

MINISTERE DES UNIVERSITES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

NEA

DEPARTEMENT : **Genie Minier**



PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE GEOLOGIQUE DE LA
MINERALISATION FERRIFERE DE
KOUDIAT - EL-MADENE (ARBA)

Propose par : Etudie par : Dirige par :
Mme. CHABOU S. Melle. CHACHOUA Y. Mme. CHABOU S.

PROMOTION : Septembre 1990

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Madame CHABOU S. qui a bien voulu diriger mon travail ; pour tous les efforts consentis à mon égard, en particulier durant la période de congé, pour l'ambiance amicale dans laquelle nous avons travaillé, pour tout ce que j'ai appris, merci !

Je tiens à remercier également les deux étudiants de l'Institut de Géologie de l'U S T H B, TALMAT S. et ARROUM K. qui m'ont aidée à effectuer mon étude de terrain.

La coopération de nombreuses personnes m'a été d'une aide considérable ; aussi, j'exprime, à l'égard de Monsieur AIT-YAHIA TENE, Chef de Département du Génie Minier, de Monsieur SALHI, Directeur de l'Unité de Recherches et Etudes Géologiques de BOUMERDES ainsi qu'à l'égard des responsables respectifs des laboratoires de minéralogie et de chimie, ma sincère reconnaissance.

Je n'oublierai, certes pas, de remercier le Chef de Parc ainsi que les chauffeurs de l'école Polytechnique qui ont facilité mes sorties sur le terrain.

Cette étude est illustrée par une bande magnétoscopique. Je dois l'enregistrement et le montage du film à l'assistance de Monsieur BENSALIM H., à sa sympathie et son amabilité. Merci !

Je remercie, enfin, tous ceux qui ont contribué à la mise en page de ce rapport.

A Vous !

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I - Les méthodes d'études

CHAPITRE II - Géologie de la région

CHAPITRE III - Description lithologique

CHAPITRE IV - Etude pétrographique

CHAPITRE VI - Etude minéralogique et chimique

CONCLUSION GENERALE.

La région de Koudiat El-Madène (Rivet) (fig. 1) est connue depuis plus d'un siècle pour ses minéralisations, notamment le fer (Glangeand L. 1935).

Notre travail a consisté en une approche géologique de la région à travers une étude de terrain et de laboratoire, ce, pour mieux comprendre le processus de la mise en place de la minéralisation ferrifère.

D'autant plus que celle-ci se situe à proximité d'une zone intéressante puisqu'un gisement de fer (Kouidiat El-Madène) y a été exploité dans le passé.

CHAPITRE I - LES METHODES D'ETUDE.

L'étude des faciès et de leur morphologie débute sur le terrain et consiste en l'observation des affleurements à l'échelle macroscopique.

Le microscope polarisant permet de déceler les détails microscopiques et la diffraction des rayons X, la nature des minéraux présents dans la roche considérée.

Allant donc du général au particulier, notre plan d'étude repose sur les étapes suivantes :

I - Observation des affleurements :

Sur le terrain, on procède à une étude de reconnaissance des différents niveaux géologiques, soit le repérage des affleurements et des grandes lignes morphologiques.

Pour observer et différencier les faciès, il importe de casser la roche, au marteau ou de préférence à la masse, afin d'observer non seulement l'aspect extérieur de la roche, c'est-à-dire, la p^âtine mais aussi l'aspect et la couleur sur une cassure fraîche. Une description en est faite et un échantillon peut être prélevé en vue de la confection de lames minces pour une étude microscopique et de la préparation de poudre fine pour une étude diffractométrique aux rayons X et (ou) d'analyse chimique, éventuellement : c'est l'opération "échantillonnage".

Parallèlement, on recherche les minéralisations à l'oeil nu et éventuellement à la loupe tout en observant les altérations et les produits d'oxydation.

Aussi, on décrira l'emplacement des roches altérées, cariées, teintées de rouge, brun ou noir par des oxydes de fer ou de manganèse.

On effectue, après une première reconnaissance des levés de coupes recoupant des ensembles géologiques différents.

La cartographie se fera en reportant, chaque type d'échantillon sur une carte topographique, tout en essayant de repérer les plans de contact entre les différents faciès qui seront désignés, chacun par une couleur.

Les principales lignes de suture (plan de faille, plan de stratification etc.....) seront relevés et leur pendage sera mesuré au fur et à mesure par une boussole.

II - Observation des Echantillons au Microscope Polarisant (Pétrographie).

L'étude pétrographique est constituée de deux étapes principales : la confection des lames minces et l'étude de ces lames.

- 1) Confection des lames minces : les roches doivent, au préalable, être taillées en lames très minces, à faces parallèles.

Sous l'épaisseur de ces lames, soit deux à trois centièmes de millimètres, presque tous les minéraux sont transparents et alors susceptibles d'une détermination facile, seuls restent opaques quelques oxydes et sulfures.

Dans la pratique, toutes les fois qu'une lame mince contiendra des sections de quartz, on s'assurera que l'on a atteint le niveau convenable par l'obtention des teintes de polarisation du premier ordre (gris) pour le quartz.

- 2) Etude des lames minces au microscope polarisant.

L'observation des échantillons au microscope polarisant peut s'effectuer en trois étapes principales, chacune d'elles précisant les informations fournies par les précédentes.

Il s'agit des opérations suivantes :

- 2.1) Observation en lumière "Naturelle" :

La lame mince est observée en lumière "naturelle" lorsque le nicol analyseur n'est pas interposé sur le trajet des rayons lumineux.

Les sections minérales sont alors presque toutes transparentes, à contours de netteté variable, incolores ou colorées ; elles montrent, en outre, des clivages, craquelures, inclusions, tâches diverses et autres.

Les propriétés observées en lumière "naturelle" sont, par conséquent, la réfringence, le pléochroïsme du minéral et autres (degré de transparence, limpidité, inclusions...).

../..

2.2) Observation en lumière polarisée analysée.

Ce type d'examen permet de savoir si la section examinée est isotrope ou non et de déterminer la valeur des angles d'extinction des sections cristallines ou la biréfringence des minéraux.

2.3) Observation entre nicols croisés et en lumière convergente (analyseur et condenseur mis en place).

Ce type d'observation vient compléter les précédentes et ce, par la détermination d'une des principales propriétés des minéraux : l'uniaxie et la biaxie.

III - Détermination des Minéraux par Diffractométrie.

L'échantillon est toujours une poudre placée, en une couche mince, sur une plaque (P). Celle-ci tourne d'un mouvement uniforme autour d'une axe O, parallèle à la source. A la périphérie d'un plateau circulaire, un compteur GEIGER-MULLER (G.M) ou un compteur à scintillations, tourne également autour d'un même axe, mais à une vitesse deux fois plus grande.

De cette façon, si l'angle θ est l'angle d'incidence des rayons X sur la plaque, 2θ est l'angle mesuré par le déplacement du compteur.

Le comptage des coups est proportionnel à l'intensité des rayons diffractés.

Les angles θ et les intensités $I(nkl)$ peuvent être lus en même temps qu'ils s'inscrivent. Chaque minéral cristallin donne un spectre spécifique, appelé diffractogramme, plus précisément chaque minéral est caractérisé par la position de ses raies de diffraction par rapport à l'angle θ .

Il existe tout un fichier établi par des cristallographes permettant de retrouver les minéraux ainsi individualisés.

Cette méthode ne peut, cependant, atteindre la précision des analyses chimiques et elle reste semi-quantitative.

CHAPITRE II - GEOLOGIE GENERALE DE LA REGION.

L'Unité qui intéresse notre étude, Koudiat El-Madène, est un élément figurant sur la carte géologique au 50.000^e de l'Arba (Wilaya d'Alger) (Clangeand L. Aymé A. 1935) (fig. 1).

La limite nord de la feuille au 1/50.000 de l'Arba passe à sept (7) kilomètres au Sud d'Alger. Le territoire compris sur cette carte intéresse quatre régions naturelles correspondant à quatre unités géologiques nettement délimitées.

Au nord, se termine la longue "croupe" anticlinale du Sahel. Au centre, la plaine de la Mitidja (ou synclinal mitidjien) traverse la feuille en diagonale orientée Sud-Ouest - Nord-Est.

A l'Est, le massif primaire de Kabylie et sa ^{Dorsale (Chaîne calcaire)} chaîne calcaire qui atteignent 2300 Mètres dans le Djurdjura, se situent à 500 mètres à la limite Est de la feuille.

Leur plongement axial continuant, ils s'ennoient sous la couverture d'âge eocène supérieur et néogène du massif de l'Arba.

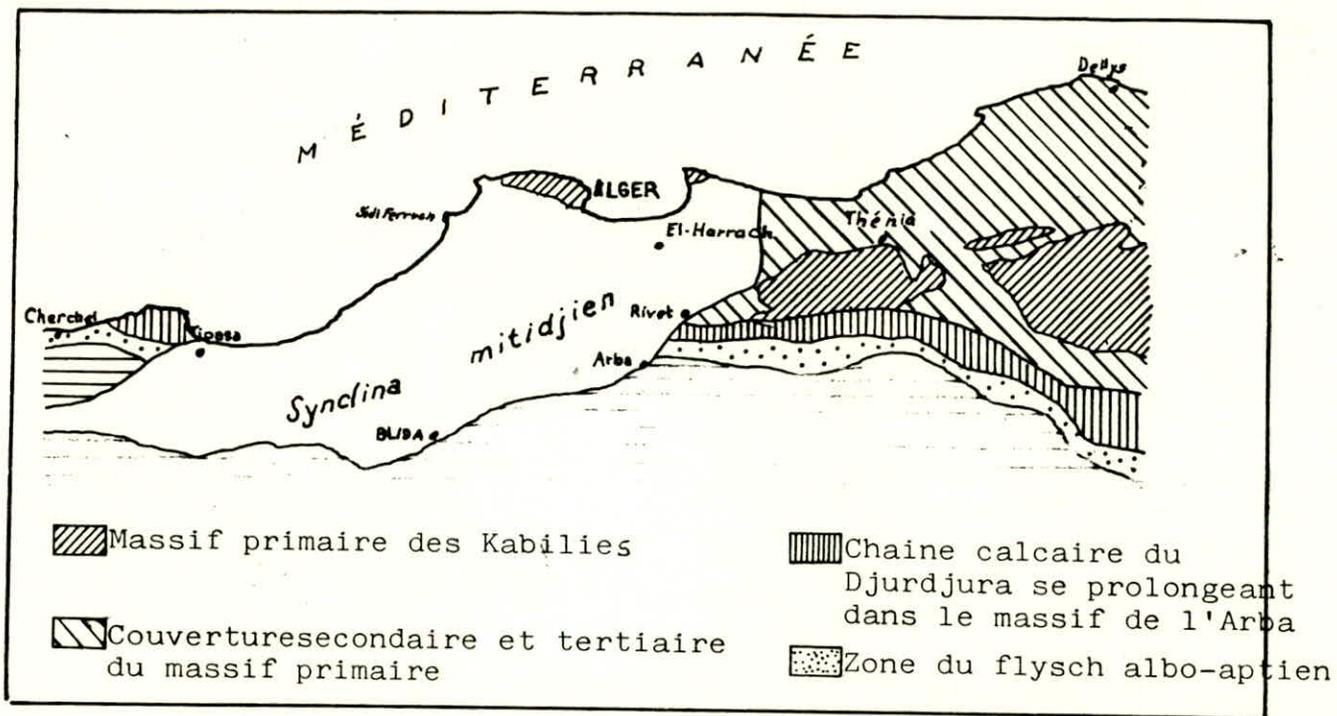
? | Enfin, au Sud, les premiers contreforts de l'Atlas tellien montrent leurs flancs abrupts (géosynclinal tellien).

Un bref historique géologique montre deux phases orogéniques délimitant après le primaire, quatre séries sédimentaires.

Les terrains primaires ont été probablement plissés avant le Permien.

Ils sont recouverts par le Permien et les formations secondaires et lutétiennes qui ont été violemment disloquées à la fin du Lutétien.

../..



LOCALISATION DE LA REGION D'ETUDE ET PRESENTATION DES DIFFERENTES UNITES GEOLOGIQUES DE LA FEUILLE DE L'ARBA

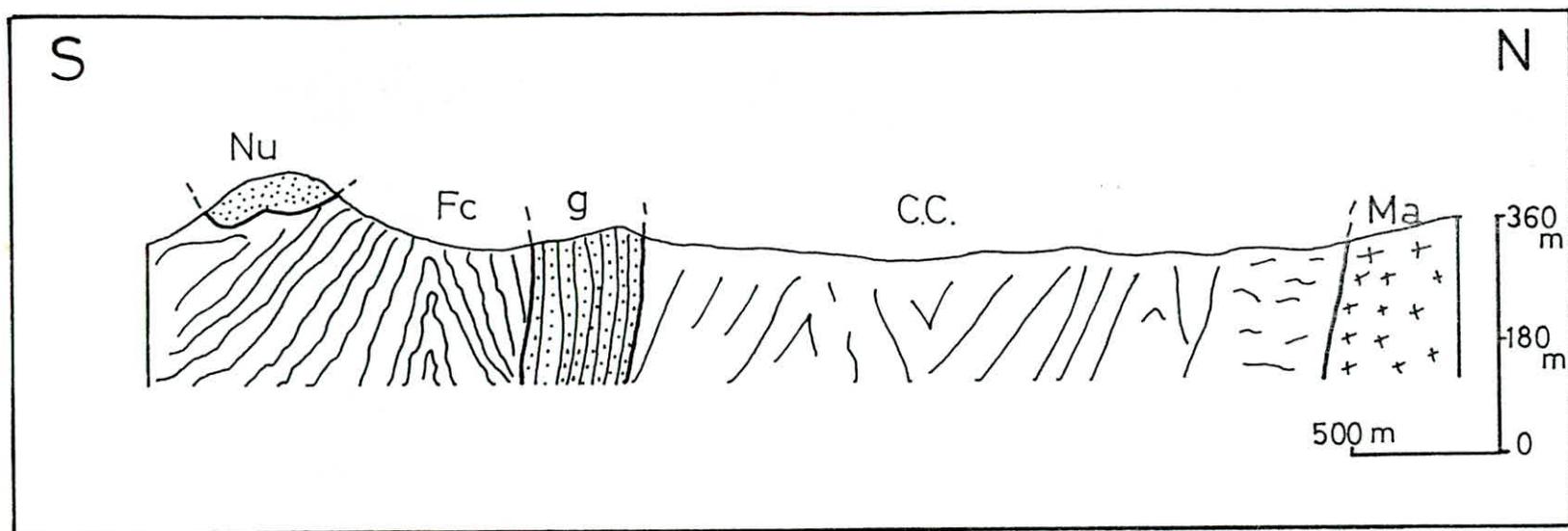


Fig.1- Coupe à travers les flyschs au sud du massif ancien. (d'après Tefiani.M 1967)

- Ma : Massif ancien.
- CC : Chaine calcaire.
- g : Flysch schisto - gréseux .
- Fc : Flysch schisto - quartziteux .
- Nu : Numidien.

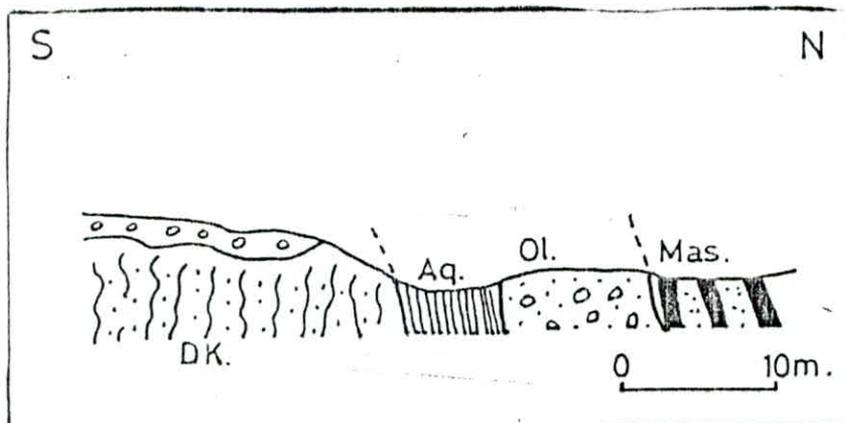


Fig. 3 a - Olistostromes situés à la base des flyschs et reposant sur les pseudophtanites de l'Aquitarien. (D'après Téfiani M. 1973)

Nu : Numidien.
 Mas : Massylien
 Ol : Olistostrome
 Aq : Aquitarien
 DK : Dorsale Kabyle

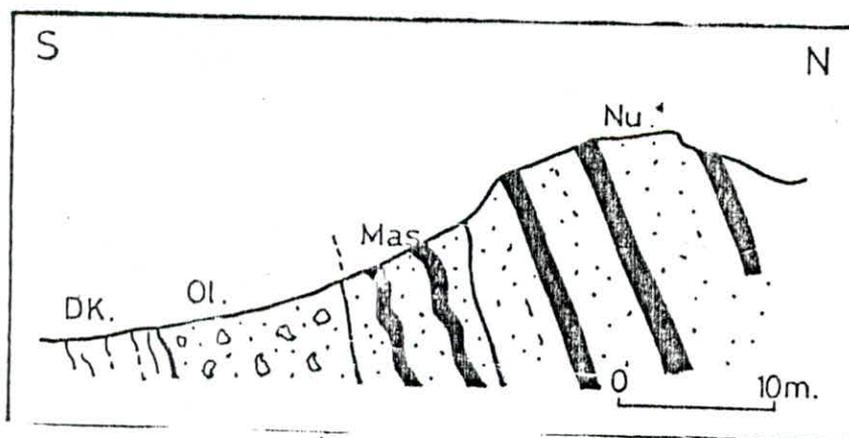


Fig 3b - Olistostromes situés à la base des flyschs et reposant sur la dorsale Kabyle. (D'après Téfiani. M. 1973)

Après ce plissement, ils ont été érodés et recouverts en transgression et discordance, successivement, par les flyschs d'âge éocène supérieur, par les dépôts marins du Miocène et du Pliocène et aussi, par les dépôts saumâtres et continentaux du Pliocène supérieur. Puis toute la série a été plissée après l'Aptien.

Le Villafranchien (Pliocène supérieur) et le Quaternaire ont remblayé les dépressions synclinales produites par cette dernière phase orogénique.

Le Quaternaire forme en outre, des terrasses le long des vallées.

I. Présentation de la Série Stratigraphique de l'Unité de K^{at} El-Madène.
D'après M. TÉFIANI (1973).

La dorsale Kabyle prend une orientation nettement Est-Ouest avant d'être "tranchée" aux environs de l'Arba par le bassin subsident plio-quaternaire de la Mitidja (Téfiani M. 1973) l'étude de sa bordure septentrionale permet de relever à peu près la succession suivante :

La couverture allochtone de flyschs chevauche un Aquitanien transgressif sur le complexe "Dorsale Kabyle et socle ancien". L'examen de la frange nord de ce dernier ensemble a permis de mettre en évidence des caractères communs à toute une série de lambeaux secondaires et tertiaires et de les ranger en une unité bordière cohérente.

La chaîne calcaire[?] est enveloppée par une série marno-pelitique flyschôide de l'Eocène supérieur, à laquelle font suite des grès micacés oligocènes.

Plus au nord, sur le massif ancien, repose directement un Aquitanien transgressif, essentiellement constitué de grès micacés qui admettent des assises particulières : les "Pseudo-Phtanites".

A l'Ouest de l'Qued Isser, l'Aquitanien de la zone Kabyle s'enfonce, vers le Nord, sous des flyschs Crétacés allochtones : ceux-ci, qui ont, en général, les faciès "massyliens", comportent, en particulier, le classique flysch schisto-gréseux "albo-aptien".

Au Sud de la dorsale, se placent d'autres flyschs, parmi lesquels les plus proches possèdent les faciès "Maurétaniens" avec principalement le flysch crétacé inférieur "de Guerrouch".

A la base de ces unités, (Tefiani M. 1967), des olistostromes sont visibles sur les coupes fraîches offertes par les routes ou pistes recoupant transversalement, les structures.

Quant à la mise en place de l'ensemble de cette série, Bouillin J.P, Durant M. et Al (1969) proposent la succession des phénomènes suivants :

" L'oligo-miocène Kabyle se dépose dans un bassin septentrional et ~~en~~ oie une topographie ancienne.

. Sur la surface sous-marine ainsi obtenue, s'avancent par glissements gravitationnels, des nappes (flyschs et parfois séries telliennes) qui en se dilacérant plus ou moins, fournissent des olistolites et peuvent finalement surmonter l'olistostrome déjà formé.

. Les dépôts qui suivront sont appelés " post-nappes" par rapport à cette nappe.

Tous ceci appel à des remarques : le toit de l'Oligo-Miocène ne correspondait certainement pas à une surface parfaitement plane, si bien que la progression des nappes et l'importance de l'olistostrome ont varié plus ou moins d'une zone à une autre ; par ailleurs, l'Oligo-Miocène pouvait continuer à se sédimenter localement alors qu'ailleurs, les nappes progressaient ; l'on a une preuve de ceci car, sur plusieurs coupes, on voit, au sein de l'olistostrome, ou même au dessus, des récurrences de grés micacés.

Ainsi :

1) D'une coupe à une autre, les détails peuvent varier ;

../..

- 2) Les changements de faciès ne doivent pas être considérés comme parfaitement isochrones ;
- 3) Les résultats géométriques et stratigraphiques obtenus sur une coupe déterminée ne peuvent, sans nuance, être généralisés à l'ensemble du système. "

II. Description détaillée des principaux faciès.

1) La Dorsale interne et le socle Kabyle.

A Koudiat-El-Madène, il est permis de voir l'essentiel des termes de cette série sur une surface de l'ordre du kilomètre carré.

Téfiiani M. (1973), a pu reconstituer au Nord du petit massif de la mine la coupe suivante, dont nous reprenons les descriptions :

a/ Sur le socle de schistes satinés, reposent les conglomérats rouges à dragées de quartz et grés grossiers parfois intercalés de passées argileuses ce sont les faciès familiers, mais mal datés du Permo-trias.

b/ Le Lias est représenté par des calcaires blancs ou bleutés, parfois accompagnés d'un niveau dolomitique jaune à la base. Ces calcaires organo-détritiques, parfois oolithiques, à débris de lamellibranches et d'Echinodermes, sont riches en lituolidés et en Algues, en particulier, Paléodasycladus. Le quartz détritique y est très abondant.

Il sont transgressifs sur le Permo-trias.

c/ Le Crétacé est représenté par des faciès tout-à-fait originaux. Encore ; n'affleure-t'il qu'en un point et sur quelques mètres seulement.

../..

Il s'agit d'une barre de 1,50 m d'épaisseur, composée à la base d'un calcaire marno-gréseux gris à Gastéropodes, surmonté d'un niveau gris-vert à pâte plus fine.

Selon J.F Raoult et E. Fourcade qui ont observé les lames, il s'agirait de niveaux de passage Crétacé - Eocène. De fait, les dolomies de l'Eocène inférieur les coiffent.

d/ Latéralement, vers l'Est, appliqués sur le Permo-Trias, affleurent de petits bancs de calcaires très gréseux, grisâtres de quelques décimètres. Des lames minces, taillées à différents niveaux, montrent qu'il s'agit de calcaires faits entièrement de *Microcodium*, presque intact à la base, en débris au sommet.

e/ A la fois sur les niveaux 3 et 4, reposent normalement, les dolomies jaunes, parfois, gréseuses, à la fantômes de petites *Nummulites*, auxquelles font suite les calcaires à *Alvéolines* et petites *Nummulites*.

Cette série, puissante d'une trentaine de mètres, est à rattacher encore au Paléocène - Yprésien analogue à celui des gorges de l'Oued Isser.

f/ Puis viennent en continuité, des niveaux de pseudo-brèches à grands foraminifères (*Nummulites*, *Discocyclines*, *Assilines*) qui sont connus du Lutétien supérieur.

g/ Ces niveaux sont recouverts à leur tour, par un curieux faciès de grés sombres, calcaireux à grandes *Nummulites* disséminés. Ces termes sont encore, du Lutétien supérieur.

h/ L'Aquitaniens à pseudo-phtanites recouvre à la fois les niveaux f et g (à l'Ouest et au Sud).

../..

C'est un faciès très particulier qui montre des alternances décimétriques d'argiles silteuses feuilletées et de grés sombres à grain très fin, siliceux et à débit en plaquette.

Pour Téfiani M. (1973), cette série reconnue sur plus de trente kilomètres, d'El-Madène à Béni-Amrane, se caractérise par :

- La condensation de la série stratigraphique,
- L'absence de continuité latérale de ses termes,
- La grande importance des lacunes sur une même verticale,
- Le caractère franchement néritique des faciès,
- L'ancrage à peu près certain de ses différents membres sur le socle ancien.
- L'alimentation pratiquement continue en quartz anguleux du Permo-trias au Lutétien supérieur.

Téfiani conclut, compte tenu des connaissances acquises sur la Dorsale Kabyle, que la série décrite constitue " la bordure septentrionale du domaine de dépôt de la Dorsale et une unité paléogéographique et structurale définissant l'élément le plus interne actuellement connu".

2) Les Flyschs.

2.1) - Le Flysch Massylien.

La série composant le flysch massylien a été reconnue et décrite en 1970 (BOUILLIN J.P. et Al.).

Cette série, identifiée au Nord du Kef Sidi Dris, situé au Sud-Ouest de Skikda, comporte de bas au sommet :

- "
- 1^o) Des calcaires sableux en dalles et des argiles du Néocomien, minces et rarement présents.

../..

- 2°) Un ensemble argilo-quartziteux avec des argiles verdâtres, surtout abondantes au sommet et des grés quartziteux vert olivâtres, à belles figures de base de banc. Ces grés peuvent, également, se présenter en barres épaisses.
- C'est le classique flysch " albo-optien", la masse des grés et des quartzites devant être barrémo-aptienne.
- 3°) Un ensemble du céno-manien-turonien débutant par des phanites noirs et blancs surmontés de conglomérats et de microconglomérats, en dalles compactes.

Les niveaux céno-manien sont fréquemment silicifiés, alors que le turonien, de grain plus en général, ne l'est pas.

- 4°) Un ensemble marno-microbréchiq. qui est le classique "flysch céno-manien à microbrèches" : bancs assez tendres, se débitant en plaquettes de microconglomérats calcareux alternant avec des marnes et pélites ainsi que des barres de calcaires sublitographiques ; un enrichissement en grés donne parfois, à cet ensemble, un aspect évoquant l'Albo-aptien.
- 5°) De minces niveaux du Paléocène au Lutélien : on y trouve des calcaires finement gréseux à *Microcodium* dilacérés, des marnes sableuses de teintes claires et des bancs de calcaires organo-détritiques de l'Yprésien-Lutétien. "

2.2) - Le flysch maurétanien (Gélard J.P, 1970).

Cette dénomination a été proposée pour la série flysch apparaissant, au Sud, sous la dorsale de Chellata (terminaison orientale du Djurdjura). Le flysch maurétanien correspond à la réunion en une seule série du "flysch de Gerrouch" (Tithonique et crétacé inférieur) et du "flysch de Penthlièvre" (crétacé supérieur et Eocène) ou de ses équivalents. La liaison entre ces deux séries a été observée plus ou moins clairement dans le constantinois, au Sud du Massif de Chellata, et à l'Est de l'Arba. Elle est également envisagée plus à l'Ouest au Sud du Chenoua.

Ainsi conçu, le flysch maurétanien comporte de la base au sommet :

- Quelques mètres de radiolarites rouges ;
- Un puissant ensemble argilo-gréseux (100 à 400 mètres), caractérisé par des bancs de grés fins, légèrement calcaireux, à cassure verdâtre et à la base, des calcaires fins.
- Des calcaires microconglomératiques en dalles, à bandes silicifiées blanches et à marnes colorées.
- Des calcaires finement sableux.
- Un ensemble du Cénomanién supérieur (50 à 100m), caractérisé essentiellement par des bancs compacts de conglomérats et microconglomérats calcaires, séparés par des interlits marneux.
- Le Paléocène (conglomérats et calcaires à *Microcodium*).
- L'yprésien et lutétien (conglomérats, microconglomérats et calcaires organo-détritiques, liés à des marnes).

II.2.3) Les Olistostromes.

Ils sont datés miocène inférieur et sont liés aux flyschs allochtones Kabyles, (Bouillin J.P ; et al. 1969 - 1970).

Cette série vient recouvrir la série détritique d'âge oligo-miocène inférieur, elle-même discordante et transgressive sur le socle Kabyle.

"On convient de désigner par olistostrome, une formation constituée d'une matrice tendre (argileuse, marneuse ou pélitique), litée ou chaotique, dans laquelle sont dispersés de menus débris qu'accompagnent des blocs ou panneaux (distolites), de taille variable."

A l'Est d'Alger, entre l'Arba et les gorges de l'Ouest Isser, une formation marno-pélitique à blocs de flyschs, attribuée à l'Aquitanién, repose en de nombreux points sur des niveaux conglomératiques et grésomiacés du Néonummulitique et recouvre divers replis de la dorsale et du socle Kabyle ; des flyschs allochtones, surtout crétacés, couronnent l'ensemble.

../..

CHAPITRE III - DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

L'essentiel du travail mené sur le terrain consistait à effectuer le levé géologique au 1/10000 dans la région de Koudiat El-Madène, ainsi que des coupes à travers la série stratigraphique.

Ce travail a été mené à bien grâce à l'aide précieuse de deux étudiants de l'institut de géologie de l'USTHB, Talmat S et Arroum K.

Des échantillons ont été prélevés dans les différents faciès rencontrés en vue d'une description pétrographique ultérieure.

Un log stratigraphique a été établi, représentant la série reconnue à Koudiat-El-Madène.

I. Cartographie.

Il s'agissait de reporter point par point la nature des microfaciès rencontrés, en s'intéressant particulièrement à la nature des contacts entre les faciès et ce, en s'orientant grâce aux niveaux topographiques, aux oueds, aux pistes indiqués sur la carte topographique de fond.

Nous avons mesuré les principaux pendages (plans de stratification ou de faille) ; à l'aide d'une boussole en notant la direction et le sens du pendage.

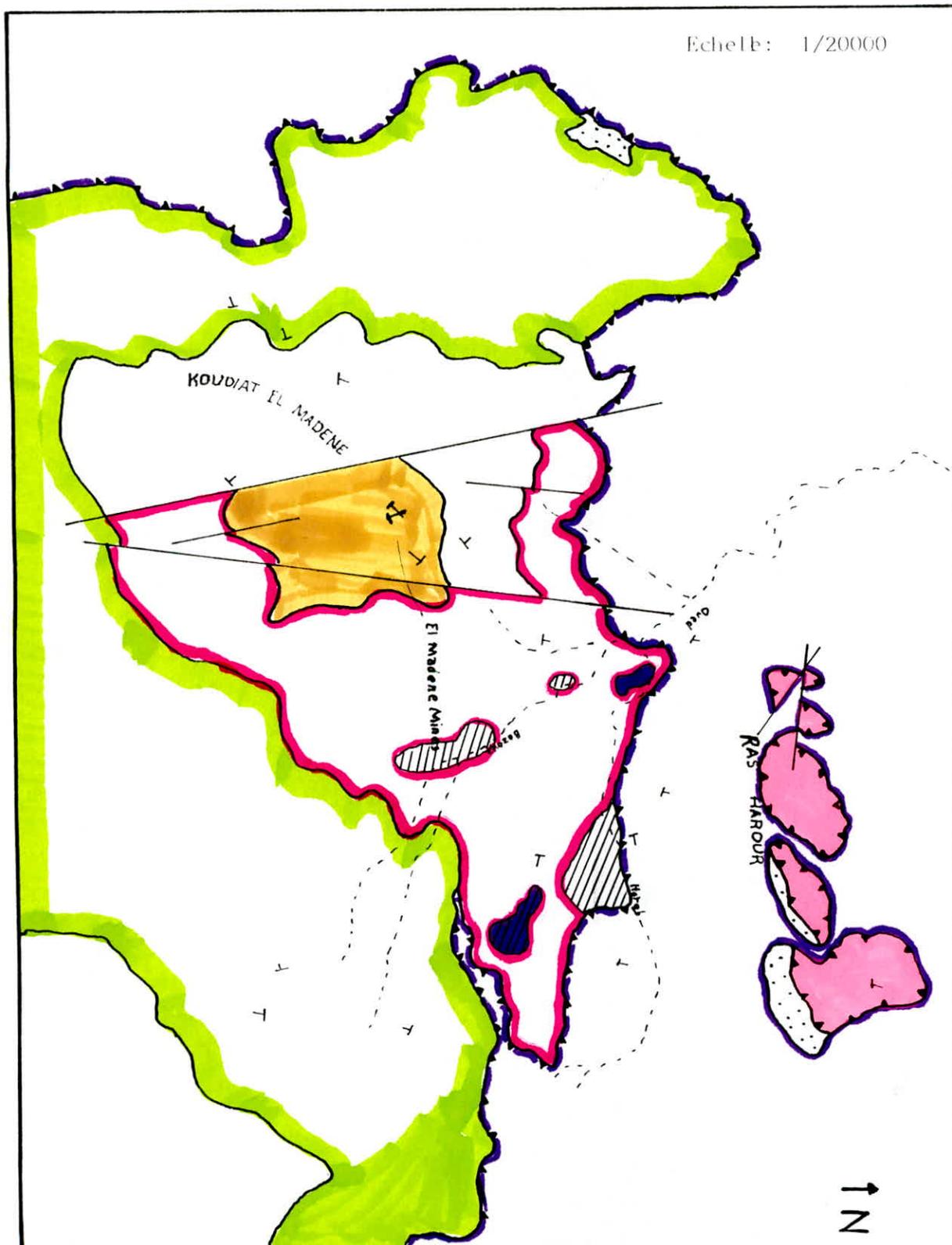
Les principaux accidents qui ont affecté l'unité de K^{at} El-Madène ont été également reportés sur la carte.

Des figurés différents ont été utilisés pour désigner les contrastes normaux, les chevauchements et les discordances.

Notre échelle de travail était au 1/10000 afin de couvrir le maximum d'espace et de réduire les erreurs susceptibles d'apparaître lors du 1/20000 qui correspond à la figure 4.

../..

Fig. 4- Cartogéologique au 1/20000 de la région de KOUDIAT EL MADENE





Paléozoïque supérieur



Jurassique



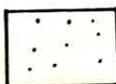
Permo-trias



Eocène



Aquitanién



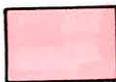
Miocène inférieur



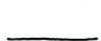
Oligocène



Massylien



Numidien



Contact normal



Contact anormal (discordance)



Contact anormal (chevauchement)



Oued



Faille

T 45°

T 90°

La carte obtenue (fig. 4) comprend les faciès suivants :

? Le socle ancien est recouvert en contact normal par la dorsale ;
celle-ci, comprend, à sa base, le Permo-trias, montrant en
fenêtres, des niveaux jurassiques.

Puis, vient, en contact anormal, l'Eocène. Dans ce dernier, nous avons rangé les niveaux de l'Eocène basal, du passage Crétacé-Eocène, de l'Yprésien et du Lutétien supérieur.

L'Aquitancien transgressif vient recouvrir les formations du Permo-trias et celles de l'Eocène.

L'Oligocène (couverture) est discordant sur l'Aquitancien et sur le Permo-trias.

Enfin, le Massylien et le Numidien chevauchent tous les faciès décrits ci-dessus, hormis l'Eocène, avec qui ces niveaux n'ont pas de contact direct.

Plusieurs failles ont été observées à Koudiat - El-Madène ; nous en avons reporté sur la carte, les principales.

Ces accidents ont une caractéristique commune, représentée par leur direction subméridienne.

Le long de ces failles, on remarque la présence de poches probablement d'origine karstique, remplies de fer, associé à de la barytine.

Il se présente au contact des calcaires nummulitiques de l'Eocène où il a constitué une concentration suffisamment importante pour être exploitée au début du siècle (Mine de Rivet).

II. Description Lithologique.

Deux coupes ont été levées et recourent l'ensemble de la série stratigraphique de K^{at} El-Madène.

La coupe I (fig. 5) a été réalisée à Koudiat El-Madène, à travers les formations liées au Permo-trias et à l'Eocène.

C'est une coupe de direction Est-Ouest qui montre, de l'Est vers l'Ouest, les niveaux suivants : le Permo-trias, le Crétacé, le passage Crétacé-Eocène, l'Eocène basal, l'Yprésien et enfin, le Lutétien supérieur.

La coupe II (fig. 6) a été effectuée à travers les flyschs reposant sur la dorsale et recouverts en discordance par la couverture.

Cette coupe est de direction Est-Ouest, montrant de l'Est vers l'Ouest, les niveaux oligocènes, massyliens et permo-trias - triasiques.

Ces coupes ont l'avantage de montrer les principaux faciès de la série stratigraphiques déjà reconnue à Koudiat-El-Madène.

L'échantillonnage a été effectué parallèlement à la réalisation des coupes, en vue d'une étude pétrographique et minéralogique.

Sur la figure 4 sont reportés les numéros d'échantillons.

Un log stratigraphique (fig. 7) illustre la succession chronologique des principaux niveaux que nous avons rencontrés le long des itinéraires suivis.

De cette étude géologique, nous avons fait les observations suivantes :

- . Il a été possible d'observer les principaux faciès décrits dans les travaux antérieurs.
- . De reconnaître un nouveau faciès, situé au passage Permo-trias-Lias et représenté par des dolomies, leur datation exacte n'a pas été déterminée.
- . D'observer la minéralisation au sein des accidents.
- . D'effectuer un échantillonnage selon un itinéraire régulier, ce qui, permettra, ultérieurement, de définir l'évolution des différentes phases existantes, d'un niveau à un autre, grâce à l'étude pétrographique, minéralogique et chimique.

I. COUPE I (A - B) (Fig. 4 et 5).

Cette coupe est orientée Est-Ouest et débute dans les grès rouges du Permo-trias, traverse les formations crétacées et éocènes, pour finir dans les pseudo-phthanites de l'Aquitainien, au contact d'une faille.

1) Le Permo trias.

Il est représenté par des grès à pâtre rouge, à grain fin et moyen, intercalés de passées argileuses rouges. Le sommet est conglomératique, à silexites.

Les grès présentent des fissures millimétriques remplies de barytine et de fer.

Ce faciès est suivi d'un niveau dolomitique, représenté par des dolomies gréseuses à pâtre rouge, que l'on attribue au passage Permo-trias-lias, puisqu'elle repose directement sur les grès du Permo-trias.

Ce niveau n'a pas été décrit dans la bibliographie.

2) Le Crétacé.

Ce niveau est représenté par des calcaires marno-gréseux gris à Gasteropodes (cité par Téfiani M. 1973) et échantillonné et étudié par des étudiants de l'U S T H B.

3) Le passage Crétacé-Eocène.

Il est représenté par des calcaires gréseux à pâtre gris-vert et à grain fin.

4) L'Eocène.

Ce niveau est représenté par trois microfaciès distincts :

4.1) L'Eocène basal : représenté par des carbonates gréseux, grisâtres (l'étude minéralogique montrera une dominante dolomitique).

../..

Ere.	PRIMAIRE	SECONDAIRE	TERTIAIRE			QUATERNA	
Epoque.	PERMO TRIAS		a	EOCENE.		AQUITANIEN	
Description lithologique	Grès intercalés de passées suivis de dolomies ?		b	c	d	e	
			f	g	Dolomies gréseuses	dolomie calc. à Grande Num	calc. à Grande Num
N° Echantillon	4 ; 14 ; 15 ; 16		h	3 ; 6	8	1 ; 2 ; 19	10 ; 20
Lithologie.							

a - Crétacé

b - Passage Crétacé - Eocène

d - Paléocène - Yprésien

d - Base de l'Eocène

e - Lutétien supérieur

f - Calcaires marno-gréseux à Gastéropodes

g - Calcaires gréseux à Discorbis

h - 7 ; 17 ; 18

Fig. 5 Coupe schématique à travers les formations liées au permotrias et à l'Eocène.

Ce sont peut-être les carbonates décrits par Téfiani M. (1973), comme étant des calcaires, comme il est possible que nous ayons reconnu un autre faciès et que nous soyons passés à côté des calcaires.

4.2) Le Paléocène - Yprésien.

Ce niveau est représenté par des calcaires à petites Nummulites grisâtres et à grain fin. Téfiani M. (1973) a également décrit, à ce niveau, des dolomies jaunes à fantômes de petites Nummulites que nous n'avons pas observées.

4.3) Le Lutétien supérieur.

Ce niveau débute par des calcaires assez compacts, grisâtres, à grands Foraminifères (Nummulites claires ou sombres ferrugineuses).

Ces calcaires sont remaniés par un niveau calcareux à grain plus gros et Nummulites disseminées (la pétrographie montrera un faciès tout à fait recristallisé avec des Foraminifères en débris craquelés et disseminés).

5) L'Aquitaniien.

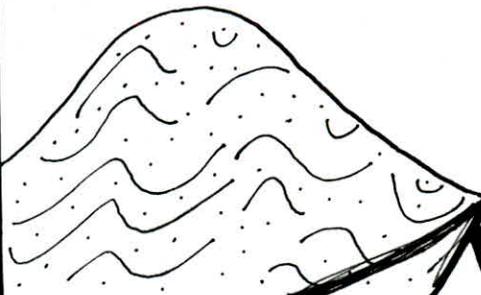
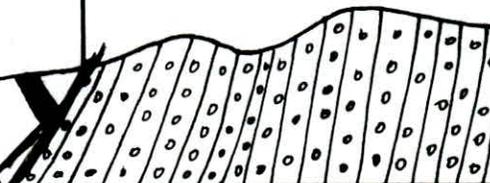
Ce niveau est représenté par une alternance de grés et pseudo-phtanites, intercalés de passées argileuses, gris-brun.

Les pseudo-phtanites présentent un litage régulier, sous forme de lits clairs à dominante gréseuse et des lits sombres ferrugineux ou argileux et qui se débitent en plaquettes.

IL COUPE II (C - D) (Fig. 6 et 4).

Cette coupe est orientée Est-Ouest et débute dans les grés oligocènes de la couverture, situés à proximité de l'Oued Hattab.

Fig:6- COUPE MONTRANT LES FLYSCHS MASSYLIENS A LA BASE DE LA COUVERTURE OLIGOCENE ET REPOSANT SUR LA DORSALE (PERMOTRIAS)

ERE.	Tertiaire .	Secondaire .		Primaire .
EPOQUE.	OLIGOCENE .	CRETACE .	PERMO-TRIAS .	
DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	Grès micacés .	Flyschs à phanites noirs et blancs .	Alternance grès et conglomérats rouges .	
Nº d'échantillon.	9	12		
LITHOLOGIE .	E 		O 	

Elle traverse les flyschs massyliens pour finir dans les grés du Permo-trias.

1) L'Oligocène.

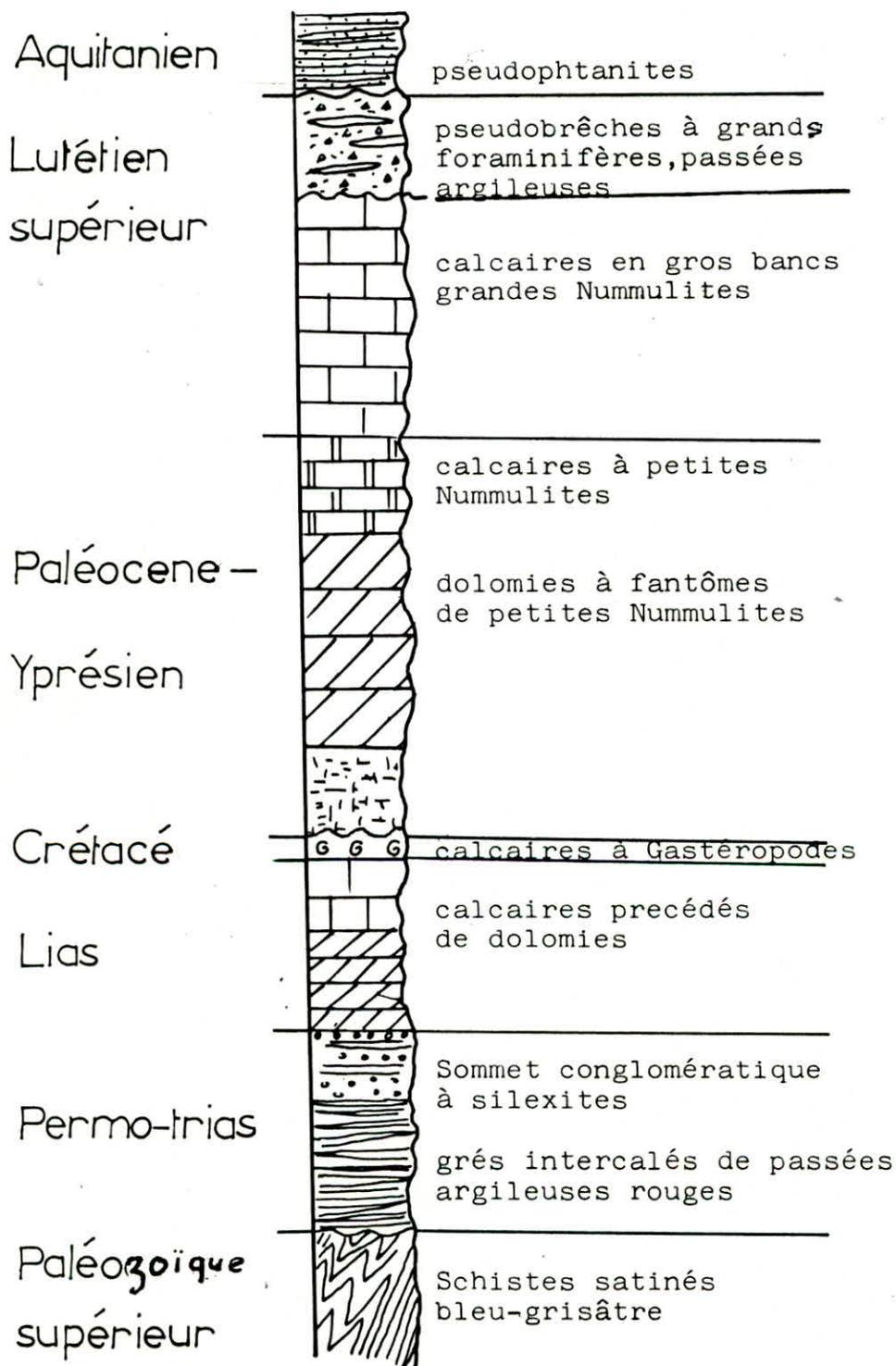
Ce niveau est représenté par des grés grisâtres à grain moyen, avec des passées argileuses brunâtres centimétriques à décimétriques.

2) Le Massylien.

Il est représenté par une alternance de grés et de phanites noirs et blancs qui se débitent en gros bancs et de passées argileuses brunâtres.

Cette coupe montre à son extrémité et en contact avec le Permo-trias, des calcaires blancs à bleus, compacts à figures stylolitiques ferrugineuses ; ceux-ci ne semblent, cependant, pas être en place.

LOG STRATIGRAPHIQUE REPRESENTANT LA SERIE RECONNUE A KOUIDET EL MADENE



3m

CHAPITRE IV - ETUDE PETROGRAPHIQUE

~~21~~ Vingt lames minces ont été confectionnées au département génie minier de l'école polytechnique d'Alger et ont été étudiées sur microscope "Olympus" (VANOX) et binoculaire de même marque.

La description des microfaciés se fera selon l'ordre de dépôt de la série, c'est à dire, de la base au sommet.

Nous décrivons donc, dans l'ordre chronologique, les microfaciés des niveaux suivants : Le permo-trias, le passage permo-trias, le lias, le passage crétacé Eocène, l'Eocène, l'oligocène, l'Aquitaniien et enfin, les flyschs du massylien et du numidien.

I) Le Permo-Trias

Ce niveau est représenté par une alternance de grès, microconglomérats et conglomérats, intercalés dans des passées argileuses rouges.

Les conglomérats montrent des dragées de quartz et les grès présentent des fissures remplies d'hématite ou de barytine.

En lame mince, les grès (ech.14 et 16) présentent une phase minérale constituée de quartz (94 %) et de quelques oxydes (3 à 4 %)

la phase de liaison est rare et est représentée par des carbonates(2 à 3 %)

les grains de quartz (95 à 96 %) peuvent être anguleux ou arrondis, xénomorphes ou automorphes, à bords arrondis avec golfes de corrosion, en provenance les uns des roches cristallines ou métamorphiques, les autres, de roches microgrenues et microlithiques éruptives, ils peuvent être à l'état détritique ou authigène. La taille des grains varie modérément (20 à 800 μ)

Le quartz présente également un accroissement secondaire périphérique qui se fait en continuité optique (extinction roulante).

les oxydes (4 à 5 %) occupent des plages irrégulières, individualisées.

Le liant est constitué de rhomboèdres de dolomite ou de calcite

un seul phénomène de diagénèse y est observé : c'est le phénomène de ferruginisation qui affecte quelques cristaux de quartz.

Nous avons donc affaire à un grainstone marqué par un début de ferruginisation.

II) Le passage Permo-Trias - Lias

Ces échantillons n'étant pas décrits dans la bibliographie et compte tenu de leur position stratigraphique, nous les plaçons dans le passage permo-trias-lias, représenté par des dolomites(Ech.4 et 15), à structure partiellement recristallisée.

.../...

Elles sont constituées de (80 à 85 %) de dolomite et de (5 à 10 %) de calcite la porosité représente le reste.

La dolomite se présente sous forme de rhomboèdres dont la taille varie énormément (20 à 300 μ) et occupe de grandes plages irrégulières montrant une porosité intercrystalline et de refraction. Cette porosité est souvent comblée par de l'hématite rouge.

Il est possible de distinguer également une porosité vacuolaire et de fissures parfois occluse par des oxydes.

la calcite existe sous forme de mosaïque régulière de remplissage, vraisemblablement logée dans des reliques d'organismes.

Un réseau de fissures, dûes probablement au phénomène de dessiccation, et agencés en mudcracks, est partiellement rempli de calcite fibreuse.

Les phénomènes diagénétiques présents dans cette lame sont les suivants :

1^o) Une calcitisation primaire sous forme de micrite; celle-ci, recristallise en microsparite.

2^o) Une dolomitisation de la micrite.

3^o) Une calcitisation secondaire cimentant les vides dûs à la porosité.

4^o) Une ferruginisation qui affecte les phases de dolomitisation et de calcitisation secondaire.

Dans ce microfaciès, le fer s'installe au sein des rhomboèdres de dolomite et des cristaux de sparite présents dans les fissures.

L'échantillon 5 est représenté par une microsparite où la recristallisation est plus poussée. Le fer est représenté par l'hématite en phases irrégulières y occupe jusqu'à 20 % de la roche et se localise dans les fissures et au détriment de la dolomite

.../...

III). Le Lias /

Ce niveau est représenté par des micrites à microspartes (Ech.11) sous forme de calcaires lithographiques riches en stylolites : ces derniers sont soulignés par de l'hématite rouge ou par de la barytine, c'est un calcaire de typemudstone (faible energie du milieu), formé de 80 % de micrite à microsparite. La porosité y est représenté (12 à 15 %) .

Les éléments figurés (5 %) sont représentés par quelques bioclasts (3 à 4 %) et de rares grains de quartz (1 à 2 %) .

Les bioclasts (62 à 66 %) se présentent sous forme de reliques d'organismes dont les loges sont remplies de microspartes et de sparites et les grains de quartz (34 à 38 %)

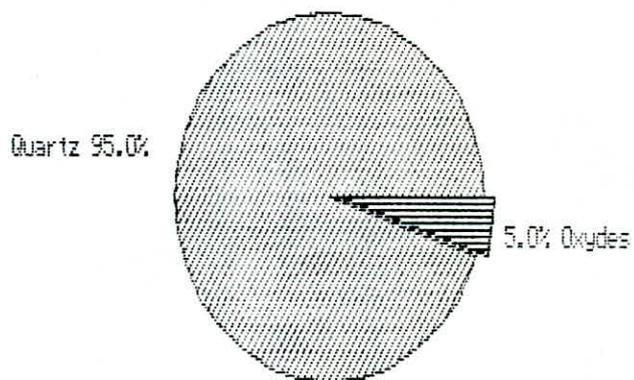
Dans la micrite on observe de rares rhomboédres de dolomite en voie de ferruginisation, la porosité se manifeste sous forme de fissures d'aspect stylolitique remplies de sparite et partiellement ferruginisé . La calcite peut être en mosaïque grossière de remplissage dans les grandes fissures comme elle peut être fibreuse dans les microfissures .

Les phénomènes de diagenèse observés sont les suivants :

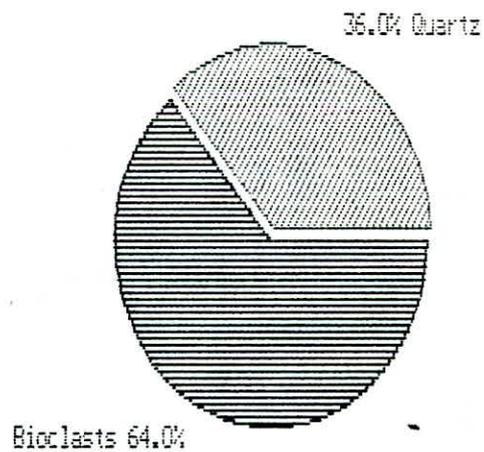
- 1°) Une recristallisation de microsparite en sparite (micrite originelle ayant probablement recristallisé en microsparite.
- 2°) Une dolomitisation de la calcite primaire.
- 3°) Calcitisation des rhomboédres de dolomite, probablement due à la dissolution de cette dernière.

Pourcentages minéralogiques

PERMO-TRIAS



LIAS



.../....

4°) La ferruginisation se manifeste comme suit :

- Début de ferruginisation dans les vacuoles et les microfissures.
- Ferruginisation des vides laissés par la porosité de réfraction.
- Ferruginisation de la microsparite et métamorphose des cristaux de dolomite.

IV- LE CRETACE

Il est représenté par des calcaires marno-gréseux gris à gastéropodes (Tefiani, M 1973) à la base (que nous n'avons pas étudié faute d'échantillon représentatif) et au sommet par des calcaires gréseux, à pâtime gris-verts et à grain fin, constituant la passage Crétacé - Eocène.

Ce dernier est représenté en lames minces par des biomicrites à biomicrosparites, à tendance gréseuse à la base (Ech.7 et 17) et dolomitique au sommet (Ech.18).

Ce microfaciès est constitué de (54 à 56 %) de micrite à microsparite, peu à fortement dolomitique (2 à 30 %).

Les éléments figurés (9 à 36 %) sont représentés par des grains de quartz (6 à 30 %) et des bioclasts de nature peu variée (3 à 6 %). La porosité représente (5 à 6 %)

Les éléments figurés :

Les grains de quartz (36 à 9 %) sont anguleux à subarrondis, xénomorphes de taille variée (20 à 600 μ). Ces caractéristiques témoignent d'une origine détritique où le transport est relativement faible puisqu'il n'y a pas de granoclassement.

Les bioclasts présents sont des foraminifères (6 à 64 %) de petite taille (40 à 120 μ) et à test calcitique.

2°) la phase de liaison :

Le liant est micritique à microsparitique à quelques rhomboèdres de dolomite en voie de ferruginisation, il présente une porosité de nature variée; on peut observer des vacuoles remplies de calcite en mosaïque fine, partiellement ferruginisée.

Les phénomènes de diagenèse observés sont donc les suivants :

1°) Une phase de calcitisation primaire représentée par de la micrite; celle-ci est recristallisée en microsparite.

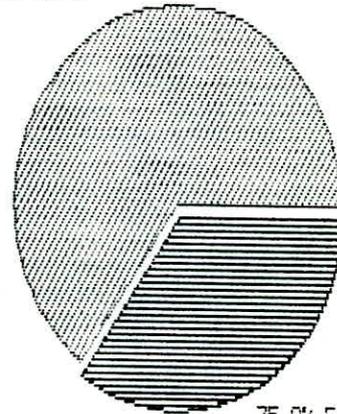
2°) Une phase de dolomitisation (aux dépends de la micrite)

.../...

Pourcentages minéralogiques

CRETACE

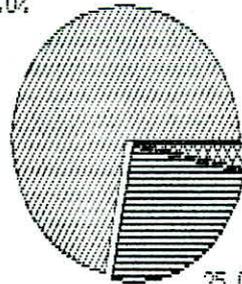
Quartz 65.0%



35.0% Foraminif.

Base de l'Eocène

Quartz 72.0%



3.0% Ostracodes

25.0% Oxydes

...//...

3°) Une phase probable de silicification (aux dépends de rhomboèdres de dolomite).

4°) Une phase de calcitisation(par remplissage des vides).

5°) Une phase de ferruginisation.

Le fer est présent dans les vides de porosité, affectant la calcite de remplissage préexistante; de même, il remplace les rhomboèdres de dolomite traduisant une dissolution ou d'un remplacement ionique de cette dernière.

V- L'Eocène :

A sa base, il comprend des calcaires gréseux à pàtine gris-vert et à grain fin ceux-ci sont suivis de dolomies jaunes, parfois gréseuses à fantômes de petites nummulites (Tefiani M,1973) auxquelles font suite les calcaires à petites nummulites, grisâties, à grain fin.

cette série est datée paléocène - Yprésien (Tefiani M,1973).

Enfin, le lutétien supérieur présente deux faciès représentés par des calcaires à grands foraminifères remaniés par des calcaires de même nature mais à recristallisation plus poussée et à nummulites disséminées.

Nous en avons étudiés les calcaires Yprésiens et lutétiens et les dolomies de l'Eocène basal.

1) La base de l'Eocène :

Ce niveau est constitué de dolomies gréseuses, de couleur grise. Elles sont à dominante dolomitique (60 à 65 %) et les éléments figurés représentent (18 à 20 %) la porosité occupe le reste (17 à 20 %).

Les éléments figurés sont essentiellement représentés par des grains de quartz (70 à 75 %) anguleux ou arrondis, automorphes ou xénomorphes; parfois, ils logent dans des reliques d'organismes. La taille varie de (40 à 1800 u) les oxydes (20 à 30 %) se présentent sous forme de petites plages irrégulières ou d'une pellicule fine autour de quelques grains de quartz.

De rares Ostracodes (0 à 5 %) à test fin et loge partiellement sparitisée ont une taille de (100 à 120 u).

Le liant est dolomitique et riche en matière organique(dendrites de manganèse) la porosité y est représentée par des vacuoles remplies de calcite.

Les microfissures peuvent être calcitiques ou ferrugineuses.

Les fissures semi-fermées présentent une mosaïque de calcite à inclusions de quartz ou d'hématite.

.../...

.../...

La diagenèse est caractérisée par une dolomitisation suivie d'une calcitisation la ferruginisation étant postérieure.

Le fer est donc présent à l'état libre sous forme de petites plages irrégulières dans le liant dolomitique en remplissage dans les vides de porosité (vacuoles, microfissures et fissures) ou à l'état d'inclusions dans la sparite présente dans les fissures.

2) Le Paléocène - Yprésien

C'est une biomicrite évoluant vers une biomicrosparite (ech.8) à dominante bioclastique (75 à 80 %). Le liant (20 à 25 %) est essentiellement micritique à microsparitique.

Les éléments figurés sont représentés par une trame bioclastique de nature variée les bioclats sont pour la plupart entiers et de taille petite à moyenne, exceptionnellement importante, ce sont :

- a) Les nummulites (72 à 74 %) de taille (600 à 2000 u), exceptionnellement 5000u).
- b) Les operculines (6 à 8 %) de taille (140 à 3000 u).
- c) Les Fusulinidés (6 à 8 %) de dimension (Diamètre moyen = 800 u).
- d) Les Echinodermes (10 à 12 %) de taille (150 à 2000 u).
- e) Les Foraminifères de petite taille (1 à 2 %)

* la Phase de liaison :

Le liant est micritique à microsparitique représentant quelques rhomboèdres de dolomite et une sparite de recristallisation intergranulaire.

les phases diagénétiques sont les suivantes :

- 1) Une calcitisation primaire sous forme de micrite et recristallisation de celle-ci en microsparite et sparite (calcitisation secondaire)
- 2) Une dolomitisation au sein de la micrite.
- 3) Une ferruginisation affectant toutes les phases.

le fer s'installe le long d'un réseau de fissures affectant un matériel varié (bioclats, sparite, rhomboèdres de dolomite).

3) Le lutétien supérieur : représenté par des biomicrosparites et des biomicrosparites à biosparites.

3.1) Les biomicrosparites : constitués de (76 à 88 %) d'éléments figurés où dominant des bioclats (74 à 86 %) et des grains de quartz (3 à 4 %), réunis par un liant microsparitique (8 à 20 %).

.../...

Les éléments figurés :

Les éléments figurés sont représentés des bioclasts de nature variée la plupart entiers et souvent de grande taille. Ils occupent (92 à 94 %) de l'ensemble des éléments, sont à dominance nummulitique. Les principales espèces rencontrées sont les suivantes :

a) les Bioclasts

* Nummulites (44 à 46 %) de taille variée (300 à 4500 u) exceptionnellement 8000 u), à test calcitique perforé fibreux ménageant des canicules de remplissage et montrant des microfissures longitudinales. Les loges sont calcitiques.

* Les orbitoïdes (24 à 26 %) de taille également variée (600 à 800 u, exceptionnellement 14000 u). de test calcitique perforé.

* Operculines (5 à 6 %), de grande taille en général (1400 à 4000 u) le test est calcitique fibreux tandis que la loge est constituée de micrite sombre parfois partiellement sparitique.

* Fusulinidés : représentent (12 à 14 %) des éléments figurés, ont une dimension moyenne de 400 u.

leur test est calcitique fibreux et leur loge est micritique.

* Echinodermes: Plus rares, ils ne représentent que (1 à 2 %) et ont des dimensions variées (200 à 2000 u).

Ils présentent un réseau plus ou moins conservé et à rares inclusions ferrugineuses.

* Foraminifères : (5 à 6 %) ce sont des foraminifères de petite taille (60 à 800 u), à test calcitique fibreux et à loges micritiques, parfois partiellement ou totalement ferruginisées (hématite).

D'autres espèces bioclastiques sont observées (5 à 6 %), parmi lesquelles, j'ai pu distinguer des ostracodes, des Algues Rhodophycées, de taille assez importante (1000 à 2800 u), et Annélides; celles-ci, entières ou en débris présentent un test micritique et une loge originellement silicieuse (trace de silice sous forme de petites plages irrégulières) et microsparite.

b) les particules minérales carbonatées :

Les seules particules minérales carbonatées observées sont représentées par quelques rhomboèdres de carbonate, qui semblent être des cristaux de dolomites.

Ils représentent (2 à 3 %) de l'ensemble des éléments figurés.

.../...

c) Particules minérales non carbonatées :

Cette catégorie d'éléments représente (2 à 3 %) de quartz de nature et de taille variées (40 à 1400 u), ce sont des cristaux de quartz xénomorphes à bords anguleux à subanguleux.

2 - le Liant :

Il est constitué d'un matériel essentiellement microspatique et présente une porosité vacuolaire où les vides sont partiellement remplis de silice, de calcite et d'hématite, ce qui traduit l'existence d'une succession de phénomènes dus à la diagénèse. Une recristallisation de micrite en microsparite puis en sparite.

Certaines loges de bioclats, originellement micritiques, recristallisent en sparite, en passant par la microsparite, tandis que certains tests sont en voie de micritisation.

L'ensemble du microfaciès est en voie de ferruginisation.

le Fer :

Le fer s'installe dans les loges des nummulites et des foraminifères sous forme d'hématite rouge.

Certains contours de bioclats présentent une auréole de nature ferrugineuse. Des rhomboèdres de carbonates sont en voie de ferruginisation; de même pour la silice qui semble subir à priori une phase de calcitisation.

De ces observations, nous pouvons, éventuellement conclure sur l'organisation des phases diagénétiques; en effet, il semblerait que ce microfaciès subit, successivement, des phénomènes d'évolution suivants : la silicification est suivie d'une phase de calcitisation, elle-même, probablement précédée d'une phase dolomitique.

La ferruginisation affecte l'ensemble de la lame mince.

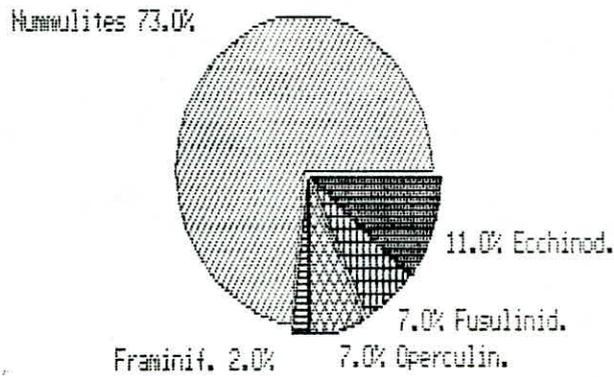
3.2) les biomicrosparites à biosparites :

Dans ce microfaciès, les éléments figurés (60 à 70 %) sont à dominante bioclastique (80 à 90 %); les particules minérales sont représentées par des grains de quartz (10 à 20 %). Le liant est essentiellement calcitique (10 à 15 %). La porosité y est abondante (20 à 25 %). Le 1/3 de la lame est affecté par le fer.

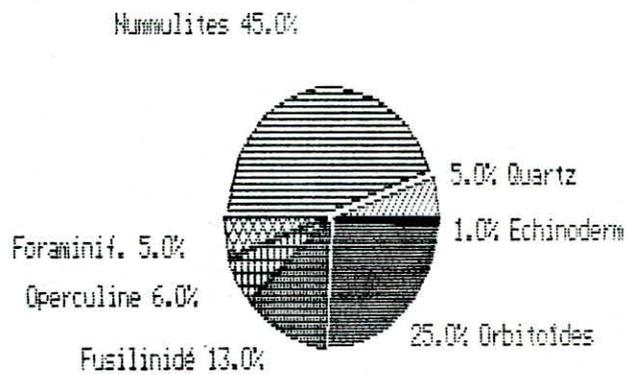
.../...

Pourcentages minéralogiques

Paleocène - Yprésien



Lutetien supérieur



.../...

* Les éléments figurés : les mêmes bioclasts décrits dans le microfaciès précédent (ech.1, Lut Sup) existent dans celui-ci. Seule la structure varie : Ici, les bioclasts(80 à 90 %) présentent en débris craquelés, les tests et les loges sont beaucoup plus calcitiques ou ferrugineux, ce qui traduit un déplacement des microfossiles de leur milieu de vie.

Les grains de quartz (10 à 20 %) sont de taille très variée(60 à 220 u) ce qui correspond à un faible déplacement; ils se présentent sous forme de cristaux automorphes authigènes ou de grains détritiques dont certains présentent un nourrissage secondaire, ce qui traduit une origine métamorphique.

* La phase de liaison :

Le liant est calcitique(micrite, microsparite et sparite) à quelques rhombèdres de dolomite dont certains sont en voie de ferruginisation . la distinction en est faite par les fortes irrisations de la calcite et confirmée par l'étude aux rayons X.

La porosité est, en général, de fracture, affectant l'ensemble du microfaciès et en particulier les bioclasts, comme elle peut être vacuolaire, à vides irréguliers, partiellement remplis de calcite drusique, parfois de quartz.

La succession des phases minérales est la suivante :

1^o) Une phase de calcitisation primaire presque entièrement recristallisée en microsparite puis en sparite (Calcite secondaire).

2^o) Une dolomitisation au sein de la calcite primaire.

3^o) Une silicification dans les vacuoles suivie d'une calcitisation

4^o) Une ferruginisation de toutes les phases précédentes.

Le fer se développe au sein des bioclasts, affecte les carbonates(calcite et dolomite) ainsi que la silice présente dans les vacuoles de porosité.

VI-1'Aquitaniien

C'est un niveau représenté par des pseudo-phtanites intercalés dans des grès. nous allons en décrire les pseudo-phtanites (ech.10 et 20).

Ce sont des roches siliceuses, à structure orientée et riche en matières organiques. Ainsi, elles s'organisent en couches litées intercalées de lits clairs(constituées de matière siliceuse) et de lits sombres)riches en matière argileuse et ferrugineuse).

Ce type d'organisation dans la structure engendre des laminés allongés et réguliers

Nous estimons les proportions des différents éléments constitutifs comme suit :

(30 à 40 %)de silice,(30 à 40 %) d'argile,(10 à 12 %) d'oxydes,(4 à 5 %) de matières organiques, (4 à 5 %) de feldspaths.

.../...

.../...

Les éléments figurés sont représentés par des radiolaires (1 à 2 %), de taille peu importante (20 à 100 u de diamètre) et fossilisées par la silice à inclusions d'oxydes. Les foraminifères de petite taille (40 à 120 u) sont rares (1 à 2 %) et présentent un test calcitique.

La porosité (6 à 7 %) peut être intergranulaire ou vacuolaire comme elle peut se présenter sous forme de fissures.

Les vacuoles présentent une paroi interne tapissée de calcite tandis que les fissures semi-fermées sont remplies d'hématite sous forme de pelles et de rares petits cristaux de quartz.

La diagenèse s'exprime à travers des phénomènes de ferruginisation des loges de foraminifères, originellement siliceuses (ou calcitiques).

Le fer se trouve dans les vides dus à la porosité au sein des loges de foraminifères et il se manifeste également et surtout sous forme libre, à travers de petits pelles alignés selon un plan de stratification et constituant des laminés.

VII - L'Oligocène :

Ce niveau est représenté par une alternance grès et argiles.

Nous en avons étudiés les grès.

A dominante détritique (70 à 75 %), nous y observons également des oxydes (10 à 12%) et des argiles sous forme de chlorite (2 à 3 %).

Le liant est rare (2 à 3 %) et est constitué de calcite. La porosité y est assez importante (12 à 15 %).

Le quartz (70 à 75 %) est représenté par des grains xénomorphes anguleux à subarrondis et souvent érodés. Leur taille varie (40 à 400 u) .

Les feldspaths (10 à 15 %) sont représentés par des plagioclases en compaction entre les grains de quartz.

Les oxydes (15 %) s'intercalent dans les interstices engendrés par l'agencement des autres particules minérales comme ils peuvent s'introduire ou se développer à l'intérieur des grains de quartz sous forme d'inclusions.

Le liant est rare et de nature calcitique. La porosité y est intergranulaire.

Les phénomènes de diagenèse se traduisent par une silification des plagioclases et une ferruginisation de la calcite.

Le fer se présente, dans ce microfaciès à l'état libre, sous forme de grains irréguliers et semble remplacer le liant calcitique.

.../...

VIII- Le Flysch massylien

Le Flysch massylien comprend des phtanites intercalés avec des grès et des argiles. Nous allons en décrire brièvement les phtanites.

C'est une roche constituée essentiellement d'une mosaïque régulière de quartz (60 à 65 %), de forme quelconque et de feldspaths (4 à 5 %) et des micas en trace.

Le liant (15 à 20 %) est ferrugineux. La calcite (10 à 15 %) y est représentée par une sparite de remplissage, apparemment postérieure au quartz et même au fer (!)

IX - Le flysch numidien :

Ce niveau est représenté par des grès à pâtine rouge. Au microscope, il offre un microfaciès essentiellement détritique (quartzeux).

Les cristaux de quartz sont indifféremment automorphes ou xénomorphes, anguleux à arrondis, de taille variée (40 à 1100 u). Ils sont liés par un ciment ferrugineux.

Conclusions

1. DIAGENÈSE.

Lors de l'observation des microfaciès, nous avons remarqué que les phénomènes liés à la diagenèse présents dans les différents niveaux sont :

- Une phase de calcitisation primaire ou micrite,
- Une phase de dolomitisation,
- Une phase de silicification,
- Une phase de calcitisation secondaire,
- Une phase de ferruginisation qui peut affecter une ou l'ensemble des phases citées.

On peut remarquer également que ces phases se répètent dans le temps mais qu'elles gardent une chronologie particulière qui est la suivante :

Une première calcitisation sous forme de micrite ; ^{ou Y} ~~ou~~ dépend de celle-ci, se développent parfois des cristaux de microsparite et de sparite (ce qui traduit une calcitisation secondaire), parfois, des rhomboèdres de dolomite, d'où présence d'une phase dolomitique postérieure à la calcitisation primaire.

Une phase de silicification affecte des rhomboèdres de dolomite.

Indifféremment, ces deux phases subissent une calcitisation secondaire sous forme de sparite.

La phase de ferruginisation est postérieure à toutes les phases ci-dessus citées.

../..

2. ^{ep} LE FER.

L'étude pétrographique des microfaciès de la série stratigraphique de K^{at} EL-Madène montre que la phase de ferruginisation affecte tous les niveaux.

Le fer se localise préférentiellement dans les bioclats (tests et loges), dans les vides dus à la dissolution (vacuoles, fissures, microfissures et vides intergranulaires). Il épigénise les rhomboèdres de dolomite ou de calcite, les grains de quartz et il affecte le liant original.

Le fer est plus particulièrement présent dans les niveaux cocènes et liasiques.

../..

CHAPITRE V - ETUDE MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE.

L'analyse minéralogique a été effectuée par diffractomètre aux rayons X sur vingt (20) échantillons et l'analyse chimique sur seulement quatre (04).

I/ Analyse Diffractométrique.

Cette opération a été réalisée au laboratoire de minéralogie, à l'Unité de Recherches et Etudes Géologiques (U.R.E.G.) de BOUMERDES.

Le diffractomètre utilisé est de type D. 500 Siemens

Les caractéristiques de cet appareil sont les suivantes:

- Le rayonnement monochromatique de l'anticathode de cuivre est caractérisé par une longueur d'onde $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$,
- Le déroulement du papier d'enregistrement démarre à $2\theta = 4,000^\circ$ 0 est l'angle d'incidence des rayons X et 2θ , l'angle mesuré par le déplacement du compteur,
- Le temps de déroulement est de $20'$ avec un pas de $0,05$,
- L'énergie d'alimentation est de $40 \text{ KV} - 30 \text{ MA}$.

Les principaux minéraux mis en évidence durant cette opération sont les suivants :

- Carbonates : calcite, dolomite,
- Silice libre : le quartz,

- Silice combinée : feldspaths et argiles,
- Minéraux argileux : kaolinite, chlorite, illite en trace.

Les résultats de l'analyse figurent sur le tableau 1 où nous avons reporté les valeurs, pour les échantillons étudiés, correspondant à la raie d'intensité maximale I (coups/sec) et à la distance réticulaire (d) en Angström (Å°).

L'étude pétrographique ayant mis en évidence la présence quasi-constante du fer sous forme d'oxydes et d'hydroxydes, il a été jugé nécessaire, lors du passage des échantillons aux rayons X, de les éliminer.:

Ceci, afin de mettre en évidence les autres minéraux.

Aussi, cette méthode ne pourra rendre compte que des proportions relatives des phases minérales autres que les oxydes et hydroxydes de fer.

Ces proportions ont été calculées à partir des intensités maximales de chaque minéral et de leur somme pour chaque échantillon (tab. 2).

Une simple règle de trois suffit à calculer le pourcentage de calcite et de dolomite dans l'échantillon 4, par exemple :

- . 297 - intensité de la calcite.
- . 2443 - intensité de la dolomite.
- . 2740 - total des intensités maximales.

D'où, 89 % de dolomite et 11 % de calcite.

Il ressort de cette étude que les phases minérales citées présentent des caractéristiques propres.

- 1) Les carbonates se caractérisent par la position de leur raie principale (104).

La calcite (tab. 1) présente une raie maximale qui varie de (3,026 à 3,0337 A°) pour les vingt échantillons.

Or, on sait que la fiche ASTM (5-0586) donne une valeur de 3,055, ce qui permet de suggérer que la molécule contient d'autres éléments associés à l'ion calcium.

La dolomite se caractérise par la position de sa raie principale qui varie de 2,880 à 2,908 A° (tab. 1), généralement supérieure à celle d'une dolomite pure (2,886 A°).

Le diagramme de Goldsmith et al (1961) cité par CHABOU S. (1987) permet de relier, par le biais d'une droite de corrélation, les différentes positions ainsi déterminées pour la raie (104), au pourcentage moléculaire en Mg CO₃ des dolomites analysés (fig).

- 2) La Silice.

- a) La silice libre (quartz).

Les raies principales du quartz (101) et (100) apparaissent, respectivement, à 3,347 A° et à 4,26 A°.

- b) La silice combinée (feldspaths) (ech. 9,10 et 12).

Les feldspaths ont leur raie principale qui apparaît dans une position qui varie de 3,187 à 3,196 A° reflétant la nature de ces feldspaths calciques, sodiques ou potassiques.

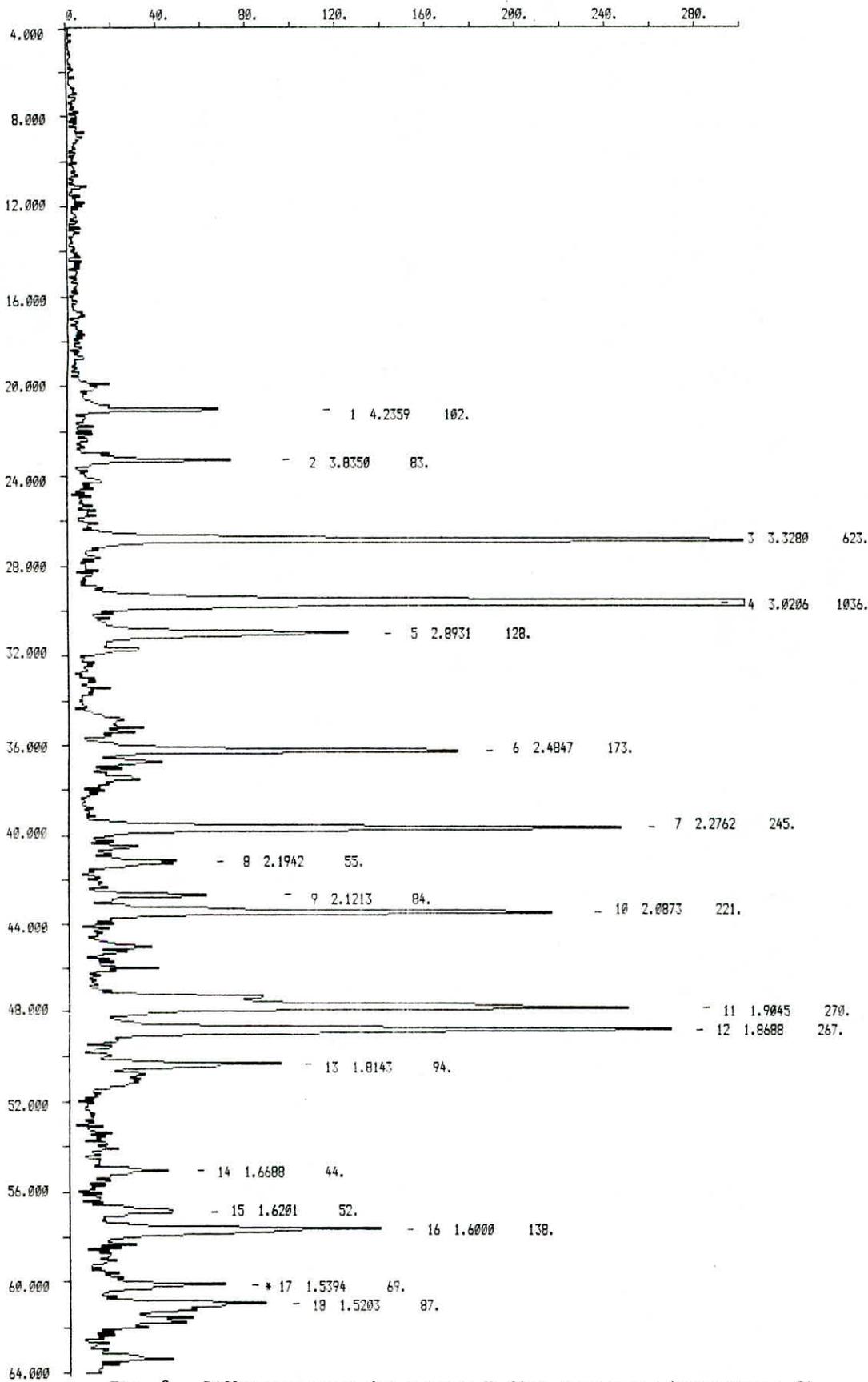


Fig. 8 - Diffractogramme des rayons X d'un Carbonate (Echantillon 8)

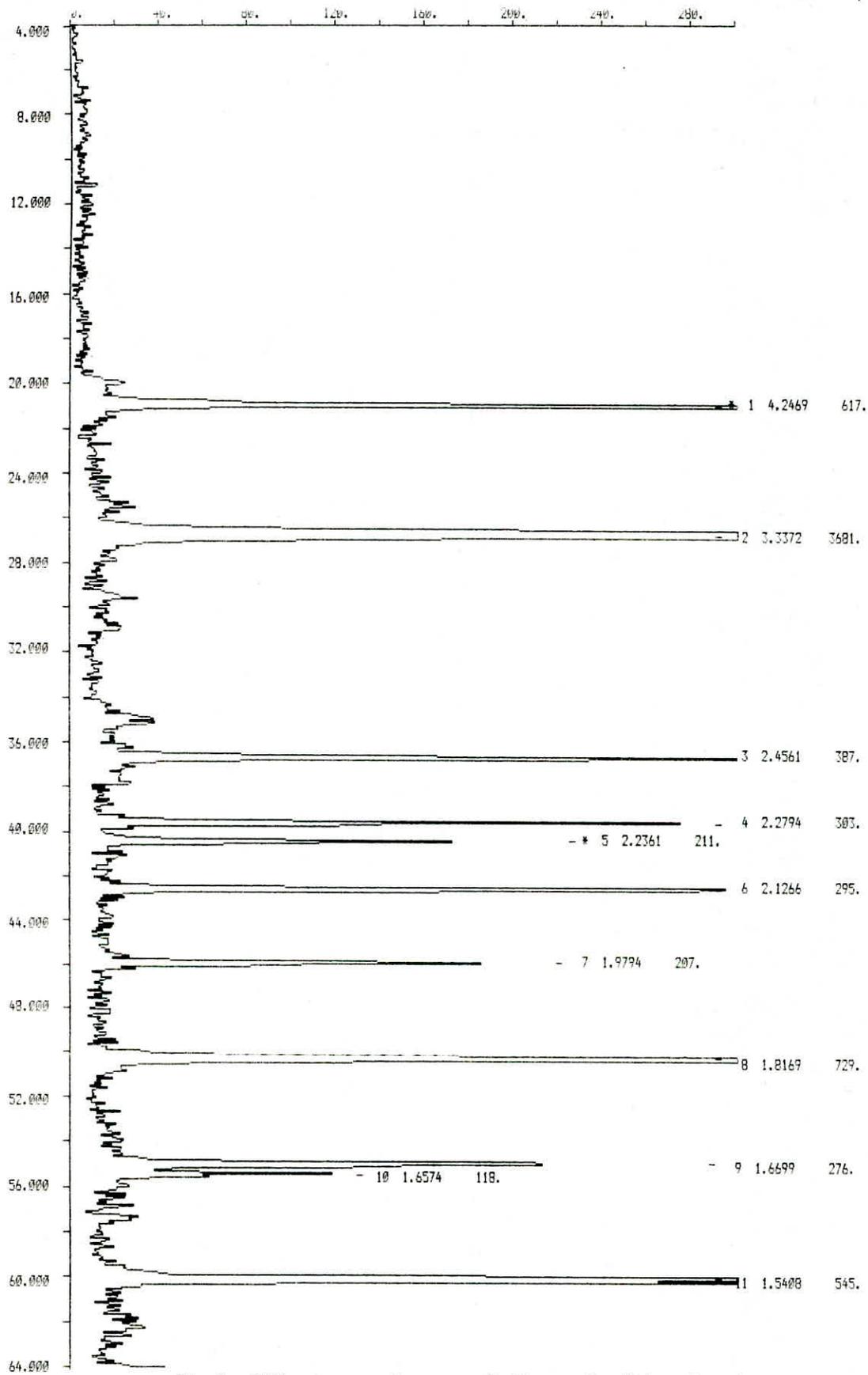


Fig. 9 - Diffraction rampes des rayons X d'un acier (Echantillon 9)

Ech	M I N E R A U X							
	CALCITE		DOLOMITE		QUARTZ		FELDSPATH	
N°	I	d (A)	I	d (A)	I	d (A)	I	d (A)
1	1083	3.026	70	2.901	76	3.340		
2	1427	3.030	581	2.897	128	3.341		
3	201	3.029	1133	2.892	225	3.343		
4	197	3.015	2443	2.880				
5	2178	3.034	79	2.888				
6	136	3.030	1426	2.892				
7	1168	3.025	46	1.400	112	3.338		
8	2061	3.028	92	2.888				
9	97	3.027			1011	3.335	271	3.187
10					1952	3.334	56	3.196
11	1872	3.027	39	2.888	74	3.341		
12	521	3.024					104	3.189
13					3689	3.337		
14	187	3.025	61	2.888	4149	3.336		
15	533	3.020	10737	2.880	335	3.339		
16	83	3.016			4142	3.325		
17	1636	3.020	128	2.893	623	3.328		
18	986	3.033	165	2.907	554	3.349		
19	2517	3.021	95	2.831				
20	243	3.034	72	2.908	1501	3.332		

Tab 1- Résultats obtenus par diffractométrie aux rayons X pour vingt (20) échantillons

3) Les minéraux argileux.

Les argiles sont représentées essentiellement par la kaolinite, l'illite, la chlorite et la muscovite.

- a) La kaolinite (ech. 9) est caractérisé par une raie principale (001) qui apparait à 7,06 Å°.
- b) L'illite : elle apparait en trace dans plusieurs diffractogrammes.
- c) La chlorite : elle apparait en trace (ech. 9).
- d) La muscovite (ech. 9) se caractérise par sa raie maximale à 9,95 Å°.

Le calcul des proportions relatives de ces espèces minérales dans les différents échantillons nous permet de comparer leur prédominance dans les principaux niveaux étudiés.

Ainsi, les niveaux à dominantes calcaires sont représentés par l'Eocène, le Lias et le passage Crétacé - Eocène.

Compte tenu des descriptions bibliographiques et des observations effectuées sur le terrain (succession des faciès), nous rangeons les dolomies dans les niveaux de l'Eocène basal et du passage Permo-trias-lias.

Outre les grès oligocènes (couverture) et numidiens,

le quartz est prédominant dans les pseudophtanites de l'Aquitanién et les phtanites du Massylien.

Les argiles sont présentés dans l'ensemble des niveaux, mais souvent, en trace.

..//..

Ech N°	MINÉRAUX EXPRIMÉS EN (%)					
	CALCITE	DOLOMITE	QUARTZ	FELDSPATH/CILORITE	KAOLINE	
1	93	3	4			
2	66	28	6			
3	12	72	14			
4	11	89				
5	96	4				
6	9	91				
7	88	3	8			
8	95	5				
9	6		69	18	3	3
10			97	3		
11	93	2	4		6	
12	25		69			
13			100			
14	3	2	95			
15	3	94	3			
16	2	98				
17	58	8	34			
18	58	32	0			
19	96	4				
20	14	4	88			

Tab 2- Pourcentages minéralogiques calculés pour tous les échantillons

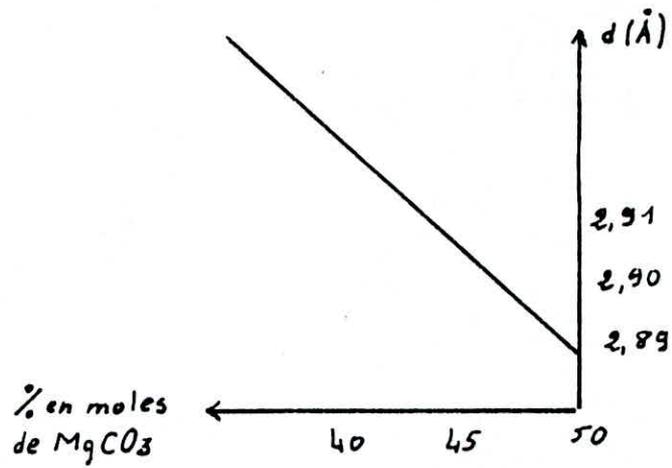


Fig 10

Fig. 10 Diagramme de Goldsmith et Al (1961) (Cité par CHABOU, S 1987) montrant les proportions relatives aux molécules de Mg CO₃ des différentes dolomites échantillonnées.

II. / Analyse Chimique.

L'analyse chimique a été réalisée au laboratoire de chimie, à l'U.R.E.G.

Elle a pour but de préciser les proportions des espèces minérales déjà mise en évidence par l'étude pétrographique et l'étude minéralogique.

Compte-tenu des difficultés d'ordre financière pour l'obtention d'analyses peu d'échantillons ont été analysés et le choix a porté sur ceux de l'Eocène (ech. 8) et du Lias (ech. 11) plus intéressants pétrographiquement et ce, par la présence du fer.

Nous avons considéré également les niveaux qui servent de toit à ces formations, représentés par l'Aquitainien (ech. 10) et l'oligocène (ech. 9).

Les différentes opérations chimiques utilisées en vue de la mise en évidence des éléments majeurs sont les suivantes :

- . Une mise en solution des échantillons, préalablement pulvérisés, par une fusion alcaline.
- . L'analyse par gravimétrie pour la mise en évidence de la silice.
- . L'analyse par complexométrie (EDTA) pour l'identification des oxydes de fer (Fe_2O_3), d'aluminium (Al_2O_3), de calcium (CaO) et de magnésium (MgO).

Les résultats sont donnés en pourcentages pondéraux des éléments minéraux sous forme d'oxydes.

../. ..

Comme le montre le tableau 3, tous les éléments majeurs n'ont pas été dosés, en effet, il manque Na, K et Ti.

Aussi, l'utilisation de la perte au feu ne peut se faire pour apprécier tous les pourcentages relatifs aux phases minérales existantes, à savoir :

- La silice libre (Quartz),
- Les silicates (feldspaths, argiles),
- Les carbonates (dolomite, calcite),
- Le fer.

On sait que les argiles contiennent Na_2O , K_2O , TiO_2 et Fe_2O_3 et de l'eau liée (non dosés).

D'autre part, les carbonates contiennent CO_3^{2-} dont la valeur est représentée par la perte au feu à 1000°C ce qui n'est pas précisé.

Le fer quant à lui, est présenté comme fer total, ce qui exclut d'en rattacher une partie aux silicates.

Compte-tenu de ces éléments, les seules observations que nous pouvons faire consistent à évaluer approximativement le pourcentage du fer ; celui-ci est relativement élevé dans les quatre échantillons si on le compare aux pourcentages de SiO_2 et d' Al_2O_3 .

Les rayons X ont mis en évidence des argiles représentés par de la kaolinite, de l'illite en faible proportion qui ne sont pas ferrifères.

../..

Seul l'échantillon 9 contient de la chlorite qui pourrait être ferrifère, et dans ce cas, le fer libre observé dans les microfaciès existe cependant et sa présence est soulignée par le pourcentage élevé de Fe 2 O 3.

On peut donc dire que ces analyses chimiques ont confirmé la présence, en quantité notable de fer dans les niveaux yprésiens, oligocène, aquitaniens et liasiques (ce qui s'observait déjà dans l'étude des microfaciès).

Ech	SiO ₂	AlFeO ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P.F
8	1.34	0.90	0.90	53.78	0.28	43.11
9	74.55	5.16	5.16	3.86	1.20	4.33
10	79.10	10.22	2.88	1.17	0.92	4.12
11	2.74	1.54	1.76	51.31	0.96	40.91

Tab 3 - Pourcentages chimiques de quelques éléments pour quatre (4) échantillons

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude macroscopique nous a permis d'observer que le fer se localise dans les poches karstiques, à la faveur des accidents qui ont affecté la série de Koudiat - El-Madène.

Il est également présent dans les fissures observées à la fois, dans les grès du Permo-trias et les calcaires du Lias et de l'Eocène.

L'étude pétrographique que révèle une phase de ferruginisation importante qui affecte tous les niveaux stratigraphiques et les phases minérales rencontrées ;

Ceci se remarque plus dans les niveaux éocènes et liasiques.

L'étude minéralogique précise la présence du fer, puisqu'il a fallu l'éliminer afin de mettre en évidence les autres minéraux.

L'étude chimique, quant à elle, confirme les résultats obtenus précédemment dans les niveaux liasiques, éocènes, aquitaniens et oligocènes (malgré le peu d'échantillons analysés).

L'ensemble des méthodes utilisées lors de ce travail, permet de conclure que le fer, omniprésent en faibles proportions dans le temps, se concentre dans des cavités de dissolution (Karst) durant l'Eocène supérieur et se substitue aux phases minérales présentes par épigénie du Permo-trias à l'Aquitaniens.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Les méthodes d'étude.....	1
I - Observation des affleurements.....	1-2
II - Observation des échantillons au microscope polarisant.....	2-4
III - Détermination des minéraux par diffractométrie.....	4-5
CHAPITRE II : Géologie de la région.....	6
I - Présentation de la série stratigraphique de l'unité de Koudiat El-Madène.....	10-12
II - Description détaillée des principaux Faciès.....	12-16
CHAPITRE III : Description lithologique.....	17
I - Cartographie.....	17-20
II - Description lithologique.....	20-28
CHAPITRE IV : Etude pétrographique.....	28
A) Introduction.....	28
I - Le Permo-trias.....	28
II - Le passage Permo-trias-Lias.....	28-29
III - Le lias.....	30
IV - Le Crétacé.....	32-35
V - L'Eocène.....	35-39
VI - L'Aquitanién.....	39-40
VII - L'Oligocène.....	40
VIII- Le Flysch massylien.....	41
IX - Le Flysch numidien.....	41
B) Diagenèse.....	42
C) Le Fer.....	43

CHAPITRE V : Etude minéralogique et chimique.....	44
I - Analyse diffractométrique.....	44-50
II - Analyse chimique.....	50-55
Conclusion Générale.....	56

BIBLIOGRAPHIE

BOUILLIN. J.M.P., DURAND.M.D. ET al, 1970

Définition d'un flysch massylien et d'un flysch maurétanien au sein de flyschs allochtones de l'ALGERIE.

C.R. acad - PARIS, t.270, p 2249 - 2252.

BOUILLIN. J.P., DURAND .M.D. étal, 1973

Les olistostromes d'âge miocène inférieur liés aux lyschs allochtones kabyles de l'orogène alpin d'ALGER.

BS.F.G-F XV, n° 3-4.

CHABOU.S, 1987

Etude de la série phosphatée tertiaire de Djebel Onk (ALGERIE).

Stratigraphie, pétrographie, minéralogie et analyse statistique.

Thèse- 372 p. Marseille.

ELF AQUITAINE, 1975.

Essai de caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés.

1 - Elément d'analyse SNPA, Fasc. 1, 173p.

2 - Elément d'interprétation SNPA, Fasc. 2, 231p.

GLANGEAUD - L et AYME.A, 1935

Notice détaillée de la carte géologique au 50.000e de l'Arba (Wilaya d'ALGER) et essai d'hydrologie de la Mitidja.

Stratigraphie. Descriptions régionales

Publ serv geol ALGERIE (deuxième série)

In - 8°, 52p, 4 fig. h;t; (cartes et coupes).

LUCAS J., GROS P. et LANG J. 1976

Etude microscopique des roches meubles et consolidées.

In " les roches sédimentaires ", 2 DOIN, Paris, 503p.

ROUBAULT. M. et al

Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant
Ed. Lamarre - Poinat p.348.

TEFIANI. M, 1967

Le flysch crétacé-nummulitique de l'unité du Djebel Zima
(Sud-Est ALGEROIS)

Pub. serv. Géol. ALGERIE (Nouvelle série) Bull n° 35 p77 à 80

TEFIANI. M. 1970

Présence d'olistostromes à la base des nappes de flyschs reposant sur
la dorsale Kabyle au sud-Est d'ALGER.

Extrait du "C.R. Sommaire des séances de la soc Géd de France"

Fasc. 8. P.315.

TEFIANI. M., 1973

L'unité de Koudiat - El-Madène (Arba), élément interne de la dorsale
Kabyle.

Bulllk. Soc. Nat Afr. Nord, Alger t 64, Fasc. 1 et 2.

A N N E X E

- Fig. 1 Localisation de la région d'étude et représentation des différentes unités géologiques de la feuille de l'Arba (Glangeand L. et Ayné A. 1935)
- Fig. 2 Coupe à travers les flyschs au sud massif ancien (d'après TEFIANI. M. 1967)
- Fig. 3a Olistostostromes situés à la base des flyschs et reposant sur la dorsale Kabyle (d'après TEFIANI. M. 1970)
- Fig. 3b Olistostostromes situés à la base des flyschs et reposant sur les pseudophtanites de l'aquitainien (TEFIANI. M. 1967)
- Fig. 4 Carte géologique au 1/20000 de la région de Kouidet El Madene
- Fig.5 Coupe schématique à travers les formations liées au permotrias et à l'Eocène.
- Fig.6 Coupe montrant les flyschs massyliens à la base de la couverture oligocène et reposant sur la dorsale (Permotrias).
- Fig.7 Log stratigraphique représentant la série reconnue à Kouidet El Madene.
- Fig.8 Diffractogramme des rayons X d'un carbonate (ech.8).
- Fig.9 Diffractogramme des rayons X d'un grès (ech.9).
- Fig.10 Diagramme de Goldsmith et Al (1961) (Cité par CHABOUS, 1987) montrant les proportions relatives aux molécules de Mg CO₃ des différentes dolomites échantillonnées.
- Tab.1 - Résultats obtenus par diffractométrie aux rayons X pour vingt (20) échantillons.

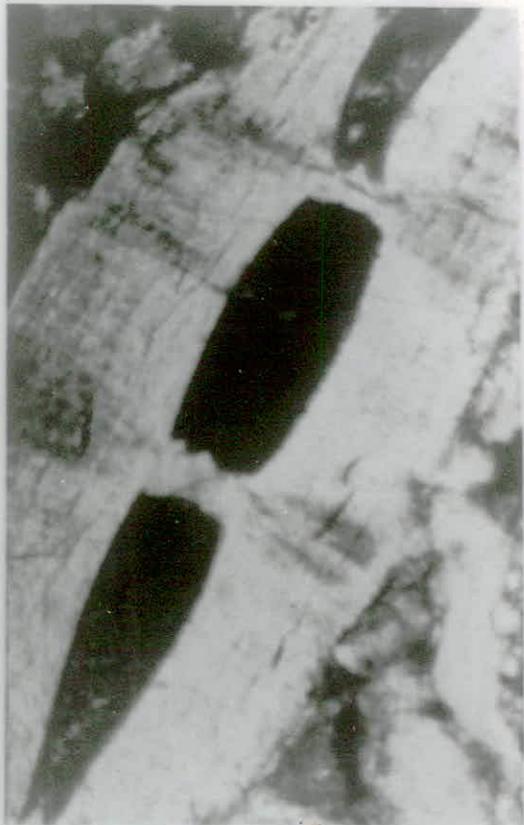
Tab. 2 - Pourcentage minéralogiques calculés pour tous les échantillons (20).

Tab.3 - Pourcentages chimiques de quelques éléments majeurs pour quatre (04) échantillons.

7

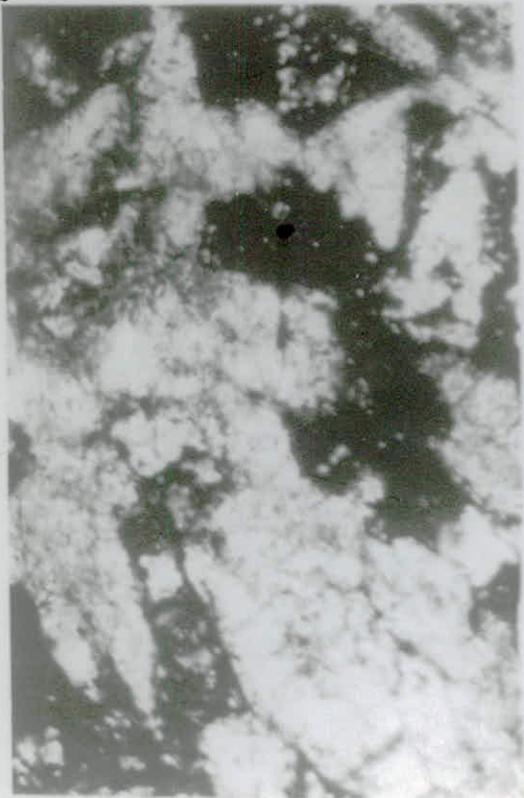


5



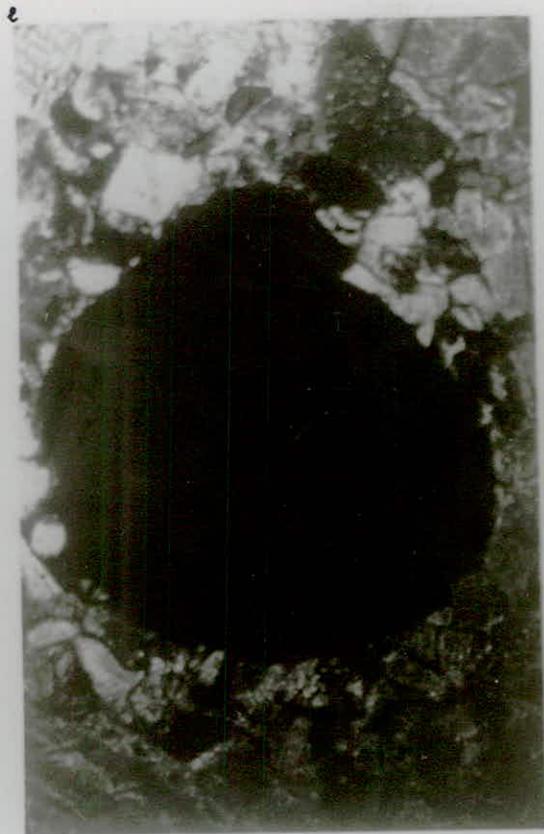
0 1mm

8

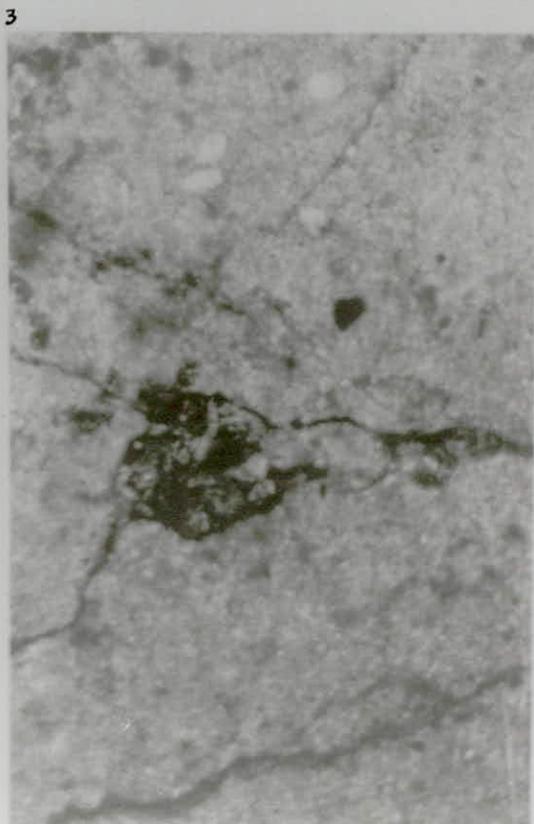
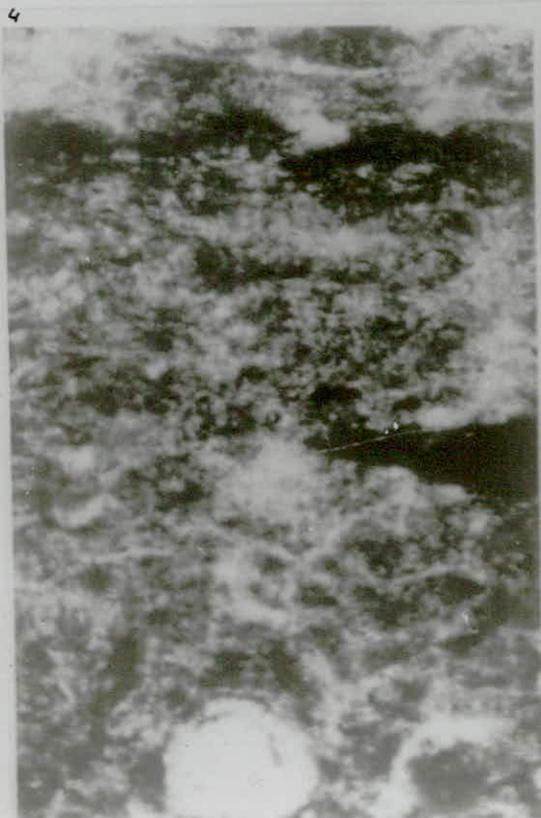


6





0 4mm



- 1-Bioclaste à Nummilite (loges ferruginisées)
(Ech 1) Eocène.
- 2-Structure algale (Rhodophycée)
(Ech 1) Eocène.
- 3-Micrite fissurée (ferruginisation des fissures)
(Ech 11) Lias.
- 4- Structure orientée laminaire à Radiolaires d'une
pseudo-phtanite
(Ech 10) Aquitanien.
- 5-Ferruginisation des loges d'un Foraminifère
(Ech 19) Eocène.
- 6-Ferruginisation des fissures et des loges de foraminifères
(Ech 11) Lias.
- 7-Ferruginisation de rhomboèdres de dolomite
(Ech 7) Passage Crétacé-Eocène.
- 8-Sparite en voie de ferruginisation
(Ech 8) Eocène.

