

Sedimentological and Lithostratigraphic Study of the Senonian Series in Timstiguite Region, Central High Atals, Morocco

Abdelouhed Farah^{1*}, Ahmed Algouti² & Abdellah Algouti³

^{1,2,3}University of Cadi Ayyad, Faculty of Sciences Semlalia, Department of Geology, Geoscience Geotourism Natural Hazards and Remote Sensing Laboratory (2 GRNT), BP 2390, 40000, Marrakech, Morocco

Corresponding Author: Abdelouhed Farah, E-mail: farah6faragh@gmail.com

ARTICLE INFORMATION

Received: November 02, 2020

Accepted: January 05, 2021

Volume: 2

Issue: 1

DOI: 10.32996/jeas.2021.2.1.1

KEYWORDS

Sedimentology, Senonian series, Timstiguite Region, Central High Atlas of Morocco

ABSTRACT

In this paper, we present the sedimentological, stratigraphic and paleogeographic aspect of the Upper Cretaceous red formations (Senonian series) of Timstiguite region (Central High Atlas of Morocco). The formations were measured bed by bed and sampled in a very detailed way. An exoscopic analysis of the quartz grains was carried out by a systematic prospecting of the grains relief and their surface characteristic, this led us to characterize their origin and consequently to determine the different paleoenvironments. The clay sediments of these formations seem to be a favorable prospect in point of view: evolution of the clay and non-clay sediments in this central basin of the High Atlas will depend mainly on the conjugation of tectonic, eustatic, climatic and other influences. The senonian thickness is more important than other sub basins (Albban and Imider) where it shows a very reduced thickness. The Senonian of Timstiguite corresponds to a succession of detrital and evaporitic carbonate facies, which confirms a coastal depositional environment with passages of some periods of marine emersions.

1. Introduction

Le Sénonien se présente au Maroc sous quatre faciès (Choubert, G., Du Dresnay, R., & Hindermeyer, J. (1950). dans les fausses des Haha et la région de Khouribga, c'est un ensemble de marne grise devenant jaune aux affleurements, on les retrouve aussi dans les Moyens Atlas. Le long des deux massifs centraux du Haut Atlas ainsi que dans le Maroc oriental, on rencontre un régime mixte comportant des formations continentales, et lagunaire précédant une série marine ou alternant avec des formations marines marneuses et calcaires. Généralement un régime mixte qui passe latéralement à l'Est à un régime lagunaire ou laguno-continentale. Ce passage latéral s'observe sur deux flancs du Haut Atlas occidental et central. La zone de passage peut montrer encore des influences marine plus en plus importantes : ce sont tantôt des couches de marne verte, tantôt des grès jaunes. Vers l'est, elles cèdent la place à des formations lagunaires, apparaissant sur de grandes distances, au sein des dépôts continentaux. 4- le long du flanc Sud du Haut Atlas oriental dans le sillon Pré africain (Ksar es Souk-Boudnib) ainsi que dans la partie SE des hauts plateaux (Chott Tigris) on ne connaît qu'un Sénonien rouge entièrement continental. Se sont généralement de grès plus rarement des marnes rouges. Sur le versant Nord du Haut-Atlas Occidental BRIVES avait trouvé une Ammonite : *Mortoniceras (Texanites) texanum* qui date le Santonien (Brives, A. (1919). Les premières études géologiques de détail de la région ont été lancées par (Moret, 1925) en 1957, à la suite des recherches de la Société Chérifienne de Pétrole concernant particulièrement les séries crétacées du Maroc, DUFFAUD et RIVIER ont décrit une coupe à Imin'Tanout sur le versant Nord du Haut-Atlas Occidental. Donne une étude stratigraphique du bassin sédimentaire du Sud-Ouest Marocain. Il faut attendre l'année 1963, pour voir apparaître une synthèse d'un travail d'AMBROGGI, qui a duré une quinzaine d'années, sous forme de Doctorat d'Etat. Son travail concernait la partie méridionale du Haut-Atlas Occidental et la plaine du Souss. Il a pu apporter des précisions stratigraphiques sur le Sénonien grâce à des découvertes paléontologiques nouvelles fondées essentiellement sur des niveaux à Ammonites. Il a daté ainsi le Coniacien par *Hemitissotia turzoi* KARR et *Plesiotissotia dullai* KARR, le Santonien par *Texanites texanum* ROEM, le Maastrichtien par *Baculites* sp, tandis que le Campanien a été daté uniquement par la microfaune, en absence des Ammonites. Durant les années 1971 un

découpage stratigraphique a du Mésozoïque et du Cénozoïque du bassin Sud-Ouest Marocain a été proposé et dressé les premières cartes géologiques au 1/100 000 de la région (DUFFAUD, J., HEROS, R., GAUDI.1971).En 1975-1982, une équipe de l'institut géologique de l'Université de Bonn en collaboration avec WIEDMANN et son groupe (Behrens et al., 1978; Stets & Wurster, 1982)ont proposé une reconstitution paléogéographiques du Crétacé, tout en résumant l'histoire structurale du Golfe Atlantique et sa relation avec l'ouverture de l'Océan Atlantique, depuis le Trias jusqu'au Cénozoïque, et en donnant une subdivision stratigraphique des séries crétacées. (FERRANDINI, J., & LEMARREC, A. (1982) ont montré l'allochtonie de la couverture mésozoïque (Jurassique à Paléogène) de certaines cuvettes d'Ait Ourir (versant Nord du Haut-Atlas de Marrakech). a mis en évidence l'existence, au Sénonien, d'une sebkha littorale fortement subsidente à l'Est de la cuvette de Jbel Sour dans la région d'Ait ourir (versant Nord du Haut Atlas de Marrakech) (AZZAOU, 1986). En 1988, OUGARANE a étudié deux coupes du Sénonien du versant Sud du Haut-Atlas Occidental, dans la région d'Imini (Gara Assaoud et Ste Barbe). Il en a dégagé un milieu "lagunaire", entrecoupé par deux épisodes marins à sédimentation oobioclastique. Les faciès rencontrés montrent une sédimentation détritique (grès et micro-conglomérat) formé dans un milieu fluviatile et une autre évaporitique recevant des décharges oobioclastiques dans un milieu lagunaire. En 1989, IÇAME après son étude biostratigraphique de la coupe d'IminTanout étalée depuis l'Albien jusqu'au Maestrichtien, a remarqué une lacune probable, du Santonien et du Campanien, avec un dépôt maestrichtien reposant directement sur le Coniacien. (Daoudi, 1991), en étudiant les assemblages argileux des sédiments du Jurassique supérieur à l'Eocène, leurs modifications diagénétiques et leurs influences vis-à-vis de l'évolution des environnement de dépôt dans le Golfe atlantique, a montré que le Crétacé supérieur correspond à une période stable qui permet le développement de couvertures pédologiques à smectite et l'individualisation de milieux confinés favorables à la genèse d'argiles fibreuses, sous un climat chaud à alternance de périodes sèche et humide. E. (Algouti, 1991) A proposé une histoire paléogéographique pour le Sénonien du versant Nord du Haut-Atlas de Marrakech, depuis Jbel Sour à l'Est jusqu'à Imin'Tanout à l'Ouest, fondée sur l'étude des faciès, leur milieu de dépôt et leur évolution dans l'espace et dans le temps (Rhalmi, 1992)lors de son étude des étages Cénomaniens et Turonien de la région d'Imini, a décrit les faciès sénoniens trouvés à Tighrmit-Est (Gara Assaoud) et à Ste Barbe et leur évolution diagénétique.(Boummane, 1995)a proposé un schéma d'évolution tectono-sédimentaire du bassin d'Erguitta depuis le début du mésozoïque jusqu'au Mio-Pliocène. (Boutchich, 1997) a établi un découpage séquentiel, basé sur une étude sédimentologique et micropaléontologique, des séries sénoniennes du Bassin d'Essaouira.

2.Contexte géographique

La zone d'étude (Timstiguite) est située 23 km au Nord-est de la ville de Kelaat M'gouna, province de Tinghir région de Draa Tafilalet. Cette zone (Timstiguite) appartient à la bordure Sud de Haut Atlas centrale limité au Nord par l'accident Sub-atlasique, au Sud par le prolongement des formations de l'Anti Atlas oriental, à l'Est par le Haut Atlas orientale et à l'Ouest par le bassin d'Agadir (Fig.1).

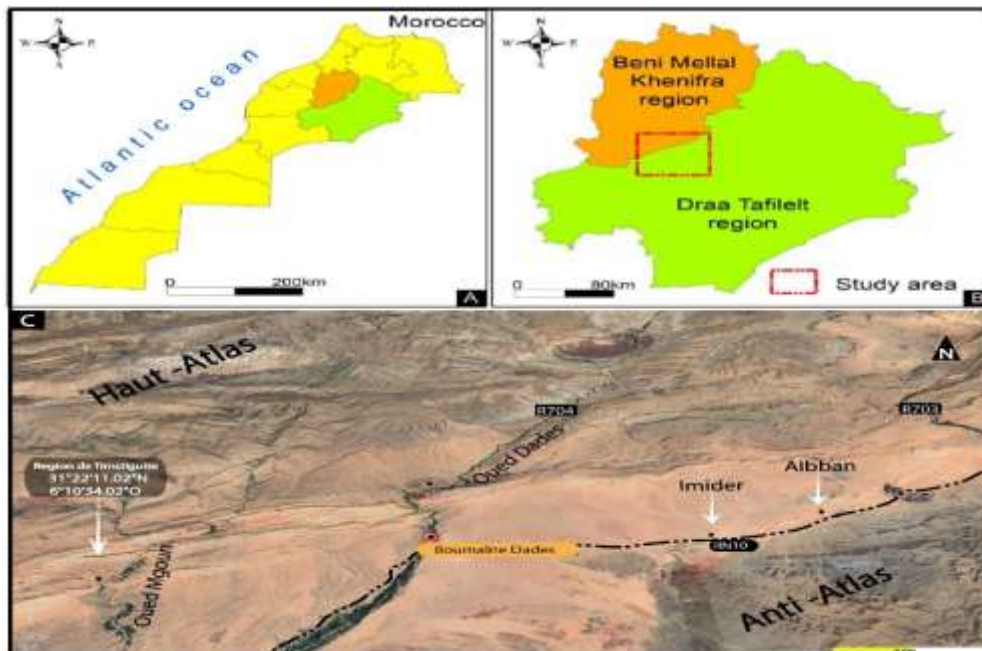


Figure.1 A : Carte du Maroc, B : Région de Draa Tafilalet. C ; Localisation géographique de la coupe géologique de référence réalisée (image google earth)

3.Contexte géologique

La ville de Kelaat m'gouna appartient au bassin sédimentaire de Ouarzazate, Généralement ce bassin est caractérisé par l'affleurement du Néogène. Le sommet du M'Goun est constitué d'une longue crête qui dépasse ou approche les 4000 mètres d'altitude sur une longueur de dix kilomètres. En fait cette crête est un anticlinal. La roche, à la surface, est un calcaire dur. Son versant nord a été creusé par des glaciers lors des glaciations du Quaternaire si bien qu'aujourd'hui quatorze combes s'y alignent perpendiculairement à la ligne de faite. Par contre la zone de Timstigitte, qui se trouve dans la partie sud de Haut Atlas Central est très connue par la présence du jurassique et crétacé en général et par le Sénonien en particulière dans cette zone étudiée. (Fig.2)

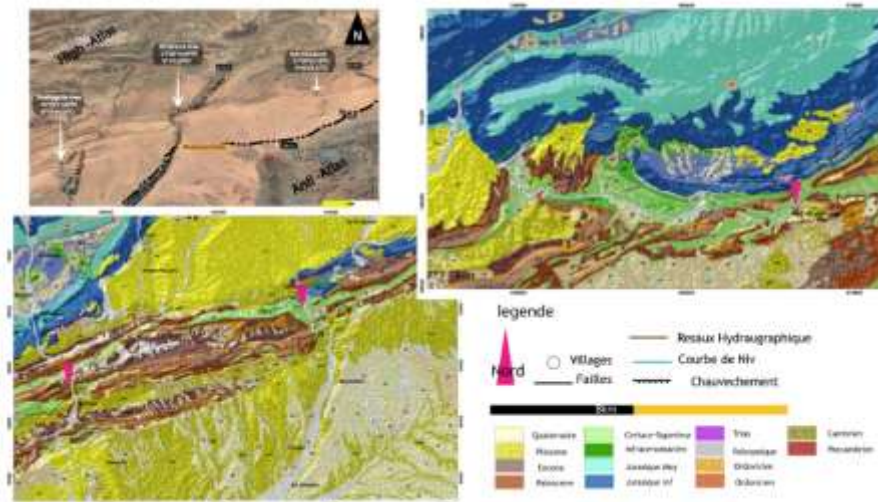


Figure.2. Extrait simplifiée des formations sénoniennes (voir légende) alignées ENE, sur base d'utilisation d'une carte géologique Jbel Saghrou Dades (1 / 200 000) et outils du système d'information géographique

4.Contexte hydrologique

L'Oued M'goun qui constitue le principal cours d'eau de la zone de Timstigitte, coule du Nord-est au Sud-ouest et verse dans l'Oued Dades, qui est le principale cours d'eau de la ville de Kelaat M'gouna. Alimentant en grande partie, le barrage El Mansour eddahbi, ce dernier fut construit en 1971 en aval de l'oued Draa. Il se situe à Ouarzazate à 90 km au Sud-ouest de Kelaat M'gouna, (Fig.3). Le réseau hydrographique de la zone de Dadès est formé par l'Oued Dadès avec son affluent M'goune, Le volume moyen annuel des ressources en eau de surface est estimé à 270 Mm³ dont 147Mm³ apportés par Oued M'goun, 120 Mm³ drainés par la partie amont d'oued Dadès. En ce qui concerne les eaux souterraines, le haut sous bassin d'Oued Dadès et le sous bassin d'oued M'goun sont constitués par les calcaires et dolomies du « Lias » et les grès du « Jurassique » qui sont largement fracturés et peuvent emmagasiner une part importante des eaux de pluies et de fonte de neige.



Figure.3 Réseau hydrographique de la zone étudiée

5.Methodologie

Le travail se concentre sur l'aspect stratigraphique et sédimentologique du crétacé supérieur (Sénonien) dans la région de Timstiguite. Les échantillons ont été prélevés, et les coordonnées notées (points GPS, dip...), les successions lithologiques ont été décrites de la base au sommet. L'objectif est généralement de répondre à ces questions : comment l'affleurement du Crétacé supérieur à Timstiguite se présente-t-il ? Quel est l'aspect dominant pour le faciès ? Comment les mesures tectoniques et les figures sédimentaires peuvent-elles nous aider à retracer les différents paléoenvironnements ? Nous nous sommes également basés sur l'analyse des grains de quartz pour déterminer leur histoire paléogéographique, l'analyse de la composition de l'argile qui varie le long de la section réalisée, nous a beaucoup aidé à bien retracer certains milieux de dépôts des formations sénoniennes de Timstiguite

6. Résultats et discussion

Localisation de la coupe de référence de la région d'étude (coupe Timstiguite)

La coupe Timstiguite a été réalisée dans le petit village de Timstiguite avec une direction NW-SE. Elle est levée sur la rive gauche d'Oued M'goune, près de la route régionale menant à Ighil M'goune. Les Coordonnées GPS : N 31° 21' 57,0'' W 6° 10' 46,3''(Fig.4)



Figure.4 Situation géographique de la coupe réalisée (AB) "Timstiguite".

La coupe réalisée est caractérisée par une formation d'épaisseur d'environ de 500m. Elle est composée d'un faciès détritique généralement rougeâtre. Elle s'organise d'une alternance de marne verte et d'argile rougeâtre à la base, et de grès fin avec des argiles très gypsifères au sommet. Cette formation sénonienne est limitée à la base par une barre de calcaire dolomitique jaunâtre (Cénomano-Turonien), et au sommet par une grande falaise de nature dolomitiques qui revient au Paléocène.

Unité

Pour rendre mieux l'interprétation et la compréhension de la coupe étudiée nous avons adopté un certain découpage de la coupe en trois unités bien distinguées.

Unité 1 : La première unité est délimitée à la base par une barre de calcaire dolomitique à surface oxydée, perforée et fossilisée qui traduit le Cénomano-Turonien (Fig.5.A). Après une succession de marne verdâtre et argile rouge avec la mise en place d'une barre carbonatée riche en lamellibranche, cette dernière est souvent déposée lors d'une première incursion marine qui a affecté tout le Sénonien de la région (Fig.5.B,C), vers le sommet de cette unité, nous constatons toujours les mêmes faciès de marnes et argiles, mais parfois des faciès marno-argileux à gypse fibreux qui se répètent le long de cette unité 1(Fig.5.D)

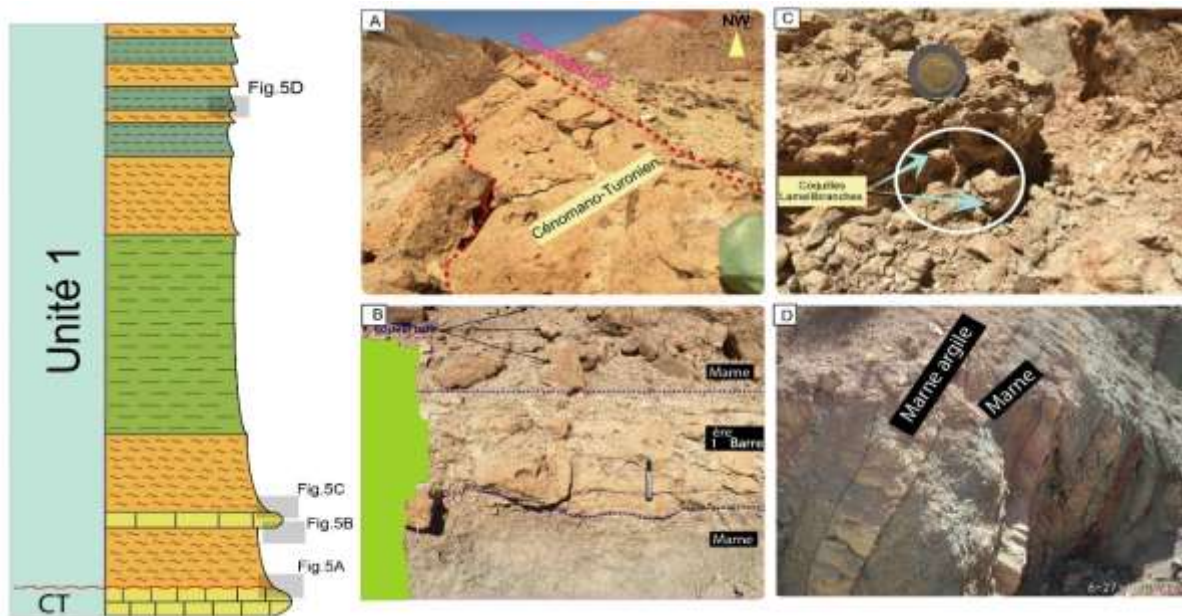


Figure .5 : à gauche : détail lithologique de l'unité 1, à droite photos de formations lithologiques, certains figures et fossiles de même unité 1 (A : Cenoman-Turonien, B : 1 ère barre carbonatée, C : Coquilles de Lamellibranches, D : alternance marne et argile)

Unité 2 : Au début de cette deuxième unité, nous voyons une séquence de 10m d'épaisseur, présentant l'alternance des bancs de grès avec des interbans d'argiles rouges meubles et parfois consolidés selon leurs conditions de dépôt, les grès montrent une variation de granulométrie de fine en grossière également nous distinguons entre trois type de grès, grès fin, un grès moyen et un grès grossier, ceci est toujours liée aux environnements de dépôts qui changent, Les gypses fibreux interstratifiés(Fig.6.C) dans les argiles et dans les marnes parfois occupent toute l'unité 2(Fig.6.A,B) .vers la partie supérieure de l'unité ,les couches de marne verte apparaissent, remplaçant celles d'argiles, mais cette fois-ci elles sont très fossilisées (Fig.6.D),D'une manière sommaire nous pouvons annoncer ,que ces dépôts détritiques et évaporitiques reflètent des milieux lagunaires continentales.

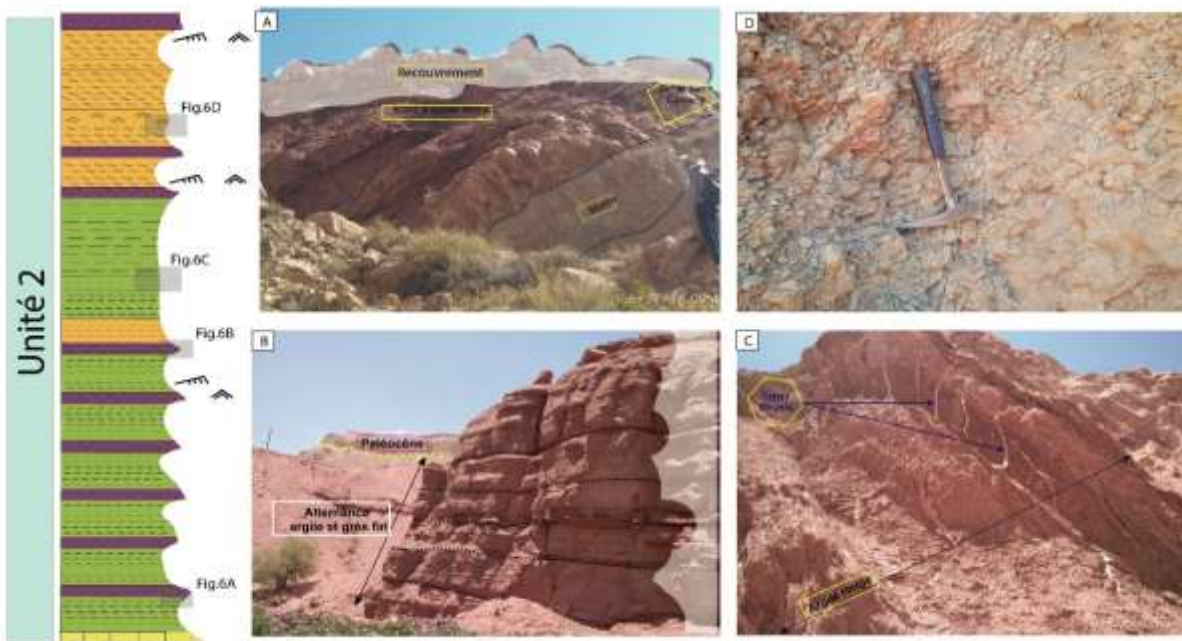


Figure .6 : à gauche : détail lithologique de l'unité 2, à droite photos de formations lithologiques, certains figures et fossiles de même unité 2 (A : 2 -ème barre carbonatée, B : alternance argile et grès fin, C : Gypse secondaire, D : Coquilles de Lamellibranches)

Unité 3: L'unité 3 débute par une couche d'environ 2m d'épaisseur de marne verdâtre. Ce faciès est surmonté par d'une couche de marne-argileuse, la grande partie lithologique affleurent dans cette troisième unité, Le long de toute l'unité nous remarquons la présence des gypse fibreux et dans certains endroits des gypses saccharoïde, Les niveaux gréseux au milieu de l'unité 3 présentent des bases érosives à granulométrie grossier indiquant un hydrodynamisme important, les figures sédimentaires sur les grès sont bien visible tel que la stratification parallèle et oblique, la présence des kerkoubs et autres indicateur de dépôt de facièrè détritiquè (Fig7 .A,B et C) Cette unité et caractérisée au sommet par une couche de très fossilisée et parfois on trouve des gisements de fossiles de gastéropodes (Fig7. D). Finalement, toute la série du Sénonien se délimite par une barre de calcaire dolomitique de paléocène.

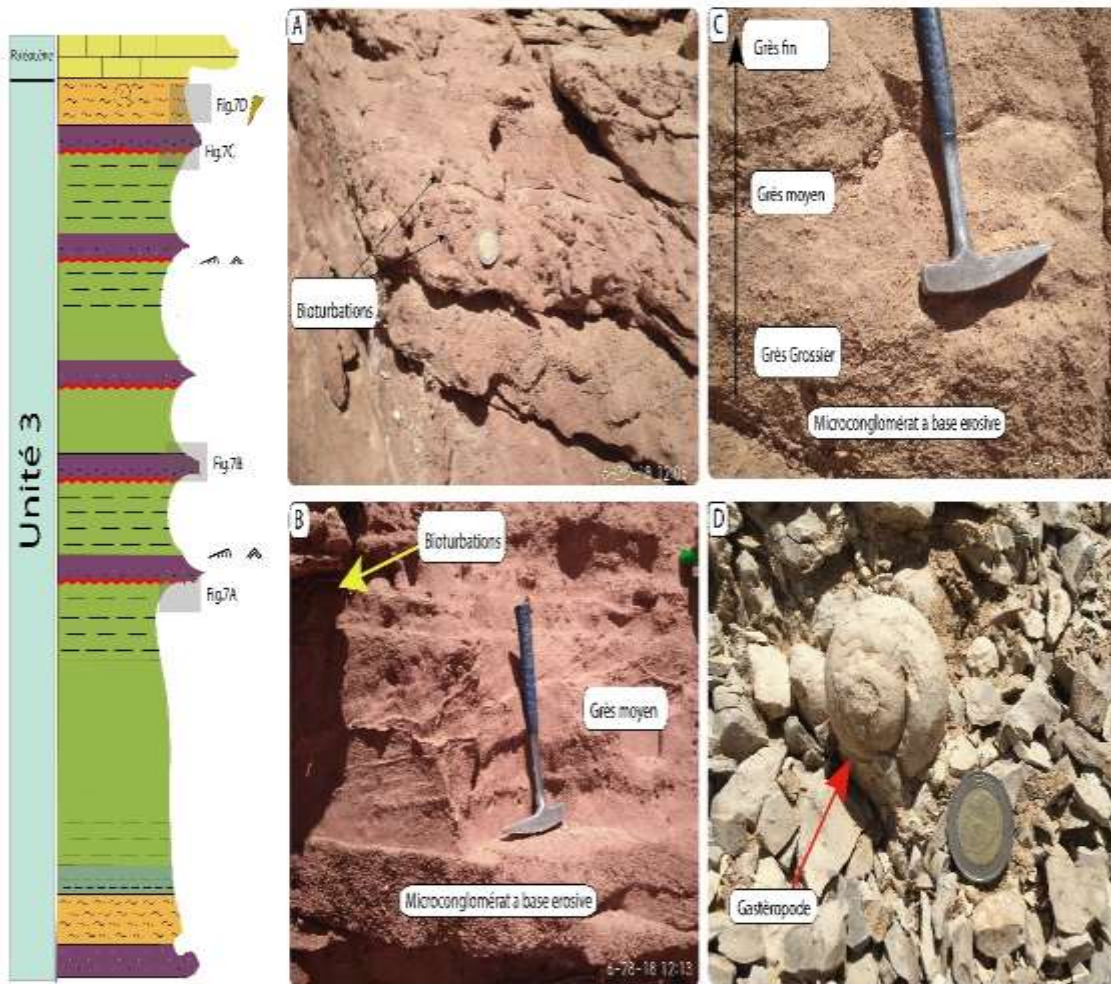


Figure .7 : à gauche : détail lithologique de l'unité 3, à droite photos de formations lithologiques, certains figures et fossiles de même unité 3 (A : Bioturbation, B : Base érosive, C : Granulométrie décroissante, D : marne a Gastéropode)

Le Sénonien de cette zone se considère comme une série d'un matériel rougeâtre, constitué généralement d'une alternance des argiles meubles et consolidées, et parfois des grès fins surtout dans la partie sommitale da la coupe mais aussi il y'avait des intercalations de marnes vertes partout, bien évidemment le caractère gypsifère s'observe clairement dans la coupe réalisée, ce gypse est de nature fibreux secondaire. La série sénonienne entrecoupe par deux petites incursions marines, de nature calcaire jaunâtre, avec une épaisseur de deux mètres. Puis en milieu de la coupe, on note bien l'apparition de grès fin à couleur rougeâtre avec des lits de gypse fibreux. En ce qui concerne l'aspect fossilifère, nous avons marqués la présence des fossiles tel que Gastéropodes, lamellibranches et autres espèces. De point de vue tectonique, les dépôts sénoniens enregistrent des manifestations de la tectonique, généralement postérieure ; un réseau de failles qui a affecte toute la série (planche annexe).

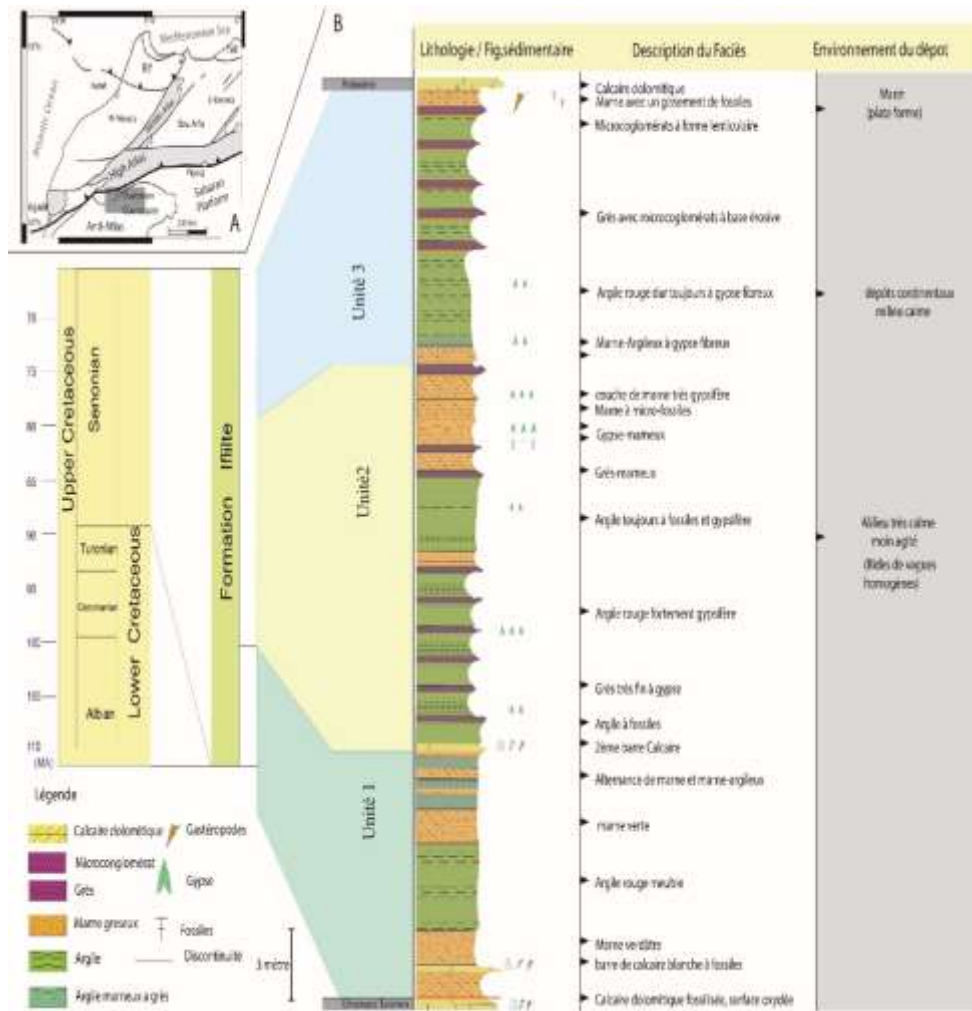


Fig.8 .A: Localisation de la coupe sur la bordure sud du Haut Atlas central Marocain B : Colonne litho stratigraphique de la coupe de Timstigitte avec certains détails de la lithologie et les figures sédimentaires et les milieux de dépôt

Analyse exoscopique

Le quartz est le minéral le plus abondant de la lithosphère, et en raison de sa dureté et sa résistance à l'abrasion et à la corrosion (absence de plan de clivage), il va représenter un grand pourcentage des sédiments terrigènes aussi bien continentaux que marins, essentiellement les sables. Le quartz est une espèce minérale du groupe des silicates, sous-groupe des tectosilicates, composé de dioxyde de silicium, ou silice, de formule chimique SiO₂, avec des traces de différents éléments tels que Al, Li, B, Fe, Mg, Ca, Ti, Rb, Na, OH. Le quartz, provenant de la désagrégation des roches sous l'action de divers agents d'érosion (eau, glace et vent), va se retrouver le long des cours d'eau, aux bords des mers, ou dans les régions désertiques. En milieu fluvial, les grains s'usent en fonction de la durée du transport et de son énergie (les grains restent généralement anguleux pour un transport court). L'usure affecte surtout la surface des grains et au cours du temps, on a une modification de leur forme (apparition de phénomorphes). Les grains de sable usés deviennent émoussés et luisants (milieu aquatique de longue durée), (Tableau.1). Ces caractéristiques du quartz permettent de réaliser de nombreuses analyses sédimentologiques se rapportant à sa forme. Celles abordées dans ce travail sont la morphoscopie et l'exoscopie.

Tableau.1 Caractéristique du minéral du quartz

	Clivage / Cassure	Dureté	Densité	Note
Couleur				
<i>Incolore, blanc, gris, jaune pâle, brun</i>	aucun clivage cassure conchoïdale et aussi cristalline	7	2,65	Le quartz est le minéral le plus commun du sable

L'étude exoscopique des grains de quartz montre d'une part l'existence de plusieurs types d'érosion mécanique et chimique, et d'autre part la présence de figures de dissolution sur la surface de plusieurs grains de quartz. Donc on peut constater que : Chaque grain à dépôts siliceux globuleux est le témoin d'un transport fluvial de moyenne énergie, en raison de leur abondance et de l'absence de marques sur leur surface, ils n'ont subi qu'un très bref transport fluvial de moyenne énergie. Il s'agit des grains de quartz d'échantillons : (Fig.9.a, b et c) évoluent probablement dans un milieu confiné (M'RABET et al., 1978). Des grains montrent des arêtes plus émoussées : (Fig.9.b et c) et d'autres dévoilent des traces de chocs ainsi que des traces de dissolution en V sur la surface des cassures a. Ces dernières peuvent correspondre à des traces de chocs et de frottements entre les grains en milieu aquatique de haute énergie (Flageollet, n.d.). Le début de polissage des cassures est le témoin d'un transport fluvial de moyenne énergie, postérieur au transport précédent, il s'agit des grains de quartz d'échantillons (Fig.9.b et c) certaines cassures très nettes, fraîches dessinant des arêtes vives comme c'est le cas pour les échantillons a. Ces cassures se sont produites le long des niveaux de moindre résistance, et montrent que ces grains sont d'abord évolués en milieu fluvial à haute énergie (Fig.9)

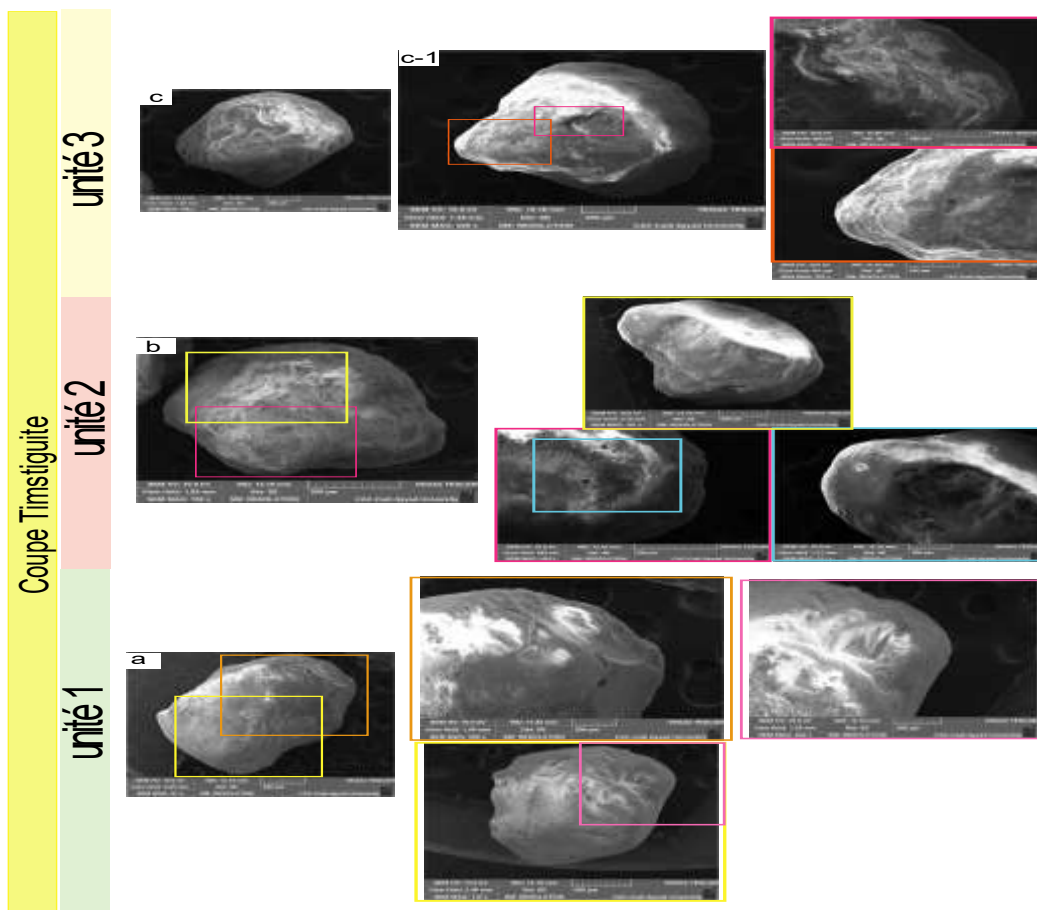


Figure.9 Analyse de la surface (exoscopie par MEB) des grains de quartz des échantillons a b et c des trois unités décrites

Cortège argileux

Minéralogiquement, les argiles correspondent à des minéraux aluminosilicatés, le plus souvent de la famille des phyllosilicates : ce sont des particules à base d'aluminium et de silicium oxydés, arrangées en feuillets de très faible épaisseur (entre 7 et 14 Å). Compte tenu de la granulométrie des particules et de leur structure (association de feuillets de très faible épaisseur), les matériaux argileux développent des surfaces spécifiques très élevées, comprises entre 5 et 800 m²/g, ce qui leur confère des propriétés d'adsorption très importantes (Caillère, 1982; Monjuvent, 1973). Parmi ceux-ci, nous nous limiterons plus particulièrement à trois familles importantes pour notre étude : les muscovites, les illites et les smectites. Les cortèges argileux rencontrés au niveau de la coupe de de Timstigitue (Fig.10) montrent l'omniprésence de l'illite et la muscovite dans les trois unités, la présence de l'illite suggère une active érosion de l'arrière-pays. Elle proviendrait vraisemblablement de l'altération superficielle des minéraux phylliteux préexistants. Son association avec la Muscovite dans la plupart du sénonien semble indiquer un apport fluvial des régions de piémont (Sittler & Millot, 1964). Le minéral muscovite (0-30%) est présent dans presque toute la section de la base au sommet, ce qui suggère plusieurs origines pour sa présence, des néoformations ou des altérations des roches marines (Jurassique) de Haut Atlas comme sources d'éléments constitutants de ce type de minéral. Toute cette variation est liée à une histoire d'une période relativement stable tectoniquement et un isolement du milieu sous un climat chaud et aride

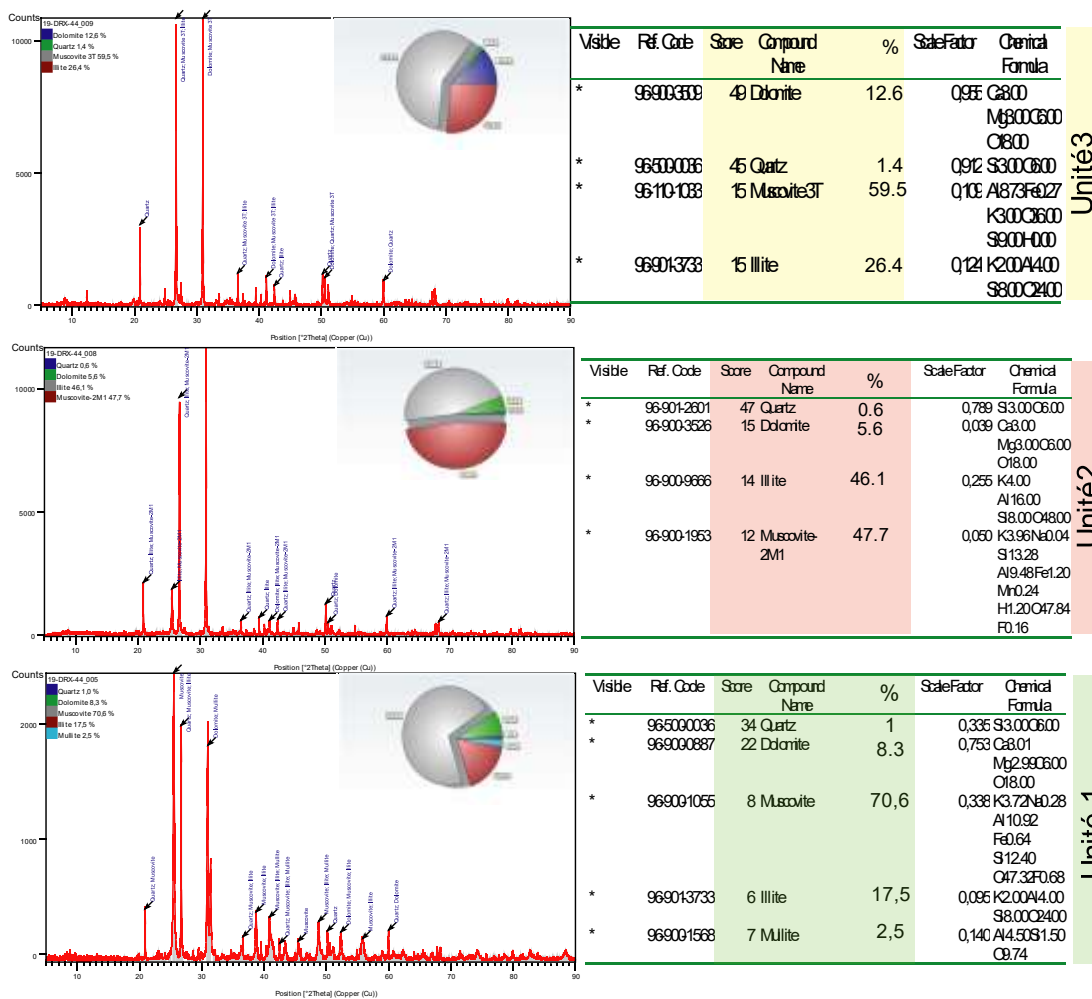


Figure.10 la variation de pourcentage de minéraux argileux le long de la coupe de Timstigitue (trois unités décrites)

Paléogéographie

La paléogéographie qu'on peut attribuer à ces terrains, ce sont des milieux continentales-lagunaires en se basant sur le côté lithologique de l'ensemble des formations géologiques qui constituent le sénonien de Timstigitue (Fig.8,11)

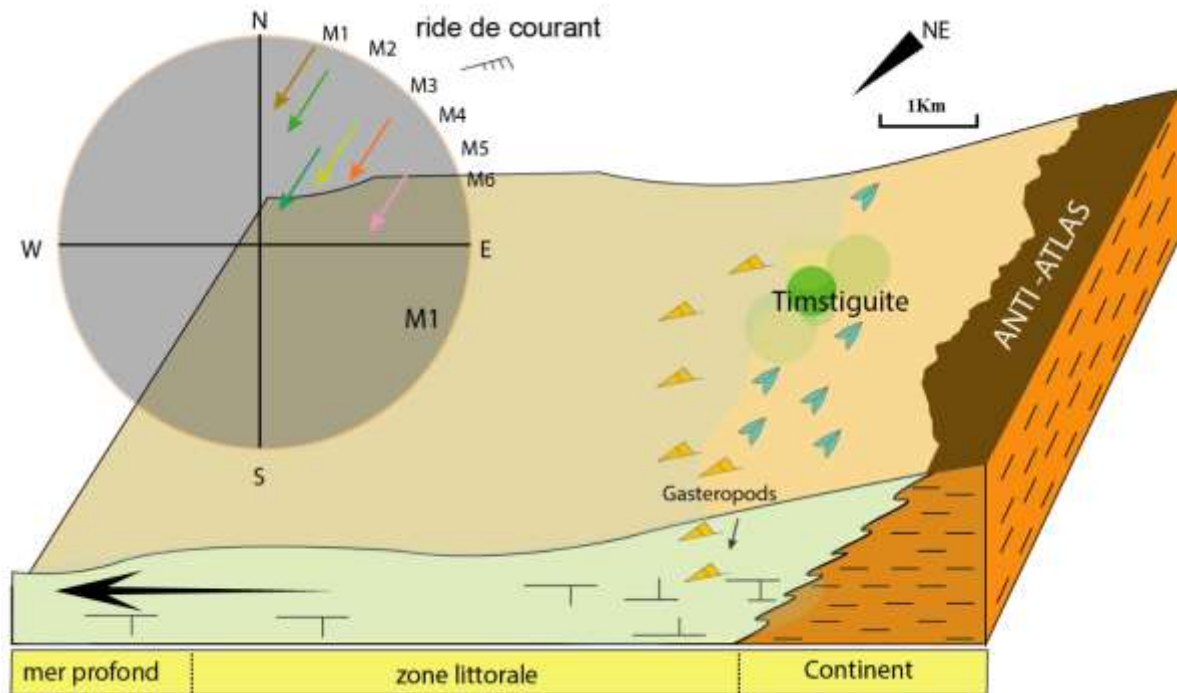


Figure.11. Modèle paléogéographique de la zone d'étude

7. Conclusion

Le Sénonien est un ensemble monotone de sables roses et rouges plus ou moins argileux, avec des lits de gypse secondaire. Ces formations lagunaires sont épaisses de 50 m à 100 m près du Jbel Saghro et de 250 m à 300 m dans le bassin d'Timstiguite. Du point de vue tectonique, les calcaires cénonoturonien ont été déposés pendant une période relativement calme, alors que le Sénonien a été une période d'activité tectonique qui a entraîné la reprise de la subsidence du bassin et le retour à une sédimentation détritque, liée au soulèvement d'ensemble de cette zone qui est déjà soumise à l'érosion.

Remerciements

Nos sincères remerciements vont au Département de Géologie et au Centre d'Analyse et de Caractérisation de la Faculté des Sciences Semlalia Marrakech, Université cadi Ayyad, (Maroc) pour avoir garanti toutes les analyses exoscopiques du quartz et pour l'analyse des argiles également. Les auteurs sont très reconnaissants aux évaluateurs anonymes pour leurs précieux commentaires et suggestions, ainsi qu'au rédacteur en chef de la revue pour son examen attentif de l'article qui a permis de présenter le travail de manière lucide.

Références

- [1] Algouti, A. (1991). Turonien supérieur et Sénonien du versant nord du Haut-Atlas de Marrakech: Caractérisation sédimentologique et stratigraphique. <https://toubkal.imist.ma/handle/123456789/1834>.
- [2] AZZAOU, K. (1986). Le sénonien du Jbel Sour (versant nord du haut atlas de Marrakech).
- [3] Behrens, M., Krumsiek, K., Meyer, D. E., Essen, A. S., Siehl, A., Stets, J., ... & Wurster, P. (1978). Sedimentationsabläufe im Atlas-Golf (Kreide Küstenbecken Marokko). *Geologische Rundschau*, 67(2), 424-453.
- [4] Boummane, K. (1995). Évolution tectonique et sédimentaire du bassin méso-Cénozoïque d'Erguila Bordures sur de la chaîne intracratonique du haut Atlas.(Massif ancien de Marrakech; Maroc).
- [5] Boutchich, K. (1997). Le Senonien du Bassin d'Essaouira (Atlas atlantique, Maroc): stratigraphie, sédimentologie et micropaléontologie.
- [6] Brives, A. (1919). Le Suessonien dans le Maroc central. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 168, 776-777.
- [7] Caillère, S. (1982). MINÉRALOGIE DES ARGILES. II: CLASSIFICATION ET NOMENCLATURE.
- [8] Choubert, G., Du Dresnay, R., & Hindermeyer, J. (1950). Sur les calcaires à *Collenia* de la région Safsaf-Ain Chair. *Notes Serv. géol. Maroc*, 232, 997-999.
- [9] Daoudi, L. (1991). Sédimentation et diagenèse des argiles du Jurassique-supérieur à l'Eocène dans le bassin du Haut-Atlas occidental (Maroc) (Doctoral dissertation, Lille 1).
- [10] DUFFAUD, J., HEROS, R., GAUDILLIERE, R., & CHOVIN, P. (1971, January). LE PROBLEME DE LA SURVEILLANCE DU NIVEAU DE POLLUTION D'UNE VILLE PAR LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES VÉHICULES AUTOMOBILES—CAS D'UN TUNNEL AUTOROUTIER: PROBLEM OF SURVEILLANCE OF THE LEVEL OF A TOWN'S POLLUTION FROM MOTOR CAR EXHAUST GASES. CASE OF A HIGHWAY TUNNEL. In *Proceedings*

of the Second International Clean Air Congress (pp. 16-22). Academic Press.

- [11] FERRANDINI, J., & LEMARREC, A. (1982). THE JURASSIC TO PALEOGENE COVER OF THE HIGH ATLAS OF MARRAKECH (MOROCCO) IS ALLOCHTHONOUS IN THE ZONE-DES-CUVETTES OF AIT-OURIR. *COMPTES RENDUS DE L'ACADEMIE DES SCIENCES SERIE II*, 295(9), 813-816.
- [12] Flageollet, J. C. (1981). Aspects morphoscopiques et exoscopiques des quartz dans quelques sols ferrallitiques de la région de Cechi (Côte d'Ivoire). *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique*, 18, 111-121.
- [13] Monjuvent, G., & Uselle, J. (1973). Interpretation des «argiles» d'Eybens d'après la sédimentologie du sondage INQUA 1969. *Quaternaire*, 10(2), 103-128.
- [14] Moret, L. (1925). Enquête critique sur les ressources minérales de la province de Savoie. In *Annales Université de Grenoble (Vol. 3)*.
- [15] M'RABET, A., M'RABET, A., & RIBAUT, L. (1978). ANALYSE EXOSCOPIQUE DES SEQUENCES SABLEUSES DU BARREMIEN (FORMATION BOUDINAR) DE LA TUNISIE CENTRALE.
- [16] Rhalmi, M. (1992). Les systèmes sédimentaires céno-mano-turonien et sénonien de la région manganésifère d'Imini (Haut-Atlas central, Maroc) et leur évolution diagénétique (Doctoral dissertation, Dijon).
- [17] Sittler, C., & Millot, G. (1964). Les climats du Paléogène français reconstitués par les argiles néoformées et les microflores. *Geologische Rundschau*, 54(1), 333-343. C. Sittler and G. Millot, Les climats du paléogène français reconstitués par les argiles néoformées et les microflores, *Geol. Rundschau*, 54(1), 333-343, May 1964, doi: 10.1007/BF0182118
- [18] Stets, J., & Wurster, P. (1982). Atlas and Atlantic—structural relations. In *Geology of the Northwest African continental margin* (pp. 69-85). Springer, Berlin, Heidelberg.

Annexe

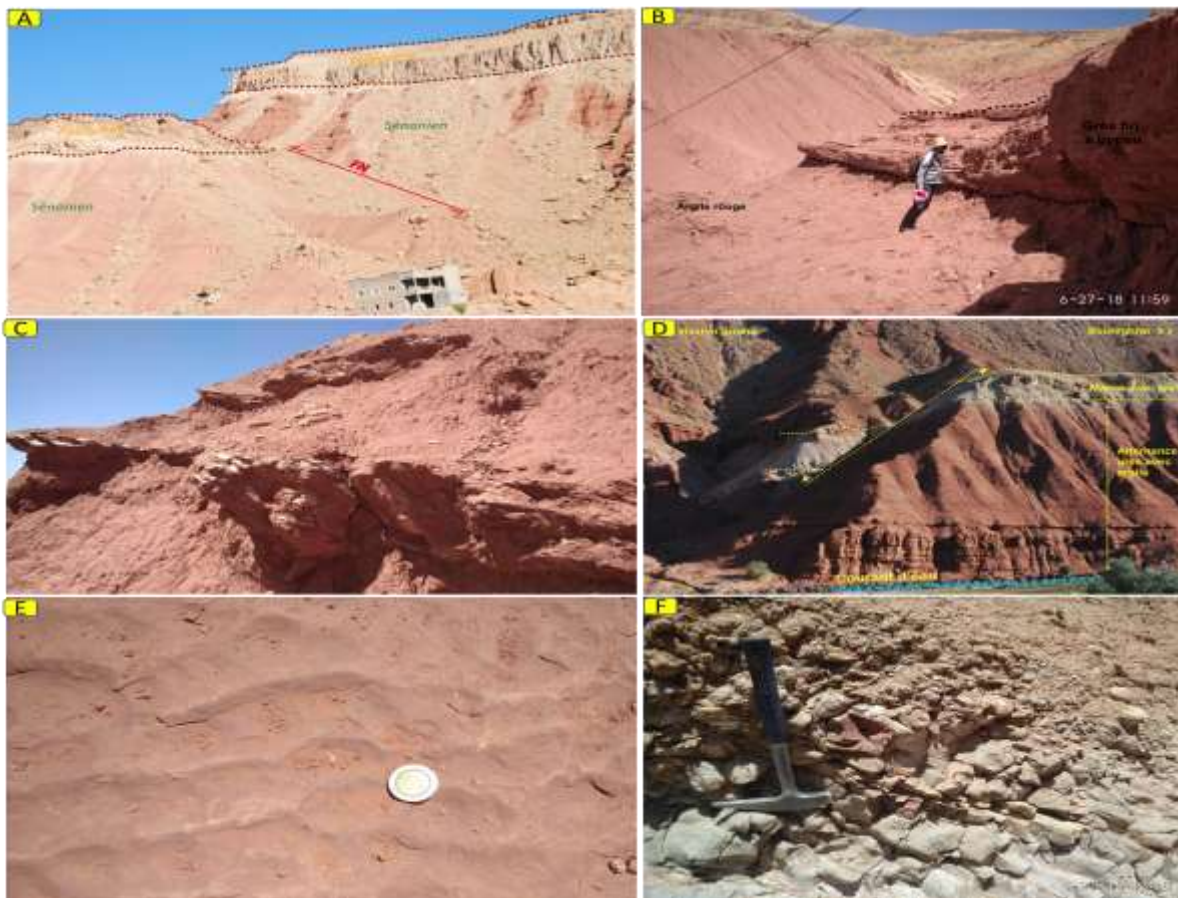


Planche 1. Photos prises lors de mission du terrain, A) basculement du paléocène, B) alternance grès argile de l'unité 2, C) grès à gypse de l'unité 2, D) alternance marne argile de l'unité 1, E) Ride de lamination, E) Accumulation de gastéropodes de l'unité 3