements...) dont la région était sujette. Elles représentent la base ancienne, sur laquelle viennent se déposer les matériaux du Miocène. L'intérêt hydrogéologique dont il pourrait être question, réside dans l'expansion du phénomène de karstification des calcaires d'entre ces derniers.

### 5.4. La dépression du Miocène

Ce sont surtout des grès, des sables et des argiles rouges, recouverts de colluvions et d'alluvions bordant les rivières, qui forment les matériaux du remplissage miocène. Connus par leur bonne perméabilité, ils forment ainsi une nappe dont l'intérêt ne cesse de se révéler.

Les nombreux puits et forages qui y sont implantés le témoignent, notamment par leurs débits.

### 5.5. Le confinement : bassin versant- cuvette du Miocène

Le contact entre les formations du Crétacé et celles qui lui sont confins ; du Miocène, est surtout matérialisé par des éboulis, qu'on trouve bien représentés au Nord. Ils constituent des points d'intérêt, et ce, grâce à leurs propriétés hydrodynamiques appréciables, et se comportent de ce fait comme opportunités d'infiltration, d'emménagement et d'alimentation.

### 5.6. Les lits des oueds

Les écoulements torrentiels et les crues sont à l'origine d'une érosion inquiétante, d'où résultent les formes des lits d'oueds. Ces derniers sont tributaires des précipitations irrégulières, et sont par conséquent asséchés. On y distingue les terrasses et les formations du Miocène supérieur.

### 5.7. Les alluvions du Quaternaires

Les formations alluvionnaires sont de faible puissance, donc aucune importance hydrogéologique ne leur est accordée, et il n'est pas aussi évident d'ailleurs, de différencier basse, moyenne et haute terrasse, l'une de l'autre.

### 5.8. Les sources

Le contact formations crétacé- remplissage miocène favorise l'apparition de sources dans le secteur, elles y sont pratiquement toutes localisées, quoi qu'actuellement, elles sont, malheureusement toutes tarées, exceptées celles localisées dans la commune de Houidjbet (Ain Taga et Ain Mansoura). Auparavant, elles contribuaient à la satisfaction des divers besoins des citoyens qui lui sont proches (abreuvement de cheptel).

### 5.9. Les barrières rocheuses

Barrière du Nord ; constituée par des séries de massifs montagneuses imposantes, dans une direction Nord-Est – Sud-Ouest, sur presque 60km sans discontinuités, dont les djebels Arrour, Doukkane (culminant à 1 712m), Tella, Anoual et Bouroumane. Elle forme, comme signalée plus haut, une ligne de partage des eaux entre les deux grands bassins versants ; Mellègue et Melhrir.

Barrière du Sud ; en similitude avec la précédente ; sur le plan orientation et comportement hydrologique (ligne de partage des eaux), elle se voit jouer le rôle d'un cordon, du côté sud, par la série de monts de Fouwa, Botna et Saf Saf.

Les massifs montagneux de Boudjellal, El Outed et Ed'Dalaâ font partager le secteur en épousant l'allure d'une troisième cordelière, au milieu, culminant à 1 496m. D'où la plaine de Boudjellal, au Sud et celle d'El Malabiod, au Nord.

## 6. Climatologie

Le climat de la région étudiée est steppique influencé par les facteurs géographiques (altitude, éloignement de la mer et orientation des versants des montagnes) et par les facteurs atmosphériques essentiellement imposés par le régime sub-saharien.

Les précipitations ont lieu à la fin de l'hiver et au début de l'été, résultant d'un contraste thermique dû à la présence de massifs élevés entourant la plaine, provoquant des mouvements convectifs qui sont à l'origine de pluies orageuses très fréquentes.

La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 224 mm/an. Le bilan hydrique et l'estimation de ces paramètres nous ont permis de faire ressortir les résultats suivants :

- Une évapotranspiration réelle de l'ordre de 208 mm /an.
- Une infiltration et un ruissellement respectivement de l'ordre de 10 mm/an et 6mm/an.
- Le bilan dans son ensemble est déficitaire.

**Chapitre II- Contexte géologique**

### 1. Introduction

La plaine d'El Ma El Abiod, est située à la limite de la frontière Algéro-Tunisienne et appartient dans sa majeure partie à l'Atlas Saharien .Les reliefs y sont distincts, constitués essentiellement par des massifs calcaires allongés selon un axe SW-NE, et séparés par une cuvette de remplissage mio-quaternaire. La limite nord que constitue l'axe Djebel Doukkane-Djebel Anoual- Djebel Bouroumane..., se comporte comme ligne de partage des eaux entre le grand bassin de la Medjerdah ; à écoulement vers le Nord (vers la mer) et celui de Melhrir ; qui lui, draine au Sud. La région d'étude est affectée par deux phases tectoniques. La plaine d'El Ma El Abiod n'a pas fait l'objet d'une étude géologique précise, les connaissances géologiques sont mal connues.

### 2. Cadre géologique

La zone d'étude fait partie de l'atlas saharien elle correspond à une plaine à pente douce ayant pour limites Nord et Sud des plis d'axes SW-NE. La limite Nord constitue la ligne de partage des eaux entre le bassin versant de la Medjerrdah et le bassin versant de chott Melhrir.

### 3. Stratigraphie de la région

Dans une perspective structurale, il a été montré donc, via les études dont elle a fait l'objet, qu'elle se manifeste comme un bassin subsident lié à la phase distensive du Miocène, encadré au Nord par des massifs calcaires (Djebel Anoual, Djebel T'noukla, Djebel El Khorza...), à relief important, allongés selon une direction générale Ouest – Est (**Djebari, 2011**).

La sédimentation de ce bassin se développe en deux grands étapes dont la première est littorale et fluvio-deltaïque au langhien-Sérravalien et la deuxième est fluvio-lacustre au Tortonien. Ces deux étapes d'arrêt de sédimentation souligné par une altération ferro-silicieuse.

La description litostratigraphique des formations définit par deux grands ensembles représentent la litostratigraphie du bassin d'El Ma El Abiod (**Figure 4**) :

Le premier est constitué essentiellement par les formations Crétacées et Tertiaires qui affleurent sur les bordures.

Le second est formé, en général, par un recouvrement Miocène et Quaternaire qui occupe la quasi-totalité de la superficie de la plaine.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique présente des lacunes (absence des formations Eocène dans la description). Cette description est basée sur les travaux de (**Guefaïfia 1997 ; Rouabhia 2006**) :

### **3.1. Le Secondaire**

#### **3.1.1. Le Trias**

Qualifié comme la plus ancienne formation dans la région, il est matérialisé par des calcaires dolomitiques et dolomies rouges et noires, des argiles rouges et vertes, des gypses gris et roses à quartz bipyramidés. Son affleurement a été remarqué en de nombreux endroits, en épaissements diapiriques, tel qu'à Djebel Draâ M'taa El Malabiod (Djebel Dalaâ Er-Rouaïl) ainsi qu'au Nord-Est ; sur la majeure partie de Djebel Djebissa, où il a été d'ailleurs signalé l'existence de gisements métallifères entre autres ; Limonite, Hématite....

#### **3.1.2. Le Crétacé**

##### **3.1.2.1. Le Crétacé inférieur**

###### **3.1.2.1.1. L'Aptien**

Rencontré à la partie nord de la région d'étude où il a été noté l'affleurement, au flanc Est de Djebel Bouroumane, d'un ensemble de calcaires dolomitiques durs et massifs, avec la présence locale d'Oolites ferrugineuses, d'Ammonites et de Foraminifères.

Au Nord et au Sud du dit anticlinal, la série s'étend de 7 à 175m, sur une épaisseur de 400m en moyenne. La partie inférieure est presque entièrement dolomitique. Il a été aussi signalé une abondance d'Orbitolines ainsi que la présence de quelques Rudistes dans les intercalations des calcaires rogneux. Des Echinides et quelques Lamellibranches se trouvent au sommet, dans des calcaires en petits bancs massifs.

Plus au Sud, à une profondeur de 2 040m, la série suscitée a une puissance de 850m (BDJ-2), tandis qu'au Sud-Est, elle est relativement faible ; 116m.

###### **✓ L'Aptien inférieur**

Son apparition était confirmée lors de l'exécution du forage pétrolier (BDJ-2), à Koudiet Adeïla, à la cote de 2 786m. Il se caractérise par des alternances de calcaires gris foncés, compacts, cryptocristallins, parfois argileux et des marnes gris foncées, compactes silteuses, finement pyriteuses, argiles grises à gris foncées, feuilletées, carbonatées.

### ✓ **L'Aptien moyen**

Le rapport du même forage (BDJ-2) confirme sa présence, à 2 531m, sous forme de calcaires gris clairs à brunâtres, durs, compacts, bioclastiques, pseudo Oolitiques légèrement dolomitiques avec fines passes d'argiles vertes et grises légèrement carbonatées, souvent feuilletées.

### ✓ **L'Aptien supérieur**

Il a été décrit comme des calcaires massifs gris ou roux, bien au Nord (à Djebel Bouroumane), avec quelques mètres, d'intercalations de marnes et de marno-calcaires. Il est marqué par une présence très fréquente d'Orbitolines. Il est signalé à 2 316m, au cours de la réalisation du forage (BDJ-2), au Sud. Il s'agit de calcaires gris clairs, gris foncés, Oolitiques, bioclastiques parfois cryptocristallins, rarement argileux avec intercalations d'argiles grises, noirâtres, indurées, feuilletées, rarement silteuses et pyriteuses.

#### **3.1.2.1.2. Le Clansaysien C1**

Une série de bancs de calcaires massifs, gris à débris d'Huîtres ou d'Oolites avec des zones tendres, renfermant une faune du groupe Parahoplites sp, avec des cardiums indéterminés. Celle-ci prend place au versant Ouest de Djebel Bouroumane.

Les assises calcaires contiennent des Rudistes mais au sommet, les bancs deviennent Lumachelliques avec des intercalations gréseuses.

#### **3.1.2.1.3. L'Albien inférieur C2**

Au Nord de la région d'étude, à Djebel Doukkane et Bouroumane, il est plutôt question d'une alternance de bancs calcaires bruns, épais à Ostréa Latissima, avec un banc de calcaires à Rudistes. Au sommet, c'est surtout des marnes jaunes à Ammonites pyriteuses. Tandis qu'au Sud, conformément aux données du forage pétrolier (BDJ-2), cette série est rencontrée à un enfoncement de 1 750m, il a été relevé la succession, qui décrite de bas en haut, fait révéler :

- ✓ Des calcaires Oolitiques gris clairs, blanchâtres, compacts, souvent crayeux bioclastiques ou graveleux, avec traces de Foraminifères et intercalation d'argiles grises.
- ✓ Une alternance de calcaires gris clairs, blanchâtres, brunâtres souvent bioclastiques et rarement graveleux, argileux et d'argiles grises à gris foncées, noirâtres feuilletées.
- ✓ Des dolomies blanches à grises brunâtres, microcristallins compacts.

### **3.1.2.1.4. Le Vraconien – Albien supérieur C 3**

À Bouroumane, au Nord, un ensemble de calcaires et de marno-calcaires gris en plaquettes et en petits bancs, dont l'homogénéité est interrompue par de rares couches de marnes brunes. En petits affleurements, il apparaît au contact du Trias de Draâ M'taa El Malabiod (Djebel Dalaâ Er'Rouaïl).

Les empreintes d'Ammonites et de Bléménites font preuve de l'existence de la faune. Alors qu'à Adeïla, au sud, il a été noté, suite aux travaux du forage (BDJ-2), de bas en haut, l'ordre suivant, en alternance :

- ✓ Des calcaires gris-clairs, beiges, argileux avec des argiles grises à gris foncées, feuilletées, plus au moins dolomitiques, sur une grosseur de 116m.
- ✓ Des calcaires gris, gris foncés, argileux avec des marnes grises noirâtres, compactes, dures, silteuses, sur une puissance de 129m.

### **3.1.2.2. Le Crétacé supérieur**

#### **3.1.2.2.1. Le Cénomanién**

À la partie Sud-Est et à l'Est de Djebel Djebissa, en contact tectonique avec le Trias, il apparaît en affleurement assez large.

À Adeïla, où la série du Cénomanién est la plus complète selon le forage Boudjellal- 2, on observe de haut en bas :

- ✓ Sur une épaisseur de 72m, des argiles gris-verdâtres calcareuses, fossilifères qui deviennent marneuses, les tout deniers mètres (16m environ), avec fines passes de calcaires gris blanchâtres, lumachelliques.
- ✓ Des calcaires, d'une puissance de 39m, blancs à crèmes parfois gris cryptocristallins à crayeux.

- ✓ Des calcaires blancs lithographiques s'alternant, à environ 204,5m, avec des argiles grises à gris-verdâtres, feuilletées.
- ✓ Des argiles grises, gris-verdâtres avec des intercalations de calcaires blancs, crayeux, de l'ordre des 209,5m.
- ✓ Des alternances avoisinant les 73m de calcaires gris lumachelliques et d'argiles gris foncées.
- ✓ Des calcaires gris à gris-clairs cryptocristallins, épaisses de 76m, avec intercalations d'argiles grises à gris-verdâtres feuilletées.
- ✓ Une alternance de 130m de calcaires gris-clairs et d'argiles grises à gris-verdâtres feuilletées.
- ✓ Des argiles grises à gris-foncées carbonatées, puissantes de 238m.
- ✓ Á Djebel Draâ M'taa El Malabiod, la série comprend des marnes et des Lumachelles d'Huîtres (Durozoy, 1 947).

### 3.1.2.2.2. Le Turonien (C6a, C6b, C6c)

Du coté de Djebel Boudjellal, il fait une puissance de l'ordre de 200m et se rencontre à 550m de profondeur. Il est décrit selon le sens ascendant comme, des marnes brunes, des calcaires noirs, des marnes grises, argiles blanchâtres, calcaires marneux roux et des calcaires crayeux blancs.

Cette série devient moins puissante (16m) au Sud-Est et se rencontre à 116m seulement, à djebel Ed'Dalaâ, ce sont des calcaires gris épais de 30m.

### 3.1.2.2.3. Le Maestrichtien moyen (C9b)

Il est formé, d'assises très constantes et homogènes dans toute la région, qui comprennent environ 80m de calcaires blancs, massifs, bien lités, à nombreuses empreintes d'Inocérames.

Les masses calcaires sont détachées des grands reliefs. Du coté de Adeïla, il a été remarqué, du calcaire blanc compact et de la biomicrite argileuse à faune pélagique, comme faciès.



Tableau 1 : Permis Djebel Doukkane Forage Petrolier Boudjellal-2 [BDJ-2] (source ANRH)

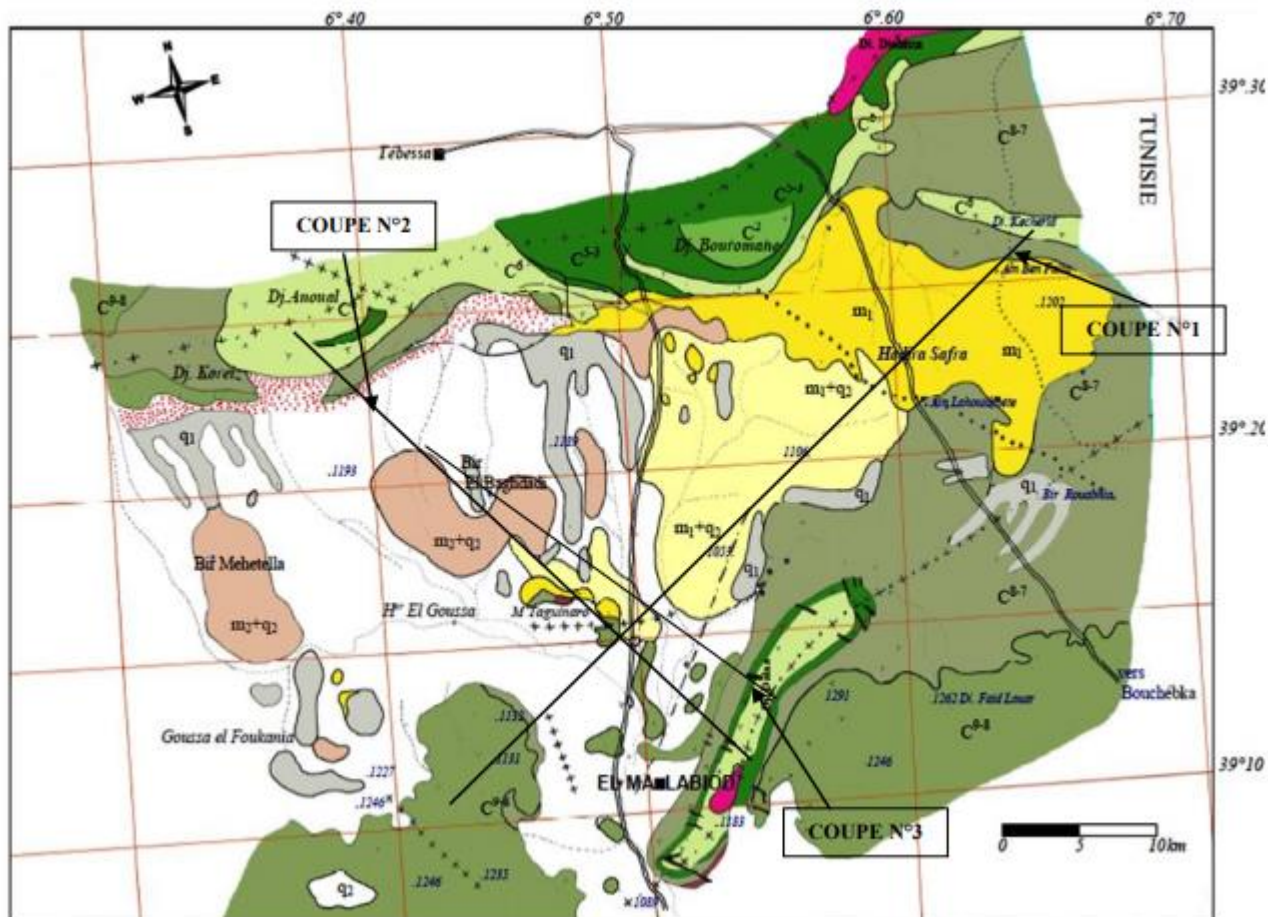
Cote	Coupe	Description lithologique	Etage
13		Calcaire blanc, compact Biomicrite argileuse à faune pélagique	Maestrichtien, Campanien superieur
576		Marne gris verdâtre et argile brun rougeâtre Argile gris foncé, calcareuse avec de rares bancs calcaires gris clair Argile grise avec quelques bancs de calcaire gris clair fossilifères Calcaire gris compact, marneux à foraminifères ,Marne grise indurée, légèrement dolomitique, intercalation de calcaire brun rouge, souvent marneux	Campanien inférieur Emschérien
917		Calcaire gris clair, argileux, graveleux, partiellement lumachellic, compact avec fractures remplies de calcite, intercalation d'argile marneuse, gris foncé, trace de calcite et de pyrite Calcaire brun, multicolore, moyen dur, crayeux légèrement dolomitique, partiellement lumachellic bitumeux, trace de calcite blanche, avec bande d'argile verte, à gris verdâtre, glauconieuse	Turonien
1010		Argile gris verdâtre, calcareuse, pyriteuse, fossilifère devenant marneuse à partir de 873m avec fines passées de calcaire gris blanchâtre, lumachellic Calcaire blanc à crème parfois gris cryptocristallin à crayeux, pyriteux Alternance de calcaire blanc lithographique, cryptocristallin, crayeux moucheté, lumachellic d'argile gris à gris verdâtre, feuilletée marneuse Argile grise, gris verdâtre, feuilletée, calcareuse, finement pyriteuse, parfois légèrement glauconieuse et lumachellic avec intercalation de calcaire blanc, grisâtre lithographique, cryptocristallin, crayeux avec traces de calcite Alternance d'argile gris foncé, feuilletée, marneuse légèrement silteuse et de calcaire gris à gris claire, microcristallin, lumachellic Calcaire gris à gris clair induré cryptocristallin, parfois blanchâtre crayeux avec débris de fossiles, avec intercalation d'argile grise	Cénomanién
2093		Dolomie blanche à gris brunâtre, microcristallin bitumineuse, compacte. Alternance de calcaire, gris claire blanchâtre souvent bioclastique. Calcaire gris claire blanchâtre, brunâtre, compacte, souvent crayeux, rarement bioclastique ou graveleux, oolithique, traces de foraminifères. Calcaire gris clair, gris foncé, oolithique, bioclastique, parfois cryptocristallin. Calcaire gris claire, légèrement dolomitique avec fines passées d'argiles vertes. Alternance de marnes gris foncée compactes, argiles grises à gris foncé, feuilleté, carbonaté.	Albo-Aptien
2050		Alternance de calcaires gris, gris foncés parfois noirâtres, argileux. Alternance de calcaire gris clair, beige, crayeux cristallin	Albien supérieur
2058		Grès blanc à gris, fins à très fin, bien consolidé, quartzitique, ciment silicodolomitique glauconieux avec passées d'argiles grise à gris noirâtre, compact, silteuse, carbonaté. Intercalations de grès quartzitique, de siltes, d'argiles dolomitiques et de dolomies.	Barrémien
3560		Dolomies, grises, brunes et beiges, cryptocristallin à microcristalline, fines passées d'argiles grises et grises noirâtres. Dolomies moyennes à fantôme de débris. Alternance de dolomies oolithiques, de calcaires dolomitiques de grés quartzitiques et d'argiles dolomitiques silteuses à 3760m. dolomies fines à huîtres.	Néocomien

Coordonnées : Géographiques : X = 8°07'35"E

Lambert : X = 993.533,5

Y = 35°13'12"N

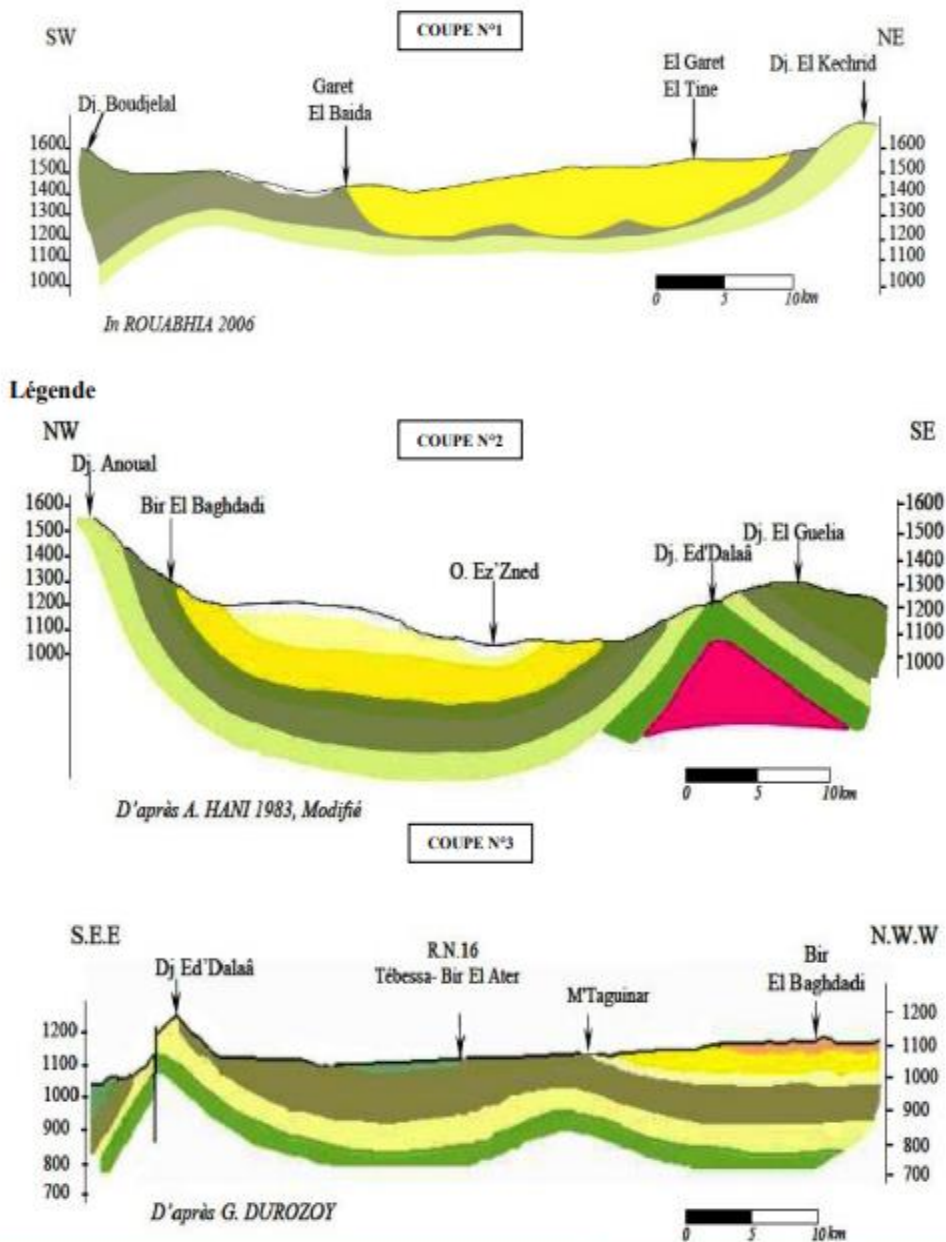
Y = 227.121,2 Z = 1120m (sol)



Légende :

- : QUATERNAIRE [a - alluvions b- éboulis].
- q1 : Quaternaire ancien (surface structurale et croûte).
- m2+q2 : VONDOBONIEN (Argiles sous faible couverture alluviale, Argiles rouges, Argiles bariolées)
- m1+q2  m1 : BURDIGALIEN (Grès sous faible couverture alluviale, Poudings siliceux, Grès blancs, brun ferrugineux).
- C6-8 : MAESTRICHTIEN - CAMPANIEN SUPÉRIEUR. (Calcaires blancs et Marno-calcaires blanc à Inocérames).
- C6-7 : CAMPANIEN INFÉRIEUR - EMSCHERIEN (Marnes et intercalation de bancs calcaires à Lumachelles).
- C6 : TURONIEN (Calcaires, Marnes et bancs calcaires).
- C5-3 : CÉNOMANIEN (Marnes et bancs calcaires à Lumachelles).
- t : TRIAS (Argiles à Gypse, Calcaires et Cargneules)
- Failles
- Anticlinaux Anti-Miocène plis SW-NE
- Synclinaux
- Anticlinaux Ante-Miocènes Postérieur plis E-W et NW-SE

Figure 4 : Carte géologique de la région d'El Ma El Abiod (D'après DUROZOY, 1947)



**Figure 5 : Coupes géologique dans la région d'El Ma El Abiod  
(Déprés Durozoy, 1959 ; Hani, 1983 ; Rouabhia, 2006)**

### 3.2. Le Tertiaire

#### 3.2.1. Le Miocène

Le bassin d'El Malabiod est dominé dans sa quasi-totalité par les formations d'âge Miocène (**Durozoy, 1949**). À l'Est de la route nationale (RN16), il a été constaté un large affleurement des formations d'âge Miocène moyen et inférieur, tandis qu'à l'Ouest, c'est le Miocène supérieur qui occupe le reste du terrain, sous faible couverture alluviale.

##### 3.2.1.1. Le Miocène inférieur et moyen (Vindobonien et Burdigalien)

En se référant au rapport de (**Fleury, 1970**), il y a été noté qu'il s'agit d'une série qui débute par des conglomérats ; de l'Aquitano-Burdigalien (à l'Est d'El Kouif et à Houdjbet). Ces derniers sont siliceux, extrêmement durs, à gros rognons de silex plus ou moins arrondis. Outre les conglomérats, on note l'existence de petits cailloux très arrondis, siliceux, blancs en générale.

(**Durozoy, 1949**) dans son rapport lui aussi, confirme le large affleurement des dits conglomérats, dont il dit qu'ils deviennent masqués, au centre de la plaine, par le Quaternaire. Au centre (Oglat chaâchaa), les éléments siliceux de la roche ont une taille plus réduite.

À l'Est et au Sud de M'taguinaro, les conglomérats en question, renferment des silex de taille plus importante.

##### 3.2.1.2. Le Miocène supérieur (Pontien)

Les formations datant de cet étage ont été signalées du côté de T'noukla, ce sont beaucoup plus des sables fins à grossiers et des grés directement en transgression sur les calcaires Maestrichtiens ou les marnes Emschériennes ainsi que des marnes rouges continentales, quelquefois bariolées. Leur épaisseur atteint, parfois même, les 120m.

#### 3.2.2. Le Pliocène

On note l'existence d'argiles rouges conglomératiques compactes et du sables quartzeux, et ce dans la partie Est de la plaine (Bekkaria). Elles contiennent du bois fossile, peu silicifié, dans la région de Djebel Senoubra.

### 3.3. Le Quaternaire

Le Quaternaire La plaine d'El Malabiod est presque recouverte, dans sa quasi-totalité, de formations quaternaires, dont l'épaisseur est inférieure à 30m.

Le quaternaire ancien (conglomérats, croûte calcaire) matérialisé par de longues terrasses alluvionnaires subhorizontales, qui se raccordent le plus souvent aux éboulis de piémonts des massifs calcaires et sont recouverts d'une épaisse couche calcaire.

Le récent, quant à lui, est représenté par les sédiments de surface (alluvions, limons, cailloutis, éboulis, sables et silts). Il est observé dans les vallées des Oueds (près de Henchir El Goussa), ainsi qu'au Sud de Bordj El Malabiod. Il est à noter que la distinction, n'est pas aussi évidente à faire, entre les alluvions récentes et les marnes abondent ou les grés burdigaliens recouverts d'une mince couche alluviale, ou simplement remaniés en surface par l'action de l'érosion.

Les plaines sont essentiellement recouvertes de formations caillouteuses, dans l'ensemble, des matériaux épais de dimensions éphémères de nature surtout calcaire. Á l'Est se répandent les sables tandis qu'à l'Ouest, règne un matériel marneux.

#### 3.3.1. Les Conglomérats

On parle surtout des conglomérats issus de la cimentation d'anciens éboulis ou matériaux d'épandages divers. Une série, dont l'épaisseur est variable mais relativement faible, s'est faite révélée, via le forage M6 (X= 999,100 - Y= 228,175), au Nord du chef lieu d'El Malabiod.

C'est une alternance de graviers calcaires, de gros galets à la base ou de sables grossiers et de galets calcaires, dont la disparition se fait sentir tout à fait vers l'Est.

#### 3.3.2. La croûte calcaire

Cette croûte, qui se développe plus particulièrement au Nord du bassin, est d'épaisseur variable et de couleur blanchâtre. Elle est constituée d'éléments fins.

Á l'Ouest de Oglat Chaâchaa, au niveau du ravin, elle repose directement sur les sables miocènes. Son épaisseur est d'environ 30m, contenant des rognons de silex et des coquilles d'escargots bien conservées.

Á l'Ouest de la RN 16, elle est développée surtout sur les alluvions caillouteuses. Cette croûte calcaire n'est en fait qu'un dépôt superficiel du à l'évaporation d'eau chargée de calcaire.

### 3.3.3. Les dépôts de sources

Au niveau de la source de T'noukla qui malheureusement, s'est tarie, des tufs et des travertins ont été rencontrés ; ils sont probablement le fait de dépôts de carbonates de chaux.

Les tufs ont été signalés aussi lors de la réalisation du sondage S1 (X= 988.350 - Y= 230.750), mais seulement à une épaisseur de 4,5m.

### 3.3.4. La nappe des cailloux

Ce sont des matériaux de faibles dimensions, du côté du relief et des coteaux. Ils deviennent remarquablement épais, surtout à l'Ouest de la RN 16, là où la nappe couvre un vaste domaine, mais ne constituent au fait aucune accumulation notable.

### 3.3.5. Les dépôts actuels

Les couches limoneuses sont considérées comme le dépôt le plus actuel. Elles recouvrent la majeure partie du bas fond de la cuvette et se chargent ainsi de plus en plus en sel ; qui devient perceptible au niveau des petits marais temporaires du côté de Oglat Chaâchaa, ou encore en saison estivale. Le sel atteint la surface même, en formant des cristaux.

## 4. Tectonique

### 4.1. Style tectonique

Deux directions structurales dominantes, Sud-Ouest Nord-Est et Est-Ouest, sont reconnues dans la région. Elles se manifestent dans les accidents tectoniques, tels que les plissements, les flexures, l'allongement des bassins et les cassures. Elles sont perceptibles dans la morphologie topographique et partiellement dans l'hydrographie.

Les plis sont du type isopaques; leur provenance est alors du niveau structural moyen. Ils sont souvent serrés, dressés en plans verticaux. Ils sont typiques des structures reconnues généralement dans l'Atlas saharien.

Ce genre de plissements traduit un fort raccourcissement de la couverture sédimentaire, épargnant, par contre, le socle qui, d'autant plus, était plus rigide. Ce qui est avancé précédemment, laisse supposer plutôt une tectonique de couverture.

### 4.2. Phases tectoniques

Une succession de mouvements compressifs et distensifs et bien d'autres, représente la structure tectonique de la région, qui a due être édiflée suite à la manifestation de deux phases orogéniques.

L'impulsion distensive du Crétacé- Éocène a favorisé la formation d'un milieu subsident, où les dépôts néritiques ont pris place. Alors que celui compressif, de l'Éocène terminal (phase finilutétienne et priabonienne), d'une contrainte maximale orientée Nord-Ouest Sud-Est, est responsable des plissements de couverture de direction Sud-Ouest Nord-Est, et appartenant à la phase atlasique.

La faille de T'noukla et celles d'orientation Sud-Est Nord-Ouest ; orthogonales à ces plissements, remontent à cette époque.

La distension miocène a eu lieu après la dénudation oligocène, elle est à l'origine de la formation du bassin subsident d'El Malabiod. La phase accroissante de la subsidence miocène a généré une ingression marine au Langhien-Serravalien suivie d'une sédimentation deltaïque. Celle décroissante, quant à elle, a manifesté par un ralentissement de la subsidence, jusqu'à son arrêt total, et l'apparition de la croûte ferrugineuse à la fin du Langhien-Serravalien.

La réactivation de la phase distensive a provoqué l'apparition de nouveaux bassins subsidents, à l'Ouest de Hadjer Sefra, comblés par une sédimentation tortonienne présumable.

Dans les limites de la feuille de Tébessa (**Durozoy, 1 956**), la phase fini-lutétienne se manifeste par une structure synclinale (Djebel Dyr-Gastel-Kef Rebiga), suivi vers le Sud-Est par l'anticlinal de la foret Rbaia-Gouraya et le synclinal d'El Kouif, qui sont mieux visibles sur la feuille de Morsott (**Fleury, 1 970**).

La phase tectonique du Pliocène inférieur correspond dans la région à la tectonique tellienne attardie (au Nord de Souk Ahras), elle est à l'origine des plis d'orientation Ouest-Est, et est plus développée à Tébessa (**Durozoy, 1 956**).

Elle a transformé les directions atlasiques, en créant de nouvelles structures, entre autres, le synclinal de Draâ Es Snouber l'anticlinal de Djebel Tebega, et ceux de Djebel Kechrid, Djebel SifBouroumane, Djebel Khorza, Djebel Anoual, qui ont conservé certaines directions structurales de la phase atlasique.

Visible dans la structure compliquée de Djebel Bouroumane, elle est considérée comme flexure (Vila, 1969) alors que d'autres la prennent pour une structure polyphasée (Kowalski et al., 1996).

Le plissement du Pliocène inférieur de Djebel Kechrid a facilité l'apparition des séries basales du Miocène aux limites du bassin d'El Malabiod, près de Mechta Ben Falia et Aioun El Ksob.

Le stade distensif de cette phase a provoqué l'effondrement, partiel de l'anticlinal de Djebel Kechrid, et total du fossé de Foussana, qui était probablement contemporain à celui du fossé de Morsott et précédait l'enfoncement du fossé de Tébessa. La phase distensive du Pliocène a favorisé le diapirisme à Djebel Djebissa. L'action du Trias était déjà ressentie à l'Albo-Aptien, par la diminution locale de l'épaisseur des séries alboaptiennes, qui sont venues se déposer sur le Trias sans percement diapirique aucun. L'affaiblissement des poussées diapiriques a généré une sédimentation marneuse au Cénomanién et au Turonien. La présence de galets des roches carbonatées autour du diapir, témoigne que la première manifestation diapirique à la surface, remonte (peut être) au Pliocène-Plio-Quaternaire.

La seconde qui elle, est compressive locale, du Plio-quaternaire a manifesté par des plis de direction Nord Nord Ouest - Sud Sud Est et parallèles au fossé de Morsott ; anticlinal de Djebel Belkif et synclinal de Oued Faid El Obbiz Bles, 1969 ; Boufaa et al., 1996 ; Zerdazi, 1990 ).

La phase distensive a donné naissance au fossé de Tébessa avec l'effondrement et le basculement de certaines structures antérieures, d'autre part, elle a renouvelé la montée du diapir de Djebissa, dont la continuité occidentale est probablement responsable de la verticalité des séries miocènes du Nord de la région avec le Turonien en dessous.

#### 4.2.1. Les mouvements récents

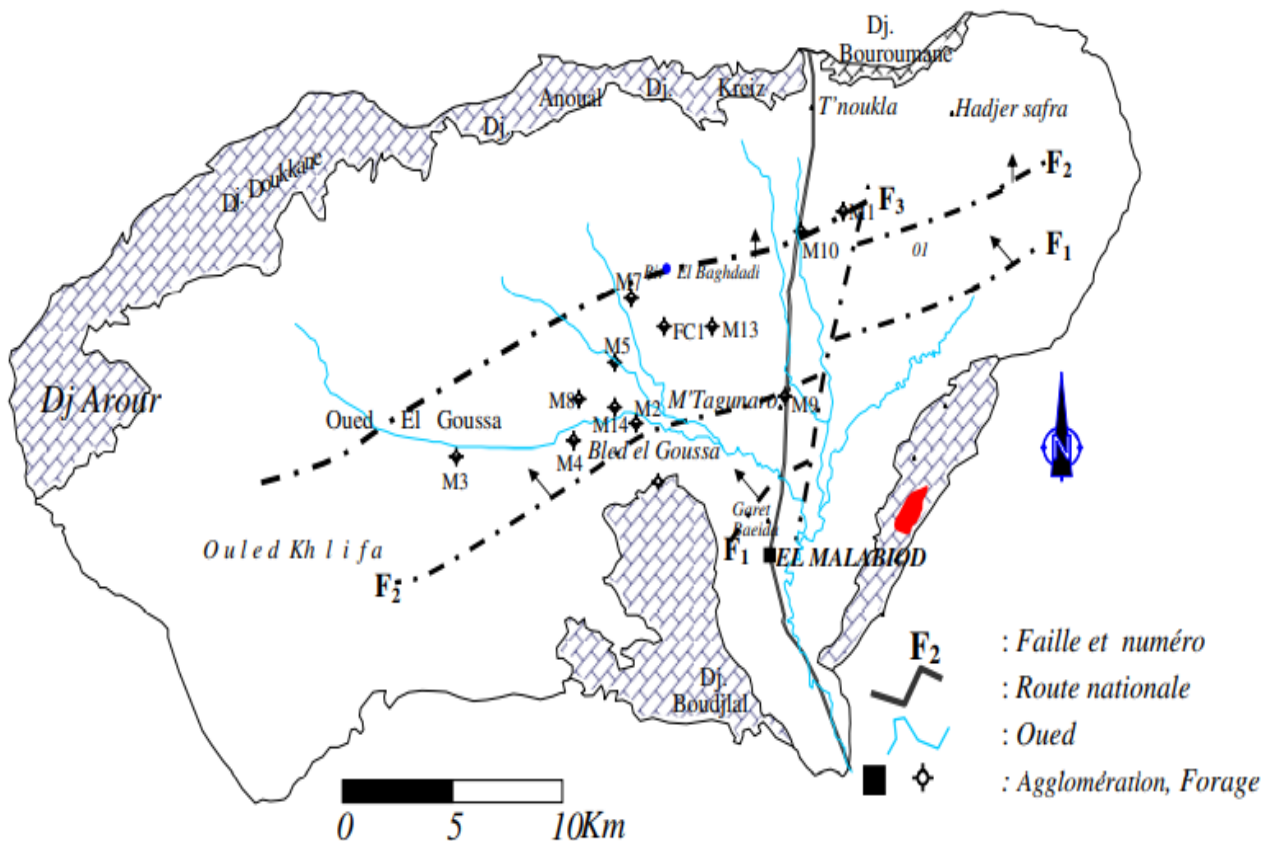
L'organisation des plissements plus anciens n'a, en aucun cas, été perturbée par la tectonique récente ; responsable de la genèse du fossé d'El Malabiod et qui est qualifiée de typique des formations autochtones de la Tunisie et de l'Algérie orientale (Dubourdieu, 1956). On distingue l'intensité de la tectonique, plicatrice affectant le Miocène (plissement des grés miocènes du col de T'noukla) de celle cassante, affectant les formations du Crétacé (dislocation de l'anticlinal cénomanién-turonien de Draâ M'taa El Malabiod, fractures brisant la falaise turonienne de T'noukla). Comme signalé plus haut, c'est sans doute la phase atlasique qui en est responsable, suite à un phénomène compressif à contrainte principale d'orientation Nord-Ouest Sud-Est.



Ces structures résultent d'importants coulissements ayant touché le socle au Plio-Quaternaire. La distension dans la couverture a généré des déchirures qui sont à l'origine des fossés, en partie entraînés par les déplacements méditerranéens dans la région d'El Malabiod.

De nombreuses déchirures de direction dominante Nord-Est Sud-Ouest, dont des failles d'une longueur d'environ 30Km, illustrent bien ce mouvement, on cite (**Figure 6**) :

- La faille **F1** : localisée à l'Est du chef lieu d'El Malabiod, elle s'étend sur 6Km de long.
- La faille **F2** : ayant un rejet autour des 30Km et un décrochement très important, elle longe le milieu de la plaine. Sa direction initiale s'est modifiée du Nord-Est Sud-Ouest vers l'Ouest-Est, du coté de Houidjbet (à l'Est).
- La faille **F3** : repérée un peu au Nord de la plaine, son rejet est de l'ordre de 22Km. Elle est orientée du Nord-Est vers le Sud- Ouest.



**Figure 6** : Carte de système de failles (UGF-BRNO 1 971)

### 5. Paléographie

L'Aptien est connu comme étant la plus ancienne formation autochtone qui affleure dans la région d'El Ma El Abiod, matérialisé par l'anticlinal de Bouroumane. Le Crétacé inférieur, représenté par le Barrémien, qui se situe, selon le log stratigraphique du sondage BDJ-2, à une profondeur d'au moins 2890m, et le Néocomien à environ 3368m, suivant la coupe du même sondage.

Le Néocomien se distingue par une sédimentation néritique des dolomies fines à huîtres, au dessous, les dépôts alternes grés, argiles, dolomies et dolomies calcaires. Ces derniers sont typiques d'une mer pourvue d'une influence continentale.

Au Jurassique, R. F. Burolet a indiqué un apport terrigène près de Tataouine (Tunisie) suite à un mouvement d'émersion au Sud. Cet apport atteint son paroxysme au Barrémien où les dépôts gréseux dépassent les 400m d'épaisseur (BDJ-2), mais ne se fait plus sentir au Néocomien inférieur, et la sédimentation redevient typique d'une mer peu profonde. On signale le début d'une régression à l'Hauterivien, et un envahissement progressif par les dépôts continentaux.

Il a été signalé que l'ensemble de la Tunisie centrale a été recouvert de sable sur une épaisseur variable (**Burolet, 1956 ; Jouzein, 1962**). Il s'agit au fait d'un passage terrigène venant du Sud, synonyme d'une reprise de l'orogénèse qui s'étale du Néocomien inférieur à l'Aptien inférieur, où les continents émergés ont subi une action érosive dégradante, ce qui a constitué une source d'alimentation en sable, des régions septentrionales.

Cette régression régionale, après avoir accompagné le Barrémien, prend sa fin à l'Aptien inférieur, où une transgression marine commence à se faire sentir, caractérisée par des dépôts d'une mer peu profonde. Une sédimentation carbonatée de type plate forme, marque cette époque, avec une subsidence qui prend plus d'envergure au Nord qu'au Sud.

Une réduction dans l'espace des dépôts carbonatés illustre le début de l'Albien. La région d'El Ma El Abiod semble connaître alors, de manière générale, des dépôts terrigènes essentiellement calcairo-argileux, de caractère plus profond que leurs prédécesseurs carbonatés. Des matériaux calcairo-argileux suivis d'autres ; carbonatés, prennent place au fil de la continuation de la période. La région de Morsott, du Nord, n'était pas sujette à l'extension du faciès de plateforme, alors qu'à l'Ouenza, se sont développés des faciès terrigènes marneux.

Des mouvements orogéniques importants étaient à l'origine d'une réduction de la sédimentation albienne, qui passe de 700m au Nord à 100m en surface, et à 250m en sondage, dans la zone d'étude.

Dès l'Aptien supérieur, s'est ébauchée une zone de haut fond. Plus au Sud-Est (en Tunisie), l'île de Kasserine commence à s'individualiser (**Jouzein, 1962**). La réduction, signalée plus haut, est placée au début de la migration du Trias (**Vila, 1980**). L'enfoncement de la plate forme et la réapparition des faciès terrigènes, calcaire-argileuses, marquent la fin de l'Albien et le début du Cénomaniens.

Burollet. signale l'arrivée de la transgression sur de vastes surfaces. La description du paysage, lors du Crétacé, par R. Laffite en 1949, était comparable aux côtes basses et les estuaires actuels des contrées sénégalaises.

Lors de la suite du Cénomaniens, la sédimentation reste homogène avec des dépôts de mer épinéritique. Le début du Turonien s'illustre par des dépôts carbonatés, qui vont envahir l'ensemble de la région étudiée.

Les dépôts d'une mer agitée et renouvelée sont caractérisés par une sédimentation carbonatée turonienne, de type récifale plutôt que de plate forme.

Une réduction sédimentaire importante (environ 30m) marque cette série. Burollet décrit ce même phénomène du côté de Kasserine (Tunisie), où il est la conséquence de la mise en place des formations deltaïques. L'île de Bouroumane s'est probablement arrangée durant le Turonien.

Les temps coniacien, santonien et campanien sont marqués par l'enfoncement de la région d'El Ma El Abiod. Cette région voyait le retour progressif de la sédimentation marine dans un secteur où une sédimentation carbonatée s'était installée au turonien. La grande extension de cette mer vers le sud s'accorde avec l'absence d'apports détritiques grossiers en provenance du continent africain, mais par contre la masse des matériaux terrigènes fins sédimentaires (marnes et argile) surtout dans la première partie de cette période fut considérable dans l'espace ; la subsidence est relativement faible (500m).

Le campanien inférieur est représenté par des faciès carbonatés et de gypse à la base, qui caractérise un milieu lagunaire néritique (régression) (**Burollet, 1957**).

La période maestrichtienne est marquée par des faciès carbonatés type plate-forme. La variation sédimentaire maestrichtienne dans la plaine d'étude montre que la barre calcaire est comprise entre deux discordances, témoins du caractère particulièrement instable du sénonien supérieur.

Au dessus de ces formations crétacées (dépôt marin), vient une série néogène continentale discordante, traduisant une lacune sédimentaire de toute la série nummulitique; plus au nord vers M'Daurouch (**David, 1953**) note une lacune sédimentaire à partir du maestrichtien.

Ce mouvement orogénique du maestrichtien terminal est le responsable de l'émersion définitive de la région d'El Ma El Abiod qui persiste depuis les temps maestrichtiens jusqu'à nos jours.

Au sud-est J. Flandrin et Burollet ont marqué dans la zone Sidi Aiche, Feriana, Kasserine l'absence des affleurements éocènes qu'ils imputent à l'émersion de l'île de Kasserine, de dimension importante s'étendant jusqu'à la région d'El Ma El Abiod.

Le retour de la mer miocène aux environs de Kasserine et chambi au sud de la région d'étude n'a pas affecté la zone s'étendant d'El Ma El Abiod jusqu'à Morsott qui reste éloignée de la transgression miocène.

## 6. Conclusion

Après la consultation des quelques documents et lors de cette étude géologique on distingue quelques remarques, sur l'évolution de ce contexte, lors de deux phases orogéniques, la structure de la région a dû être édifiée. Il s'agit d'un haut plateau appartenant à l'Atlas saharien, où des plis, d'orientation NE-SW au Nord et au Sud, cernent un bassin subsidient.

Le bassin étudié présente deux grands ensembles ; les affleurements d'âge crétacé sur les bordures, les formations du Miocène et du Quaternaire dominant la quasi-totalité de la plaine. La plaine a l'air d'une dépression ayant épousé la forme d'une cuvette avec un substratum calcaireux et marneux.

Ce dernier remonte au Crétacé, et il est séparé du Miocène par des éboulis très perméables. Les formations de bordures (environ 100m de calcaire), constituent une source d'alimentation du système aquifère. Celles de la plaine (plus de 50m de grés et de 40 à 250m de sable), se comportent comme réservoir principal, et ce grâce à leurs propriétés hydrodynamiques et leur potentiel hydraulique intéressant.

. Le matériau alluvial qui leur vient au dessus de ces derniers, constitue un autre aquifère, mais de moindre importance, vue sa puissance relativement réduite et son extension limitée.

**Chapitre III- Méthodologie**

### Introduction

Les méthodes d'étude que nous avons employées sont de deux ordres et exposées en détail. Un chapitre est consacré aux méthodes sédimentologiques et aux analyses chimiques qui permettent de mettre en évidence les actions climatiques qui ont procédé aux dépôts et à la transformation des sédiments.

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié les prélèvements dans le but de contribuer à définir la granulométrie, la minéralogie des argiles et le paléoclimat de ce remplissage.

Les deux ordres sont :

- Étude de terrain.
- Étude en laboratoire.

### 1. Etude de terrain

Sur le terrain, on s'est penché sur la description macroscopique des niveaux stratigraphiques des terrasses fluviales d'EL MA EL ABIOD. Afin de bien étudier notre terrasse, un échantillonnage bien réfléchi a été entrepris sur les différents niveaux observés dans l'objectif d'établir l'évolution spatiale de notre terrasse tant que verticale.

#### 1.1. Établissement de la stratigraphie

Il est nécessaire de différencier la couche géologique proprement dite (correspondant à un mode de dépôt particulier) de l'altération pédologique postérieure qui a pu l'affecter. Ainsi, un même sol peut recouvrir plusieurs couches successives ou bien une même couche a pu subir plusieurs pédogenèses.

#### 1.2. Description des niveaux

Elle renseigne sur :

-l'épaisseur moyenne.

-la texture et la couleur.

la forme et la nature des limites

-la structure observable à l'œil nu (macro –structure).

-les particularités du niveau s'il en présente : (hydromorphie, taches, racines.. etc.).

-la porosité plus élevée à texture fine (argile) que des sols à texture grossière

### 1.3. Echantillonnage

Une série de prélèvements avait été primitivement réalisée sur terrain. Un échantillonnage systématique, tous les 5cm et 10 cm, a été réalisé sur les coupes stratigraphiques.

Chaque échantillon correspond en principe à une puissance de 5cm de la terrasse puis à 10cm. Par la suite, au laboratoire, ces échantillons ont subi plusieurs types d'analyses : (granulométrie, calcimétrie, propriétés magnétiques, minéralogie des argiles, ...etc.)

## 2. Etude au laboratoire

### 2.1. Analyse Granulométrique

#### 2.1.1. Définition et but de l'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est une technique qui permet la séparation d'un ensemble de particules et leur fréquence statistique en fonction de leur taille. Les ensembles de particules obtenus sont appelés fractions granulométriques. Ces fractions sont constituées de particules dont la dimension couvre un intervalle relativement restreint et diminue d'une fraction à l'autre. L'application de cette analyse permettra de connaître les substances associées aux fractions granulométriques contenu dans les sédiments. Elle sert à déterminer si elles sont situées dans les fractions fines, moyennes ou grossières. Elle est utilisée pour reconstituer les conditions de transport et de dépôt des particules. Dans notre étude, nous nous sommes basés sur le classement suivant :

**Tableau 2** : Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment (Miskovsky, 2002)

Diamètre des éléments	Classe granulométrique	Fraction Granulométrique
Au-dessus de 10 cm	Blocs	<b>Fraction grossière</b>
De 10 cm à 01 cm	Pierres ou cailloux	
De 01 cm à 02 mm	Granules, graviers	
De 2 mm à 0,2 mm	Sables grossiers	<b>Fraction fine</b>
De 0,2 mm à 40 : μm	Sables fins	
De 40 μm: à 2 :μm	Limons ou poudres	
Au-dessous de 2 : μm	Argiles	

#### **2.1.1.1. La fraction grossière**

La fraction grossière dont le diamètre est supérieur à 2 mm est récupérée pour réaliser la granulométrie des pierres.

#### **2.1.1.2. La fraction fine**

L'analyse granulométrique de la fraction fine est appliquée au sédiment brut et au sédiment décarbonaté dans le but d'une comparaison.

#### **2.1.2. Appareillage et principe de mesure :**

A l'origine, les analyses granulométriques étaient effectuées par tamisage à l'aide de tamis à mailles croissantes. Ces tamis étaient secoués manuellement ou à l'aide de dispositifs mécaniques.

Actuellement, des appareils de plus en plus perfectionnés (granulomètre laser) facilitent les analyses. La granulométrie laser est une technique basée sur la diffraction et la diffusion d'un faisceau laser frappant une particule. Cette méthode repose sur deux théories fondamentales de Fraunhofer et de Mie.

##### **2.1.2.1. La théorie de Fraunhofer**

Les hypothèses suivantes sont nécessaires :

- Les particules sont opaques sphériques et leurs diamètres sont supérieurs à la longueur d'onde utilisée.
- Les particules diffractent la lumière avec la même efficacité.
- Lorsque les rayons lasers frappent la particule à analyser les rayons sont diffractés.

##### **2.1.2.2. La théorie de Mie**

La théorie de Mie est une expansion de la théorie de Fraunhofer. La lumière n'est pas seulement diffractée par la particule mais aussi réfléchi et diffusée.

Cette partie réfractée de lumière pénétrant dans la particule va ressortir en étant toujours soumise un phénomène de réflexion et réfraction dus à la différence des milieux.

La méthode par diffraction laser sur appareil de type **MALVERNE 2000** consiste à considérer dans une même analyse la fraction sableuse que la fraction limono argileuse.

Cette technique présente de nombreux avantages par rapport à la granulométrie manuelle classique, et notamment un gain de temps considérable dans l'obtention des résultats



graphiques et des paramètres statistiques de la distribution.

Le granulomètre laser **MALVERNE 2000 (Figure7)** (labo de l'institut de paléontologie humaine) possède une large plage de mesure qui permet de mesurer la taille des grains de  $0,04\mu\text{m}$  à 2 mm. L'avantage principal est donc d'avoir accès à la distribution de tous les lots granulométriques : argiles, limons et sables en une seule mesure.

Cependant, il est important de noter que les résultats obtenus par le granulomètre laser donnent des pourcentages en volume alors que ceux du tamisage classique sont en poids.

Ainsi les indices permettant des comparaisons entre les sédiments établis à l'origine à partir de données par pesées sont difficilement applicables pour des données calculées en volume, c'est pourquoi nous ne les avons pas utilisés.



**Figure 7 :** Granulomètre laser Mastersizer 2000 de MALVERN.

L'usage du granulomètre laser ne nécessite pas de traitement particulier, si ce n'est de respecter les concentrations optimales admises par l'appareil.

Les échantillons sont versés dans le module voie humide, avec l'eau comme fluide transporteur, où ils subissent une défloculation par ultrasons durant 30 secondes ; puis, dans la cellule de mesure, le faisceau laser rencontre les particules dont le trajet est guidé par un courant. Les particules se comportent dans cette situation comme des déflecteurs et réémettent la lumière incidente avec une intensité et un angle qui dépendent de leur taille. La lumière diffractée par chaque particule va, avec un certain angle, traverser une lentille de Fourier. Le principe est que toutes les particules de même taille diffractent selon le même angle et

tombent alors sur le même détecteur : il y a alors comptage.

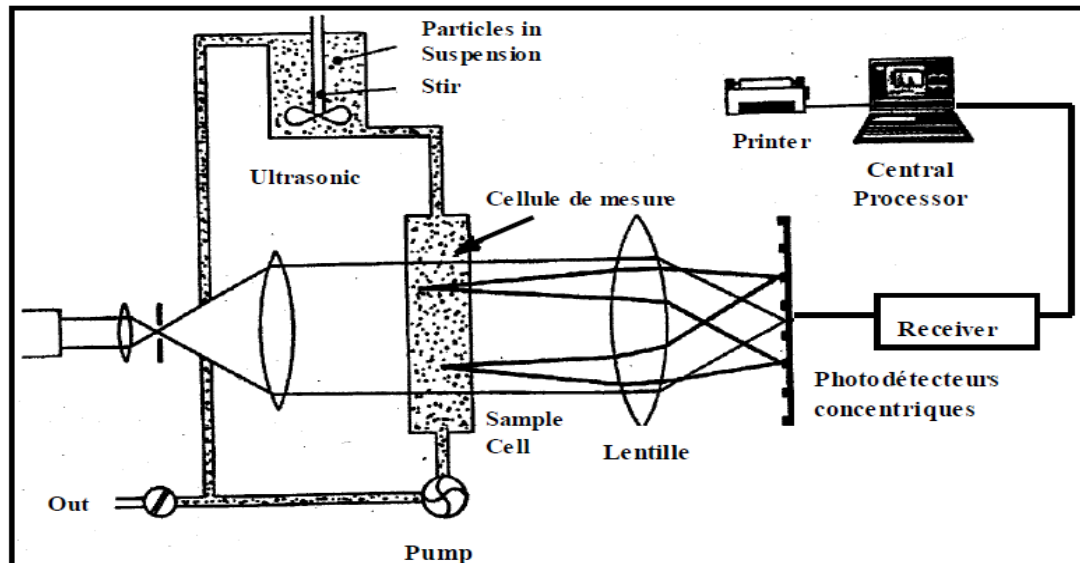


Figure 8 : Schéma général du Granulomètre Malvern 2000

Le granulomètre à diffraction laser **MALVERNE 2000** comporte 127 détecteurs. On obtient ainsi une courbe de flux lumineux qui combine tous les flux émis par les particules de différentes tailles. Le logiciel convertit ensuite les courbes de flux en courbes de volume des particules, les courbes de fréquence et les courbes cumulatives ;

**A. Courbe de fréquence** : la forme de la courbe indique le degré de classement. Un mauvais classement est traduit par une courbe ayant une allure de dôme très aplati, un excellent classement par une courbe effilée (Miskovsky, 2002).

**B. Courbe cumulative** : pour établir cette dernière, Krumbein a défini l'unité  $\Phi$  comme étant le logarithme négatif de base 2 du diamètre de la particule ( $\Phi = -\text{Log}_2(x)$ ,  $x$  en mm). De cette courbe on peut déduire les différents quartiles et paramètres de distribution.

Ainsi, les indices et les interquartiles exposés dans cette étude n'ont concerné que la méthode par diffraction laser.

### 2.1.3. Les paramètres granulométriques

Il existe un grand nombre de paramètres permettant l'évaluation du degré de classement d'un sédiment.

#### 2.1.3.1. La moyenne

On appelle moyenne d'une distribution la moyenne logarithmique ou arithmétique (suivant

la nature de l'échelle des abscisses) des valeurs de la variable indépendante. Ce paramètre nous renseigne sur la dimension moyenne de l'échantillon et par conséquent sur l'énergie du milieu et la distance du transport.

**La moyenne granulométrique (phi) :** Elle représente la distribution granulométrique moyenne des sédiments et elle est déterminée par la formule suivante :

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{15} + \phi_{84}}{3}$$

Cet indice dépend de plusieurs facteurs : l'intervalle de taille du matériel de la roche mère, L'énergie du milieu, et la distance du transport (PERRIAUX, 1961). Il permet L'individualisation d'un certain nombre de faciès (Tableau 3)

**Tableau 3 : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de la moyenne (Folk, 1957)**

Valeur de Mz en phi	Classement
Mz < 1.00	Sans grossiers et graviers
1.00 < Mz < 2.31	Sables moyens
2.31 < Mz < 3.32	Sables fins
3.32 < Mz < 4.00	Sables très Fins
Mz > 4.00	Siltes et argiles (lutites)

### 2.1.3.2. L'indice de classement de Trask So

$$So = (Q1/Q3)^{1/2} \text{ en mm}$$

D'après Trask, plus l'indice So est élevé, plus le classement est mauvais.

**Tableau 4 :** Classification des faciès sédimentaires en fonction du Sorting index selon la Méthode Trask.

Indic de classement	Classement
So < à 2,5	sédiment très bien classé
2,5 < So > 3,5	sédiment normalement classé
3,5 < So > 4,5	sédiment assez bien classé
So > 4,5	sédiment mal classé

### 2.1.3.3. Le coefficient d'asymétrie (Skewness)

$$SK = (Q1.Q3/Md2)^{1/2} \text{ en mm}$$

Ce coefficient d'asymétrie caractérise le degré de distorsion de la symétrie de la

distribution. Quand le Skewness est égal à zéro, cela signifie que l'asymétrie est parfaite (la médiane, le mode et la moyenne coïncident). Quand il présente des valeurs négatives, ce sont les grains fins qui sont bien classés ; les valeurs positives correspondent à un bon classement des grains grossiers. Ce paramètre reflète davantage le milieu de dépôt que les conditions de transport.

**Tableau 5** : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice d'asymétrie (D'après Folk, 1957).

Skewness	Classement
$0,1 > Sk > 0,3$	Très asymétrique vers les fins
$0,3 > Sk > 0,1$	Asymétrique vers les fins
$0,1 > Sk > -0,1$	Presque symétrique
$-0,1 > Sk > -0,3$	Asymétrique vers les grossiers
$-0,3 > Sk > -1$	Très asymétrique vers les grossiers

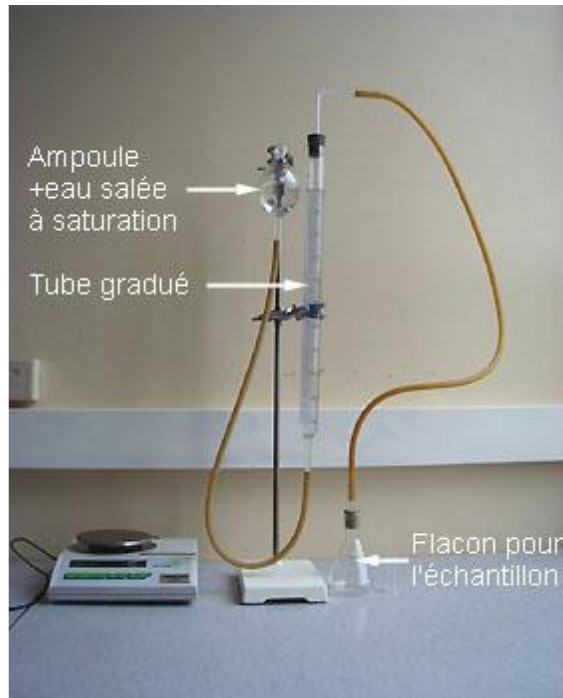
#### 2.1.3.4. Le Kurtosis

Le Kurtosis est représentatif de la finesse du pic (sa largeur), quand il est égal à zéro, la courbe est dite mésokurtique, ou moyennement classée, quand il est supérieur à 0, la courbe est dite leptokurtique, cela signifie que la distribution est bien classée, ce qui est un marqueur de mode de transport à puissance constante. Si le Kurtosis est négatif, cela signifie que la distribution est mal classée (platykurtique).

### 3. Calcimétrie

Cette méthode permet de connaître le taux des carbonates au niveau d'un sol par réaction avec HCl. Pour cela nous allons utiliser le calcimètre Bernard.

Un calcimètre permet de mesurer le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) d'un échantillon de sol ou de roche.



**Figure 9** : calcimètre de Bernard et son support

### 3.1. Appareillage

Un calcimètre Bernard est composé de :

- une ampoule
- un tube gradué de 100 cm<sup>3</sup>
- un Erlenmeyer de 100 cm<sup>3</sup>
- un petit tube en verre environ deux fois moins haut que l'Erlenmeyer
- deux bouchons à 1 trou adaptés au tube gradué et à l'Erlenmeyer

### 3.2. Mode opératoire

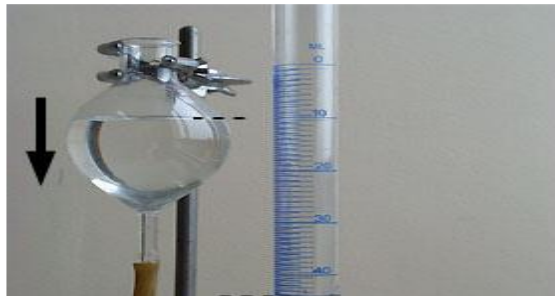
- Préparer une solution saturée de NaCl
- Remplir l'ampoule à mi-hauteur de cette solution (si on utilise de l'eau non salée une partie du CO<sub>2</sub> dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé).
- Tarer la balance puis peser 0.25 de l'échantillon broyé



- Placer dans l'Erlenmeyer l'échantillon. Puis Coller une boulette de pâte à modeler sous le petit tube.
- A l'aide d'une pipette, verser dans le tube de l'HCl concentré.
- A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'Erlenmeyer puis reboucher l'Erlenmeyer.



- Modifier la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué. Le contenu de l'Erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique.



Noter le niveau

### 3.3. La mesure

- Incliner l'Erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- Reposer l'Erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence. Pour une mesure précise, il convient d'attendre un rééquilibrage de la température avec celle de l'air ambiant. La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique. Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube. Le CO<sub>2</sub> dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire

#### La mesure

- Ouvrir l'Erlenmeyer ; ajouter un peu d'acide sur l'échantillon. Vérifier que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO<sub>3</sub> a été attaqué.

### 3.4. Teneur en CaCO<sub>3</sub>



Si l'acide HCl est en excès, son action sur une mole de CaCO<sub>3</sub> (100g/mol) libère une mole de CO<sub>2</sub> (22,4 l soit 22400 mL).

Connaissant le volume de CO<sub>2</sub> dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO<sub>3</sub> attaquée. Connaissant la masse de CaCO<sub>3</sub> et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO<sub>3</sub> dans l'échantillon.

Exemple

Masse de l'échantillon = 0,25 g

Niveau initial = 0 mL

Niveau final = 44 mL

<u>Masse de CaCO<sub>3</sub></u>	<u>Volume de CO<sub>2</sub></u>	
100 g	22400 mL	$x = (44 \times 100) /$
$x$ g	44 mL	22400
		$x = 0,20$
<u>Masse de CaCO<sub>3</sub></u>	<u>Masse de roche</u>	
0,20 g	0,25 g	$y = (0,20 \times 100) /$
$y$ g	100 g	0,25
		$y = 80,0$

### 4. pH des sédiments

Le pH est un paramètre complexe dont la valeur dépend de nombreux facteurs chimiques (présence de carbonates..), physique (échange air-océan...) et biologiques (balance entre l'activité photosynthétique du milieu et son activité saprophytique..). Le pH des sédiments a été déterminé à l'aide d'un ph-mètre électronique sur des échantillons bruts trempés dans l'eau distillée pendant quatre heures et mélangés de temps en temps par un agitateur magnétique

### 5. Morphoscopie des grains de quartz

Cette étude, mise au point par (Cailleux et Tricart, 1963), est appliquée aux grains de quartz de la fraction F I. Elle est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et son principe consiste à examiner la

forme et l'aspect des grains de quartz. Elle apporte des enseignements sur le mode de transport de ces grains. On peut distinguer plusieurs types de grains de quartz

❖ **Les non usés transparents** : quartz à contours anguleux et d'aspect limpide. Leurs faces sont planes, lisses et présentent souvent des cassures.

❖ **Les non usés opaques** : quartz de même forme que précédemment mais d'aspect terne.

Ces deux types de grains n'ont pas subi de transport, ou ont subi un transport rapide qui n'a pas eu le temps de laisser son empreinte (éboulis, torrents...).

❖ **Les émoussés transparents** : quartz à angles émoussés, arrondis. Ils sont limpides.

❖ **Les émoussés opaques** : quartz de même forme que précédemment mais d'aspect terne. Les grains de quartz émoussés luisants ou opaques caractérisent un transport par l'eau, de longue durée. Ceux qui sont parfaitement ovoïdes ont été façonnés en milieu karstique.

❖ **Les rond-mats** : quartz de forme circulaire présentant des traces de chocs qui précisent un transport par le vent.

En plus de ces différentes formes de grains de quartz, d'autres formes intermédiaires ont été rencontrées lors de notre étude : les sub-émoussés luisants et les sub-émoussés opaques.



**Chapitre IV- Résultats et interprétation**

### L'Objectif de ce travail est pour :

Faire une étude stratigraphique et sédimentologique de deux terrasses fluviales de Birzguene et Adila pour découvrir les formations Quaternaires de la région d'El Malabiod, ensuite une étude paléoenvironnementale de cette région.

## 1. Synthèse des études stratigraphiques

### 1.1. La terrasse fluviale de BIRZGUENE

Une observation macroscopique sur le terrain a permis de subdiviser les dépôts en un seul ensemble stratigraphique bien distinct du haut vers le bas aux 5 niveaux différents (A, B, C, D et E) à une épaisseur totale d'environ 230 cm (**Figure 10**).

L'étude sur le terrain a permis également la découverte de quelques bifaces acheuléens dans le lit de l'oued et de nombreux outils archéologiques dans le niveau 2 (façonnés sur silex brun).

Etude sédimentologique : La figure n° 7 montre que la fraction limoneuse (silt) est majoritaire, suivie par les sables grossiers (plus particulièrement à la base du remplissage) et les sables moyens.

#### 1.1.1. Description de la coupe

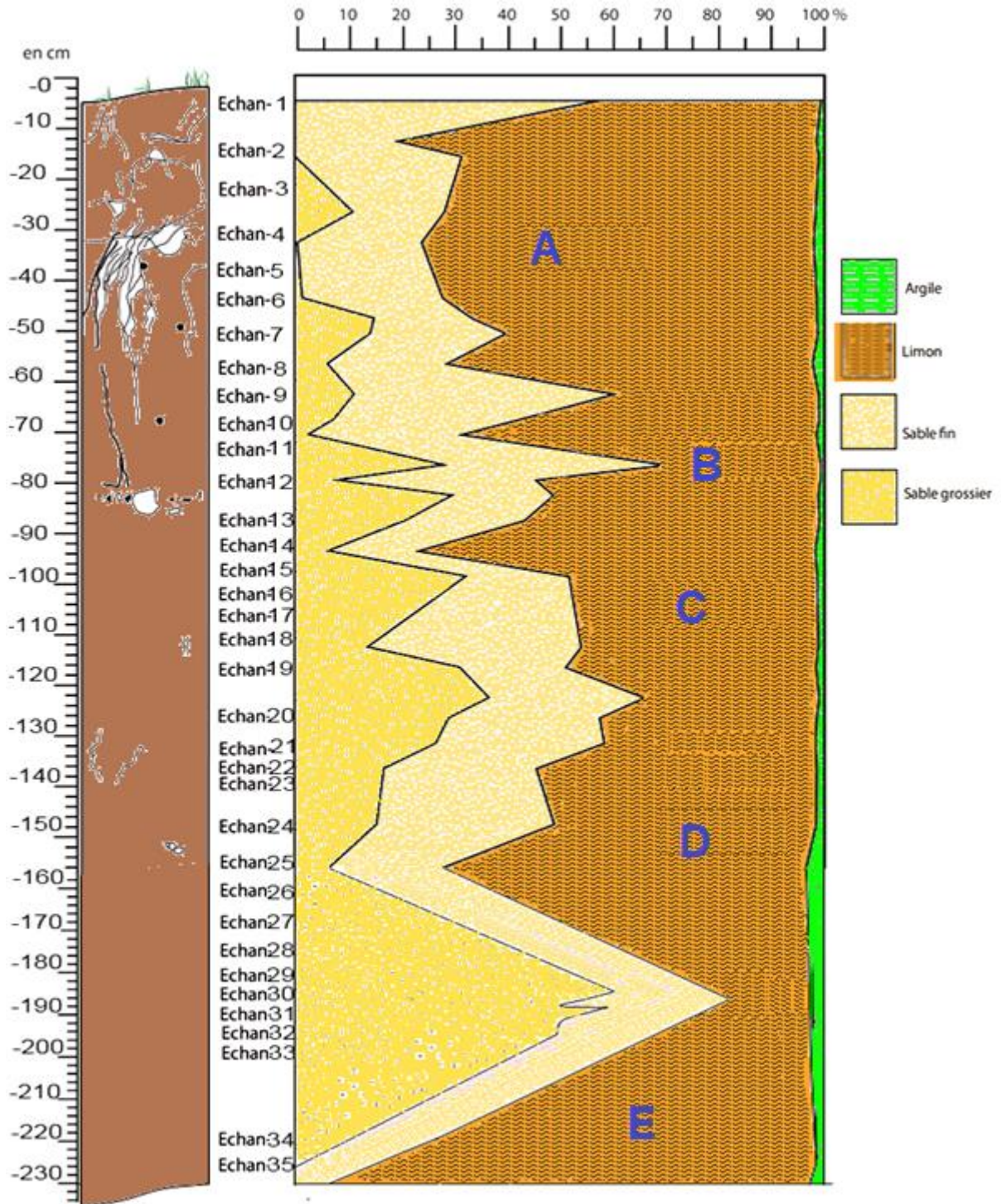
**Niveau A :** Montre une légère dominance de la fraction limoneuse (27%) sur les sables (26 %).

**Niveau B :** La proportion des sables augmente (32%). Les limons restent toujours majoritaires malgré une sensible diminution (68 %).

**Niveau C :** Voit la proportion des limons augmenter davantage par rapport au niveau précédent (76 %) sur les sables (22 %).

**Niveau D :** Sables continuent leur progression et augmentent régulièrement en atteignant respectivement à (32%). Les limons restent toujours majoritaires malgré une sensible diminution (64%).

**Niveau E :** Le niveau 5 se caractérise par une présence importante des limons (89 %) avec 8 % pour sable.



**Figure 10** : Diagramme de la granulométrie des différentes fractions fines (Sable grossier, Sable fin, Silt, Argile).

### 1.2. Le terrasse fluviatile (ADAILA)

L'observation macroscopique sur le terrain a permis de subdiviser le remplissage en (12) niveau stratigraphiques bien distincts indexées de A à L (**Figure 11**) à une épaisseur totale 600 cm.

Les subdivisions sont établies sur la base de la couleur des sédiments, de leur richesse en éléments grossiers (graviers et cailloutis) et des proportions de la fraction fine. La description des couches est faite à partir du sommet de la coupe, les profondeurs sont données en centimètres à partir du plan 0 de référence (**Djerrab et al., 2008**).

#### 1.2.1. Description de la coupe

**Niveau A : entre 0 et 20** : Graviers et cailloux de couleur brunâtre avec des racines et débris d'animaux fouisseurs.

**Niveau B : entre 20 et 70** : Sable et limon de couleur foncée riche en racines et matière organique.

**Niveau C : entre 70 et 100** : Graviers et cailloux avec quelques racines.

**Niveau D : entre 100 et 135** : Alternance de niveaux caillouteux et niveaux sablo-limoneux.

**Niveau E : entre 135 et 155** : Graviers et cailloux sa texture est limoneux-sableuse.

**Niveau F : entre 155 et 195** : Graviers et quelques galets enrobés dans une matrice sablo-limoneuse.

**Niveau G : entre 195 et 345** : Sable et limon de couleur brune foncé

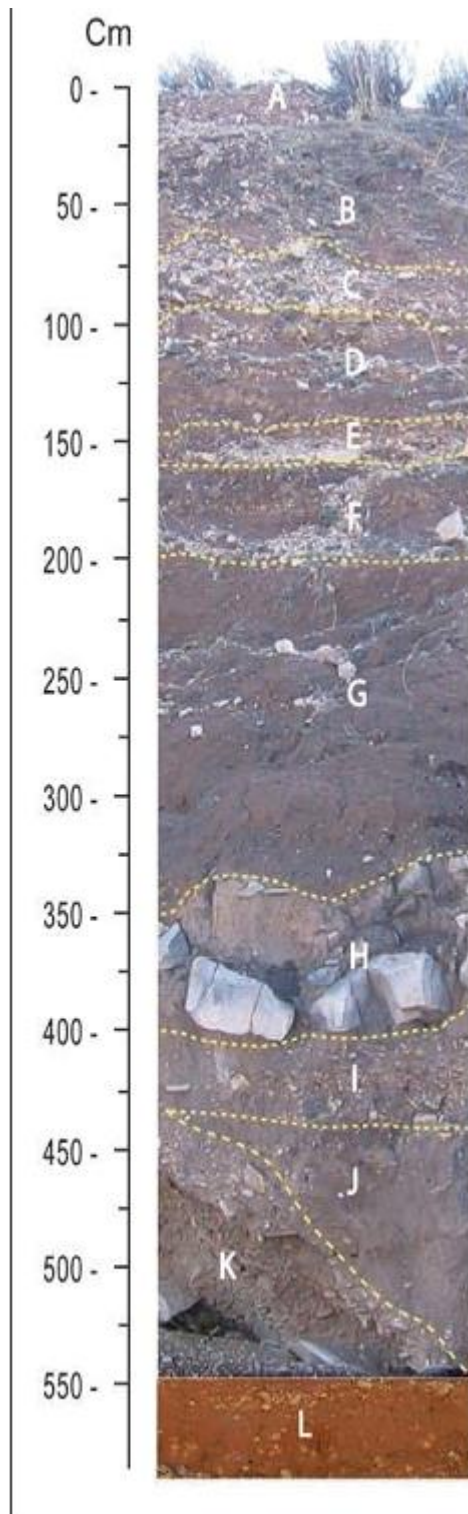
**Niveau H : entre 345 et 425** : Quelques blocs brulés enrobés dans une matrice de couleur noir riche en cendre et en charbon notons la présence de quelques coquilles d'escargots brulés.

**Niveau I : entre 425 et 450** : Faciès limoneux-sableux avec quelques débris d'escargots.

**Niveau J et K : entre 450 et 555** : avec une forme triangulaire, il s'agit certainement d'un dépôt de versent lité pour **K** puis d'un comblement en accordance pour **J**.

- **J** : Sable et limon.
- **K** : Graviers et cailloux avec quelques outils archéologiques en silex. Ce niveau repose, par endroit, directement sur le substrat calcaire.

**Niveau L : entre 555 et 595** : Sable et limon de couleur rougeâtre



**Figure 11** : Profil stratigraphique de la terrasse étudiée. (D'après ABDERRAZAK 2012).

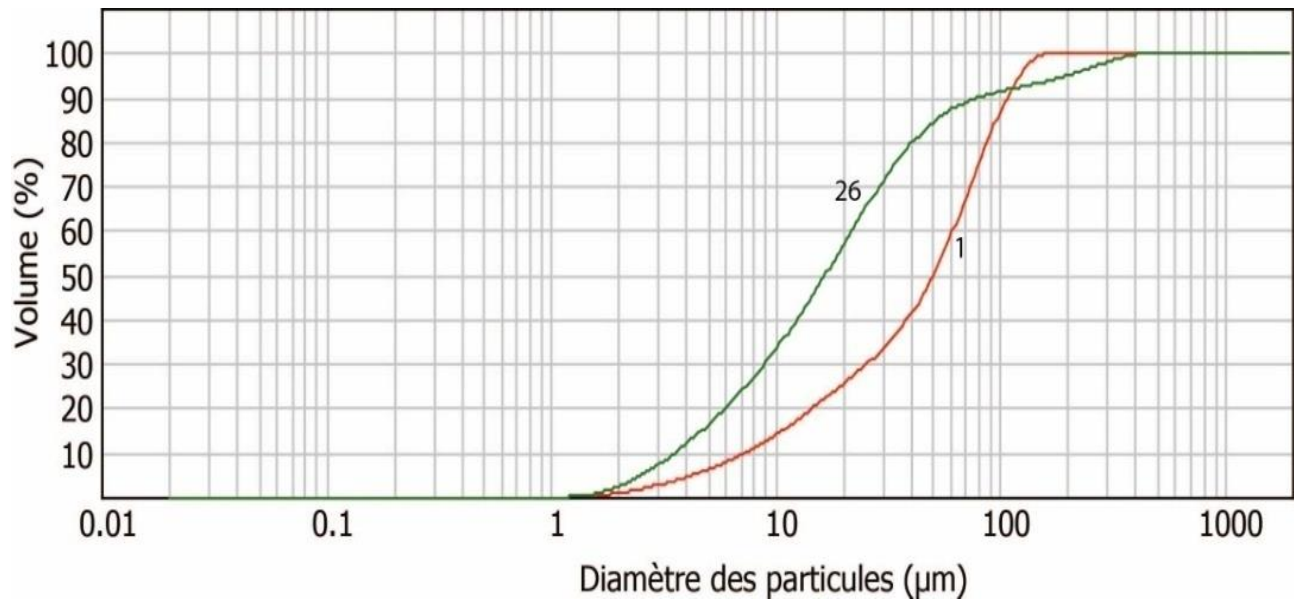
## 2. Synthèse des études sédimentologique

Les études ont montrées la prédominance des fractions fines et très fines pour la majorité des échantillons et pour les deux terrasses fluviales (Birzguene et Adila). Certains échantillons et certain niveau ont montrés la fraction grossière.

La présence de la fraction fine est expliquée à l'énergie hydrodynamique faible pendant la mise en place de ses niveaux sédimentaire. Les études sont montrées comme la suite :

### 2.1. Analyse granulométrique de la terrasse fluviale de BIRZGUENE

Les courbes granulométriques cumulatives des fractions sableuses brutes ont une allure variable. Quelques courbes cumulatives sont tournées vers le haut et ont un faciès dit « parabolique » (**Figure 12**).



**Figure 12 :** Courbes cumulative des échantillons 1 et 26

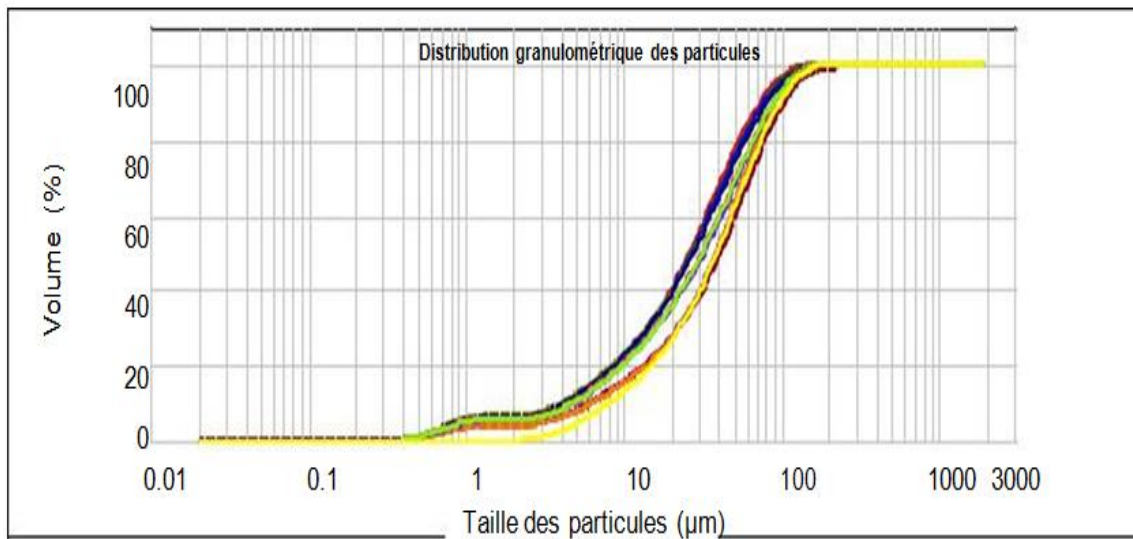
Cela concerne la partie supérieure de la terrasse et correspond aux sédiments immatures, qui n'ont pas évolués dans le temps et ont subi un remaniement par transport (**Miskovsky, 2002**).

Les courbes cumulatives tournées vers le bas (faciès hyperbolique) (**Figure 12**) sont aussi présentes et témoignent d'un milieu calme, sédimentation par décantation. Ce type de sédimentation concerne

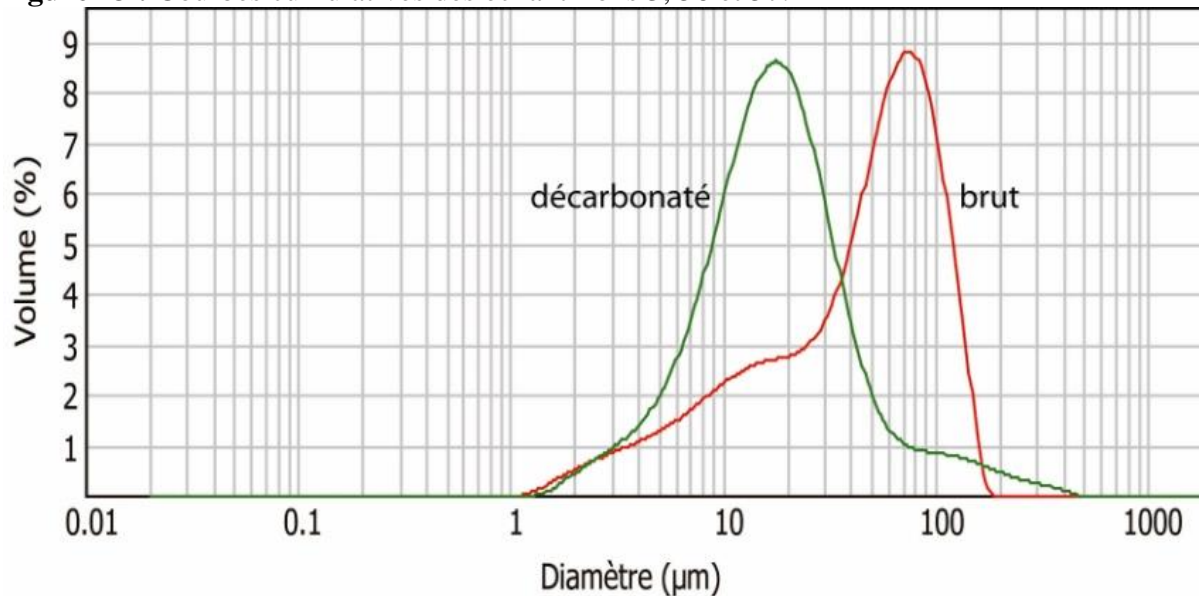
presque tous les échantillons de la partie médiane et inférieure de la terrasse. Quelques échantillons présentent des courbes cumulatives logarithmiques à sub-logarithmique 3, 35 et 41 et 47 (**Figure 13**).

Il s'agit de sédiments à dominance limoneuse qui caractérisent un milieu calme, qui se sont déposés par excès de charge lors de la diminution de la vitesse de transport.

Après décarbonatation, les courbes de la majorité des échantillons ne changent pas leurs allures et désignent un sable mal classé (**Figure 14**).



**Figure 13 :** Courbes cumulatives des échantillons 3, 56 et 57.



**Figure 14 :** Courbes de fréquence de l'échantillon n° 1 (brute et décarbonatée)

La présence de la fraction fine est expliquée à l'énergie hydrodynamique faible pendant la mise en place de ses niveaux sédimentaire.

### 2.1.1. Paramètres granulométriques

#### 2.1.1.1. La moyenne (MZ)

Les valeurs de la moyenne sont variées du sommet vers la base de la terrasse. Les (05) niveau ayant des valeurs variables ( $7.25 \mu\text{m}$  à  $35,26\mu\text{m}$ ), indique la prédominance des fractions fines et très fins (**Figure 15**).

Les valeurs de la moyenne relativement faibles dans les autres couches, ces faibles valeurs sont dues à l'abondance de la fraction silto-sableuse, Le dépôt de la fraction relativement fine est ainsi en relation avec une élévation du plan d'eau, la sédimentation se fait dans milieu calme

#### 2.1.1.2. Coefficients de classement (Sorting)

Les coefficients de classement ont des valeurs comprises entre (2.584 et 10.85).ils indiquent extrêmement mal classé (**Tableau 6**).

#### 2.1.1.3. Le Skewness (SK)

Les valeurs du le Skewness le long de la terrasse est toujours négatif, mais peu élevé, entre (-0,222 et -1,382) ce qui traduit une richesse en fraction fine et un mélange de populations, ainsi qu'un déficit en sable grossier (**Figure 15**).

#### 2.1.1.4. Le kurtosis (KG)

Les valeurs du kurtosis de la terrasse variée entre (-0,017 et 0,613) (**Tableau 6**) et (**Figure 15**) donc la courbe est dite platykurtique à mésokurtique et parfois leptokurtique. Cette évolution montre que la distribution est mal classée et d'autres où la distribution est moyennement classée.



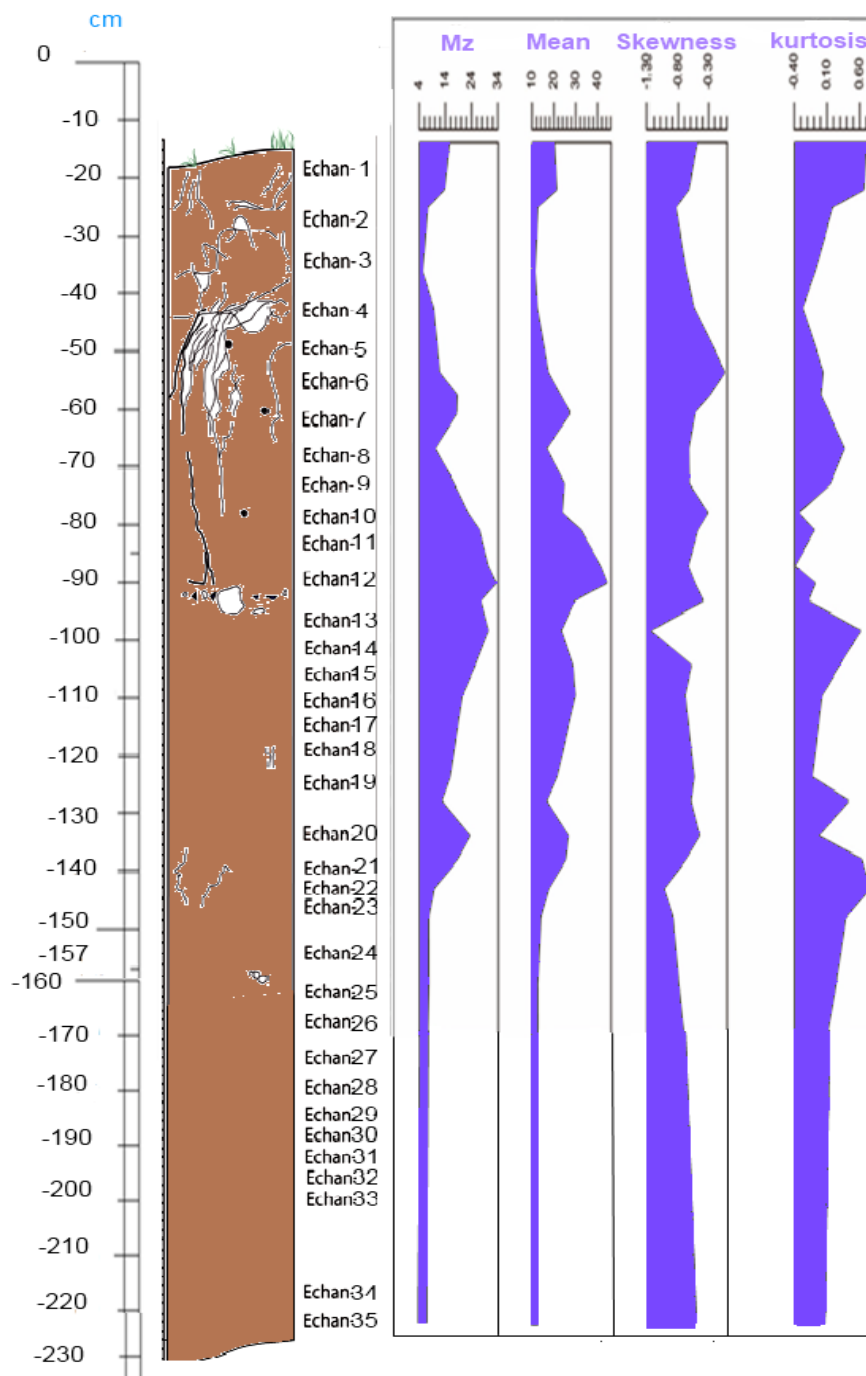


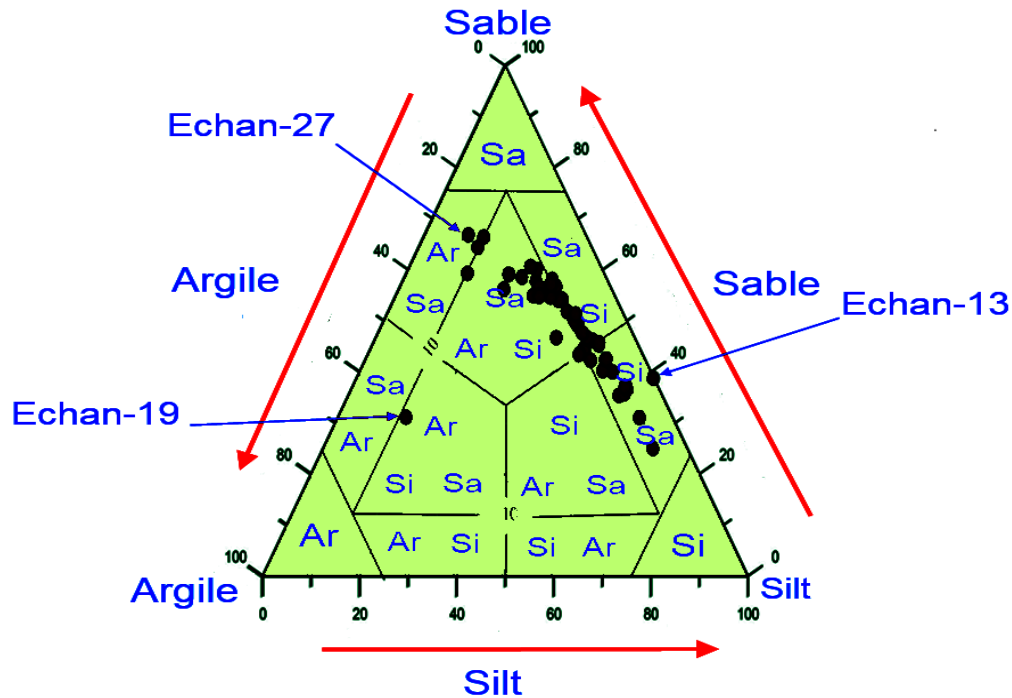
Figure 15 : Résultats des différents indices granulométriques

Tableau 6 : Paramètres granulométriques de la terrasse fluviatile de Birzguene

N° échantillon	S0	Mz Z	la moyenne Md	Skewnes S	Kurtosis KG
1	4,2	13,33	19,25	-0,741	-0,099
2	4,72	12,52	20,36	-0,745	-0,393
3	4,72	8,22	13,52	-0,958	-0,083
4	4,3	17,51	14,56	-0,458	-0,186
5	4,33	7,25	15,69	-0,632	0,613
6	5,42	9,45	20,56	-0,235	0,284
7	6,72	30,25	24,57	-0,222	0,02
8	5,82	22,25	29,85	-0,530	-0,131
9	5 628	15,52	19,56	-0,532	-0,099
10	7,852	20,25	27,12	-0,523	0,149
11	8,514	23,5	25,78	-0,418	-0,337
12	6,84	27,85	30,56	-0,588	-0,099
13	9,52	35,26	39,58	-0,746	-0,393
14	9,85	34,52	42,51	-0,634	-0,083
15	7,84	22,25	36,25	-0,296	-0,186
16	10,85	23,65	29,58	-1 370	0,613
17	7,96	30,25	28,52	-0,692	0,284
18	7,87	32,54	30,25	-0,798	-0,260
19	5,95	21,58	23,54	-0,632	-0,316
20	5,62	15,26	19,58	-0,485	-0,023
21	6,48	24,52	22,54	-0,321	-0,164
22	4,58	20,58	23,52	-0,572	0,121
23	4 653	11,52	20,45	-1 100	0,194
24	4 745	35,23	15,89	-0,782	-0,337
25	3,85	9,63	14,58	-0,600	-0,099
26	4,852	14,52	13,59	-0,645	-0,393
27	3,589	13,65	13,54	-1 382	-0,083
28	4,125	11,25	13,66	-0,789	-0,186
29	6,521	25,63	17,25	-0,635	0,613
30	3,25	7,56	11,23	-0,741	0,019
31	4,1	17,58	32,25	-0,692	0,048
32	3,521	11,56	17,58	-0,701	-0,017
33	4,158	11,25	11,2	-0,655	-0,260
34	4,125	14,56	12,2	-0,641	-0,316
35	2,584	9,58	18,21	-0,617	-0,023

D'après le diagramme ternaire (**figure 16**), il existe deux types de faciès dans le site étudié :

- faciès sablo-silteux
- faciès silto-sableux.



**Figure 16** : Position des fractions granulométriques dans le diagramme ternaire

## 2.2. Analyse granulométrique de la terrasse fluviale de Adila

Il découle de ces analyses que le remplissage est constitué principalement de limon et de sables, dont les proportions sont fréquemment similaires avec toutefois deux exceptions : vers le sommet de la coupe, où ce sont les graviers et sables grossiers qui dominent, et à la base, où la proportion des sables fins et limons augmente au détriment de celle des graviers et sables grossiers. Le pourcentage de la fraction argileuse est très faible (autour de 2 %) et reste à peu près constant pratiquement tout le long de la coupe stratigraphique. Notons enfin que l'évolution de la fraction sableuse est parallèle à celles des graviers et des cailloux (**Belfar, 2010**).

Leur étude granulométrique globale (**Figure 17**) a permis d'individualiser des niveaux (1, 4,5, 7,10 et 11) riches en fraction grossière (gravier et cailloux) alternant avec des niveaux (2, 3, 6, 8, 9 et 12)

riches en limon. Le pourcentage de la fraction argileuse est très faible et reste à peu près constant

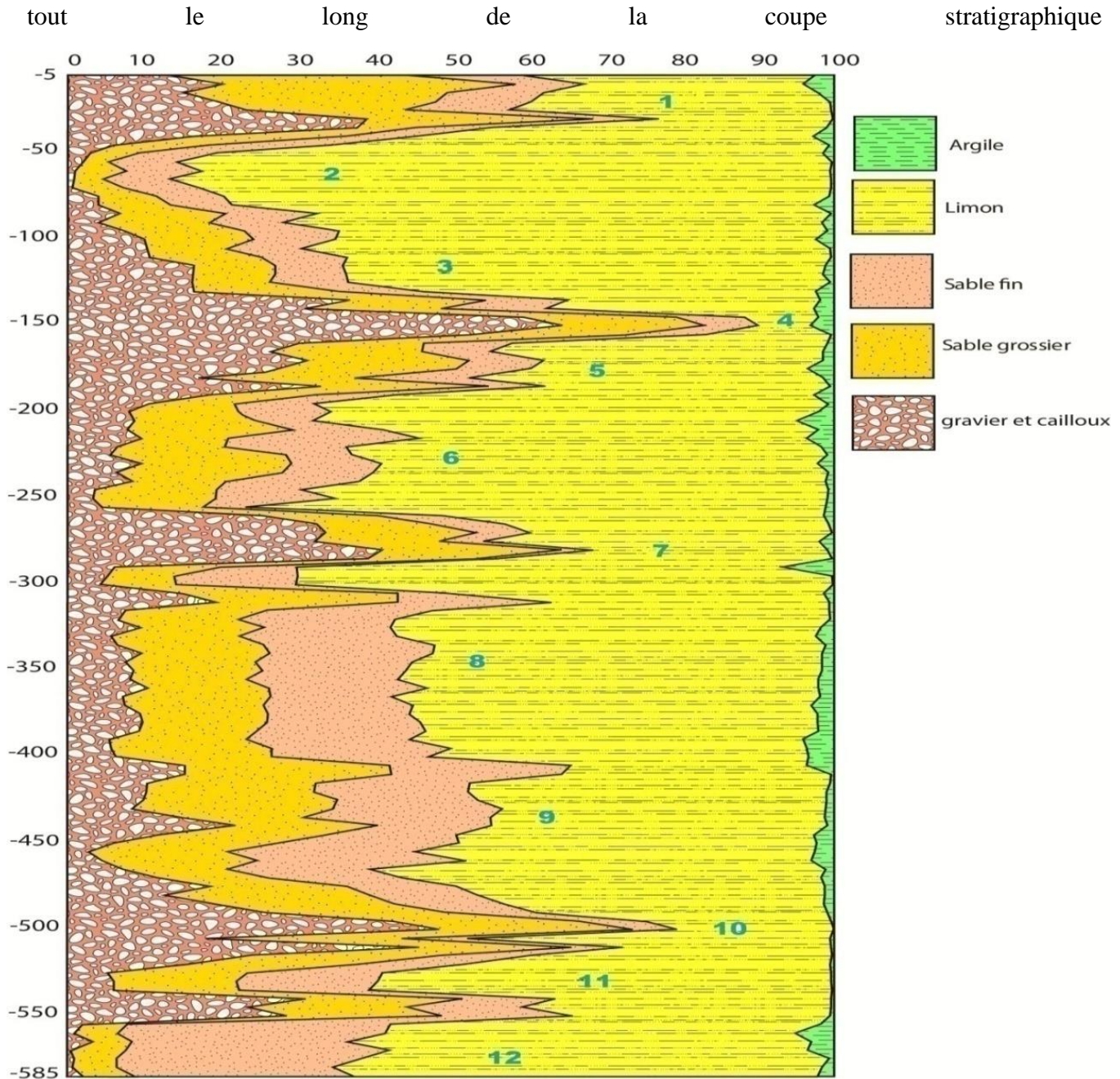


Figure 17 : Granulométrie du sédiment fin.( modifié par Taib, 2016)

**Tableau 7 :** Nouvelles subdivisions des dépôts basées sur les résultats de l'étude granulométrique.

Anciennes niveaux	Nouvelles niveaux	Texture	Phase de dépôts
A	A	Caillouteuse	4
B	B-C	Limo-sableuse	3
C			
D	D-E	Caillouteuse	
E			
F	G-F	Limo-sableuse	2
G	H	Caillouteuse	
H	J-I	Limo-sableuse	1
I			
J	K	Caillouteuse	
K			
L	L	Limo-sableuse	

## 2.2.1. Paramètre granulométrique

### 2.2.1.1. La moyenne (MZ)

Les valeurs de la moyenne sont variées du sommet vers la base de la terrasse. Les (12) niveau ayant des valeurs variables ( $0.44\mu\text{m}$  à  $0.90\mu\text{m}$ ). Indique la prédominance des fractions fines et très fins (**Figure 18**).

Les valeurs de la moyenne relativement faibles dans les autres couches, ces faibles valeurs sont dues à l'abondance de la fraction silto-sableuse, Le dépôt de la fraction relativement fine est ainsi en relation avec une élévation du plan d'eau, la sédimentation se fait dans milieu calme

**2.2.1.2. Coefficients de classement ( Sorting)**

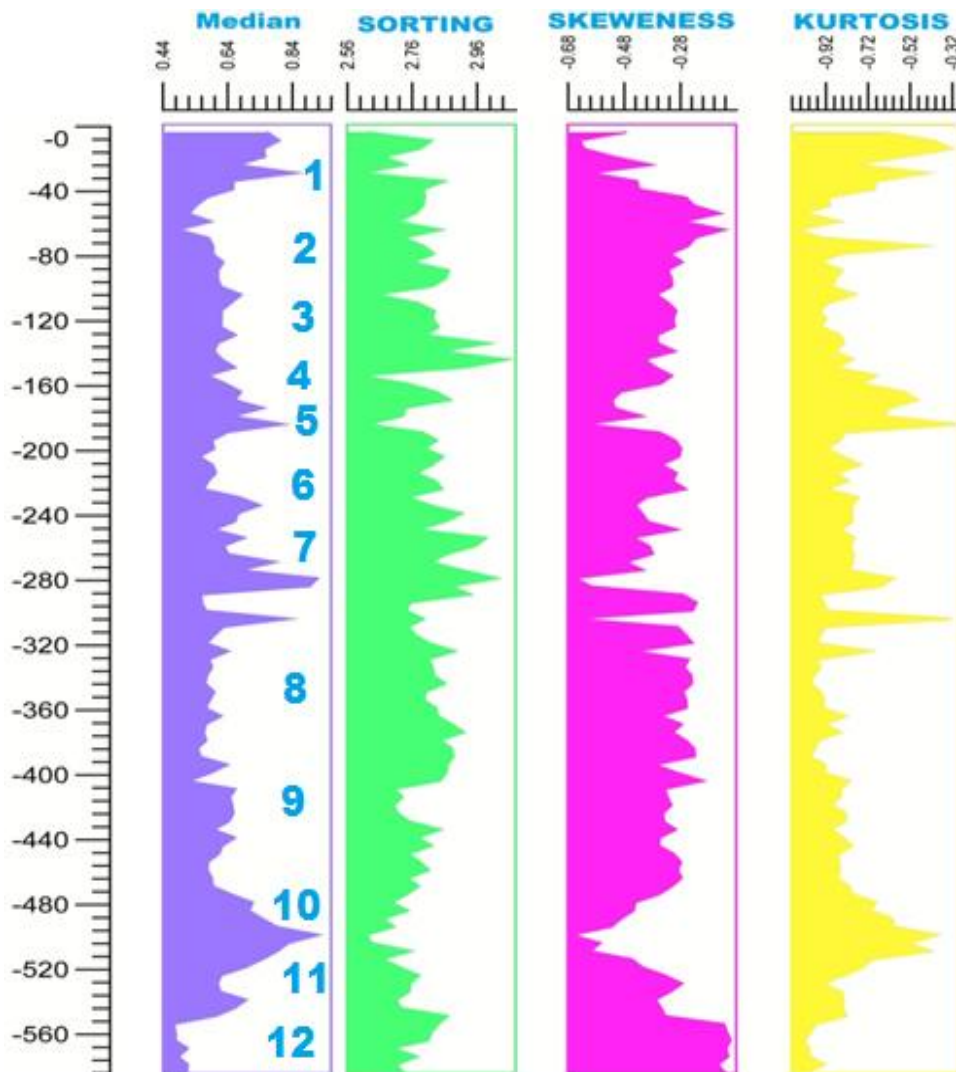
Les coefficients de classement ont des valeurs comprises entre (2.56 et 3). Ils indiquent clairement une mal classement.

**2.2.1.3. Le Skewnass (SK)**

Les valeurs du le Skewnassle long de la terrasse est toujours négatif, mais peu élevé, ce qui traduit une richesse en fraction fine et un mélange de populations, ainsi qu'un déficit en sable grossier (Figure 18).

**2.2.1.4. Le kurtosis (KG)**

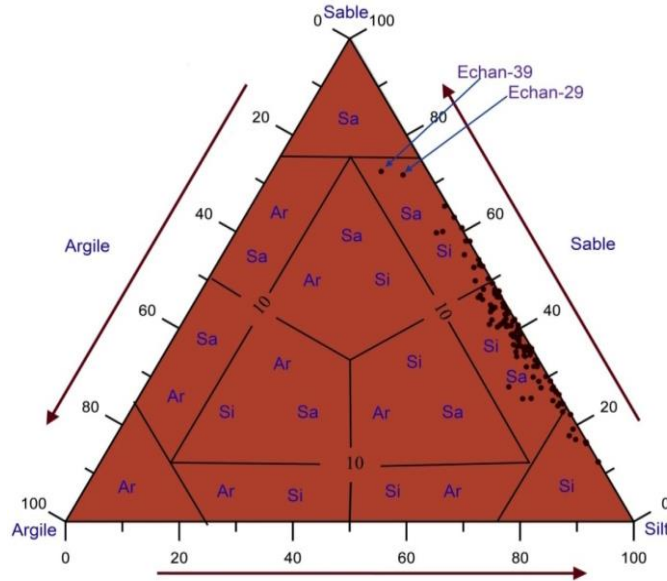
Les valeurs de l'indice d'acuité (kurtosis) sont négatives (valeur moyenne = -0,80), par conséquent la courbe, dite platykurtique, indique un mauvais classement (Figure 18).



**Figure 18 :** Résultats des différents indices granulométriques (modifié par Taib, 2016)

D'après le diagramme ternaire (**Figure 19**), presque il existe deux types de faciès dans le site étudié :

- Un faciès silto-sableux.
- Un faciès sable-silteux



**Figure 19** : Position des fractions granulométriques dans le diagramme ternaire  
(D'après Belfare, 2010)

### 3. Les carbonates

#### 3.1. Terrasse fluviatile Berzguene

Selon la profondeur (**Figure 20**) la distribution des carbonates est variable avec des proportions fluctuant entre (2,22% et 37.04%) (**Tableau 8**).

La série (les unités de base) à des pourcentages des carbonates moyennement à faible, résultent de la précipitation des carbonates transportés par l'eau. On peut expliquer l'origine des carbonates par la précipitation des carbonates qui ne se produit pas systématiquement en raison de plusieurs facteurs :

- **La Salinité de l'eau** : Une augmentation de la salinité va favoriser une précipitation du  $\text{CaCO}_3$ .
- **L'agitation de l'eau** : Elle va favoriser la précipitation car nous observons plus de dépôts carbonatés près des côtes par rapport au large.

• Le pH de l'eau :

- pH = 7 milieu neutre
- pH > 7 milieu basique qu'il va favoriser la précipitation
- pH < 7 milieu acide qu'il va provoquer la dissolution

• **La Température** : La précipitation des carbonates intervient à partir d'une augmentation de la température.

• **L'Abondance en organismes** : Certains organismes absorbent les carbonates pour les intégrer dans leur squelette et ne favorisent donc pas le dépôt ; Par contre, si les organismes sont nombreux, leur dépôt sur le fond va entraîner la formation de dépôts carbonatés. L'activité des organismes peut également favoriser la précipitation des carbonates par les produits qu'ils rejettent.

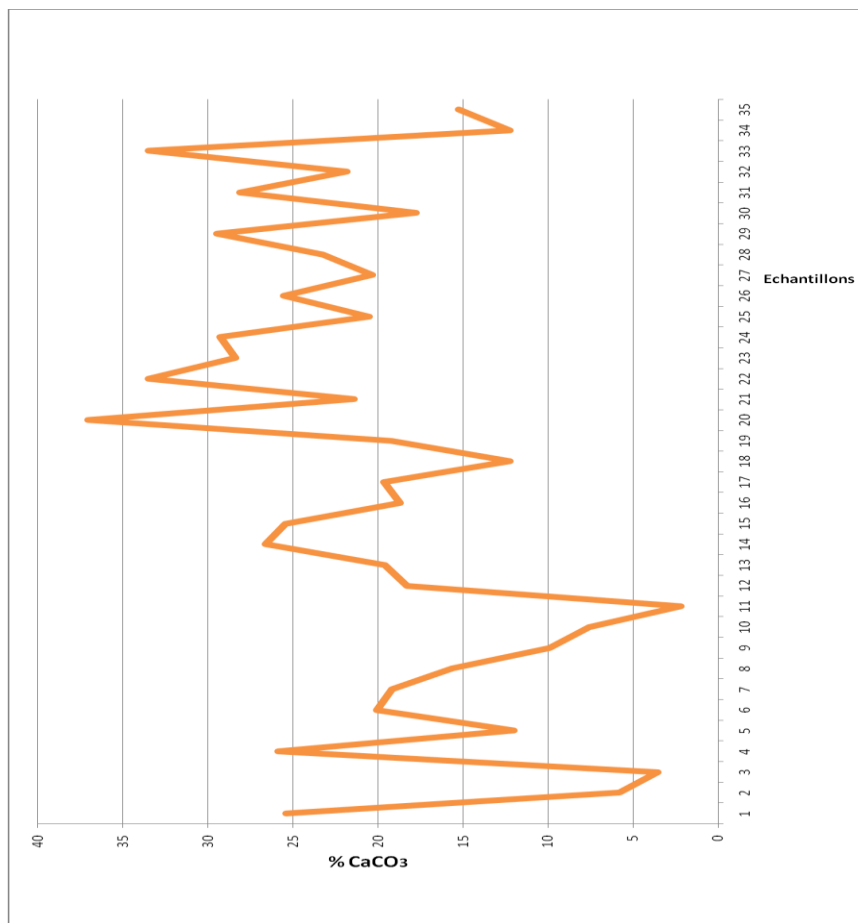


Figure 20 : évolution du taux de CaCO<sub>3</sub> des sédiments dans la coupe Birzguene (D'après Taib, 2016)

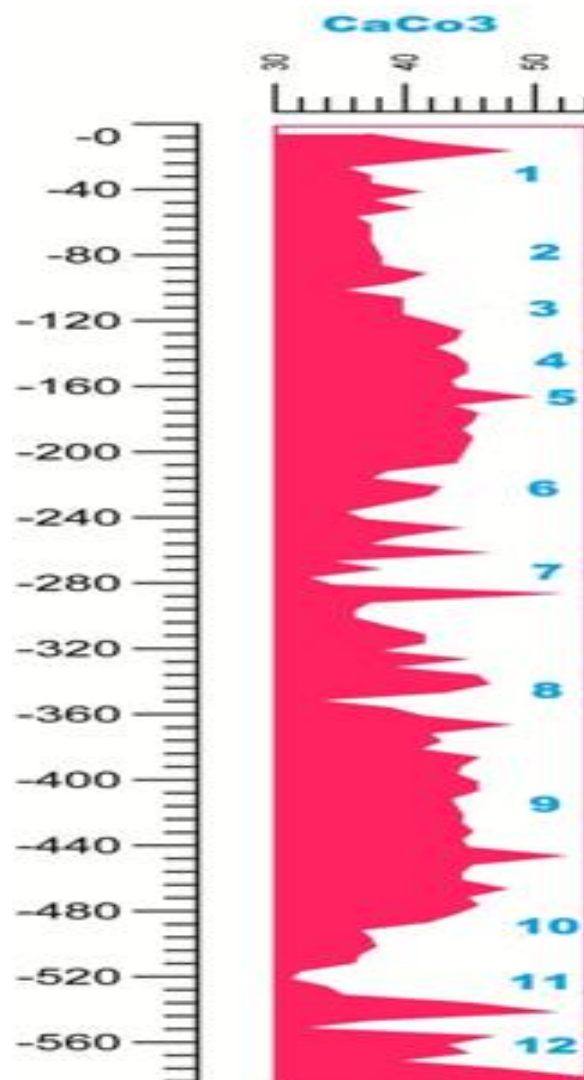


Tableau 8 : pourcentages du CaCO<sub>3</sub> des différents niveaux et leurs profondeurs

N° ECH	CaCO <sub>3</sub> %	N° ECH	CaCO <sub>3</sub> %
1	25,42	19	19,22
2	5,8	20	37,04
3	3,56	21	21,42
4	25,88	22	33,48
5	12,04	23	28,4
6	20,08	24	29,3
7	19,18	25	20,52
8	15,62	26	25,54
9	9,92	27	20,36
10	7,58	28	23,25
11	2,22	29	29,46
12	18,3	30	17,8
13	19,6	31	28,12
14	26,6	32	21,86
15	25,44	33	33,48
16	18,74	34	12,25
17	19,64	35	15,26
18	12,25		

### 3.2. Terrasse fluviatile ADILA

Sur cette coupe, le taux de carbonates varie entre (31 - 53 %). Les résultats de la calcimétrie sont assez homogènes (**Figure 21**) avec une teneur moyenne en carbonates de 41 % (31 - 53 %). Cependant, leurs pourcentages sont en augmentation dans les mêmes niveaux où la fraction grossière (graviers et cailloux) et le sable grossier enregistrent des proportions élevées. Il est donc envisageable de penser que ces trois fractions aient une même origine. Mais, en raison d'un fort taux de calcaire dans le reste de la coupe, nous pensons aussi qu'une partie de ces calcaires serait synsédimentaires et a pu précipiter à partir de la dissolution des reliefs calcaires avoisinants (calcaire Maastrichtien).



**Figure 21:** pourcentage de CaCO<sub>3</sub>

**Tableau 9** : Pourcentages du CaCO<sub>3</sub> des différents niveaux et leurs profondeurs

Profondeur	Niveau	CACO3%
-40	A	37.73
-95	B	37.98
-130	C	40.40
-155	D	44.57
-185	E	46.52
-255	F	40.22
-300	G	38.99
-390	H	36.37
-460	I	39.88
-520	J	45.21
-550	K	38.03
-585	L	46.78

#### 4. La PH-métrie

➤ Les valeurs de PH de l'ensemble des échantillons de la coupe de **BERZGUENE** sont comprises entre 5 et 8 (acides, basiques).

➤ Les valeurs de PH de l'ensemble des échantillons de la coupe d'**ADILA** sont comprises entre 6 et 7 (acides, neutres).

#### 5. La morphoscopie des grains de quartz

##### 5.1. Terrasse fluviale de BEREZGUENE

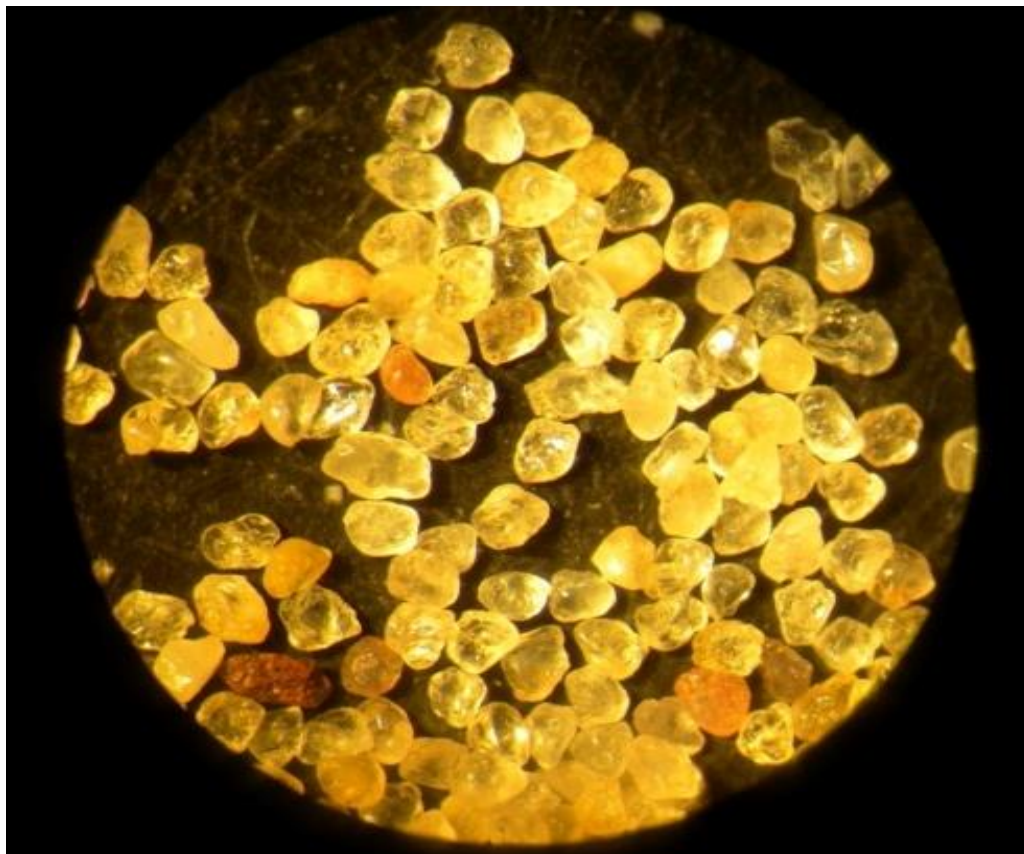
L'étude des grains de quartz est pour comprendre le mode de transport et le milieu de dépôts.

Un comptage a été effectué sur 100 grains de quartz sous la loupe binoculaire (x10) pour faire l'analyse morphoscopique qui montre l'omniprésence Suivant (**Figure 22**) (**Hacen, 2016**) :

❖ **Des grains émoussés ou sub-émoussés:** au niveau de toute la terrasse fluviatile (60,05 %). Ce qui met en évidence l'influence du transport par l'eau et de la dynamique fluviatile sur grains qui proviennent à partir des affleurements calcaires crétacés.

❖ **Des grains rond-mats (RM):** sont présents dans le deuxième niveau ; leur pourcentage est (20,75 %). Ces grains de quartz, pourraient avoir comme origine le sable miocène, très présent dans la région. La présence d'un enduit ferrugineux sur quelques grains indique le début d'une pédogenèse.

❖ **Des grains Les non usés (NU):** présentent un faible pourcentage (15.75 %). La présence de ces grains refléterait une source d'apport proche, avec des sédiments peu évolués.



**Figure 22 : les grains du quartz (D'après Taib, 2016)**

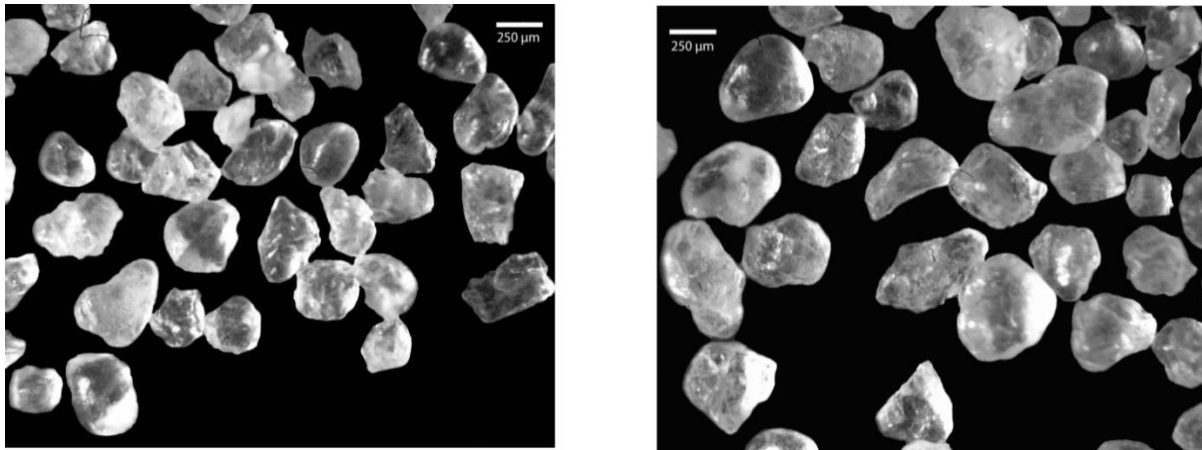
### 5.2. Terrasse fluviatile de ADILA

On note les mêmes types de grains de quartz comme celle de la terrasse fluviatile berzguene (Figure 23) :

- **Des grains émoussés ou usés (79.23%).**
- **Des grains rond-mats (20.23%).**

La présence de ces types des grains indique les mêmes résultats (**Belfare, 2010**) :

- ❖ La dominance des grains de quartz de type émoussée indique que ces grains ont subi d'importants remaniements avant leur dépôt final sont présent dans toute la terrasse fluviatile, qui précise un transport par l'eau.
- ❖ Les grains rond-mats provient a priori du grès d'âge Miocène, qui occupe une large zone dans la région témoignent d'une reprise éolienne.



**Figure 23** : Les grains de quartz. (**Belfare, 2010**)

## 6. Les indices paléoenvironnementaux

Pour les deux régions :

### 6.1. Les traces des sédiments autochtones

-Le milieu de dépôt des sédiments était calme a courant faible a permis la décantation des niveaux limono-sableux.

-L'altération et l'érosion des couches superficielles libre des grains est permet leur mise en place sous forme de terrasses alluviales en comblant le bassin d'elamabiod.

### 6.2. Les traces des sédiments allochtones

- La dominance des grains émoussées luisants résulte du long transport par l'eau (milieu aquatique continental : fleuve ou revire).

### 7. Conclusion

L'étude de la Terre enregistrée dans les strates sédimentaires (stratigraphie) repose sur deux démarches méthodologiques : celle qui établit un découpage chronologique aussi détaillé qu'il est possible et celle qui permet et relie les dépôts contemporains ou d'âge différent entre des sites plus ou moins éloignés. Les moyens de corrélation (géochronologiques, lithologiques, paléontologiques n'ont pas une précision hiérarchiser tant qu'on n'a pas compris que leur valeur dépend d'abord des conditions d'emploi : corrélations locales ou à grande distance, corrélation précises ou approximatives à travers les continents ou les océans.

Dans notre synthèse ; on pu faire une corrélation lithostratigraphiques supposent que les mêmes dépôts se sont sédimentés de façon uniforme sur une assez vaste étendue.

Dans notre synthèse ; on applique strictement les principes de la corrélation stratigraphiques en se basant d'abord sur les comparaisons de faunes, puis celles sur de faciès, de minéraux, des structures et des épaisseurs ainsi que la calcimétrie.

**Conclusion général**

Le but de cette recherche était de caractériser les terrasses fluviales de la région d'El Ma El Abiod. Pour atteindre cet objectif, nous avons entrepris de nouvelles analyses sédimentologiques, minéralogiques et de propriétés magnétiques des dépôts. Grâce à l'étude granulométrique, nous avons pu mettre en évidence que la mise en place des dépôts est étroitement liée aux variations climatiques.

L'étude granulométrique de la fraction sableuse a montré que la partie fine de la terrasse fluviale d'El Ma El Abiod, a, au moins deux origines :

Elle est liée, d'une part au ruissellement dû au lessivage des formations superficielles du plateau, et d'autre part, elle correspondrait au résidu insoluble du calcaire encaissant, ainsi qu'à la dissolution des fragments calcaires qui ont fourni des sables calcaires. La filiation entre les sédiments du plateau et ceux existant dans la terrasse est établie grâce à l'étude des minéraux argileux.

La conclusion paléoenvironnementale de la région d'El Ma El Abiod peut être décrite comme suit:

Les fortes teneurs en  $\text{CaCO}_3$ , ne sont pas dues uniquement à l'augmentation de la température dans la région mais aussi à l'humidité du milieu. Chaque coupe stratigraphique est caractérisée par son contenu sédimentologique, minéralogique et magnétique.

Les paramètres obtenus à partir de ces résultats (granulométrie, magnétisme des roches, minéralogie des argiles, morphoscopie et exoscopie des grains de quartz) permettent de subdiviser la terrasse de Berzgene Sud en 3 niveaux stratigraphiques.

Les résultats granulométriques révèlent des sédiments ont une moyenne faible (inférieure à  $50 \mu\text{m}$ ), ce qui est dû à leur enrichissement en silt et en sable fin. Les courbes de fréquence sont de type platykurtique à mésokurtique et parfois leptokurtique. Cette évolution indique le mauvais classement des sédiments analysés. Les valeurs de KG sont négatives ou proches de zéro et montrent que l'étalement de la courbe se fait du côté de la fraction fine. Les valeurs du Sorting index montrent que le classement est mauvais, très mauvais à extrêmement mauvais et par conséquent, elles indiquent l'irrégularité du niveau énergétique de l'agent de transport et plus particulièrement dans le niveau 3 très riche en gravier.

Les sédiments des niveaux 1 et 2 montrent un seul stock (courbes de fréquences unimodales) représenté par les silts ( $> 75 \%$ ), au contraire ceux de la partie médiane et inférieure (niveaux 3) sont bi à tri-modales, traduisant un mélange de deux à trois populations



(sable et silt).

L'observation morphoscopique des grains de quartz à la loupe binoculaire a permis de proposer une évolution plus ou moins importante, puisqu'ils sont souvent émoussés ou sub-émoussés. L'abondance de ces familles de grains de quartz induit un mode de transport aquatique (l'importance du remaniement fluvial).

L'étude exoscopique des grains de quartz confirme ces derniers résultats et atteste la dominance des émoussés. Certains grains ont une histoire plus complexe. Dans un premier temps, ces grains ont connu un transport par le vent (présence de traces de choc en forme de "v"), puis ont séjourné dans un milieu aquatique (grains émoussés avec un effacement total ou partiel des cupules et des traces de choc par le vent).

L'étude magnétique confirme ces résultats. Les paramètres magnétiques ont des valeurs élevées dans la partie médiane et supérieure, et faibles dans la partie inférieure. La diminution des valeurs de la SM dans cette partie de la terrasse est liée essentiellement à la dominance de gravier et de sable (matière diamagnétique), déposés sous un régime hydrodynamique fort. Les valeurs de la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique ( $\chi_{fd}$ ) sont fortes tout le long de la coupe stratigraphique (excepté dans la partie inférieure) et témoignent de la présence d'un mélange de grains de taille MD, PMD et SP (avec une prédominance des grains SP). Le fort pourcentage de grains SP est lié à l'évolution bio-géochimique post-dépositionnelle des sédiments (pédogenèse importante).

Le dépôt sédimentaire de cette coupe s'est mis en place pendant la fin du Pléistocène moyen (NS-3), le Pléistocène supérieur (NS-2) et la fin du Pléistocène supérieur et l'Holocène (NS-1) sous des conditions climatiques plus clémentes que l'actuel. Les variations observées sur les courbes de la granulométrie globale sont le résultat de l'alternance d'un milieu calme favorisant la pédogenèse, avec un régime dynamique caractérisé par la dominance de la fraction grossière (gravier et galet).

**Références bibliographiques**

**Belfar.D.,(2010)** : Etude sédimentologique et paléoenvironnementale des formations quaternaires alluvionnaires de l'Oued Zeïet, Ain Zerga W de Tébessa. N-E Algérie.Mémoire de Magister, faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie université de Tébessa.

**Blés J.L., (1969).**contribution à l'étude des déformations cassantes de la feuille de Morsott (Sud Est constantinois, Algérie).les microfractures et leurs relations avec les failles et les plis.Pub.Serv. Carte géol. Algérie, N.S.,30,p.7-17.

**Blés J.L. et Fleury J.J.,(1970).** Carte géologique au 1/50000 de Morsott (n°178).Pub.ServCarte géolog.Algérie.Alger.

**Ben Hassine. H., (2006)** : Nature minéralogique et rôle nutritionnel des argiles de sols céréaliers en région subhumide à semi-aride (Tunisie). C. R. Géosciences 338, pp. 329–340.

**Boufaa K. et al. (1996)** : Les sédiments Miocène des environs de Tébessa (NE de l'Algérie) et leur relation avec la tectonique. Bull Soc. His. Nat. pays de Montbéliard France.

**Cailleux A. ET Tricart J. (1963)** -Initiation à l'étude des sables et des galets. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 369 p.

**Chellih F., 2008** - « Approche sédimentologique et minéralogique pour l'étude des terrasses fluviatiles pendant le Quaternaire d'Oued Bouakous (Hammamet). », Mémoire de fin d'étude, Université de Tébessa.

**David L. 1953.** L'âge Pliocène d'une partie des formations continentales de la région de Souk Ahras. pp216-218.

**Dearing, J.A., Dann, R.J.L., Lees, J.A., Loveland, P.J., Maher, B.A., O'Grady, K., 1996.** Frequency dependent susceptibility measurements of environmental materials. Geophys. J. Int. 124, 228-240.

**Deng, C., Zhu, R., Jackson, M. J., 2001.** Variability of the temperature dependent susceptibility of the Holocene eolian deposits in the Chinese Loess Plateau: a pedogenesis indicator, Phys. Chem. Earth (A), 26(11-12): 873\_878.

**Djebari H. (2011)** : Ressources et essai de gestion intégrée des eaux du bassin d'El Malabiod, W. de Tébessa nord-est algérien. Thèse de Magistère Univers. Annaba, 150p.

**DJERRAB A., CAMPS P. & CHELLIH F., 2008** - Etude paléoenvironnementale des dépôts quaternaires de l'oued Youkous (région de Tébessa, Algérie) : approche magnétique et sédimentologique. In H. Aouraghe, H. Haddoumi & K. El Hammouti (eds.), Le Quaternaire

marocain dans son contexte méditerranéen. Actes de la quatrième rencontre des quaternaristes marocains (RQM4), Oujda, 15 au 15 novembre 2007. Volume 1: Géologie, Paléoenvironnements et 240 Datations. Publication

**Djerrab, A., Zedam, R., Camps, P., Defaffia, N., Abdessadok, S., Triki, D., Djelailia, S., Bahra, N., 2012.** Etude sédimentologique et magnétique d'une séquence alluviale du pléistocène supérieur-holocène de l'Oued Adaila (El Ma Labiod, Tébessa, Algérie) et indications paléoenvironnementales. *Quaternaire* 23-3, 227-240.

**Djerrab, A., SPASSOV, S., Defaffia, N., Jozef, H., Abdessadok, R., Muriel, Bahra, N Souad, E., 2014:** The Middle Palaeolithic site of Birzgane (Tebessa, Algeria): Rock magnetic property characterisation and past rainfall reconstruction. *Quaternary International* 320 (2014) 63 - 74.

**Drouin. S., (2007) :** Rôle des argiles dans la préservation et la fossilisation de la Matière Organique "pétrolière". Thèse de doctorat Université d'Orléans. 211 p.

**Dubourdiou G.,(1956).** Etude géologique de la région de l'ouenza (confins algéro-tunisiens) Publ.Serv.Carte géolg.Algérie, Alger. 659p.,27 tab.,89fig.,22 pl., 8 phot., 1 carte au 1/200000.Alger.

**Dunlop, D.J., 1995.**Magnetism in rocks (invited AGU 75th Anniversary paper), *J. Geophys. Res.* 100, 2161-2174.

**Durozoy G., (1956).** Carte géologique d'Algérie au 1/50000, feuille n°206 Tébessa,Serv. Carte Géolog. D'Algérie, Algér.

**Durozoy G. (1947) :** Captage d'El Ma El Abiod. Implantation des sondages de reconnaissances. Arch. Au S. C H. rapport du 28/3/1947.Alger.

**Durozoy G. (1948) :** Alimentation en eau de Tébessa. Arch. Au S.C.H rapport du 29/1/1948.Alger.

**Folk P.L. ET Ward W.C. (1957) -** Brazos river bar : a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, pp. 3-26.

**Hani A. (1983) :** Étude hydrogéologique des nappes aquifères des formations miocènes dans la région d'El Ma El Abiod. Mémoire d'Ing. Université d'Annaba pp 3-8.

**Institut Géographique,** Carte topographique d'El Ma Abiod, feuille 235 au 1/50 000.

**Institut Géographique,** Carte topographique de Tébessa, feuille-NJ-32- XXI au 1/200 000.

**LEKRINE Y., 2015-** Hydrodynamisme et minéralisation du complexe aquifère du bassin frontalier d'El MA El Abiod, wilaya de tebessa S-E Algerien. Mémoire de magister , université

de Constantine 1, Constantine, 157P.

**Rouabhia A., Baali F., Kherici N., Djabri L. (2004).** Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El MA EL Abiod (Algérie), Revue Sécheresse Vol.15, n°4.

**Rouabhia A. (2006)** Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocène de la plaine d'El Ma El Abiod. N.E Algérie. Thèse de doctorat en sciences, 210p, Université d'Annaba, Algérie.

**Rouabhia A., Baali F., Fehdi Ch., Kherici N., Djabri L. (2008) :** Hydrochemical and isotopic investigation of a Sandstone aquifer groundwater in a semi arid region, El Ma El Abiod, Algeria. Journal of environmental geology (Springer) Environ Geol. n°254. DOI: 10.1007/s00254-008- 1451-5

**Taib.H.,-(2016) :** étude paleoenvironmental d' El-Ma-El-Aabiod (Tebessa-algrie) pendant le quaternaire, a travers l'étude des terrasses fluviales des oueds birezguene et adila, faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie université de Tébessa.

**Vila J. M. (1980) :** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens. Thèse Doc. Sc. Nat. Univ. P. et M. Curie, Paris VI, 450 p