

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de
l'Univers

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option : Ressources Minérales et Géomatériaux

Thème

Stratigraphie et propriétés géométriques et physiques des
matériaux Mio-Pliocènes de la région de Rekkada Metlatine
(Texanna, Jijel)

Membres de Jury

Président : A. BOUZENOUNE

Examinateur : A. LEKOUI

Encadrant: F. MEBROUK

Encadrant: A.M. BEGHADAD

Présenté par :

AZIZA BOUANANE

AICHA BOULEMGHADER

Année Universitaire 2015-2016

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements

Avant de présenter les résultats de ce travail, nous tenons à exprimer nos reconnaissances à tous ceux et celles qui l'ont rendu possible par leur collaboration scientifique, leur encouragements ou simplement leur amitié.

Tout d'abord, nous rendons en premier lieu à Allah, pour nous avoir accordent santé, courage et patience jusqu'à l'accomplissement de ce modeste travail.

Nous tenons à témoigner notre gratitude et le respect à nos encadreurs **M. FATEH MEBROUK** et **M. ABDELMALEK BAGHDAD** pour leur contribution à notre formation, dont on a profité de leur expérience et de leurs savoirs, nous ne les remercierons jamais assez pour leurs conseils précieux.

Nous tenons à remercier également, les membres du jury qui ont accepté de juger et d'évaluer notre travail.

Nous aimerons ensuite remercier les ingénieurs de laboratoire de matériaux et paléontologie du département des sciences de la terre et de l'univers en collaboration avec le laboratoire de mécanique des sols du département de génie civil.

Nous remercions tous les enseignants du département de sciences de la terre et de l'univers de l'université de Mohamed Seddik ben Yahiya pour leurs aides.

Enfin nous tenons à exprimer notre sincère salutation à nos amies et à tous les collègues pour le soutien moral.



DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents

***NOUARA** et **SAAD**, exemple de courage et de sérieux qui m'ont tout donné pour me permettre de réaliser mes rêves et en témoignage de leur amour et de leur sacrifice sans limites.*

*C'est grâce à eux si je suis arrivée à ce résultat et à qui je m'adresse à **ALLAH** les vœux les plus ardents pour la conservation de leur santé et de leur vie.*

A toute ma famille.

*Je dédie ce travail à mon mari **AZZOUZ** qui a pu toujours me supporter et m'a bien soutenue.*

*A mes frères **MOAAD**, **ADEL**, **AYYOUB** et **MOHAMMED**, et mes sœurs **KARIMA** et ses enfants **WAIL & ISRAA***

***FAHIMA** et sa fille **DAMDOMI**.*

*A mon binôme « **AZIZA** » et mes amis, **KARIMA**, **ILHAM**, **KHADIDJA**, **NADA**, et autres.*

*A tous mes camarades de la promotion de **RMG** pour les bons moments passés ensemble.*

A tous ceux qui m'aiment.

AICHA





DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère **WANNASSA**

La miséricorde de Dieu à **mon père**, qui espérait me voir arriver à ce niveau.

À mes Sœurs : **SALIHA ; MOUFIDA**

À mes chers frères : **ABD ALBAKAI, DJAMAL, MOURAD, ABD ALFATAH, SOUFIANE, ABD ANOUR, HAMZA, HOUSSAM et MOSAB.**

À «**Aicha**» bien sûr avec qui j'ai partagé tout le stress durant nos études. Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis jour et nuit, nous mène vers un avenir meilleur.

À tous mes chères amies surtout : **NADJAT, SIHAM, ASMA, LAMIA, HADJAR**

*A tous mes camarades de la promotion de **RMG** pour les bons moments passés ensemble.*

Aziza



Résumé

Le présent travail traite de l'étude d'un secteur géologique dans la wilaya de Jijel, à savoir, le « Néogène post – nappe » de la localité de Rekkada Metlatine. Historiquement, très peu d'études ont traité cette problématique.

Le sujet de la présente étude s'articule autour de deux points :

Une étude lithostratigraphique du Post- nappe (d'âge Néogène présumé).

Dans cette partie, des échantillons ont été prélevés dans les trois faciès, caractérisant cette formation géologique, et traités au laboratoire. Ces derniers ont révélés la présence d'une importante faune de foraminifères (planctoniques et benthiques) ainsi que de rares ostracodes. Une étude systématique sommaire, nous a permis de proposer un intervalle stratigraphique allant du **Miocène moyen au Pliocène inférieur** pour ce bassin post-nappe. Cette association faunistique a révélé d'autre part, quelques données sur le paléoenvironnement du bassin.

Une étude géométrique des sédiments de la post-nappe :

D'après les études des caractéristiques physiques des formations étudiées, elles semblent à priori convenir comme matière première potentielle pour les produits de céramique structurelle (tuiles et briques de maçonnerie) ou produits rouges.

Mots clés : Rekkada Metlatine, lithostratigraphique, post - nappe, planctoniques, benthiques, Miocène moyen, Pliocène inférieur, géométrique.

Summary

This work deals with the study of geological sector in Jijel, namely, the "post Neogene - tablecloth" of the locality of Rekkada Metlatine. Historically, very few studies have addressed this issue. The subject of this study is based on two points:

A study of the Post- lithostratigraphique tablecloth (presumed Neogene age):

In this part, samples were collected in the three faces, characterizing this geological formation, and processed in the laboratory. They have revealed the presence of significant wildlife foraminifera (planktonic and benthic) and rare ostracism. A summary systematic study has allowed us to propose a stratigraphic interval from the Middle Miocene to Pliocene to the Post-tablecloth Basin. This faunal association has revealed additional units, some data on the paleoenvironment of the basin.

A study of the physical characteristics of sediments of the Post-table:

According to the particle size study, the plasticity and extended manly formations studied, they seem a priori suitable as potential raw material for structural ceramic products (tiles and masonry bricks)

For sandy formations, it also can be used as a degreaser in the ceramic industry (red products).

Key words: Rekkada Metlatine lithostratigraphique post Neogene – tablecloth Miocene to Pliocene planktonic benthic sediments

المخلص

يتناول هذا العمل مع الدراسة من القطاع الجيولوجي في جيغل، وهي "مرحلة ما بعد النيوجين للمجتمع من الرقادة ام الثلاثين تاريخيا، وقد تناول عدد قليل جدا من الدراسات هذه المسألة.

ويستند موضوع هذه الدراسة على نقطتين

دراسة ليثوستراتيغرافية

تم جمع ثلاثة عينات تميز هذا التكوين الجيولوجي، ومعالجتها في المختبر. وكشفت عن وجود المنخربات كبيرة للحياة البرية (العوالق والقاعية) والصدفيات نادرة. وقد سمحت دراسة منهجية ملخص لنا لاقتراح فترة الطبقي من عصر الميوسين الأوسط إلى العصر الحديث .

دراسة هندسية

ووفقا للدراسات من الخصائص الفيزيائية للتشكيلات درس، يبدو أنها توافق بداهة كمادة خام المحتملة للمنتجات الهيكلية السيراميك (البلاط والطوب) أو المنتجات الحمراء.

الكلمات المفتاحية: الرقادة ام الثلاثين، ليثوستراتيغرافية، بعد -المياه والعوالق، القاعية، الميوسين الأوسط، العصر الحديث، هندسية.

La liste des figures

Fig .I.1. Localisation géographique de la zone d'étude	2
Fig .I.2. Schéma structural de la Méditerranée occidentale. (M. Durand Delga, 1969).	4
Fig .I.3. Carte simplifiée montrant la géologie de la petite Kabylie (H. Dellit, 2014).	5
Fig I.4. Schéma structural simplifié montrant les différentes unités tectoniques des régions de Texanna-Tabellout-Djimla (H. Djellit, 2014).	11
Fig .II.1. Log lithostratigraphique des dépôts Miocène Post-nappe de Rekkada Metlatine (Texanna, Jijel), (Djellit, 2014).	12
Fig .II.2. La limite du ravinement Miocène supérieur-Pliocène à Rekkada Metlatine (Texanna, Jijel).	14
Fig .IV.1. Courbes granulométriques des niveaux sableux	32
Fig .IV.2. Courbes granulométriques des formations marneuses	33
Fig .IV.3. Courbes granulométriques des formations conglomératiques	34
Fig .IV.4. Représentation des limites d'Atterberg (Head, 1992).	36
Fig .IV.5. Mise en place de l'échantillon dans la coupelle (Habib, 1997).	36
Fig .IV.6. Vue globale au niveau de la rainure (Habib, 1997).	36
Fig .IV.7 Système d'évaluation du diamètre du rouleau de sol (NF P-94-051).	37

La liste des tableaux

Tableau.III.1. association des foraminifères des marnes bleues.	24
Tableau.III.2. association des foraminifères des marnes sableuses.....	25
Tableau.III.3. Fréquence des foraminifères planctoniques et benthiques dans les deux niveaux fossilifères.	28
Tableau.IV.1. Résultats des essais granulométriques	32
Tableau.IV.2. Tableau récapitulatif des résultats de mesure de la masse volumique des grains solides « γ_s »	35
Tableau.IV.3. État du matériau d'après l'indice de plasticité (Sanglerat & Costet, 1983). ...	38
Tableau.IV.4. Classification des matériaux en fonction de l'indice de plasticité (Sanglerat, & Costet, 1983).	38
Tableau.IV.5. Les résultats de l'essai de limite d'Atterberg sur les marnes.	38
Tableau.IV.6. Capacité d'échange de cations (CEC) et surface spécifique de quelques argiles (Grim, 1962).....	39
Tableau.IV.7. Classification des sols en fonction de la valeur du bleu de méthylène « VBS » (Philipponnat & Bertrand, 2003).....	40
Tableau.IV.8. Résultats de l'essai au bleu de méthylène.	40

Remerciement

Dédicaces

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Sommaire

Chapitre I : Cadre géographique et géologique (le post-nappe dans le cadre alpin)

I.1. Introduction.....	1
I.2. Présentation du secteur d'étude.....	2
I.2.1. Situation géographique.....	2
I.2.2. Climat.....	3
I.2.3. Végétation	3
I.2.4 Réseau hydrographique	3
I.3. Cadre géologique général	4
I.3.1. Introduction et historique des travaux.....	4
I.3.2. Stratigraphie sommaire des grandes unités structurales de la région dans son cadre alpin.....	5
I.3.2.1. Le Socle Kabyle	6
I.3.2.2. Le complexe volcano-sédimentaire	6
I.3.2.3. Le flysch Massylien (ou flysch schisto-gréseux "albo-aptien" à Sénonien).....	7
I.3.2.4. La série Tellienne	7
I.3.2.5. Le flysch Maurétanien	8
I.3.2.6. L'Olistostrome de Oligo-Miocène (ou OMK)	9
I.3.2.7. Le flysch Numidien	9
I.3.2.8. Les Dépôts Post-Nappes	10

I.3.2.9. Les Formations Quaternaires	10
I.3.2.10. Les évènements magmatiques	10
I.3.2.11. Cadre tectonique succinct	11
I.3.2.12. Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie	11
Chapitre II: lithostratigraphie locale (coupe lithologique du post-nappe et méthodes d'études)	
II.1. Cadre géologique local.....	13
II.2. Lithostratigraphie du site d'étude : Le Post-Nappe.....	13
II.2.1. La série marneuse Tortono-messinienne	14
II.2.2. Des formations conglomératiques.....	14
II.3. Matériel et Méthodes	15
II.3.1. Méthodologie	15
a. Sur le terrain.....	15
b. Au laboratoire	15
Chapitre III: résultats, discussion et interprétations (cortège faunistique et conséquence biostratigraphique)	
III.1. Etude systématique des microfossiles : les Foraminifères.....	17
III.1.1. Introduction.....	17
III.1.2. Aspect général et définition	17
III.1.3 Etude Systématique	17
a. Foraminifère planctoniques	17
b- Foraminifères benthiques	21
III.2. Résultats Et Discussions	24
III.2.1. Bilan fossilifère	24
III.2.2. Conséquences et propositions biostratigraphiques.....	25
III.2.3. Résultats Stratigraphiques et proposition d'âge.....	27
III.2.5. Conclusion	29

Chapitre IV: caractéristiques physiques des sédiments (données, méthodes, résultats et interprétations)

IV.1. Introduction	30
IV.2. Méthodologie d'étude	30
IV.2.1. Prélèvement des échantillons	30
IV.3. Essais de laboratoire	31
IV.3.1. Analyse granulométrique (NF P 18-560 et NF P 94-057).....	31
b) La sédimentation (NF P 94-057) pour les grains de diamètre inférieur à 80µm.....	31
IV.3.1.1. Caractéristiques granulométriques	31
IV.3.2. Masse volumique réelle des particules solides des sols	35
IV.3.2.1. Méthode du pycnomètre à eau (NF P94-054).....	35
IV.3.2.2. Méthode de l'éprouvette graduée.....	36
IV.3.3. Limites de plasticité NF P 94-051 (limite de liquidité à la coupelle & limite de plasticité au rouleau)	36
a) Limite de liquidité W_L	37
b) Limite de plasticité W_P	38
c) Indice de plasticité.....	38
IV.3.4. Mesure de la capacité d'adsorption de Bleu de Méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux (essai à la tache, NF P94-068)	39
IV.3.4.2. Conclusion	41
Chapitre V: CONCLUSION GENERALE.....	44
Références bibliographiques	46

Les planches.

Les Annexes.

I.1. Introduction

Très peu de travaux géologiques (au sens strict) ont été réalisés dans le bassin Post-nappe néogène de Jijel, historiquement l'un des premiers auteurs à avoir étudié cette région fut J. suivi par A. Perron (1883), A. Pomel (1892), F. Ehrmann (1928), Coiffait M. (1992).

Les travaux récents sont ceux de M. Durant-Delga (1969) et ceux de H. Djellit (1987) qui ont abordé, géologiquement, et de façon sommaire cette unité post-nappe.

Ces travaux ont abordé des synthèses stratigraphiques, sédimentologiques, structurales et paléogéographiques de cette partie de la petite Kabylie ainsi que la reconstitution de son histoire tectono-sédimentaire et son évolution géodynamique.

L'objectif assigné à cette contribution « géologique » est double :

- une analyse lithostratigraphique « sommaire » du site avec le prélèvement, traitement et étude du cortège faunistique des strates, dans le but d'en déduire l'intervalle stratigraphique qui en découle et d'en connaître quelques données paléoenvironnementales d'une part,
- une mise en valeur des dépôts post-nappe, grâce à une caractérisation physique (granulométrie et plasticité) pouvant mettre en relief leurs particularités sur le plan qualitatif et quantitatif pour une meilleure évaluation des possibilités de leur utilisation dans l'industrie comme matières premières, d'autre part.

Il faut signaler que les études micropaléontologiques détaillées de ce secteur de Jijel sont très rares (Durand Delga et Magné, 1952 ; Durand Delga, 1955, p 383). Toutes les recherches antérieures se sont intéressées uniquement à des terrains situés aux alentours.

I.2. Présentation du secteur d'étude

I.2.1. Situation géographique

La Commune de Rekkada Metlatine est une division administrative de la Wilaya de Jijel. Elle est située entre les communes de Kaous et Texenna et traversée par la route nationale N77. La Commune de Rekkada Metlatine est située à 660 mètres d'altitude. Les coordonnées géographiques en GPS sont : 36°39'0" N et 5°46'60" E (Fig I.1)



Fig I.1. Localisation géographique de la zone d'étude.

Légende :

1 : site 1. 2 : site 2.

I.2.2. Climat

Rekkada Metlatine est caractérisée par un climat méditerranéen subissant l'influence de la mer méditerranée au Nord, et des reliefs au Sud. Ces deux raisons font que le climat de la région est tempéré, avec des températures élevées en été et basses en hiver.

Les précipitations d'eaux annuelles varient entre 900 et 1300 mm/an. Cette pluviométrie classe cette région parmi les zones les plus arrosées de l'Algérie. La région d'étude révèle, donc, un potentiel hydrique très important. Ce potentiel hydrique se manifeste par l'émergence de nombreuses sources d'eau de très bonne qualité. En plus d'une importante pluviométrie, cette région est souvent recouverte par d'importantes quantités de neige en hiver.

I.2.3. Végétation

La région de Texanna est caractérisée par une couverture végétale assez dense dernière favorisée par l'importance des précipitations. Les conditions climatiques et la nature des terrains de la région ont permis le développement de forêts très denses. Ce potentiel forestier confère à la région une vocation agricole et forestière.

I.2.4 Réseau hydrographique

La région étudiée est caractérisée par un réseau hydrographique assez important en relation surtout avec la lame d'eau précipitée durant l'année. Ce réseau est représenté par les différents drains alimentés surtout par les ruissellements de surface en liaison surtout avec la fonte des neiges des reliefs élevés.

I.3. Cadre géologique général

I.3.1. Introduction et historique des travaux

La région d'étude fait partie de la chaîne alpine d'Algérie orientale. Cette dernière est l'un des segments de la chaîne des Maghrébides d'âge Tertiaire. Elle s'étale sur plus de 2000km, allant de la Calabre à la Sicile (M. Durand Delga, 1969). (Fig. I.2)

Historiquement, très peu de travaux géologiques (au sens large) ont été réalisés dans le bassin Post-nappe Néogène de Jijel, historiquement on peut citer l'un des premiers auteurs à avoir étudié cette région fut suivi par A. Perron (1883), A. Pomel (1892), et F. Ehrmann (1928)

Les travaux récents furent ceux de M. Durant-Delga (1969) et enfin le travail de H. Djellit (1987) et Vila, J M., (1980).

Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place des nappes de charriages. C'est le domaine des nappes ou domaine allochtone (M. Durand Delga, 1969).

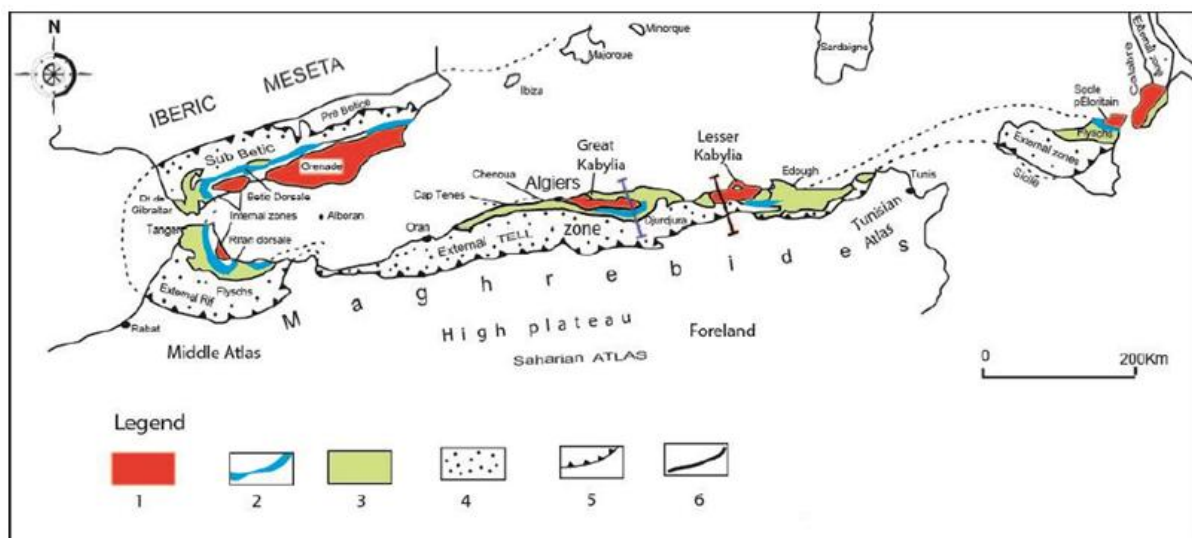


Fig I.2. Schéma structural de la Méditerranée occidentale. (M. Durand Delga, 1969).

Légende : 1. Zone interne (le Socle kabyle) ; 2. Dorsale Maghrébide (Dorsale Calcaire).3, Nappe de Flysch (Flysch Maurétanien, Flysch Massylien) ; 4. Zone externe (Tellien) ; 5. Limite du domaine allochtone ; 6. Contact anormal entre les formations alpines et telliennes.

La géologie de la région d'étude fait partie du travail de thèse mené par H. Djellit en 1987. Nous reprenons, dans le cadre de notre travail, les principaux traits géologiques qui caractérisent cette région (Djellit, 1987, 2014).

I.3.2. les grandes unités structurales de la région dans son cadre alpin

La région de Jijel/Texenna est localisée sur la terminaison occidentale des massifs de la Petite Kabylie (Fig.I.3). Sur le plan géologique, cette zone est directement située sur plusieurs contacts tectoniques, d'âge alpin, ayant servi à l'édification des reliefs telliens qui longent d'Est en Ouest la côte algérienne, depuis Jijel jusqu'aux confins algéro-tunisiens. Ces contacts tectoniques représentent en fait des accidents ayant servi aux transports puis à la superposition anormale des différentes unités tectoniques qui composent ces reliefs. Le plus important d'entre eux est le **contact frontal sud kabyle** (en noir sur la carte ; fig. I.3), sépare les unités profondes métamorphiques du socle kabyle (traits plein verticaux) de celles des zones externes alpines (en noir et en blanc ; fig.I.3). A ce titre on peut d'emblée énoncer que la région recèle, en conséquence, les accidents géologiques les plus importants de la chaîne alpine nord algérienne (Djellit, 2014).

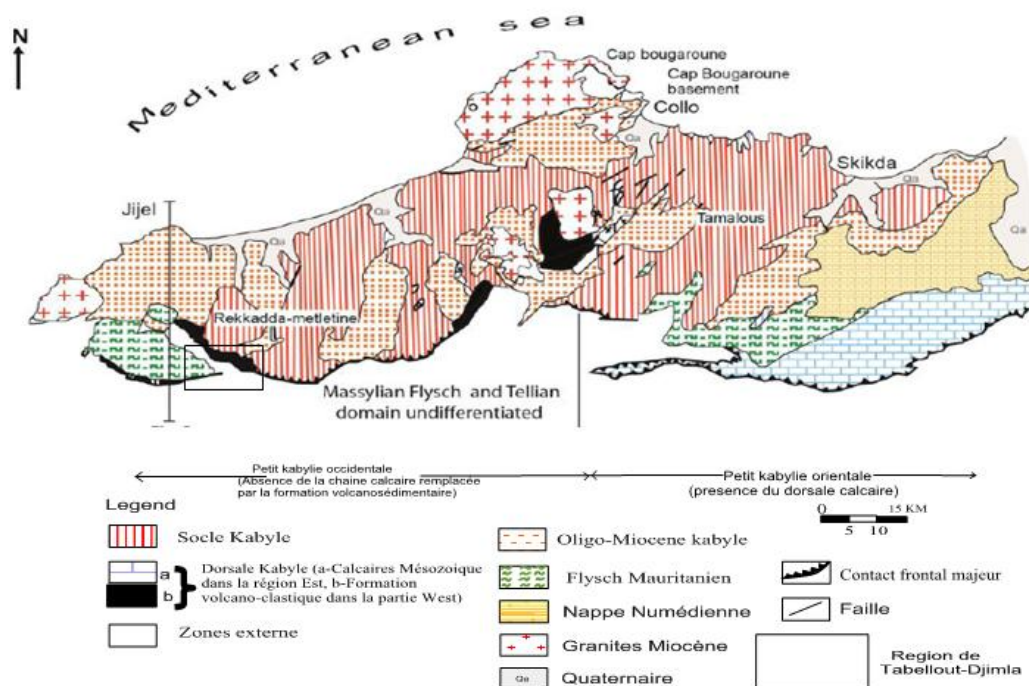


Fig.I.3. Carte simplifiée montrant la géologie de la petite Kabylie (H. Dellit, 2014).

On observe les unités suivantes de la plus ancienne à la plus récente :

I.3.2.1. Le Socle Kabyle

Le socle de la petite Kabylie est composé de deux grands ensembles :

* **Ensemble supérieur** : composé par

Des schistes noirâtres qui surmontent, parfois, des conglomérats remaniant les formations sous-jacentes ; des psammites rouges et vertes à graptolites ; des grès calcaireux à Tentaculites et Calcaires à Orthocères.

* **Ensemble inférieur** : composé par

Des gneiss fins, traversés parfois par des dalles de gneiss ocellés avec des intercalations de marbre et d'amphibolites. Les termes de base de cet ensemble conservent des assemblages reliques du faciès des granulites. (Djellit, 1987).

I.3.2.2. Le complexe volcano-sédimentaire

La Dorsale Kabyle (ou chaîne calcaire) marque, grâce ses reliefs carbonatés la limite entre le socle kabyle au nord et les zones tellines plus externes au sud en Algérie, elle borde les extrémités de socles de petite et grande Kabylie montre des termes allant du permien à l'oligocène discordant sur le socle, à l'oligocène les séries qu'elle présente permettent de la subdiviser en trois sous-domaines, ce sont, du nord au sud (Raoult, 1974)

A) La dorsale interne

Qui montre sur un socle paléozoïque une série complète du permien à l'oligocène la néocomien est directement surmonté par des calcaires biogènes à caractères littoraux de l'éocène inférieur-moyen

B) La dorsale médiane

Caractérisée surtout par la constance de dépôts marneux à microfaunes pélagiques du turonien au lutétien inférieur et par une lacune des termes du crétacé moyen

C) La dorsale externe

Présent, quant à elle, un crétacé supérieur et un éocène inférieur détritiques et lacuneux c'est l'existence de tels faciès, comparables à ceux du crétacé supérieur des flysch kabyles (flysch Maurétanie) qui a conduit certains à situer la dorsale kabyle avant les parascandés alpins, entre le socle kabyle au nord et le domaine des flysch au sud

Dans notre zone d'étude la dorsale kabyle absente, en position équivalente on rencontre une formation calcaire et volcano-sédimentaire, le complexe volcano-sédimentaire de RAKKADA METLETINE

La dorsale kabyle est tectoniquement enfouie sous le socle kabyle le complexe volcano-sédimentaire d'âge jurassique présume représenterait dans cette hypothèse le substratum du sillon des flysch kabyles en position paléogéographique externe

I.3.2.3. Le flysch Massylien (ou flysch schisto-gréseux "albo-aptien" à Sénonien)

Les flysch sont classiquement subdivisés en deux types principaux montrant des termes allant du Néocomien à l'Eocène : le flysch Maurétanien (Unité de Guerrouch) et le flysch Massylien (Bouillin *et al*, 1969).

Il présente une série allant du Néocomien au Lutétien terminal et regroupe trois ensembles

- A la base, le classique " Flysch Albo-aptien " composé d'argiles et de grès quartzitiques, vert-olivâtre, en barres minces (10-30cm), des grès légèrement calcaires, rosés à violacés et très localement des niveaux conglomératiques à Orbitolines,
- Ensuite, vient un ensemble comprenant des marnes et calcaires fins, jaunâtres du Vraconien, du Cénomaniens inférieur-moyen., des calcaires fins, noirâtres, auxquels s'associent souvent des phthanites noires du Cénomaniens supérieur,
- Enfin, au sommet, un flysch à marnes microbréchiques riches en Globotruncana du Turonien Maestrichtien ; sa base montre des bancs calcaires jaunes à roses à microfaune pélagique du Turonien-Coniacien. Cet ensemble est surmonté par des argiles rouges et microbrèches calcaires bioclastiques à Nummulites de l'Eocène (Djellit, 1987).

I.3.2.4. La série Tellienne

Le domaine externe ou domaine tellien, est représenté par des séries épaisses à dominante marneuse du sillon tellien. Il est subdivisé en trois grandes unités : l'unité ultra tellienne, l'unité tellienne au sens strict et l'unité péni-tellienne (Vila, 1980).

La série Tellienne : description donnée par Durand Delga (1955)

Le Tellien est composé de dépôts allant du Lias au Lutétien. Les séries du Jurassique et du Crétacé inférieur affleurent dans la région des Béni Yadjis.

De la base au sommet

- une série liasique, avec un Lias inférieur composée de dolomies grises, massives, béchiques au sommet ; un Lias moyen constitué de calcaires massifs à entroques, oncolithes et trochamminides ; un Lias supérieur montrant des calcaires gris feuilletés ou lités, biodétritiques, couronnés par des niveaux à filaments, renfermant des radiolaires, débris de calcaires et du quartz.

- Crétacé inférieur, débutant par un conglomérat à galets de silex composé essentiellement de schistes et calschistes bruns.

- Crétacé supérieur-Eocène. de marnes et calcaires caractérisée par :

Un ensemble du Campanien-Maestrichtien composé de marnes à lits de microbrèches riches en Globotruncana, des lentilles conglomératiques et des boules jaunes. Les marno- calcaires du Campanien contiennent des Inocérames et le sommet de la série maestrichtienne est carbonaté et montre des conglomérats à galets dolomitiques.

- Ensuite, un terme du Paléocène composé de marno-calcaires à Globigérines surmontés par des marnes noires à boules jaunes et à miches de calcaires jaunâtres contenant également des Globigérines

- l'Yprésien est caractérisé par des calcaires lités à cassure sombre et à Globigérines de admettant à leur sommet des calcaires à faciès « Suessonien » à silex.

- Au Lutétien, des marnes de noires à passées calcaires à Globigérines, localement en forme de boules jaunes.

I.3.2.5. Le flysch Maurétanien

Comporte de bas en haut

- Un pré-flysch calcaire du Tithonique-Néocomien constitué d'une alternance de marnes grises et de turbidites calcaires,

- Un ensemble (300m) de grés homométriques à cassure verte (flysch de Guerrouch) attribué à l'Albo-aptien,

- Localement, des phtanites rouges et blancs du Cénomaniens supérieur,

- Un Sénonien micro-bréchiq. Les micro-brèches à ciment spathique riche en quartz détritiques, peuvent être quelque fois remplacées par des micro- conglomérats,

- Enfin, au sommet des conglomérats puis des grés micacés Tertiaires (Eocène à Oligocène) (Djellit, 1987).

I.3.2.6. L'Olistostrome de Oligo-Miocène (ou OMK)

Il forme la couverture sédimentaire transgressive du socle kabyle (Raoult, 1974 ; Bouillin, 1977), L'Oligo-Miocène Kabyle est constitué par des formations détritiques comportant trois termes

- Un terme de base formé de conglomérats grossiers polygénique reposant en discordance sur le socle kabyle,
- Un terme médian, comportant des grés micacés à débris de socle associés à des pelletes micacés,
- Un terme sommital formé de silexites. (Bouillin, 1977).

Les Olistostromes

Les Olistostromes sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch Maurétanien et Massylien reposant sur les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle, Ces formations, ont été décrites pour la première fois en Petite Kabylie par (Raoult et Bouillin, 1971), L'âge de ces formations selon ces derniers auteurs, est supposé Aquitanien à Burdigalien inférieur probable (Raoult, 1974 ; et Bouillin, 1977).

I.3.2.7. Le flysch Numidien

Le flysch Numidien occupe la position la plus haute dans l'édifice structural de la région. Il est constitué de quatre termes lithologiques comprenant de bas en haut

- 50 m d'argile aux teintes variantes : vertes, rouges, jaunes et grises, à intercalation calcaro-gréseuses.
- 10 à 20 m d'une alternance de pelletes bleutées et de marnes à intercalation gréseuses décimétriques, soit en niveaux continus soit lenticulaires et à figures de base (Les flutes castes, figure de charge...).
- Un ensemble (150 à 160 m) gréseux en bancs épais (2 à 3 m), faciès Numidien composé essentiellement de teintes jaunes blancs (rouille d'altération), à grains grossiers de quartz roulés (dragées de quartz).
- 10 à 15 m de bancs de calcaires gréseux associés à des marnes calcaires terminant cette succession. (Djellit, 1987).

I.3.2.8. Les Dépôts Post-Nappes

Comprenant des formations marno- conglomératiques du Mio-Pliocène (sujet du présent travail, détaillé dans le chapitre suivant).

I.3.2.9. Les Formations Quaternaires

Elles sont représentées par les dunes de sables et les alluvions actuelles.

I.3.3. Les évènements magmatiques

Le magmatisme de la Petite Kabylie est de différent type ; magma basique et ultra basique, magma intermédiaire et magma acide. La mise en place de ces corps magmatiques est variée dans le temps et l'espace. On les reconnaît dans plusieurs endroits en Petite Kabylie avec des âges allant du Permien au Miocène

a- Le magmatisme hercynien

Ou granite d'anatexie hercynien d'âge Permien (Mahdjoub, 1991). Ce magmatisme forme le cœur du socle de la Petite Kabylie, il est situé à Sidi Kember à Oum Ettoube, wilaya de Skikda, NE algérien (Mahdjoub, 1991).

b- Le magmatisme secondaire

Ou les ophiolites d'âge probable Jurassique terminal-Crétacé (Durand Delga, 1955). Ce magmatisme est localisé dans la région de Texanna.

c- Le magmatisme tertiaire

Ce magmatisme d'âge Miocène présente plusieurs type de magma entre ultra-basique et acide d'âge 15ma à 16,7ma (Bellon, 1976 ; Penven et Zimmermann, 1986).

Il recoupe à la fois le socle et les unités mésozoïques. Ce magmatisme affleure dans plusieurs endroit tel que ; Oued Amizour, El Aouana, Beni Toufout, El Milia, Cap Bougaroun, Collo, Filfila... (Ouabadi, 1994, Semroud, 1970 ; Fabrie, 1979, Bouillin, 1983 ; Bouftouha, 2000).

I.3.4. Cadre tectonique succinct

Si la période pré-tectogénique a commencé dès le Trias, la chaîne alpine d'Algérie s'est surtout structurée au cours des phases tectoniques tertiaires. Cette structuration est rattachée à la fermeture du sillon des flyschs qui s'est faite suite à plusieurs phases tectoniques. On citera

*** Les phases tectoniques mésozoïques**

*** Les phases tectoniques tertiaires : avec**

- La phase fini-lutétienne
- La phase miocène

*** La tectonique récente**

Dans le constantinois, J.M. Vila (1980) considère que les déformations de la tectonique récente sont représentées par des failles normales de direction NE-SW, en bordure des massifs calcaires du Jurassique- Crétacé.

I.3.2.11. Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie

La structuration géologique du massif de la petite Kabylie est le résultat de plusieurs phases tectoniques : (Fig.I.4)

*** Une Tectonique anté-Oligocène,**

*** Une Tectonique Miocène,**

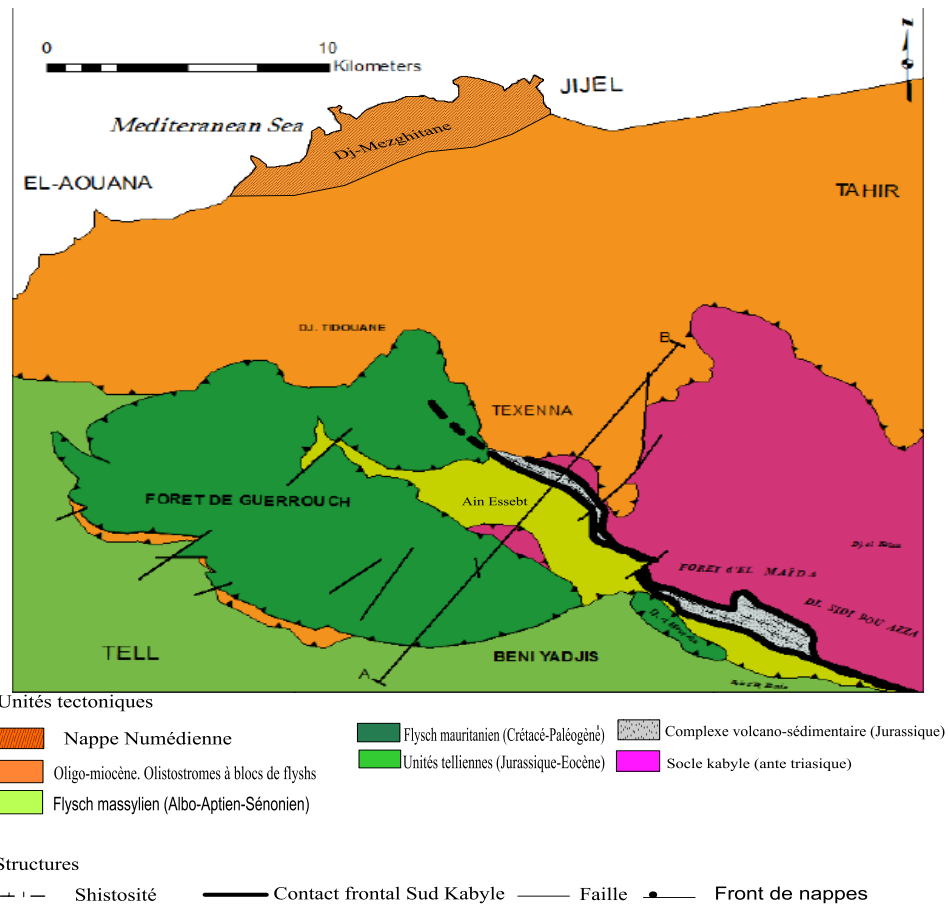


Fig I.4. Schéma structural simplifié montrant les différentes unités tectoniques des régions de Texenna-Tabellout-Djimla (H. Djellit, 2014).

II.1. Cadre géologique local

II.2. Lithostratigraphie du site d'étude : Le Post-Nappe

Les dépôts du Post –nappe et le pliocène sont représentés, et de pliocène pouvant localement totaliser à lui seul entre 500 et 600 m d'épaisseur (Fig II.1).

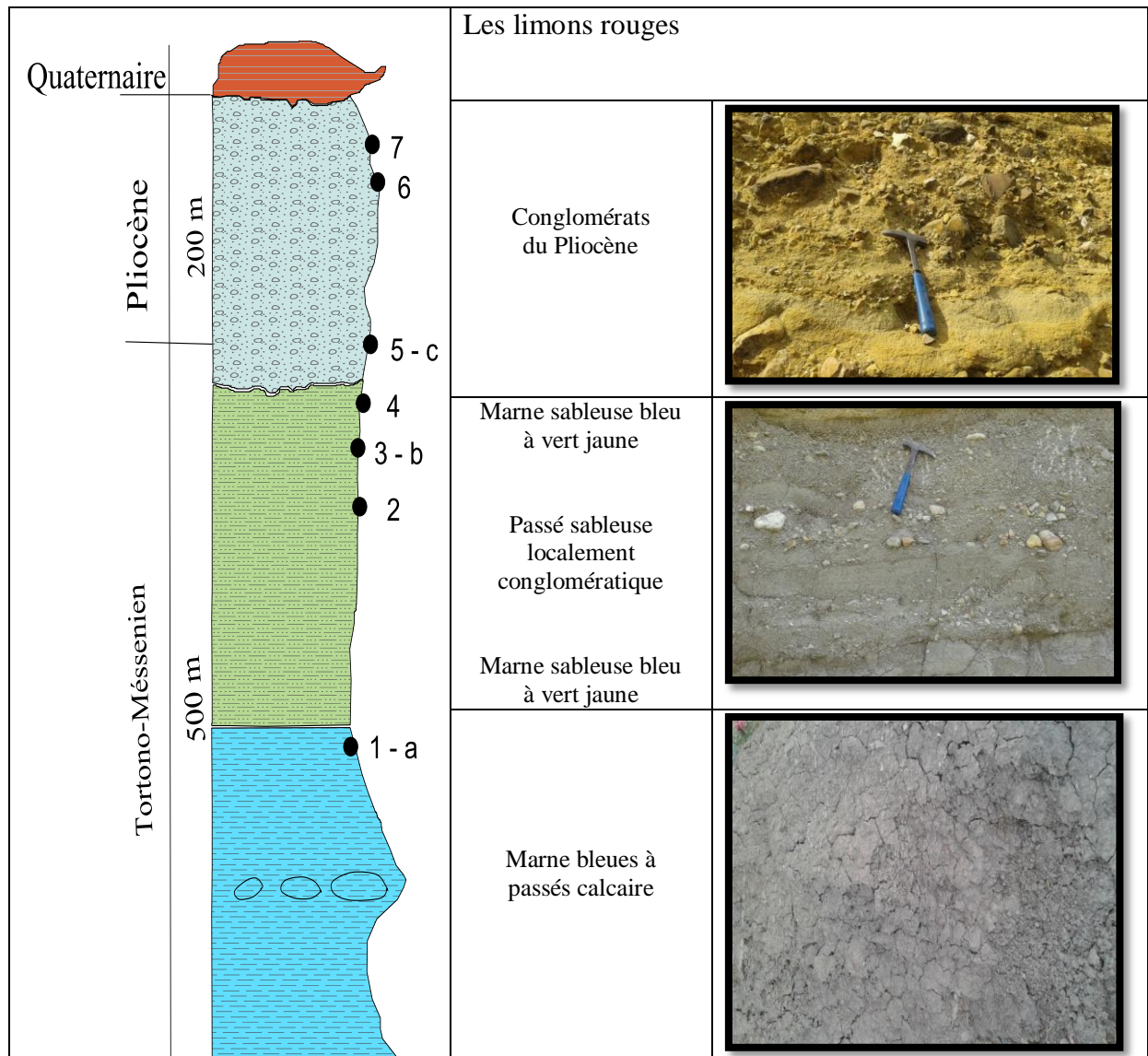


Fig II.1. Log lithostratigraphique des dépôts Miocène Post-nappe de Rekkada Metlatine (Texenna, Jijel), (Djellit, 2014).

Légende

a, b, c : échantillons pour le lavage et 1-7 : échantillons pour la granulométrie.

- **La série marneuse**

Elle repose en discordance à la fois sur le socle kabyle et les molasses olistostromiques ; Il s'agit de marnes bleues à passées de calcaire jaunes discontinues, prenant souvent l'allure de boules arrondies (miches) ; au-dessus, un ensemble franchement sableux composé de marne montrant des passées de grés mal cimentés (chenaux) localement conglomératique remaniant des grains de quartz de petit taille bien roulés montre dans les cas les plus favorables de 200 à 300 m d'épaisseur (Djellit ; 1987).

- **Des formations conglomératiques**

Elles reposent directement soit sur les marnes tortono-messiniennes, soit sur les blocs de flysch dissocié ou encore elle scelle les contacts entre

- Le socle kabyle et les marnes tortono-messiniennes,
- Les molasses olistostromiques aquitano-serravalliennes et les marnes tortono-messiniennes.

Elles sont constituées essentiellement par des conglomérats d'au moins 50 m d'épaisseur, qui comportent des blocs anguleux, mal classés et de taille variable (centimétriques à métriques)

Les blocs sont empruntés en totalité soit au socle kabyle, soit aux unités à matériel flysch (numidien et flysch de Guerrouch).

Dans les matrices cimentant les blocs, est présente une microfaune pauvre, essentiellement pliocène *Globigerionoides triloba* Reuss

On peut remarquer que le Pliocène ainsi que le Miocène qu'il surmonte sont affectés tardivement par des failles de direction NE-SW ou ENE-WSW dans la région de Metlatine (Djellit, 1987).



Fig II.2. La limite du ravinement Miocène supérieur-Pliocène à Rekkada Metlatine (Texanna, Jijel).

II.3. Matériel et Méthodes

II.3.1. Méthodologie

a. Sur le terrain

Le choix s'est porté sur un affleurement qui représente au mieux les différents niveaux de la coupe. Un échantillonnage de trois sachets (a, b et c sur le log) de sédiments d'environ 500g chacun est effectué de la base au sommet de la série post-nappe. Cette quantité de sédiment est suffisante pour récolter des microfossiles après le traitement au laboratoire.

Les caractéristiques lithologiques et physiques des couches prélevées sont les suivantes

1/ Les Marnes : (a) de couleur bleues grisâtre avec des épaisseurs variant entre 7 m à 10 m, elles présentent des miches calcaires et plus ou moins argileuses. Les marnes sont moins compactes que les calcaires, et moins plastiques que les argiles. Elles sont à grains fins,

2/ Les marnes sableuses : (b) de couleur bleu à vert jaune, d'une épaisseur de (5 m de la route jusqu'à la deuxième couche).

2 /Les conglomérats : (c) roche sédimentaire détritique formée pour 50 % au moins de débris de roches de dimension supérieure à 2 mm ; de couleur jaunâtre et contiennent des éléments à différente taille, essentiellement des graviers.

b. Au laboratoire

- Préparation des échantillons

Plusieurs opérations d'ordre techniques sont réalisées.

Les échantillons sont préalablement séchés 24 h dans l'étuve à 105 C°, est plongée dans une bassine d'eau environ 24 h pour faciliter leur décomposition et leur désagrégation.

- **Lavage et tamisage**

Les échantillons sont passés à travers une série de trois tamis emboîtés à mailles décroissant (2 mm ; 0,6 mm ; 0,25 mm). Cette opération s'effectue sous un filet d'eau en brassant doucement le sédiment du bout des doigts jusqu'à ce que le filtrat qui sorte soit limpide.

Le résidu des deux tamis (0,6 mm et 0,25 mm) est récupéré dans des coupelles pour être séché dans une étuve 24 h à 105 C°.

Pour éviter d'éventuelles contaminations de microorganismes d'un lavage à un autre, les tamis sont régulièrement brossés à l'eau après chaque utilisation et trempés dans une solution de bleu de méthylène, puis rincés de nouveau à l'eau. Ainsi les microorganismes restant accrochés dans les mailles des tamis sont colorés en bleu et par conséquent parfaitement repérables dans les résidus des lavages ultérieurs.

- **Tri**

Le résidu est répandu en faible quantité sur la cuvette dont le fond est noir et quadrillé. Le tri se fait à l'aide d'un pinceau très fin ou une aiguille permettant d'isoler la microfaune (partie organique) du reste (partie minérale). Les individus fossiles sont placés dans des cellules numérotées.

- **Détermination des microfossiles**

La détermination se fait en isolant, les foraminifères remaniés ainsi que ceux dont les tests sont brisés et / ou déformés, ils n'ont pas été pris en considération.

La microfaune est directement observée à différents grossissements puis comparée avec les espèces citées dans des ouvrages spécialisés tel qu'AGIP SPA (1982), Bolli & Sanders (1985) et Bizon (1972). A la fin de cette étape, les individus fossiles doivent être nommés.

- **Figuration et photographies MEB**

Des figurations à la main ainsi que des photos au Microscope à Balayage Electronique sont réalisés pour illustration et ajoutés sous forme de planches au présent document (pl.III et IV).

III.1. Etude systématique des microfossiles : les Foraminifères

III.1.1. Introduction

L'étude systématique consiste en la description, l'identification et la classification des éléments fossiles, floristiques ou faunistiques, dans la hiérarchie taxonomique linnéenne.

Nous avons tenté de déterminer pour chaque fossile un certain nombre de catégories taxonomiques qui peuvent aller de l'embranchement à la famille, voire au genre et à l'espèce ; cette détermination dépend de l'abondance ou la rareté de ce dernier, son état de conservation et la disponibilité de la bibliographie spécialisée tel qu'AGIP SPA et Belkebir (1986).

Notre étude a porté essentiellement sur les microfossiles, notamment les foraminifères et cela en raison de leur importance biostratigraphique et paléoécologique.

III.1.2. Aspect général et définition

Les foraminifères forment, de loin, le groupe le plus important des microfossiles, tant par leur diversité spécifique, que par leur richesse ainsi que par la quantité des travaux qu'ils ont suscités (Bignot, 1982).

Les foraminifères sont des microbiontes, unicellulaires à test chitineux, agglutiné, calcaire ou siliceux, de dimensions variables formés d'une ou plusieurs loges dont la forme, le nombre, le mode d'agencement et la position de la dernière loge muni de son ouverture forment les principaux critères de classification.

La classification adoptée dans cette étude est celle de Loeblich et Tappan (1964).

III.1.3 Etude Systématique

Dans le cadre de cette étude, les foraminifères ne font pas l'objet d'une étude détaillée (au sens strict), l'objectif étant de rapprocher les individus récoltés sur notre site, au meilleur des cas, à une forme (une espèce) connue dans la bibliographie et cela pour avoir une idée sur l'extension stratigraphique du taxon.

La présente étude systématique n'est que sommaire et les espèces présentées ci-dessous ne sont en fait que des formes affines (se rapprochant de...).

a. Foraminifère planctoniques

Les foraminifères planctoniques vivent dans la tranche d'eau superficielle ou elles présentent plusieurs caractères adaptatifs.

Elles sont caractérisées par leur abondance, la rapidité de leur évolution dans le temps et leur grande répartition géographique, ce qui leur confère un intérêt biostatigraphique indéniable. Ils sont considérés comme de bons marqueurs biochronologiques (**Bons Fossiles Stratigraphiques**)

Embranchement des Protozoaires

Classe des Granulo-Reticulosa, Simson, 1954

Ordre des Foraminiferida Eichwald, 1830

Sous ordre : Globigerinida Blow, 1979

Super famille : Globigerinacea Carpenter, Parker, Jones, 1862

Famille : Globigerinidae Carpenter, Parker, Jones, 1862

Sous famille : Globigerininae Carpenter, 1862

Genre : *Globigerina* d'Orbigny, 1826

***Globigerina bulloides* d'Orbigny**

(PL.I, fig. 1)

Forme très proche de *Globigerina apertura*, ouverture subquadrangulaire moins développée et une fréquence plus grande.

Niveau lithologique : marnes bleues et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Mio-Pliocène

***Globigerina faliata* Bolli**

(PL.I, fig. 3)

Globigerine à quatre loges globuleuses, à accroissement rapide ; les loges sont séparées par des sutures profondes ce qui leur confère un contour lobé. Le test est caractérisé par un ombilic étroit et une ouverture petite et basse.

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène

Genre : *Globigerinoides cushman* 1927

***Globigerinoides helycinus* d'Orbigny**

(PL.I, fig. 2)

Forme assez particulière qui ressemble à celle décrite sous le nom de *Globigerinoides ruber* mais elle en diffère par la présence d'une avant-dernière loge pourvue d'une ouverture. Les loges (dernière et avant dernière) sont symétriques.

Niveau lithologique : marnes sableuses

Extension stratigraphique : Pliocène

***Globigerinoides quadralobatus* d'Orbigny**

(PL.I, fig. 4)

Le test de ce taxon est caractérisé par un dernier tour formé par trois loges et demie, une ouverture sensiblement petite, un accroissement rapides et un dernier log de grande taille légèrement comprimée au sommet

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Pliocène

***Globigerinoides subquadratus* Bronnimann**

Forme à test subquadrangulaire constitué trois loges au dernier tour avec une dernière sensiblement égale à la moitié du test. Elle présente une ouverture primaire, grande et circulaire située à la base de dernière loge.

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène

***Globigerinoides trilobus* (Reuss)**

(PL.I, fig. 5)

Forme à trois loges au dernier tour, à test subrectangulaire et à accroissement rapides. Sa dernière loge fente, très petit.

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène-Pliocène.

Genre : *Turborotalia* Blow et Banner, 1962

***Turborotalia* *Quinquiloba* (Natland)**

(PL.I, fig. 11)

C'est une forme à cinq loges globuleuses au dernier tour. Elle se distingue par sa dernière loge qui tend à s'allonger vers l'ombilic pour recouvrir l'ouverture, bordée par une lèvre.

Genre : *Praeorbulina* Oliseon, 1964

***Praeorbulina* *glomerosa* (Blow)**

Cette espèce présente une loge enveloppante à la base de laquelle se trouvent deux loges de petites tailles, bien distinctes.

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène-Pliocène.

***Sphaeroidinolopsis* *seminulina* (Schwager)**

C'est un taxon à test trochospiralé bas constitué de quatre loges au dernier tour, de forme globuleuse à ovoïde. Son ouverture est bordée par une lèvre dentelée.

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène.

***Globorotalia* *margaritae* Bolli et Bermudez**

(PL.I, fig. 6)

Cette espèce se singularise par un profil courbe très caractéristique, une face ombilicale concave et une face spirale convexe. Certaines formes présentent une dernière loge carénée et de grande taille. Cette espèce définit la biozone du même nom.

Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Pliocène.

***Globorotalia* *mayeri* Cushman et Ellisor**

(PL.I, fig. 10)

Cette forme présente cinq à six loges au dernier tour et se distingue par son ouverture en encoche. Niveau lithologique : marnes bleu et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène.

***Globorotalia punctuculata* (Deshayes)**

C'est une espèce à test trochospiralé, plano-convexe et à quatre loges au dernier tour. Elle présente des loges de forme turbinée et une ouverture hémicirculaire.

Niveau lithologique : marnes bleues et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Miocène

***Globorotalia scitula* (Brady)**

(PL.I, fig. 9)

C'est une espèce à test biconvexe forme par cinq à six loges au dernier tour. Non caréné, le contour du test est anguleux.

Niveau lithologique : marnes bleues

Extension stratigraphique : Miocène-Pliocène

***Globigerinella obesa* (Bolli)**

(PL.I, fig. 7-8)

C'est une espèce à trochospire basse, à face spirale plane et à accroissement rapide.

Niveau lithologique : marnes bleues et marnes sableuses

Extension stratigraphique : Pliocène

b- Foraminifères benthiques

Les foraminifères benthiques sont des micro-organismes vivant sur le fond ; ils sont très sensibles aux variations bathymétriques et thermiques ainsi qu'à la composition chimique des eaux. De ce fait ; ils sont considérés comme de bons indicateurs de milieu (**Bon Fossiles de Faciès**).

Famille : Buliminides Janes, 1876

Genre: *Bulimina* d'Orbigny, 1880

***Bulimina costata* d'Orbigny**

(PL.II, fig. 2)

Ce spécimen est caractérisé par un test allongé enroulé en spirale et orné par d'épaisses côtes longitudinales. Chaque tour de la spire porte 3 loges globuleuses. Il est très commun dans les faciès marneux.

Niveau lithologique : marnes bleues.

Famille : Cassidulinidae d'Orbigny, 1839

Genre : *Cassidulina* d'Orbigny, 1826

***Cassidulina laevigata* d'Orbigny**

(PL.II, fig. 5)

Ce taxon se distingue par son test planispiralé lenticulaire et involuté.

Niveau lithologique : marnes sableuse.

Famille : Cibicididae Cushman, 1927

Genre : *Planulina* Bermudez, 1826

***Planulina ariminensis* d'Orbigny**

Cette espèce possède un test discoïdal enroulé en trochospire très basse. Les sutures sont larges et arquées. L'ouverture est intériomarginale.

Actuellement les formes appartenant à cette espèce vivent dans des milieux très profonds.

Niveau lithologique : marnes sableuses.

Famille : Discorbidae Ehrenerg, 1839

Genre : *Valvulinerie* Cushman, 1926

***Valvulineria bradyana* (Fornasini)**

(PL.II, fig. 1-4-7)

Ce spécimen montre un test trochospiralé bas avec une face spirale évoluée ; une face ombilicale involuté et un ombilic polygonal ouvert portant une lèvre aperturale

Niveau lithologique : marnes bleues

Famille : Nonionidae Schultze, 1854

Genre : *Florilus* de montfort, 1808

***Florilus boueanus* (d'Orbigny)**

(PL.II, fig. 3)

C'est un spécimen à test planispiralé .en vue latérale ; ce test symétrique voire légèrement assymétrique ; il est caractérisé par un accroissement rapide de la taille des loges, l'ouverture est en fente située à la base de la dernière loge.

Niveau lithologique : marnes sableuses

Genre : *Pullenia* Parker et Jones (in Carpenter, 1862)

***Pullenia bulloides* (d'Orbigny)**

Cette espèce présente un test planispiralé épais d'aspect subsphérique. L'ouverture est basale, en fente arquée et portée par la dernière loge.

Niveau lithologique : marnes sableuses

Famille: Rotalidae Shrenberg, 1839.

Genre: *Ammonia* Brunnich, 1772.

***Ammonia beccarii* (Linné)**

(PL.II, fig. 6)

C'est une forme à test trochospiralé biconvexe. Elle est caractérisée par sa face ombilicale comportant des granules. Sur la face spirale ; les loges sont de forme carrée, séparées par des sutures épaisses

Niveau lithologique : marnes bleues.

Ammonia tepida

Cette espèce diffère d'*A. beccarii* par la forme triangulaire de ces loges qui sont séparées par des sutures courbées et relativement épaisses.

Niveau lithologique : marnes bleues.

Famille : Uvigerinidae Cushman, 1913

Genre: *Uvigerina* d'Orbigny, 1826

***Uvigerina auberiana* d'Orbigny**

Ce taxon est caractérisé par un test allongé et une ornementation dense formée de petites épines. Il est fréquent surtout dans les marnes bleues associé à des spécules de spongiaires. Les travaux de Pujos-Lamy (1984) sur le golfe de Gascogne attribuent à cette espèce une répartition bathymétrique profonde.

Niveau lithologique : marnes sableuses.

Uvigerina Lucasi Meulenkamp

(PL.II, fig. 8)

C'est une espèce à test tri sérié dans le premier stade, devenant unisérié dans le stade adulte où les loges sont de forme cylindrique.

L'ouverture est terminale portée par un col. L'ensemble du test est orné par fines cotes longitudinales.

Niveau lithologique : marnes sableuses.

III.2. Résultats et discussions

III.2.1. Bilan fossilifère

Nous tenons à préciser que cette étude systématique n'est que « sommaire », elle concerne essentiellement et prioritairement les foraminifères planctoniques vu leur importance en stratigraphie.

Le tri du résidu des lavages des marnes bleues à miches calcaires et des marnes sableuses ainsi que le niveau conglomératique a fourni une association faunistique assez caractéristique du point de vue formes (d'espèces), diversité, qualité et taille. En effet :

- Cette association est composée pour une grande part d'un grand nombre de foraminifères planctoniques suivit par les foraminifères benthiques et quelques individus (rare) d'ostracodes.

- Les marnes bleues ont fourni un nombre d'individus (toutes espèces confondues) plus important que celui fournit par les marnes sableuses.

- A l'exception d'une ou deux formes, les mêmes espèces de foraminifères se retrouvent aussi bien dans l'un ou l'autre niveau de la coupe ; ce qui indique une certaine homogénéité faunistique (fossilifère) de la base au sommet de la coupe

- Le bilan est le suivant :

- Marnes bleues à miches calcaires :

- Foraminifères planctoniques : 07 genres englobant 14 espèces caractérisées par une taille réduite (réduite) et un nombre plus important que les foraminifères benthiques

- Foraminifères benthiques : 4 genres avec 5 espèces

- Ostracodes : 01 seule espèce lisse (indéterminée)
- Marnes sableuses :
 - Foraminifères planctoniques : 07 genres avec 13 espèces caractérisées par une taille relativement importante et un nombre plus important que les foraminifères benthiques
 - Foraminifères benthiques : 5 genres avec 5 espèces
 - Ostracodes : 00

Conglomérat :

- Foraminifères planctoniques : rares (très remaniées)
- Foraminifères benthiques : rares (très remaniées)
- - Ostracodes : 02 formes lisses (indéterminées)

III.2.2. Conséquences et propositions biostratigraphiques

Tableau.III.1. association des foraminifères des marnes bleues

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pliocène														
miocène														

Légende : espèces à affinités.....

1-Globigerina bulloides d'Orbigny

2-Globigerina faliata Bolli

3-Globigerinoides helycinus d'Orbigny

4-Globigerinoides quadralobatus d'Orbigny

5-Globigerinoides subquadratus Bronnimann

6-Globigerinoides trilobus (Reuss)

- 7-Turborotalia Quinquiloba (Natland)
- 8-Praeorbulina glomerosa (Blow)
- 9- Sphaeroidinolopsis seminulina (Schwager)
- 10-Globorotalia margaritae Bolli ET Bermudez
- 11-Globorotalia mayeri Cushman ET Ellisor
- 12-Globorotalia puncticulata (Deshayes)
- 13-Globorotalia scitula (Brady)
- 14-Globigerinella obesa

Tableau.III.2. association des foraminifères des marnes sableuses

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pliocène													
miocène													

Légende : espèces à affinité

- 1-Globigerina bulloides d'Orbigny
- 2-Globigerina faliata Bolli
- 3-Globigerinoides helycinus d'Orbigny
- 4-Globigerinoides subquadratus Bronnimann
- 5-Globigerinoides trilobus (Reuss)
- 6-Turborotalia Quinquiloba (Natland)
- 7-Praeorbulina glomerosa (Blow)
- 8- Sphaeroidinolopsis seminulina (Schwager)
- 9-Globorotalia margaritae Bolli et Bermudez
- 10-Globorotalia mayeri Cushman ET Ellisor

11-Globorotalia puncticulata (Deshayes)

12-Globorotalia scitula (Brady)

13-Globigerinella obesa (Bolli)

A partir de la répartition stratigraphique connue des espèces de foraminifères planctoniques, nous avons établis les deux tableaux (III.1 et III.2) en vue d'en dégager certaines conclusions :

Sans rentrer dans le détail des extensions stratigraphiques (au sens strict) de chaque taxon fossile, nous pouvons remarquer qu'aussi bien les formes du tableau 1 que les formes du tableau 2 délimitent deux intervalles stratigraphiques bien distincts :

- L'extension d'une partie des fossiles (foraminifères planctoniques) indiquerait un intervalle stratigraphique allant du Miocène moyen au Miocène supérieur

- L'extension d'une autre partie des fossiles (foraminifères planctoniques) indiquerait un intervalle stratigraphique allant du Pliocène inférieur au Pliocène moyen

Or en biostratigraphie, et dans notre cas, il est commun d'utiliser l'intervalle comprenant l'extension stratigraphique de l'ensemble des fossiles (appelée : zone d'occurrence).

III.2.3. Résultats Stratigraphiques et proposition d'âge

A partir de ce constat nous pouvons proposer un intervalle stratigraphique allant du **Miocène moyen** au **Pliocène inférieur** à la série géologique comportant les deux faciès à savoir, les Marnes bleues à miches calcaires et les Marnes sableuses

Pour le faciès conglomératique, à l'état actuel de notre étude, il nous est impossible de proposer un intervalle stratigraphique

III.2.4. Résultats Paléoécologiques et Bathymétriques sommaires

a. Les données fournies par les microfossiles

Les microfossiles récoltés dans les couches sédimentaires de la post-nappe de notre secteur d'étude montrent certaines caractéristiques qu'il faudra prendre en compte afin de pouvoir dégager les caractéristiques biotiques et abiotiques du milieu de vie et de sédimentation au niveau de ce bassin

- Les Marnes bleues à miches calcaires ont révélées 14 espèces caractérisées par une taille réduite (réduite), ce critère pourrait être un indicateur d'un milieu confiné, d'une pauvreté en oxygénation et des éléments nutritifs peu diversifiés

- Les Marnes sableuses ont révélées 13 espèces caractérisées par une taille relativement importante et un nombre plus important que les foraminifères benthiques ; cela indiquerait un milieu ouvert, bien oxygéné et riche en éléments nutritifs.

b. Conséquence

A partir de ce constat, nous pouvons suggérer que pendant cette période géologique (Miocène moyen-Pliocène inférieur) une certaine variation eustatique a caractérisée ce bassin passant d'un milieu peu profond à un milieu de profondeur plus importante et relativement ouvert.

Cette tendance est confirmée par la présence de deux taxons de foraminifères benthiques (*Planulina ariminensis* d'Orbigny et *Uvigerina auberiana* d'Orbigny) (Pujos-Lamy, 1984) reconnues dans le faciès des marnes sableuses comme étant des espèces d'eau profonde

Une étude assez détaillée prenant en compte l'ensemble de la faune pourrait, éventuellement, confirmer cette tendance

c. Etude du rapport foraminifères planctoniques sur les foraminifères benthiques

Bien que l'étude des foraminifères benthiques n'ait pas été réalisée au complet, l'observation suivante (tableau ci-dessous) est à préciser :

Selon le nombre des foraminifères Planctonique / le nombre des foraminifères Benthique dans les formations des Marnes bleues et les Marnes sableuses, nous remarquons que le rapport des foraminifères Planctonique/ foraminifères Benthique est le suivant :

Tableau.III.3. Fréquence des foraminifères planctoniques et benthiques dans les deux niveaux fossilifères.

	M _B	M _S
Planctonique	154	122
Benthique	30	16

La valeur du rapport :

5.13 : pour le faciès des Marnes bleues à miches calcaires (M_B),

7.62: pour le faciès des marnes sableuses (M_S).

III.2.5. Conclusion

En combinant ce rapport avec l'état de la taille des foraminifères planctoniques des marnes bleues à miches calcaires, nous pouvons confirmer la variation eustatique (bathymérie du bassin) passant d'un milieu confiné à un milieu oxygéné. Nous sommes en présence d'un milieu néritique de type silico-clastique (ditritique).

IV.1. Introduction

Identifier un matériau, c'est déterminer un ensemble de propriétés physiques, mécaniques ou chimiques qui permettent de le caractériser. Ces propriétés sont déterminées par des essais simples et rapides, appelés « essais d'identification » (Holtz, & Gibbs, 1991).

On distingue classiquement deux grandes catégories d'essais d'identification :

- les essais qui répondent de l'arrangement et de la répartition des phases (squelette solide, eau, air). Ces essais caractérisent l'état du matériau et ne peuvent être réalisés que sur des échantillons intacts.

- les essais qui traduisent les propriétés des particules du sol et l'intensité de leurs liaisons avec l'eau. Ces essais caractérisent la nature du matériau et sont réalisés sur des échantillons intacts ou remaniés (dont l'état a été perturbé lors du prélèvement ou du transport).

IV.2. Méthodologie d'étude

Dans le présent chapitre nous aborderons la détermination au laboratoire des caractéristiques physiques (analyse granulométrique, masse volumique des particules solides, plasticité et valeur du bleu de méthylène) des formations poste-nappes (marnes, sables et conglomérats) objet de notre étude. Cette détermination sera basée sur des essais de laboratoire effectués conformément aux modes opératoires (normes) en vigueur.

IV.2.1. Prélèvement des échantillons

Sept échantillons au total ont été prélevés (2 Kg chacun), deux au niveau des marnes (1 et 2), deux au niveau des sables (3et 6) et trois le long des formations conglomératiques ,un échantillon est des marnes sableuse localement conglomératique (4) ; et les deux sont en bas et au sommet de la couche pliocène (5et 7), voir le Log lithostratigraphique des dépôts Miocène Post-nappe de Rekkada Metlatine (Fig II.1)

Les échantillons ont été emballés dans des sachets en plastique hermétique permettant une sauvegarde totale des échantillons, et sur lesquels une batterie d'essais d'identification a été programmée.

IV.3. Essais de laboratoire

IV.3.1. Analyse granulométrique (NF P 18-560 et NF P 94-057)

Le matériau est un mélange de grains, de formes et de tailles différentes. L'analyse granulométrique a pour objet de déterminer la distribution en poids des particules suivant leurs dimensions, elle comprend deux étapes

a) Le tamisage (NF P 18-560) pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

b) La sédimentation (NF P 94-057) pour les grains de diamètre inférieur à 80µm

L'essai, utilise le fait que dans un milieu liquide au repos, la vitesse de décantation des grains fins à très fins est fonction de leur dimension. La loi de Stokes donne, dans le cas de grains sphériques de même masse volumique, la relation entre le diamètre des grains et leur vitesse de sédimentation. Par convention, cette loi est appliquée aux éléments d'un sol pour déterminer des diamètres équivalents de particules.

IV.3.1.1. Caractéristiques granulométriques

a) La courbe granulométrique

Une des premières étapes de la caractérisation d'un matériau consiste à évaluer sa composition à partir de sa courbe granulométrique ; il s'agit d'un graphique qui indique, pour une dimension donnée d'un grain (portée en abscisse), le pourcentage en poids des grains de dimension inférieure (tamisât, passant) ou supérieure (refus) à d.

La courbe est tracée en coordonnées semi-logarithmiques, de façon à donner une représentation plus précise des particules fines. On obtient les données nécessaires au tracé de cette courbe grâce à l'analyse granulométrique (**Sanglerat & Costet, 1983**).

On se basant sur les courbes granulométriques deux coefficients peuvent être définis, indispensable à l'interprétation de l'essai et à la classification des matériaux, à savoir :

IV.3.1.2. Coefficient de Hazen (ou coefficient d'uniformité) : $C_U = D_{60}/D_{10}$

Ce coefficient permet de savoir si la granulométrie est étalée ou serrée.

D'après la valeur du coefficient d'uniformité, on peut classer les matériaux granulaires en cinq catégories (**Robitaille & Tremblay, 1997**)

$C_U \leq 2$	granulométrie très serrée
$2 < C_U \leq 5$	granulométrie serrée
$5 < C_U \leq 20$	granulométrie semi-étalée
$20 < C_U \leq 200$	granulométrie étalée
$C_U > 200$	granulométrie très étalée.

IV.3.1.3. Coefficient de courbure : $C_C = (D_{30})^2 / (D_{60} * D_{10})$

Ce coefficient vient en complément de C_U dans la classification des sols **LCPC** (laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées) afin de déterminer si la granulométrie est bien graduée ou mal graduée (un matériau est mal gradué si une fraction de grains prédomine) (**Philipponnat & Bertrand, 2003**).

Pour : $1 < C_C < 3$: bien gradué (continuité bien répartie)

$C_C < 1$ et $C_C > 3$: mal gradué (continuité mal répartie)

Avec :

D_{10} , D_{30} et D_{60} étant respectivement les diamètres correspondant à 10%, 30% et 60% d'éléments de dimension inférieure.

IV.3.1.4. Présentation et interprétation des résultats

Les sept (07) échantillons prélevés ont fait l'objet d'analyses granulométriques par tamisage et par sédimentation en fonction de la nature du matériau. Les essais ont été effectués au niveau du laboratoire de matériau du département des sciences de la terre et de l'univers en collaboration avec le laboratoire de mécanique des sols, département de génie civil (Université Mohamed Seddik Ben Yahia, Jijel).

Les analyses granulométriques nous ont permis de tracer les courbes granulométriques des sept (07) échantillons et de tirer tous les paramètres indispensables à l'interprétation et à la

classification des sols. Le tableau ci-dessous (Tab.IV.1), présente les coefficients d'uniformité « C_U » et de courbure « C_C » tirés à partir des courbes granulométriques voir (Fig.IV.1, IV.2 et IV.3).

Tableau.IV.1. Résultats des essais granulométriques

Fraction en %	Marne		Sable		Conglomérat		
	EA1	EB1	EB2	EB3	EA2	EA3	EB4
Éléments < 80 μ m	46	100	1	11	< 1	13	< 1
Éléments > 20 mm	-	-	-	-	2	1	15
Graviers : 2 - 20 mm	2	0	21	0	64	51	59
Sable grossier : 0.2 - 2 mm	39	0	73	74	32	32	23
Sable fin: 0.02 - 0.2 mm	26	10	6	24	2	9	3
Limon : 0.002 - 0.02 mm	13	63	0	2	0	8	0
Argile : < 0.002 mm	20	27	0	0	0	0	0
Coefficient d'uniformité « C_U »	> 200	28.2	3.78	6.04	5.8	87.44	10.97
Coefficient de courbure « C_C »	12.59	2.073	1.26	1.67	1.1	4.12	1.06

D'après les valeurs des coefficients d'uniformités « C_U » et de courbures « C_C » des échantillons analysés, on peut conclure que :

- **Les sables**

Les échantillons sableux présentent une granulométrie serrée à semi-étalée, bien graduée (Fig .IV.1) avec une classification comme sables légèrement limoneux parfois graveleux. La fraction sableuse est présente avec plus de 79%.

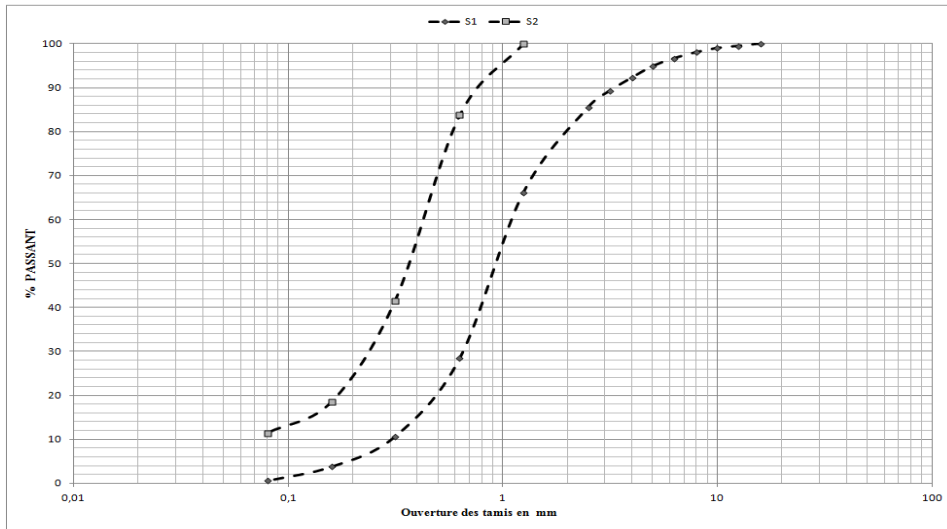


Fig.IV.1. Courbes granulométriques des niveaux sableux

- Les marnes

Les échantillons marneux présentent plus de 46% d'éléments < à 80µm (100% pour le cas de l'échantillon M1), indiquant qu'on est en présence de matériau fin (Fig.IV.2). Les courbes granulométriques sont étalées à très étalées et bien graduées à mal graduées. La fraction limoneuse prédomine avec 63% pour l'échantillon M1 par contre pour l'échantillon M2 la fraction sableuse est présente à plus de 65%. Sur la base de la proportion de chaque fraction granulométrique, les échantillons peuvent être classés comme des limons argileux légèrement sableux pour l'échantillon M1 et sable argilo-limoneux légèrement graveleux pour l'échantillon M2.

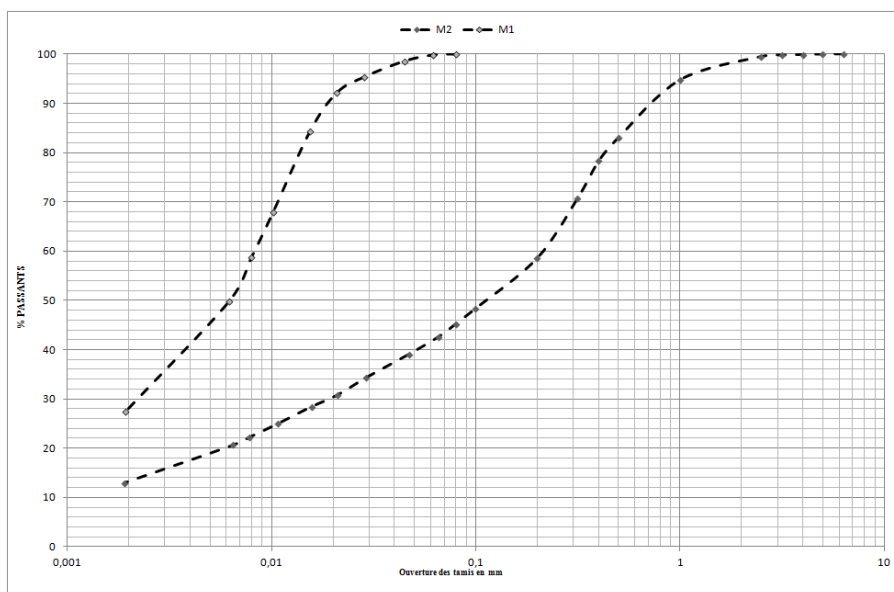


Fig IV.2. Courbes granulométriques des formations marneuses

- Les conglomérats

Les échantillons conglomératiques ont mis en évidence une fraction graveleuse comprise entre 51-64%, de sables entre 26-41% et une fraction caillouteuse compris entre 1-15% (Fig. IV.3), Dont on signale la présence d'une fraction limoneuse égale à 8% (échantillon C1). Ces valeurs indiquent qu'on est en présence de matériau gravelo-sableux caillouteux légèrement limoneux. Les courbes granulométriques son semi-étalées à étalées et bien graduées à mal graduées.

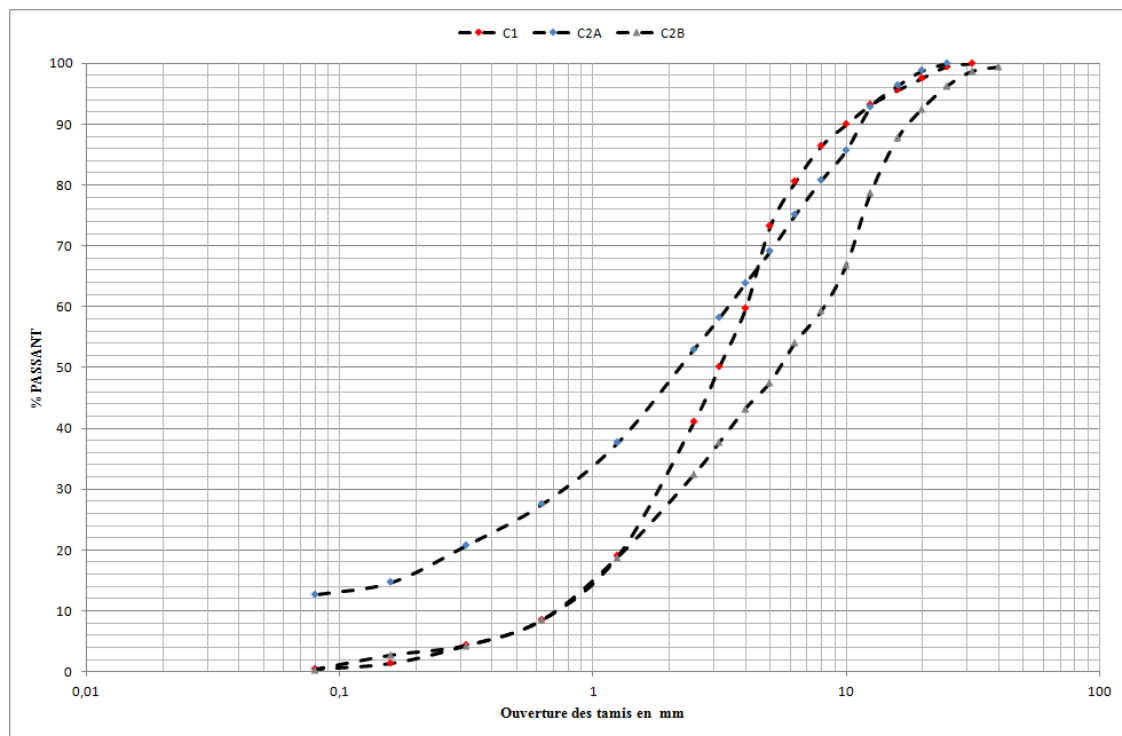


Fig IV.3. Courbes granulométriques des formations conglomératiques

IV.3.2. Masse volumique réelle des particules solides des sols

La masse volumique des particules solides du sol (ρ_s) est le quotient de la masse de ces particules solides (m_s) par leur volume (V_s), $\rho_s = m_s / V_s$

IV.3.2.1. Méthode du pycnomètre à eau (NF P94-054)

La masse des particules solides est obtenue par pesage. Le volume est mesuré au pycnomètre. L'échantillon de matériau est séché à l'étuve puis pesé. Le volume des particules est déduit par pesée à l'aide d'un pycnomètre en substituant de l'eau de masse volumique connue aux particules solides. La masse volumique des particules solides est déterminée à partir de la formule suivante :

$$\rho_s = \rho_w (m_2 - m_1) / (m_4 + m_2 - m_1 - m_3)$$

Avec : m_1 : masse du pycnomètre vide ;

m_2 : masse du pycnomètre contenant la prise d'essai ;

m_3 : masse du pycnomètre, du matériau et de l'eau ;

m_4 : masse du pycnomètre plein d'eau ;

P_w : masse volumique de l'eau conventionnellement prise égale à $1\,000\text{ kg/m}^3$;

La masse volumique des particules solides est la moyenne arithmétique de deux mesures effectuées sur deux prises d'essai provenant du même échantillon de matériau.

IV.3.2.2. Méthode de l'éprouvette graduée

Bien que cette méthode manque de précision, nous l'avons utilisé en raison de la disponibilité des équipements nécessaires. Elle consiste en trois étapes :

- Remplir une éprouvette graduée (250 ml) avec un volume V_1 d'eau.
- Peser un échantillon sec M de granulats et l'introduire en prenant soin d'éliminer toutes les boules d'air.
- Le liquide monte dans l'éprouvette, lire le nouveau volume V_2 , la masse volumique est alors :

$$\gamma_s = M / (V_2 - V_1)$$

Les masses volumiques s'expriment en t/m^3 , en kg/dm^3 ou en gr/cm^3 .

L'ensemble des résultats de mesure de la masse volumique des grains solides sont récapitulés dans le tableau. , ci-dessous

Tableau.IV.2. Tableau récapitulatif des résultats de mesure de la masse volumique des grains solides « γ_s »

	Marne		Sable		Conglomérats		
	M1	M2	S1	S2	C1	C2	C3
Masse volumiques réelles des grains solides en t/m^3	2.63	2.61	2.58	2.62	2.64	2.64	2.61
Moyenne	2.62		2.60		2.67		

D'après les résultats trouvés pour l'ensemble des échantillons (Tab.IV.2), On constate que la valeur de la masse volumique réelle des grains solides varie de 2.58 à 2.67 t/m³ avec une moyenne de 2.63 t/m³.

IV.3.3. Limites de plasticité NF P 94-051 (limite de liquidité à la coupelle & limite de plasticité au rouleau)

Cet essai a pour but de déterminer la consistance d'un sol fin, qui varie de façon continue selon la teneur en eau lorsque celle-ci augmente, le sol passe successivement de l'état solide à l'état plastique, puis à l'état liquide (Fig.IV.4). L'essai définit conventionnellement les limites entre ces états.

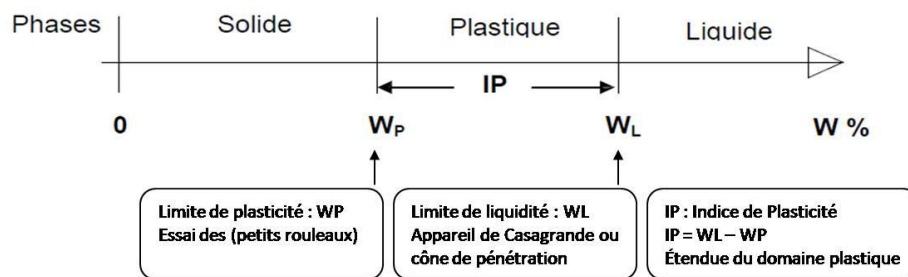


Fig.IV.4. Représentation des limites d'Atterberg (Head, 1992).

a) Limite de liquidité W_L

L'échantillon de sol est mis en place dans la coupelle et on trace un sillon avec l'outil de rainure voir (Fig.IV.5 et IV.6). La limite de liquidité est la teneur en eau du matériau qui correspond à une fermeture conventionnelle. Elle est donnée, en fonction du nombre de coups (N) pour obtenir cette fermeture par la formule :

$$W_L = W (N/25)^{0.121}$$

W : la teneur en eau de l'échantillon au moment de la fermeture de la lèvre.

N : nombre de coups correspondant à la fermeture de la lèvre.

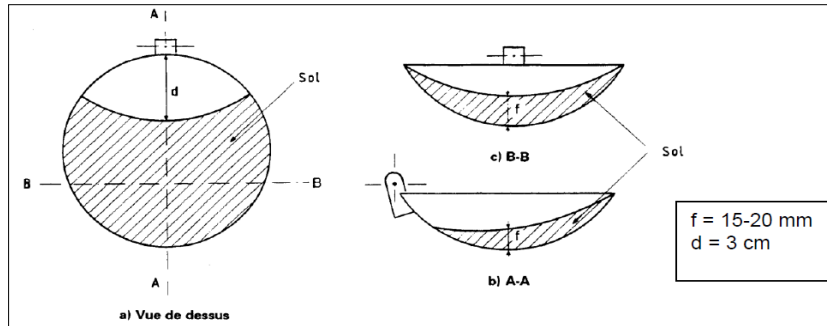


Fig.IV.5. Mise en place de l'échantillon dans la coupelle (Habib, 1997).

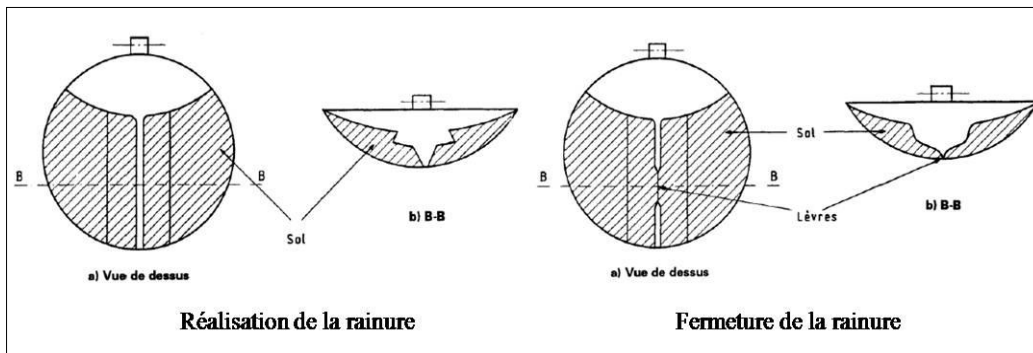


Fig.IV.6. Vue globale au niveau de la rainure (Habib, 1997).

b) Limite de plasticité W_p

A partir d'une boulette d'échantillon qu'on roule sur un marbre à la main, ou avec une plaque, on forme un rouleau aminci progressivement jusqu'à 3 mm de diamètre et sur une largeur de 10 à 15 cm (Voir. Fig.IV.7)

La limite de plasticité est atteinte lorsque le rouleau, soulevé par le milieu se fissure en parties de 1 à 2 cm qui se brise au moment, elle est exprimée en pourcentage. A partir des limites d'Atterberg (W_L , W_p), on définit des indices qui sont largement utilisés en pratique.

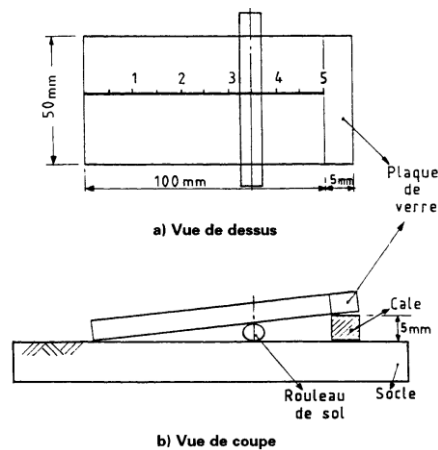


Fig.IV.7 Système d'évaluation du diamètre du rouleau de sol (NF P-94-051).

c) Indice de plasticité

Rappelons que : $IP = W_L - W_P$

Il reflète l'étendue de la zone pour laquelle le matériau est plastique. Un matériau, dont l'indice IP est grand, est très sensible aux conditions atmosphériques, car plus IP est grand plus le gonflement par humidification de la terre et son retrait par dessiccation seront importants.

On peut également connaître le type du matériau et leur état de plasticité à partir de la valeur de cet indice, comme présenté dans les tableaux ci-dessous : (Tab.IV.3 et IV.4)

Tableau.IV.3. État du matériau d'après l'indice de plasticité (Sanglerat & Costet, 1983).

Indice de plasticité (I_p)	
$0 < I_p < 5$	Sol non plastique (sol peu sensible à l'eau)
$5 < I_p < 10$	Faiblement plastique
$10 < I_p < 20$	Moyennement plastique
$20 < I_p < 40$	Plastique
$I_p > 40$	Très plastique

Tableau.IV.4. Classification des matériaux en fonction de l'indice de plasticité (Sanglerat, & Costet, 1983).

Indice de plasticité IP	Type du sol
$IP > 30$	argile
$20 < IP < 30$	Argile limoneuse
$10 < IP < 20$	Limon
$5 < IP < 20$	Sable argileux
$5 < IP < 15$	Sable limoneux

On tient a signalé que les essais de plasticité ont été effectués seulement sur les échantillons marneux, les résultats sont présentés dans le tableau .

Tableau.IV.5. Les résultats de l'essai de limite d'Atterberg sur les marnes.

Echantillons	M1	M2
Limite de liquidité WL	36.65%	44.20%
Limite de plasticité WP	20.89%	24.88%
Indice de plasticité IP	15.76%	19.32%

D'après les résultats trouvés, l'indice de plasticité varie entre 15% et 19% caractérisant un matériau moyennement plastique (Tab.IV.3) et indiquant qu'on est en présence d'une argile limoneuse (Tab.IV.4).

IV.3.4. Mesure de la capacité d'adsorption de Bleu de Méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux (essai à la tache, NF P94-068)

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (V_{BS}) mesure la capacité d'adsorption d'un sol ou d'un matériau rocheux, cette dernière est fonction de la surface spécifique des particules argileuses. A partir de cette définition, et des données classiques du tableau. , on peut déduire qu'un sol en solution aqueuse adsorbera d'autant plus de bleu que sa teneur en argile est élevée et que ses argiles sont actives.

L'essai au bleu de méthylène, constitue donc un des paramètres d'identification de la classification des matériaux essentiellement argileux.

Tableau.IV.6. Capacité d'échange de cations (CEC) et surface spécifique de quelques argiles (**Grim, 1962**)

Argiles	CEC (meq/100 g)	Surface spécifique totale (m ² /g)
Montmorillonite :		
Ca ⁺⁺	80	300
Na ⁺	150	800
Illite	10-40	40-60
Kaolinite	3-15	5-20
Éléments non argileux		1-3

IV.3.4.1 Principe de l'essai

Le principe consiste à contrôler l'adsorption du bleu de méthylène injecté dans un bain aqueux contenant la prise d'essai, en observant une goutte de suspension déposée sur une feuille de papier filtre.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache. L'adsorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tache.

On appelle valeur de bleu de méthylène du sol VBS, la quantité exprimée en gramme de bleu de méthylène adsorbée par 100 g de fines. Le VBS est un indicateur essentiel dans la classification des matériaux concernés par les travaux de terrassements.

Une subdivision des différentes catégories de sol est faite en fonction de la valeur du bleu de méthylène.

Tableau.IV.7. Classification des sols en fonction de la valeur du bleu de méthylène « VBS » (Philipponnat & Bertrand, 2003).

Valeur de bleu de méthylène (VB)	Catégorie de sol
VB < 0,1	Sol insensible à l'eau
0,2 < VB < 1,5	Sol sablo limoneux, sensible à l'eau
1,5 < VB < 2,5	Sol sablo argileux, peu plastiques
2,5 < VB < 6,0	Sol limoneux de plasticité moyenne
6,0 < VB < 8,0	Sol argileux
VB > 8,0	Sol très argileux

Trois échantillons ont faits l'objet d'essai du bleu de méthylène (02 échantillons de marne et 01 pour les sables), conformément à la norme française « NF P 94-068 », et les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau.IV.8. Résultats de l'essai au bleu de méthylène.

Echantillon	Marne		Sable
	M1	M2	S2
Valeur VBS Moyen (en %)	4.09 %	2.90 %	2.13 %

Selon la Classification des matériaux par rapport aux valeurs V_{BS} (Tab.IV.8), les échantillons marneux présentant un VBS qui varie entre 2.90-4.09 caractérisant des sols limoneux de plasticité moyenne, et l'échantillon de sable son VBS est de 2.13 caractérisant des sols sablo-argileux peu plastiques.

IV.3.4.2. Conclusion

La synthèse des résultats obtenue des essais d'identification au laboratoire sur les formations post-nappes (sables, marnes et conglomérats), nous a permis de conclure que :

- Du point de vue granulométrique, les niveaux sableux présentent une granulométrie serrée à semi-étalée, bien graduée avec plus de 79% de fraction sableuse. Les formations marneuses présentent plus de 46% d'éléments < à 80µm caractérisant des sols fins, avec des courbes granulométriques étalées à très étalée et bien graduée à mal graduée. Pour les formations conglomérats, elles ont mis en évidence une fraction graveleuse compris 51-64%, sables 26-41% et une fraction caillouteuse compris 1-15%, les courbes granulométriques son semi-étalées à étalées et bien graduées à mal graduées caractérisant des sols gravelo-sableux caillouteux légèrement limoneux.
- Les valeurs des masses volumiques réelles des grains solides varies de 2.58 à 2.67 t/m³ avec une moyenne de 2.63 t/m³.
- La valeur VBS des formations marneuses varie de 2.90-4.09 caractérisant des sols limoneux de plasticité moyenne, et l'échantillon de sable (éléments < 80 µm = 11%) son VBS est de 2.13 caractérisant des sols sablo-argileux peut plastique.
- Les formations marneuses présentent des indices de plasticité compris entre 15-19% caractérisant des sols moyennement plastiques et indiquant qu'on est en présence d'une argile limoneuse.

Conclusion Générale

Résultats obtenus

L'étude menée dans le cadre de notre Master, intitulé : « Ressource Minérale et Géomatériaux » nous a permis de proposer les résultats suivant :

Sur le plan stratigraphique

Un bilan fossilifère comprenant une quinzaine d'espèces de foraminifères planctoniques et quelques formes de foraminifères benthiques ainsi que 3 espèces d'ostracodes indéterminés.

De proposer, à l'état actuel des investigations, un intervalle stratigraphique : Miocène-moyen –Pliocène inférieur à la partie marnes bleues et marnes sableuses de la nappe post-nappe de Jijel

De la présence d'une certaine variation eustatique au niveau de ce bassin, (de type Néritique de plateforme carbonatée), pendant cette période géologique, passant d'un bassin confiné (peu profond) à un bassin bien oxygéné (milieu ouvert)

Sur le plan Géomatériaux

La synthèse des résultats obtenus des essais d'identification au laboratoire sur les formations post-nappes (sables, marnes et conglomérats), nous a permis de conclure que :

De points de vue granulométrique, les niveaux sableux présentent une granulométrie serrée à semi-étalée, bien graduée avec plus de 79% de fraction sableuse.

Les formations marneuses présentent plus de 46% d'éléments < à 80µm caractérisant des sols fins.

Pour les formations conglomérats, elles ont mis en évidence une fraction graveleuse caractérisant des sols gravelo-sableux caillouteux légèrement limoneux.

Intérêt et Utilisation industrielle

Compte tenu de la granulométrie, la plasticité et de l'étendu des formations marneuses étudiées, elles semblent à priori convenir comme matière première potentielle pour les produits de céramique structurelle (tuiles et briques de maçonnerie).

Pour les formations sableuses, ces dernières peuvent faire l'objet d'utilisation comme dégraissant dans l'industrie céramique (produits rouges). En tenir compte, éventuellement, d'une caractérisation plus poussée, indispensable, dans ce cas.

Recommandation et travaux de recherches à réaliser

Des études et recherches plus affinées en systématique et en biostratigraphique sont à conseiller afin de pouvoir affiner avec précision l'intervalle stratigraphique (l'âge) de cette formation géologique et cela en prenant en compte essentiellement les espèces marqueurs et en utilisant bien convenablement les biozones stratigraphiques des foraminifères planctoniques

D'autres études physico-mécaniques sont à réaliser afin d'avoir les caractéristiques des différents faciès étudiés dans le but d'une utilisation optimale en industrie.

D'autres essais de caractérisation sont indispensables à savoir la minéralogie, la géochimie et les essais technologiques.

Références bibliographiques

AGIP SPA (1982) - Foraminiferi padani (Terziaroe quaternario). Atlante iconograficoe distribuzione stratigrafia. Seconda *édit.*, Milano, 52 tav.

Belhadji, A., (1994) - Biostratigraphie et Paleoeologie de la serie Moi-Pliocène du vertant sud occidental du massif du Dahra (Sidi Bel Attar, ex. Pont du Chelif). Univer. D'Oran.

Belkebir, L. (1986) - le néogène de bordure Nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie). Biostratigraphie, paléontologie, paléogéographie. Thèse univ. Marseille.

Belkebir, L. Bessedik M. (1991) - Essai de synthèse biostratigraphique du Miocène post et synchro-nappes en Oranie(Tafna, Bas Chéelif). II^{ème} Séminaire Géologie pétrolifère Sonatrach.

Bellon, H., (1976) - Série magmatiques néogène et quaternaire du pourtour de la méditerranée.

Bignot, G. ;(1982) - les microfossiles : les différents groupe ; exploitation paléobiologie et géologique dunod

Bizon G. & Bizon J. (1972) - Atlas des principaux foraminifères planctoniques du bassin méditerranéen : Oligocène à Quaternaire. *Technip.*, Paris, pp. 1-142.

Bolli h. M. & Sanders J. B. (1985) - Oligocene to Holocene low latitude planktonic Foraminifera. Plankton stratigraphy, *in* Bolli H. M., Saunders J. B. & Perch-Nielsen K. (eds), *Plankton Stratigraphy* Cambridge University Press, Cambridge: 155-257.

Boufatouha, Y., (2000) - Pétrologie, Géochimie et Métallogénie des skarns de la Kabylie de Collo. (N.E. Algérien). Thèse de doctorat d'état, Univ. Constantine, 256P.

Bouillin, J.P., Raoult, J.F., (1970) - Présence sur le Socle Kabyle de Constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs, le numidien peut-il être un néo-autochtone. Bull. Soc. Géol. Fr, (7), XIII. Paris.

Bouillin J.P., (1977) - Géologie Alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia(Algérie).Thèse. Doct, Univ.Paris VI.

Bouillin, J.P., Durand Delga, M., Gelard, J.P., Leikine M., Raoult J.F., Raymond D., Tefiani M., Vila, J.M., 1970. Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien

au sein des flyschs kabyles allochtones de l'Algérie. C.R. Acad. Sci. Paris, t 270, pp 2249-2252.

Coiffait Philippe-Emmanuel (1992) - Un bassin post-nappe dans son cadre structural : l'exemple du bassin de Constantine (Algérie Nord-orientale). Thèse de doctorat d'état. Université de Nancy, France. 442 p

Costet J., Sanglerat G., 1981 - Cours pratiques de mécanique des sols. Tome 1 : Plasticité et calcul des tassements. Edition Dunod, Paris, 1-339p.

Djellit, H., (1987) - Evolution tectono-metamorphique du Socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petites Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doctorat, université de paris Sud, 206 p.

Djellit, H., (2014) - « livre guide des Excursions », Ecole de terrains sur la géologie des Maghrébides (1^{ERE} Ecole de Terrains sur la Géologie des Maghrébides), Université de Jijel.

Djellit, H. (2014) - 1^{ERE} Ecole de terrain sur la géologie des Maghribides (1^{ere} ETGM) « en hommage au professeur Michel Durand-Delga ». Recueil des résumés Université de Jijel & CRAAG.

Durand delga M., (1955) - Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat. Paris. 533P

Durand-Delga M., (1969) - Mise au point sur la structure Nord-Est de la Bérberie. Bulletin du Service de la Carte Géologique de l'Algérie.

Durand-delga (M) et Magné(J), 1952 – Note préliminaire sure le Néogène du bassin de Djijelli (Nord-constantinois, Algerie). C.R. somm.S.G.F., p224.

Ehrmann, F., (1928) - Sur l'extension du primaire fossilifère en bordure Ouest du massif de Collo-Philippe-ville. Association française. Avancement science, Constantine, Congrès de 1927.

Grim, R. E., (1962) - Applied Clay Mineralogy, McGraw-Hill, New York, 98-101.

Habib, P., (1997) - Génie géotechnique, Applications de la mécanique des sols et des roches, Ellipses, AUPEL/UREF, Paris, 222 p.

Head, K. H., (1992) - Manuel of Soil Laboratory Testing, Vol. 2, Second Edition, Pentech Press, London.

Holtz, W. G., Gibbs, H. J., (1991) - Introduction à la géotechnique. Traduit par Lafleur, J, édition de l'école de polytechnique de Montréal, Canada, 794p.

Mahdjoub, Y., (1991) - Cinématique des déformations et évolution p/T. Anté-Alpine et Alpine de la Petite Kabylie (Algérie Nord orientale). Un modèle d'évolution du domaine tellien interne, Thèse de sciences, Alger.196P 49

Perron A. (1883) - Essai d'une description géologique de l'Algérie. Ann. Sc. Géol. 202 p.

Penven, M.J., Zimmermann J.L., (1986) - Mise en évidence d'un âge Langhien pour le plutonisme calco-alcalin de la Kabylie de Collo (Algérie). C. R. Acad. Sci. Paris, 303, (II), 420 p.

Philipponnat, G., Bertrand, H., (2003) - Fondations et ouvrages en terre. Ed. Eyrolles. Paris, 548P.

Pomel A., (1892) - Sur la classification des terrains miocènes de l'Algérie et réponses aux critiques de M. Peron. *Bulletin de la Société géologique de France*, série 3, 20: 166-174.

Pyos-lamy(1984) - foraminifère benthique et pathmètrie le cénozoïque de golfe de gascogne paléogéographie paléoclimatologie paléoécologie

Raoult, J. F., (1974) - Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord Constantine, Algérie). Mém. Soc. Géol. France.

Robitaille, V., Tremblay, D., (1997) - Mécanique des sols-théorie et pratique, Edition Modulo, Canada, 652 P.

Semroud, B., (1970) - Etude pétrographique du granite de Filfila (Skikda). Thèse 3e cycle, Alger. Service de la Carte Géologique de l'Algérie., Publ. serv. Carte géol. Algérie, 533P.

Vila, J M., (1980) - La chaîne Alpine d'Algérie Orientale et des Confins algéro-tunisien. Thèse de Doctorat d'état. Paris, univ. P et M Curie.665P.

PLANCHE I : Foraminifères planctoniques (x 100)

- 1- Globigerina bulloides d'Orbigny
- 2- Globigerinoides helacinus d'Orbigny
- 3- Globigerina faliata Bolli
- 4- Globigerinoides quadralobatus d'Orbigny
- 5- Globigerinoides trilobus (Reuss)
- 6- Globorotalia margaritae Bolli et Bermudez
- 7, 8- Globigerinella obesa (Bolli)
- 9- Globorotalia scitula (Brady)
- 10- Globorotalia mayeri Cushman elliosor
- 11- Turborotalia Quinquiloba (Natland)

PLANCHE II. Foraminifères Benthiques (x 100)

- 1, 4, 7- Valvulineria bradyana (Fornasini).
- 2- Bulimina costata d'Orbigny.
- 3 - Florilus boueanus (d'Orbigny).
- 5- Cassidulina laevigata d'Orbigny.
- 6- Ammonia beccarii (Linné).
- 8- Uvigerina Lucasi Meulenkamp.

PLANCHE I

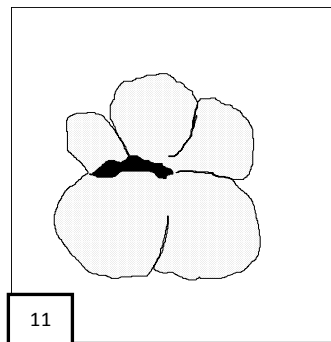
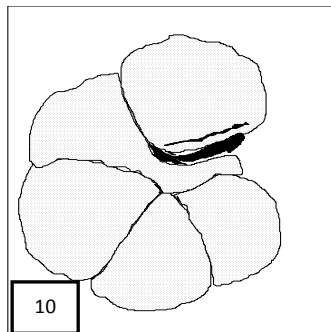
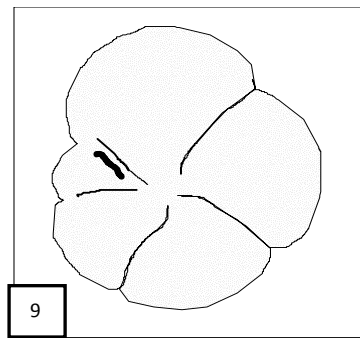
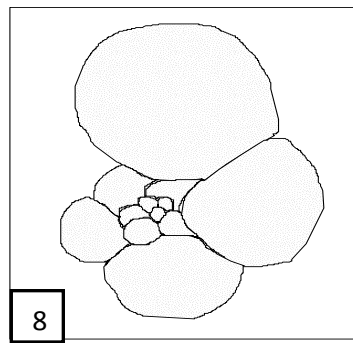
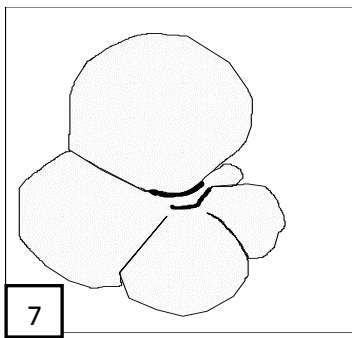
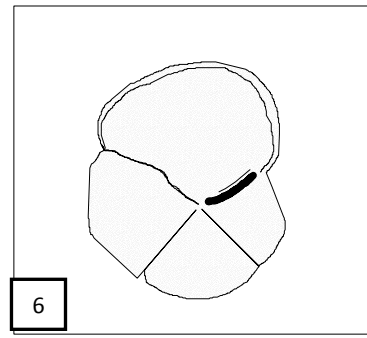
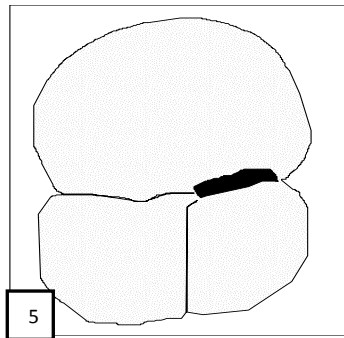
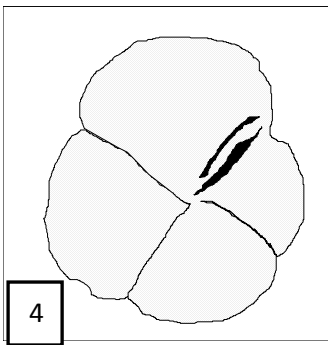
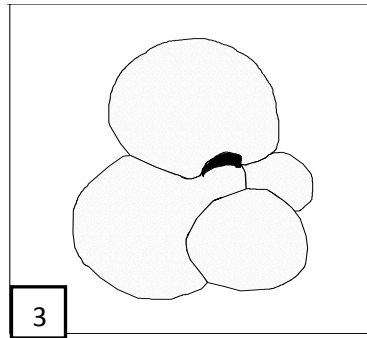
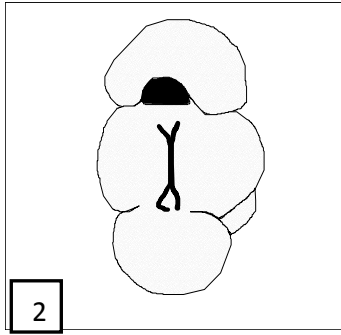
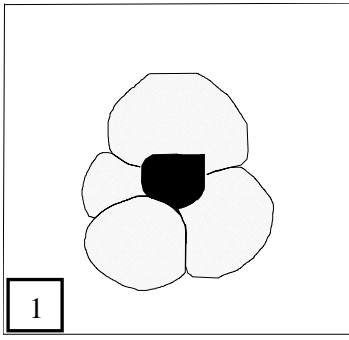


Planche II

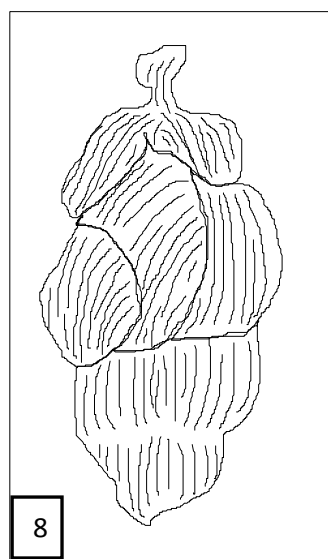
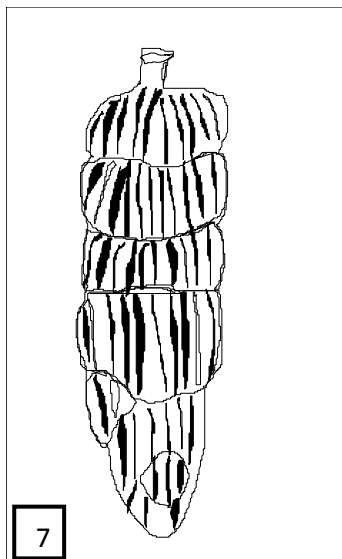
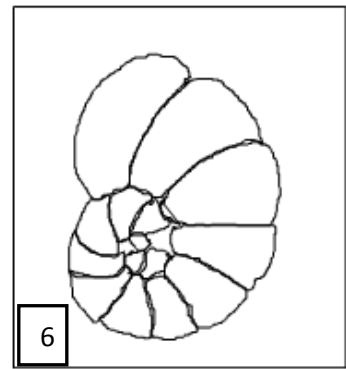
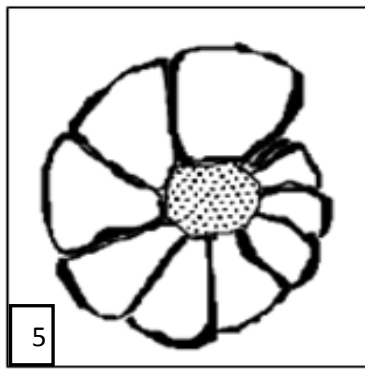
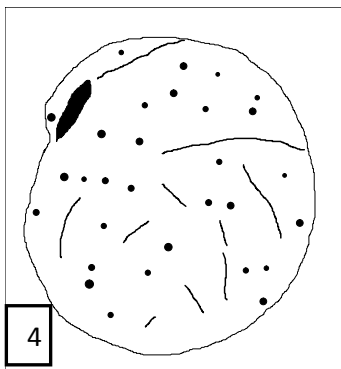
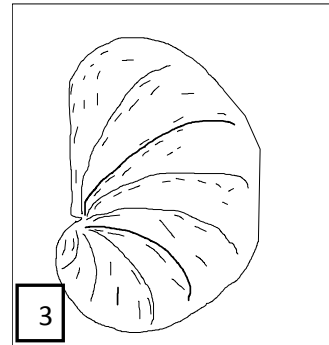
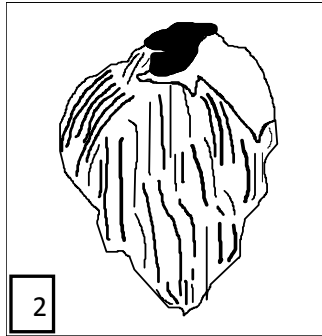
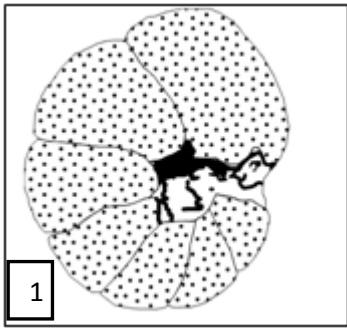


PLANCHE III

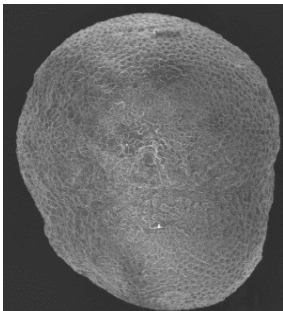
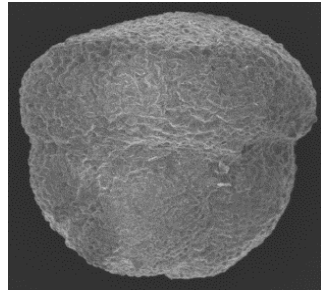
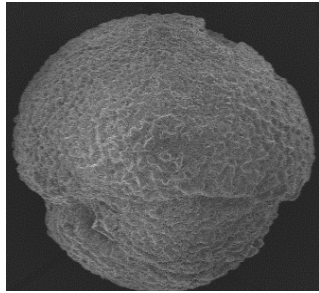
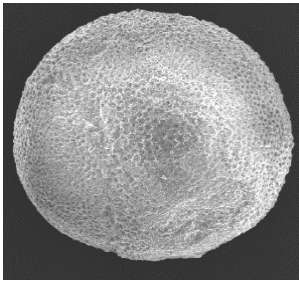
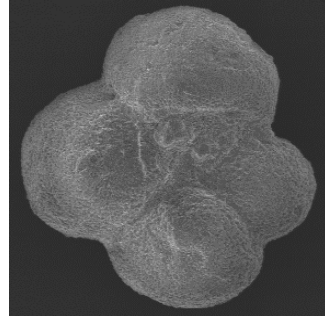
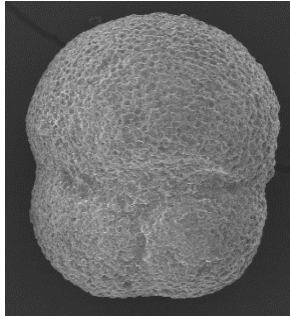
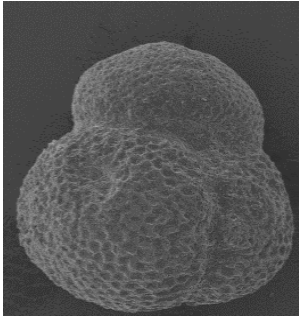
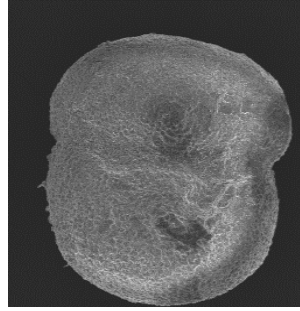
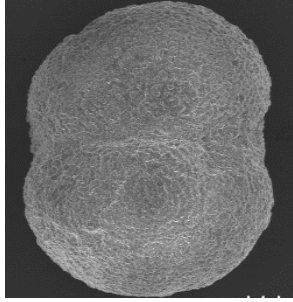
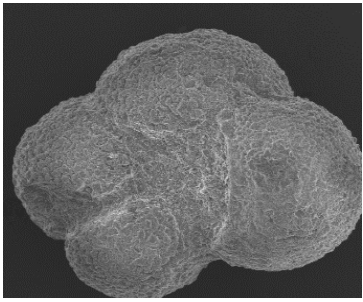
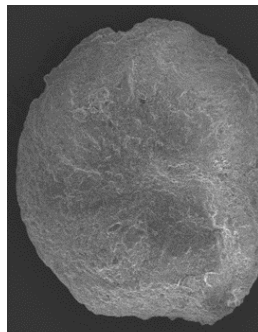
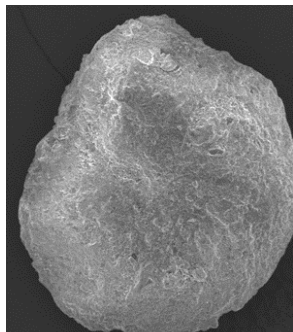
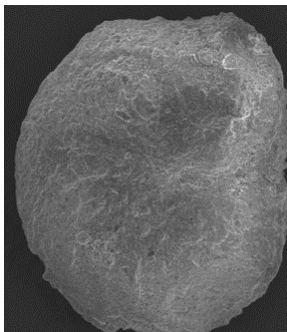
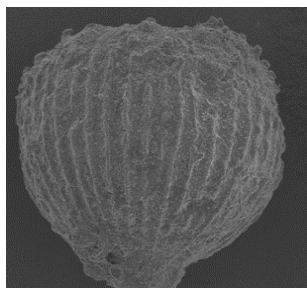
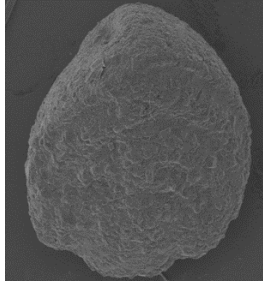
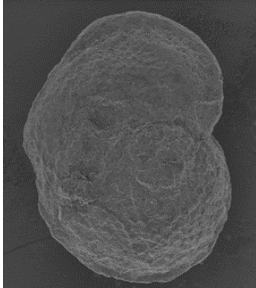
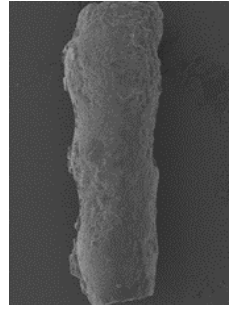
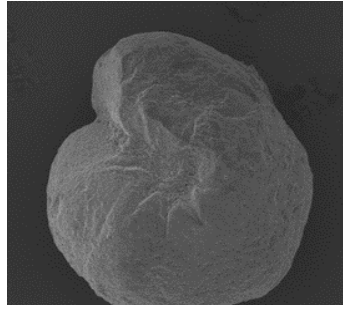
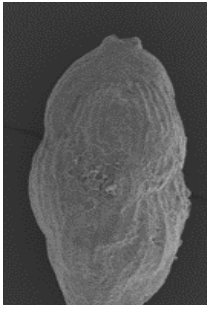


PLANCHE IV



ANNEXES

A. Analyse granulométrique

Tableaux des résultats de l'analyse granulométrique par tamisage NF P 18-560 :
Les Marnes

Tabl. 1 : Les marnes bleues à passé calcaire M1.

tamis	retenus cum	Ret cum %	Passant %
0.08	0	0	100

Tabl. 2 : Les marnes sableuse bleu à vert jaune M2.

tamis	retenus cum	Ret cum %	Passant %
6,3	0	0	100
5	0,3	0,039	99,96
4	1,1	0,14	99,85
3,15	1,8	0,234	99,76
2,5	4,1	0,53	99,46
1	42,2	5,49	94,51
0,5	130,7	17,02	82,97
0,4	153,1	19,94	79,05
0,315	217,8	28,36	71,63
0,2	347,6	45,27	59,72
0,1	396,6	51,65	48,34
0,08	405,2	52,77	47,22
0,066	-	-	45,31
0,047	-	-	43,02
0,029	-	-	39,45
0,021	-	-	35,75
0,0157	-	-	31,18
0,0107	-	-	24,91
0,0078	-	-	21,18
0,0065	-	-	18,61
0,0019	-	-	12,91

Le sable

Tabl. 3 : Le sable de miocène S1.

tamis	retenus cum	Ret cum %	Passant %
16	0	0	100
12,5	9,9	0,54	99,45
10	18,6	1,02	98,97
8	35,4	1,95	98,04
6,3	60,1	3,32	96,67
5	92,8	5,12	94,87
4	140,2	7,74	92,25
3,15	194,8	10,76	89,23
2,5	261,8	14,47	85,52
1,25	612,1	33,83	66,16
0,63	1295,4	71,61	28,39
0,315	1616,6	89,35	10,64
0,16	1740	96,17	3,82
0,08	1798,5	99,41	0,59

Tabl. 4 : Le sable de pliocène S2.

tamis	retenus cum	Ret cum %	Passant %
1,25	0	0	100
0,63	237,6	16,29	83,71
0,315	853,4	58,53	41,46
0,16	1187,6	81,46	18,53
0,08	1292,1	88,63	11,36

Les conglomérats

Tabl. 5 : Passé sableuse localement conglomératique C1.

tamis	retenus cum	Ret cum %	Passant %
31,5	0	0	100
25	47,5	2,41	97,59
20	47,5	2,41	97,59
16	98,4	4,99	95,01
12,5	134	6,81	93,19
10	198	10,05	89,94
8	266,2	13,52	86,48
6,3	383,2	19,46	80,53
5	527,8	26,81	73,18
4	793,2	40,29	59,71
3,15	983,8	49,98	50,12
2,5	1161	58,98	41,01
1,25	1594,5	81,01	18,99
0,63	1800,5	91,47	8,53
0,315	1883,1	95,66	4,33
0,16	1940,4	98,58	1,42
0,08	1959,6	99,55	0,45

Tabl. 6 : Les conglomérats de Pliocène C_{2A}.

Tamis	Retenus cum	Ret cum %	Passant %
25	0	0	100
20	19	1,19	98,81
16	57,6	3,64	96,37
12,5	112,9	7,13	92,87
10	226	14,27	85,73
8	302,7	19,12	80,88
6,3	393,1	24,82	75,18
5	489	30,88	69,12
4	571,9	36,12	63,88
3,15	662,5	41,84	58,16
2,5	743,9	46,98	53,02
1,25	987,3	62,34	37,65
0,63	1147,4	72,46	27,54
0,315	1255,2	79,26	20,73
0,16	1351,1	85,32	14,68
0,08	1383,1	87,34	12,65

Tabl. 7 : Les conglomérats de pliocène C_{2B}.

tamis	retenus cum	Ret cum %	Passant %
50	0	0	100
40	87,7	3,65	96,34
31,5	128	5,33	94,66
25	234,4	9,76	90,23
20	395	16,44	83,55
16	485,4	20,21	79,78
12,5	653,5	27,21	72,78
10	827,9	34,47	65,52
8	951,3	39,61	60,38
6,3	1100,7	45,83	54,16
5	1307,5	54,44	45,55
4	1435,4	59,77	40,22
3,15	1545,3	64,34	35,65
2,5	1672,5	69,64	30,35
1,25	1998,6	83,22	16,77
0,63	2198,3	91,54	8,45
0,315	2299,4	95,75	4,24
0,16	2337,3	97,33	2,66
0,08	2393,7	99,67	0,32

Analyse granulométrique par sédimentation**Tabl. 8 : Les Marnes bleues à passé calcaire.**

TEMPS DE LECTURE	LECTURE R	Température °C	Lecture corrigée R1	Diamètre équivalent en μ	% Des grains < D P
30"	1,012	18°	11,825	86	8,46
1'	1,0115	18°	11,325	62	95,81
2'	1,011	18°	10,825	45	91,58
5'	1,0105	18°	10,325	28,5	87,35
10'	1,01	18°	9,825	20,9	83,12
20'	1,0092	18°	9,025	15,5	76,36
40'	1,0082	18°	8,025	10,2	67,9
80'	1,007	18°	6,825	8	57,74
120'	1,006	18°	5,825	6,2	49,28
1440'	1,0035	18°	3,23	1,92	27,33

Tabl. 9 : Les marnes sableuse bleu à vert jaune.

TEMPS DE LECTURE	LECTURE R	Température °C	Lecture corrigée R1	Diamètre équivalent en μ	% Des grains < D P
30"	1,008	21°	8,26	89	5,71
1'	1,0075	21°	7,76	66	44,3
2'	1,0071	21°	7,36	47	42,02
5'	1,007	21°	7,26	29	41,45
10'	1,006	21°	6,26	21	35,75
20'	1,0052	21°	5,46	15,7	31,18
40'	1,0041	21°	4,36	10,75	24,9
80'	1,0038	21°	4,06	7,8	23,18
120'	1,003	21°	3,26	6,5	18,61
1440'	1,002	21°	2,26	1,9	12,9

Le sable**Tabl. 10 :** Sable de pliocène S2.

TEMPS DE LECTURE	LECTURE R	Température °C	Lecture corrigée R1	Diamètre équivalent en μ	% Des grains < D P
30"	1,0105	19°	10,405	90	1,093
1'	1,01	19°	9,905	64	10,83
2'	1,0095	19°	9,595	47	10,49
5'	1,009	19°	8,905	30	9,73
10'	1,0088	19°	8,705	21	9,52
20'	1,008	19°	7,905	15,5	8,64
40'	1,007	19°	6,905	10,5	7,54
80'	1,006	19°	5,905	8	6,45
120'	1,0053	19°	5,205	6,2	5,69
1440'	1,0025	19°	2,405	2	2,63

Tabl. 11 : Les conglomérats de pliocène

TEMPS DE LECTURE	LECTURE R	Température °C	Lecture corrigée R1	Diamètre équivalent en μ	% Des grains < D P
30"	1,0115	19°	11,405	88	1,11
1'	1,0113	19°	11,205	63	12,44
2'	1,011	19°	10,905	45	12,104
5'	1,01	19°	9,905	29	10,99
10'	1,009	19°	8,905	21	9,88
20'	1,008	19°	7,905	15,5	8,78
40'	1,0069	19°	6,805	10,5	7,55
80'	1,006	19°	5,905	7,9	6,56
120'	1,0051	19°	5,005	6,3	5,57
1440'	1,0029	19°	2,805	2,05	3,11

Tabl. 12 : le coefficient d'uniforme et le coefficient de courbure.

Echantillon	M1	M2	S1	S2	C1	C2	C3
C _u	-	-	4	90.43	5.71	125.00	10.66
C _c	-	-	1.16	31.25	1.28	11.25	1.04

B.1. La masse volumique**Tabl 13** : Les marnes.

Matériaux	Masse volumique absolue (gr/cm ³). Méthode de l'éprouvette graduée.	Masse volumique absolue (gr/cm ³). Méthode du pycnomètre.
Les marnes bleues à passé calcaire M1.	-	2.63
Les marnes sableuse bleu à vert jaune de miocène M2.	2.61	2.61

Tabl 14 : Le sable.

Matériaux	Masse volumique absolue (gr/cm ³). Méthode de l'éprouvette graduée.	Masse volumique absolue (gr/cm ³). Méthode du pycnomètre.
Le sable de Miocène	2.58	-
Le sable de pliocène	-	2.62

Tabl. 15 : Les conglomérats.

Matériaux	Masse volumique absolue (gr/cm ³). Méthode de l'éprouvette graduée.	Masse volumique absolue (gr/cm ³). Méthode du pycnomètre.
passés sableuses localement conglomératique	2.64	-
Conglomérats et aconglomérats C _{2A}	2.64	-
Conglomérats de pliocène C _{2B}	2.61	-

B.02. Le bleu de méthylène

Tabl. 16 : Essai de bleu de méthylène.

N° Essai	Masse sèche de la prise d'essai << m >> en cm ³	Volume de bleu introduite << V >> en cm ³	Masse de bleu introduite B=V*0.01	Valeur VBS VBS= (B/m ₀ *100)	VBS Moyen (en%)
Les Marnes bleu à passé calcaire	8.56	35	0.35	4.09	4.09%
Les Marnes sableuse bleu à vert jaun	8.62	25	0.25	2.90	2.90%
Le sable de Pliocène	9.38	20	0.20	2.13	2.13%

B.03. Les limite d'atterberg

Tableau 17 : Les Marnes sableuse bleu à vert jaune.

Wl Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande						
Essai N°	1		2		3	
Nbrs coups	16		28		35	
N° Tare	101	3	10	151	2	22
MTH +T	18,19	18,09	17,82	17,98	17,91	18,77
MTS + T	27,96	25,53	24,2	24,92	23,38	24,93
Poids Tare	24,82	23,14	22,27	22,81	21,76	23,1
PW	3,14	2,39	1,93	2,11	1,62	1,83
MS	6,63	5,05	4,45	4,83	3,85	4,33
W %	47,36%	47,33%	43,37%	43,69%	42,08%	42,26%
Moyenne	47,34%		43,53%		42,17%	
	Limite de liquidité WL=			44,20%		

Wl Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande			
Essai N°	1	2	3
N° Tare	122	124	153
Poids Tare	18,03	17,96	17,72
MTH +T	19,04	18,67	18,51
MTS + T	18,84	18,53	18,35
PW	0,2	0,14	0,16
MS	0,81	0,57	0,63
W %	24,69%	24,56%	25,40%
	Limite de Plasticité WP =		24,88%
	Indice de Plasticité IP =		19,32%

Tableau 18 : Les Marnes bleu à passé calcaire.

Wl Limite de liquidité à la coupeelle de Casagrande						
Essai N°	1		2		3	
Nbrs coups	15		26		35	
N° Tare	157	103	87	84	90	91
MTH +T	24,06	26	25,26	26,46	25,26	24,27
MTS + T	22,38	23,79	23,33	24,2	23,38	22,61
Poids Tare	17,95	17,92	18,08	18,04	18,13	18,01
PW	1,68	2,21	1,93	2,26	1,88	1,66
MS	4,43	5,87	5,25	6,16	5,25	4,6
W %	37,92%	37,65%	36,76%	36,69%	35,81%	36,09%
Moyenne	37,92%		36,73%		35,95%	
	Limite de liquidité WL			36,65%		
	=					

Wl Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande			
Essai N°	1	2	3
N° Tare	128	109	62
Poids Tare	17,99	18,02	18,04
MTH +T	19,03	19,29	18,97
MTS + T	18,85	19,07	18,81
PW	0,18	0,22	0,16
MS	0,86	1,05	0,77
W %	20,93%	20,95	20,78%
	Limite de Plasticité WP		20,89%
	=		
	Indice de Plasticité IP =		15,76%

Les courbes

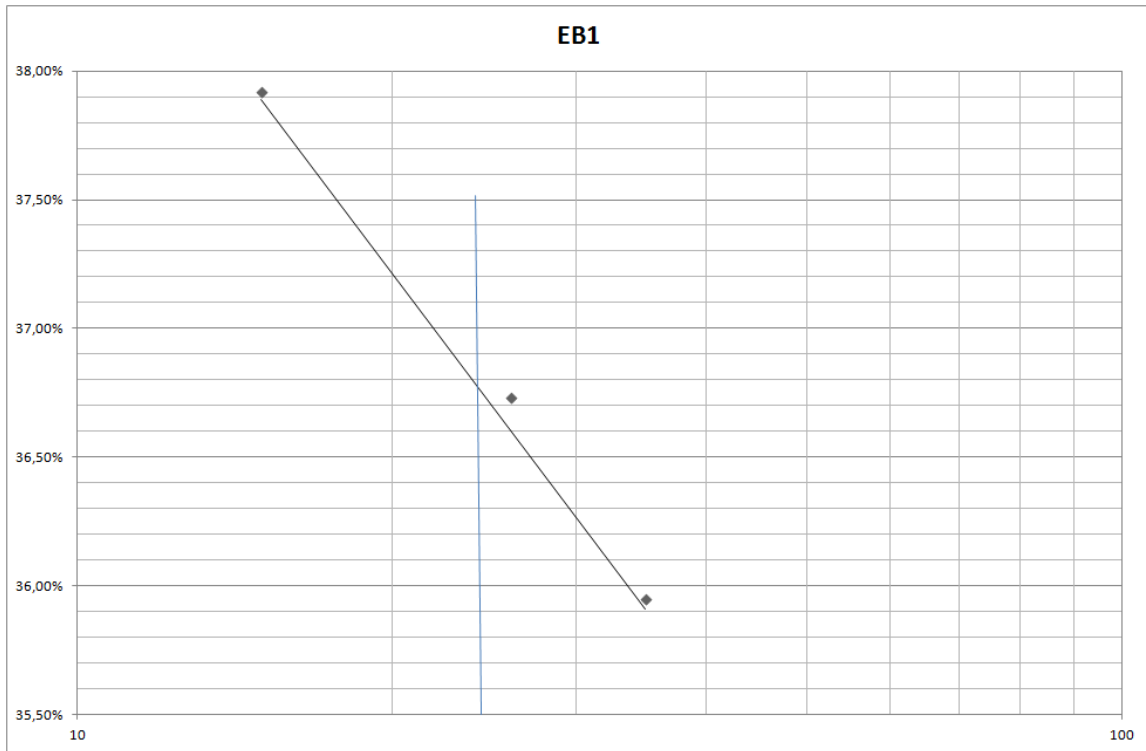


Fig B.3. Courbe 01 des marnes bleues à passé calcaire.

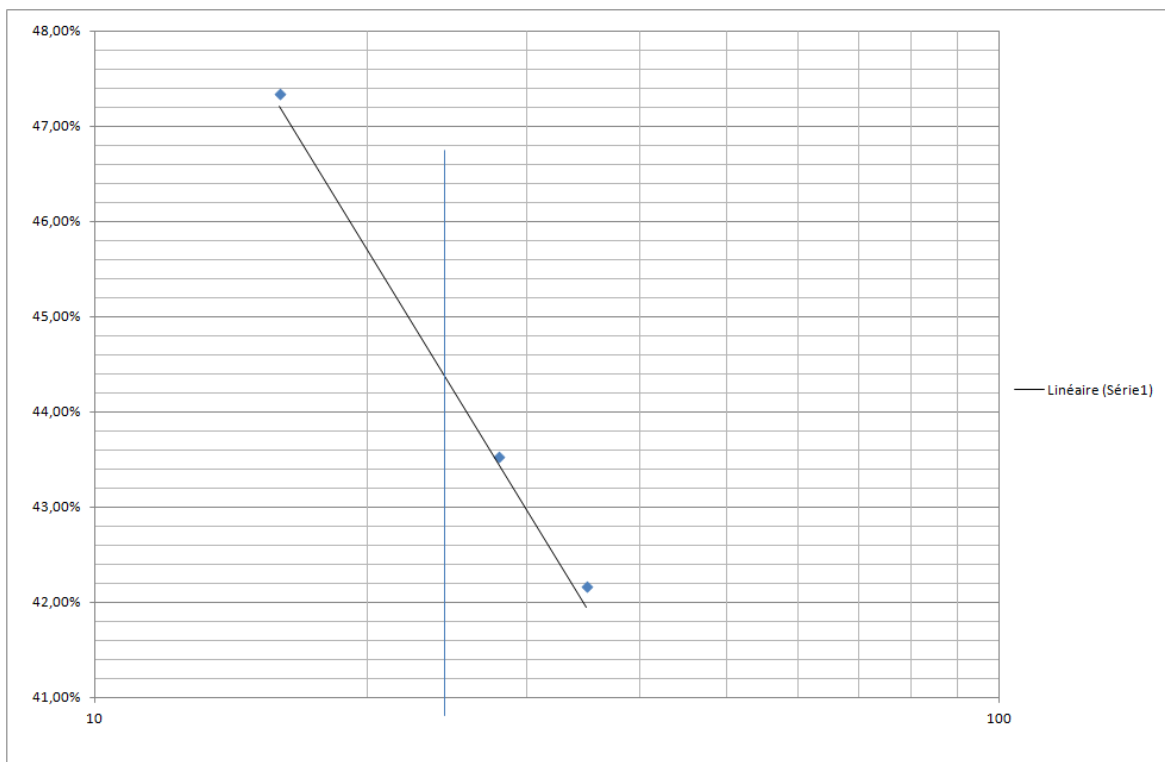


Fig B.3. Courbe 02 des marnes sableuses bleu à vert jaune.