

## La Formation des Argiles de Saïda (Jurassique moyen d'Algérie occidentale) : biostratigraphie (ammonites) et minéralogie

Abdia TOUAHRIA<sup>1</sup>, Fatiha DOUAS BENGOU DIRA<sup>1</sup>, Nathalie FAGEL<sup>2</sup>, François FONTAINE<sup>2</sup>  
& Abbes SEBANE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire Géodynamique des Bassins et Bilan Sédimentaire (GéoBaBisé), FSTU, Département de Géologie, Université Oran 2 Mohamed BENAHMED, (Algérie). E-mails : touahria\_abdia@yahoo.fr, fatiha.douas@yahoo.fr, sebane.abbes@yahoo.fr*

<sup>2</sup> *Laboratoire Argiles, Géochimie des Ensembles sédimentaires (AGEs), Département de Géologie, Université de Liège (Belgique). E-mail : nathalie.fagel@ulg.ac.be, f.fontaine@ulg.ac.be*

### Résumé

La coupe étudiée est située dans la région de Saïda, dans le nord-ouest de l'Algérie, aux environs de la localité des «Eaux Chaudes» (Hammam Rabbi). Elle montre la succession de plusieurs bancs calcaires et gréseux appartenant au membre inférieur de la Formation des Argiles de Saïda daté du Callovien inférieur à moyen et dont la limite inférieure est marquée par une discontinuité qui correspond à une surface rougeâtre à «gallettes» stromatolitiques. Il s'agit d'un niveau fossilifère repère à la base de la coupe. La limite supérieure de la formation est marquée par des bancs gréseux et plus grossiers. Les faciès sont monotones, essentiellement argileux à marneux, laissant apparaître des niveaux indurés de calcaires.

L'analyse par diffractométrie aux rayons X des échantillons prélevés montre la présence d'un cortège minéralogique composé de calcite, de dolomite, de quartz, de kaolinite, d'illite, de chlorite et d'interstratifiés illite-vermiculite. En revanche, elle révèle l'absence de smectite. Les résultats obtenus à partir d'une étude faunique réalisée sur les ammonites permettent d'élaborer une échelle biostratigraphique locale qui est corrélée à l'échelle méditerranéenne standard.

### Mots-clés

Formation des Argiles de Saïda, minéralogie, biostratigraphie, ammonites, Callovien.

### Abstract

**Formation of Saida clays (Middle Jurassic of Western Algeria) : biostratigraphy (ammonites) and mineralogy.**- The study section is located in the Saïda region (NW Algeria), around the locality of "Hot Waters" (Hammam Rabbi). It shows the succession of several limestone and sandstone beds belonging to the lower member of the Saida clay Formation of the lower to middle Callovian age. Its lower limit is marked by a discontinuity corresponding to a reddish surface with stromatolitic "cakes". This constitutes a fossiliferous level at the base of the section. The upper limit of the formation is marked by sandstone and coarser beds. The facies are monotonous, essentially clayey to marly, revealing indurated levels of limestone.

The X-ray diffractometry analysis of the samples shows the presence of calcite, dolomite, quartz, kaolinite, illite, chlorite and illite-vermiculite mixed layers and reveals the absence of smectite. The results obtained from a faunal study carried out on ammonites make it possible to develop a local biostratigraphic scale which is correlated to the standard Mediterranean scale.

### Keywords

Saida clay Fm, mineralogy, biostratigraphy, ammonites, Callovian.

## 1. INTRODUCTION

L'appellation «Argiles de Saïda» des niveaux argilo-gréseux du Callovo-Oxfordien a été proposée par Auclair & Biehler (1967) à la suite des études de Atger & Verdier (1965) dans la région de Cacherou au sud-est de Mascara.

Cette formation se présente sous forme d'alternance de bancs gréseux et d'assises marno-argileuses vertes à la base puis versicolores vers les parties moyenne et haute; elle est considérée comme Callovo-Oxfordienne depuis les travaux de Pomel & Pouyanne (1889, 1890). Cette datation a été établie à la suite de listes de faunes

récoltées par Pomel dans les gisements non précisés de Saïda, par Welsch (1890) au Djebel Irnem, à la base du Djebel Tizigdelt et au moulin Filinois. La détermination de ces fossiles a montré la présence d'une faune callovienne dominante avec quelques exemplaires d'espèces qui seraient communes aux étages, Callovien et Oxfordien. A l'Oued Cheikh Mansour, la base de la série se reconnaît par une surface durcie, riche en ammonites, correspondant à une surface irrégulière ferrugineuse qui coiffe les niveaux sous-jacents du Bajocien. On note au passage l'absence du Bathonien.

Les récoltes d'ammonites dans les niveaux calcaires datés du Callovien inférieur (Zone à Gracilis) et moyen (Zone à Coronatum), nous permettent de faire des corrélations avec les niveaux fossilifères de la coupe de référence du Djebel Ben-Kmer, (Saïda) située à environ 2,5 km à l'est du secteur d'étude (Touahria, 1979) (Fig. 3).

Ce travail, couplé à une étude minéralogique de la série, permet d'acquérir une meilleure connaissance du Callovien et apporte une vue globale sur son contenu faunistique à partir de récoltes faites par Mangold et l'un d'entre nous (Touahria), dans la région de Saïda au cours de nombreuses sorties sur le terrain. L'interprétation des résultats des minéraux argileux et non argileux obtenus à partir des données quantitatives et semi-quantitatives met en évidence les conditions de la sédimentation dues à la tectonique et au géodynamisme du bassin dans lequel se sont déposées les Argiles de Saïda.

L'étude de la faune nous donne la datation relative des terrains et par la même occasion la délimitation

des «provinces fauniques». Les niveaux fossilifères à ammonites permettent d'établir un cadre zonal sur la base des ressemblances qui existent entre le Jurassique du Sud de la France et les travaux de Lucas (1942, 1952). Le présent travail apporte des précisions au découpage chronostratigraphique établi par Elmi (1971) pour des corrélations stratigraphiques à grande distance. La subdivision du Callovien en domaine subméditerranéen sera celle présentée par le Groupe Français d'étude du Jurassique (Cariou & Hantzpergue, 1977).

## 2. CADRE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE (Fig. 1)

La région étudiée fait partie des Monts de Saïda qui s'inscrivent dans une vaste région allongée WSW-ESE. Ils constituent une région montagneuse entre l'Atlas tellien au nord et les Hautes plaines oranaises au sud. Ils appartiennent au domaine atlasique, avant pays tellien de la chaîne alpine.

La coupe levée dans l'Oued Cheikh Mansour se situe sur la feuille 1/50.000 de Charrier. Ses coordonnées Lambert sont :  $x = 274,250$ ;  $y = 184,800$  à  $x' = 274,350$ ;  $y' = 185,000$ . Elle permet d'étudier le contact entre la Formation des Argiles de Saïda et leur substratum connu sous l'appellation de «banc à ovoïdes» en raison de la présence de «galettes» stromatolitiques

La Formation des Argiles de Saïda est composée d'une sédimentation formée par une alternance de bancs

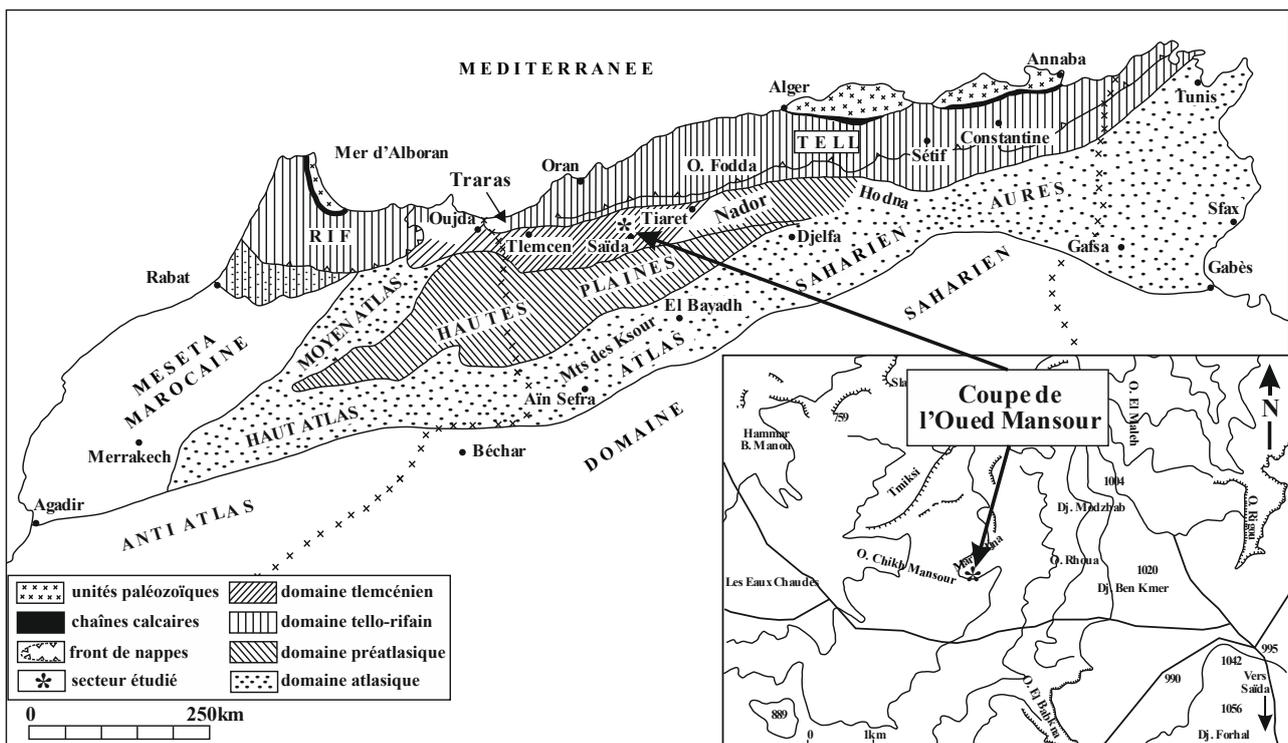


Fig. 1: Cadre géographique et géologique de la région d'étude (d'après Benest, 1985 modifié).

calcaires et de bancs marneux versicolores, entrecoupés de quelques bancs gréseux (Fig. 2). Ces passées gréseuses (turbidites) résulteraient de l'installation d'un régime turbide dont l'influence devient de plus en plus forte jusqu'à l'Oxfordien inférieur (Elmi & Benest, 1978).

Cette formation est précédée par le dépôt d'un niveau contenant de grandes «galettes» stromatolitiques ou «ovoïdes» indiquant une faible bathymétrie correspondant à la partie supérieure de la zone infratidale (Touahria, 1979). La limite supérieure de la Formation se place sous les premiers bancs gréseux de la base des Grès de Bou-Medine caractérisés par de gros bancs avec des chenalizations.

### 3. BIOSTRATIGRAPHIE (Fig. 2)

#### 3.1. Matériel et méthodes

Le levé lithologique de la coupe de l'Oued Cheikh Mansour a été effectué banc par banc au centimètre près et numéroté de bas en haut afin de situer exactement la position relative des fossiles. Les ammonites ont été dégagées de la gangue sur le terrain et au laboratoire.

Le cadre biostratigraphique est défini grâce aux ammonites récoltées. Seuls deux niveaux ont livré des ammonites, les niveaux n°1 et n° 9. Certaines ammonites appartiennent aux collections de Mangold et Elmi déposées dans les collections de l'université Claude Bernard Lyon I. Les autres ammonites appartenant à la famille des *Reineckeia* ont fait l'objet d'une étude paléontologique (Touahria, 1979). Elles sont déposées au département de géologie de l'université d'Oran. La macrofaune associée se compose également de bélemnites dans certains niveaux et de quelques brachiopodes. La microfaune est constituée essentiellement de foraminifères benthiques appartenant aux familles des *Nodosariidés*, *Spirillinidés*, *Lituolidés*, *Epistominidés*, *Saccaminidés*, *Textularidés*, *Nébulularidés* et *Textulariidés*.

#### 3.2. Résultats

Au cours de ce travail, les ammonites récoltées appartiennent aux deux seuls niveaux condensés successifs repérés dans cette coupe dans tout le Callovien.

La base des Argiles de Saïda commence par un niveau ferrugineux, le banc à «ovoïdes» qui livre des ammonites du sommet du Callovien inférieur (zone à *Gracilis*). Ce banc encroûté se présente sous forme de dalles à patine verte à noirâtre avec une surface durcie; il correspond à la «brèche phosphatée et à ammonites» de Lucas (1952: 91). Ce sont des calcaires fins, plus ou moins argileux, contenant de nombreux ovoïdes stromatolitiques. Ces derniers ont une structure oncolitique et leur taille varie de quelques millimètres à plus de 10 cm. Localement, ils peuvent être très abondants, d'où l'aspect de brèche évoqué par Lucas (1952). Ils sont aussi parfois imprégnés

d'oxydes de fer et de phosphate. Parfois très réduit, ce niveau atteint une épaisseur maximum de 1,10 m au nord du Djebel Modzbab. A cet endroit, il se subdivise en trois parties, de bas en haut :

- 1) un calcaire à grains de quartz (0,85 m);
- 2) un calcaire à oolithes ferrugineuses, à galets de fer et à ammonites parfois remaniées en galets (0,04 à 0,15 m);
- 3) un calcaire vert clair légèrement spathique (0,10 m).

Les «ovoïdes» peuvent disparaître localement et sont alors remplacés par des oolites ferrugineuses.

Au Djebel Ben-Kmer, ce même niveau peut être daté de la zone à *Gracilis* (sous-zone à *Patina*) voir de la zone à *Anceps* (sous-zone à *Stubeli*) la limite des zones ne peut être établie à cause des bancs réduits et condensés. A l'Oued Cheikh Mansour, il peut être reconnu par l'association d'espèces d'ammonites suivantes (Fig. 2):

*Homoeoplanulites (Homoeoplanulites) furculus* Neumayr, 1871 (Pl. III, fig. 4), *Choffatia (Subgrossouvria) cardoti* Petitclerc, 1915 (Pl. IV, fig. 1), *Choffatia (Choffatia) pannonica* Loczy, 1915 (Pl. IV, fig. 2), *Reineckeia (Reineckeia) stuebeli* Steinmann, 1881 (Pl. I, fig. 3), *Reineckeia (Reineckeia) anceps anceps* (Reinecke, 1818) (Pl. I, fig. 1), *Rehmannia (Loczyceras) reissi* (Steinmann, 1881) (Pl. II, fig. 4).

Le deuxième niveau rouge, qui parfois se dédouble, présente un contenu faunistique du Callovien moyen, Zone à *Coronatum*, et se reconnaît par la présence de *Reineckeia (Reineckeia) anceps anceps* (Reinecke, 1818) (Pl. I, fig. 1). De tous les spécimens récoltés de cette espèce, un seul provient du banc n° 1 (Zone à *Gracilis*, Sous-zone à *Patina*) de la coupe de l'Oued Cheikh Mansour, dans les Argiles de Saïda. Les autres proviennent du banc n° 9 (zone à *Coronatum* sous-zone à *Baylei*).

Les ammonites présentent dans ce banc sont : *Reineckeia (Reineckeia) anceps elmii* Bourquin, 1968 (Pl. IV, fig. 4), *Rehmannia (Loczyceras) reissi* (Steinmann, 1881) (Pl. II, fig. 4), *Rehmannia (Loczyceras) richei* (Flamand, 1911) (Pl. I, figs 6a-6b), *Rehmannia (Loczyceras) cf. hungarica* (Till, 1907) (Pl. II, fig. 2), *Rehmannia (Loczyceras) intermedia* (Bourquin, 1968) (Pl. I, fig. 5), *Rehmannia (Loczyceras) corrugis* (Bourquin, 1968) (Pl. I, fig. 4), *Collotia multicostata* (Petitclerc, 1915), (Pl. II, fig. 3), *Collotia gigantea* (Bourquin, 1968), (Pl. II, fig. 1), *Collotia nivernensis* (Bourquin, 1968) (Pl. II, figs 5a-5b), *Choffatia (Subgrossouvria) coronaeformis* Loczy, 1915 (Pl. IV, fig. 3), *Flabellisphintes (Flabellisphinctes) villanyensis* (Till, 1911) Pl. III, fig. 6), utilisée comme index de sous-zone par Mangold *et al.* (1978) et Touahria (1979), *Choffatia (Grossouvria) konkiewiczzi konkiewiczzi* (Siemiradzki, 1894) (Pl. IV, fig. 5), *Hecticoceras (Lunuloceras) fallax* Zeiss, 1959 (Pl. I, fig. 2), *Hecticoceras (Lunuloceras) romani* Lemoine, 1932 (Pl. III, fig. 3), *Hecticoceras (Lunuloceras) pawlowi* Tsytowich, 1911 (Pl. III, fig. 1), *Hecticoceras (Lunuloceras) lahuseni* Tsytowich, 1911 (Pl. III, fig. 5), *Hecticoceras (Lunuloceras) metomphalum* Bonarelli, 1894 (Pl. III, fig. 2).

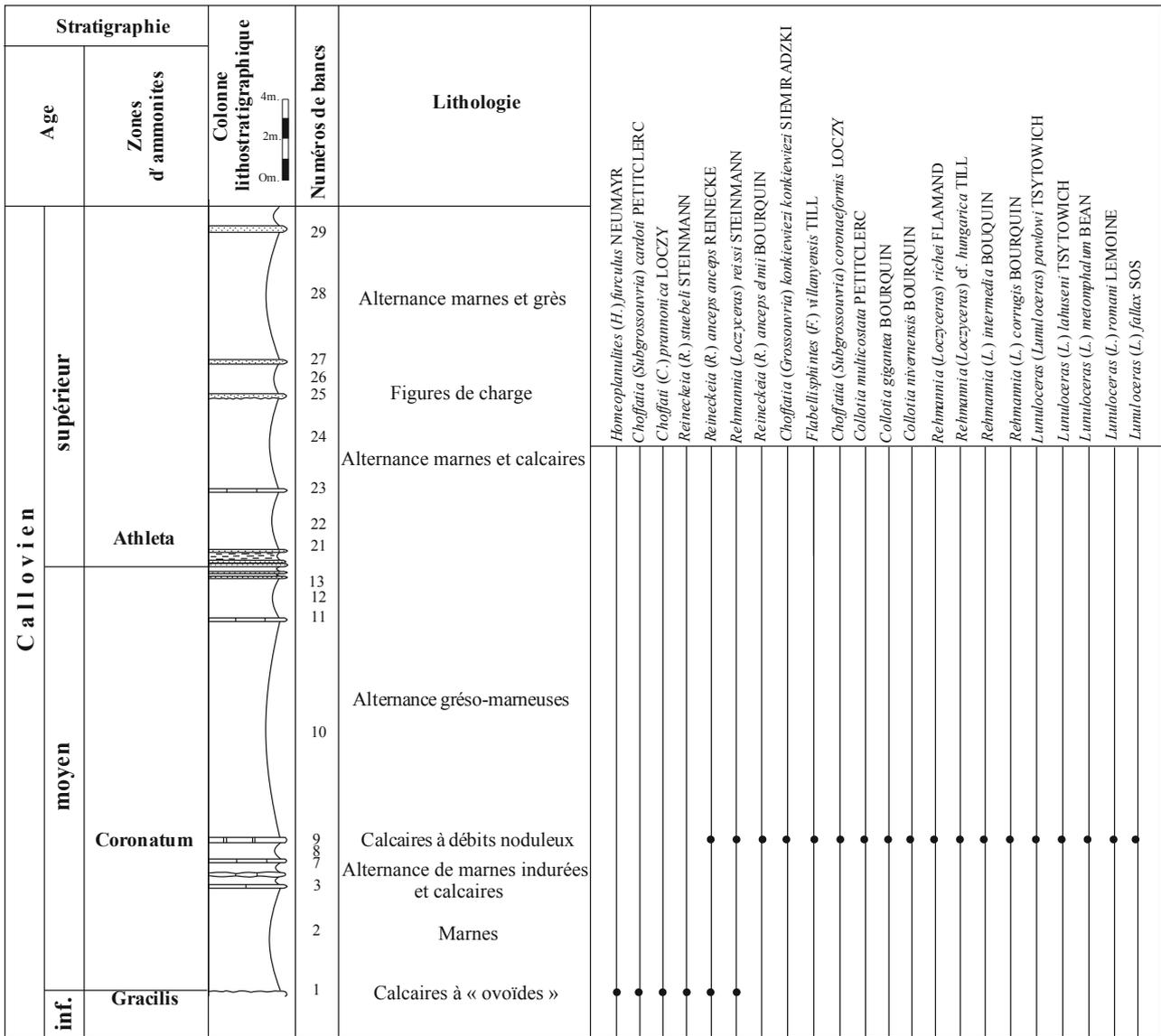


Fig. 2: Répartition biostratigraphique des ammonites.

Dans ce banc, daté de la zone à Coronatum, Mangold (1988) signale la présence des genres *Erymnoceras* Hyatt, 1900 et *Pachyerymnoceras* Breistroffer, 1947 et décrit l'espèce *Pachyerymnoceras praecox*.

L'âge attribué à cette série débute par le Callovien inférieur pour la limite inférieure de la formation; la limite supérieure de la série coïncide avec le changement de la lithologie qui correspond à l'arrivée des bancs gréseux; elle s'étend jusqu'au Callovien supérieur.

La récolte de la faune d'ammonites appartenant à la zone à Anceps et celle appartenant à la zone à Coronatum permet de corrélater la coupe de l'Oued Cheikh Mansour avec la coupe de référence levée au Djebel Ben-Kmer où les niveaux repères se reconnaissent (Touahria, 1979) (Fig. 3). A l'Oued Cheikh Mansour, les niveaux de la zone à Athleta n'ont pas livré de faunes, la lithologie a

permis de faire la corrélation avec le troisième niveau fossilifère daté du Callovien supérieur (zone à Athleta, sous-zone à Trezeense et à Collotiformis).

### 3.3. Discussion

Comparativement aux autres provinces où de très grands progrès en matière de biozonation ont été faits, la première biozonation en province méditerranéenne n'est pas clairement établie en raison de la totale absence des Kosmoceratidae et des Cardioceratidae, espèces indices dans les régions de l'Europe nord-occidentales et du domaine subboréal. En l'absence de l'utilisation de ces indices classiques pour établir une stratigraphie zonale rigoureuse, il serait nécessaire de choisir d'autres indices

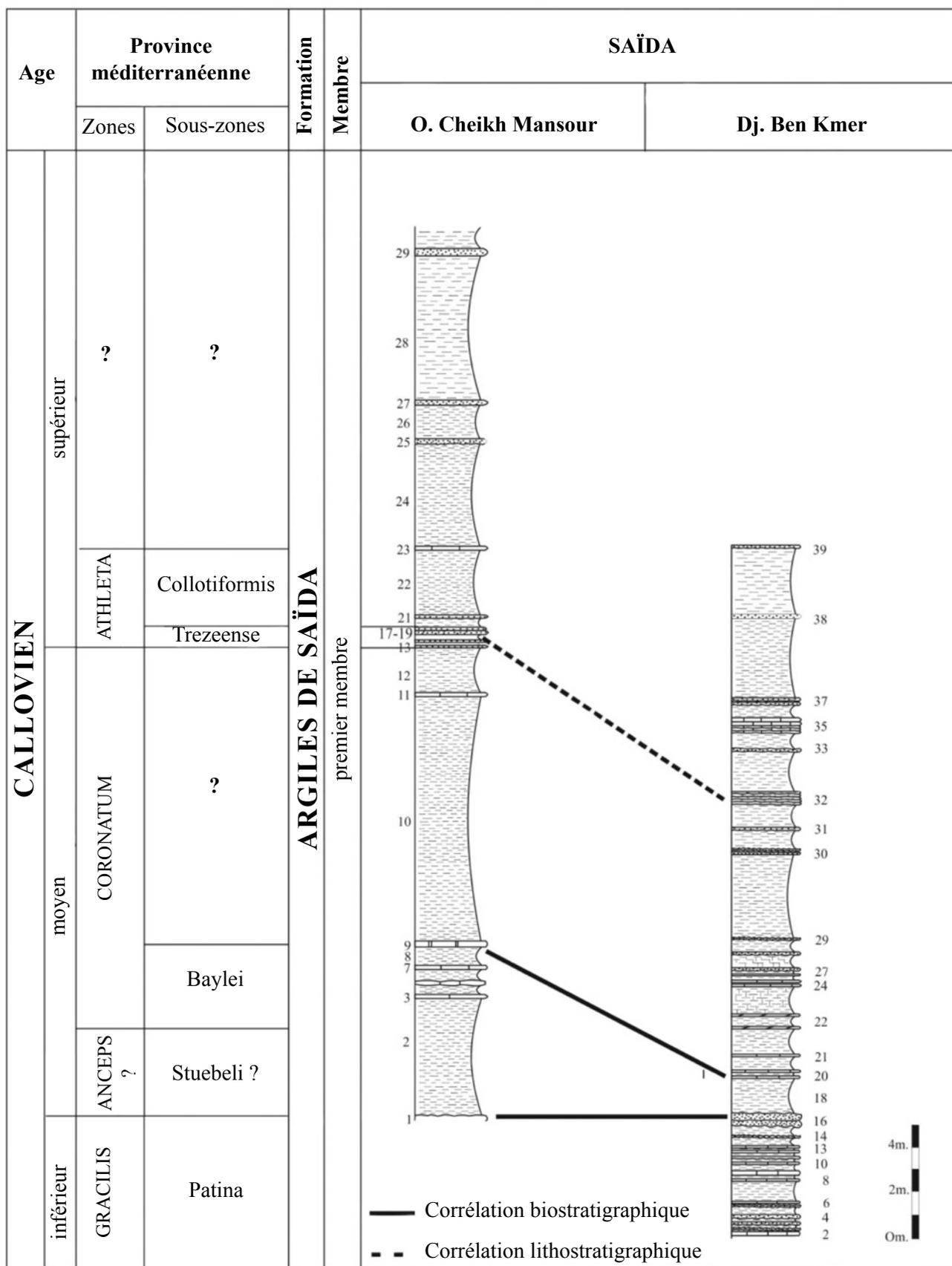


Fig. 3: Corrélation entre la coupe de l'Oued Cheikh Mansour et celle du Djebel Ben-Kmer.

parmi des familles d'ammonites les plus ubiquistes de l'époque, afin d'établir des corrélations aisées et aussi précises que possible.

Pour les Argiles de Saïda, les résultats ont conduit à une échelle biostratigraphique de référence (Tableau I). Le schéma le meilleur reste celui proposé par Cariou & Hantzpergue (1997: 63-68) pour la province subméditerranéenne. La biozotation faite par Elmi en 1971 en Algérie a pu être modifiée: la sous-zone à Villanyensis prend la place d'horizon et Baylei passe au rang de sous-zone. Compte tenu des récoltes faites au Djebel Ben-Kmer, ce niveau passe parfois à un ensemble de bancs, il a livré *Pachyerymnoceras kmerense*, Mangold, 1988, *Pachyerymnoceras flamandi* Mangold, 1988 (Callovien supérieur, zone à Athleta, sous-zone à Trezeense). La sous-zone à Collotiformis est quant à elle représentée par les grandes *Collotia*.

Les niveaux condensés qui ont livré des ammonites sont le résultat d'une sédimentation rythmique, avec un contenu biosédimentaire également saccadé et incomplet. Le

banc à «ovoïdes» marque la reprise hétérochrone de la sédimentation callovienne. Ceci est dû vraisemblablement aux mouvements tectoniques distensifs qui ont largement contribué à l'approfondissement du sillon tlemcénien en Algérie occidentale durant le Callovo-Oxfordien, auxquels s'ajoute l'effet des variations globales eustatiques du domaine téthysien.

#### 4. ANALYSE MINÉRALOGIQUE

##### 4.1. Méthodes

Une analyse minéralogique par diffraction des rayons X a été effectuée sur la totalité des échantillons argileux au laboratoire AGEs du département de Géologie de l'ULg. (Belgique). L'appareil utilisé est le diffractomètre de marque Bruker D8 ECO, utilisant la radiation CuK $\alpha$  ( $\lambda = 1.518 \text{ \AA}$ ).

Tableau I: Corrélation entre les provinces subméditerranéenne et méditerranéenne complétée.

AGE	PROVINCE SUBMÉDITERRANÉENNE (CARIOU, 1997)		PROVINCE MÉDITERRANÉENNE				
			Algérie (ELMI, 1971)		SAIDA		
	ZONES	Sous-zones	ZONES	Sous-zones	ZONES	Sous-zones	
CALLOVIEN	supérieur	LAMBERTI	Lamberti	?	?	?	?
			Poculum				
		ATHLETA	Collotiformis	ATHLETA	Collotiformis	ATHLETA	Collotiformis
			Trezeense		Trezeense		Trezeense
	moyen	CORONATUM	Rota	CORONATUM	?	CORONATUM	
			Leuthardti		Villanyensis		Baylei
			Baylei				
		ANCEPS	Tyranniformis	SAVOIENSE ou ARKELLI	?	ANCEPS ?	
	Stuebeli	Stuebeli ?					
	Inférieur	GRACILIS	Patina (Oxyptycha)	GRACILIS	Posterius	GRACILIS	Patina
			Michalskii (Ardescicum)		Michalskii		
			Laugieri		Voultensis		
Pictava							
Grossouvrei			?				
Prahecuense			Bullatus				

#### 4.1.1. Diffractogramme des Rayons X (DRX) sur poudre totale:

La préparation des échantillons a été effectuée selon le protocole du laboratoire AGEs de l'ULg (Fagel, 2010) adapté selon Moore & Reynolds (1989). L'avantage de cette analyse est de permettre la mise en évidence de tous les minéraux présents dans la poudre, car ces derniers ne présentent pas d'orientation préférentielle. L'angle de balayage des rayons X est compris entre  $2^\circ$  et  $45^\circ 2\theta$  pour l'analyse sur poudre totale.

#### 4.1.2. DRX sur la fraction argileuse:

Afin d'identifier les minéraux argileux présents dans chacun des échantillons, une préparation est effectuée dans le but d'obtenir une orientation préférentielle des minéraux. Tout d'abord, une petite quantité de l'échantillon brut est mise dans un bécher. On procède ensuite à un tamisage par voie humide sur un tamis à  $63 \mu\text{m}$ . D'après la loi de Stokes, la fraction argileuse inférieure à  $2 \mu\text{m}$  est celle qui se trouve dans le premier cm de la partie supérieure du flacon, puis posée sur une lame de verre (lame totale). L'ensemble est laissé pendant 24h afin de permettre une sédimentation naturelle et une orientation préférentielle des feuillettes perpendiculairement à l'axe cristallographique. Ainsi seules les réflexions des plans (001) seront enregistrées au diffractomètre (Thorez, 1985). Une fois les lames confectionnées, une première diffraction des rayons X est effectuée dans les conditions normales (spectre normal N 2- $30^\circ 2\theta$ ). Ensuite les lames, rangées dans un support, sont introduites dans une cloche contenant de l'éthylène glycol (EG). Dans ces conditions, tous les minéraux argileux qui ont la propriété de gonfler incorporeront les molécules d'éthylène-glycol, ce qui se traduira par une augmentation des distances basales visibles sur le spectre de diffraction (spectre éthylène-glycol EG 2- $20^\circ 2\theta$ ).

Afin d'identifier les minéraux argileux qui ne résistent pas au chauffage, la lame est chauffée au four à  $550^\circ\text{C}$  pendant 2h, puis soumise à la diffraction des rayons X (spectre chauffé C 2-  $15^\circ 2\theta$ ). Les trois diffractogrammes obtenus sont superposés afin de faciliter l'interprétation. L'estimation semi-quantitative ( $\pm 5$  à  $10 \%$ , Biscaye, 1965) des principales espèces argileuses est basée sur la mesure de la hauteur des réflexions caractéristiques de chaque espèce argileuse, généralement mesurées sur le spectre après solvatation. Les intensités mesurées sont corrigées par un facteur correctif pour tenir compte de la diminution de l'énergie reçue par le détecteur en fonction de l'angle de balayage croissant et de l'état de cristallinité des minéraux. Les intensités sont multipliées par un facteur correctif établi empiriquement au laboratoire par Thorez, et les valeurs sont sommées à  $100 \%$  (méthode détaillée dans Fagel *et al.*, 2003).

#### 4.2. Résultats (Fig. 4 et Tableau II)

La quantification des phases carbonatées est utilisée par l'estimation de la technique de semi-quantification.

Les intensités de diffraction corrigées ont été utilisées pour connaître les proportions respectives de calcite, de dolomite, de quartz et d'argiles totales. L'estimation semi-quantitative de l'abondance relative des minéraux identifiés dans chaque échantillon se fait par la règle de trois simple en multipliant les intensités mesurées (sur le spectre de poudre et sur le spectre EG pour les préparations orientées) par un facteur correctif. Ce dernier tient à la fois compte de Cook *et al.*, 1975; Thorez, 1976; Fagel, 2004. Cette méthode semi-quantitative relative présente une précision estimée à  $\pm 10 \%$  (Holtzaffel, 1985). Tous les minéraux enregistrés sont repris dans un fichier Excel avec leur valeur respective et leur indice correctionnel (IF). On reportera le nombre de coups correspondant aux minéraux en question, soit ici la calcite, la dolomite, le quartz et l'argile totale. Les valeurs sont traitées sous forme de valeurs semi-quantitatives et de graphe horizontal (Fig. 4).

La fraction rapportée aux carbonates représente une moyenne d'environ  $60 \%$  (calcite plus dolomite) sur l'ensemble des échantillons prélevés dans la coupe de l'Oued Cheikh Mansour.

Les taux cumulés des minéraux de la roche totale sont représentés par la Figure 5. Dans la minéralogie totale, la calcite de l'échantillon brut fluctue entre  $0 \%$  et  $64 \%$ , le pourcentage de la dolomite est inversé par rapport à celui de la calcite sur l'ensemble de la série, plus élevé à la base et au sommet. La teneur en calcite est maximale dans les niveaux qui n'ont pas livré d'ammonites, ils seraient l'équivalent lithostratigraphique datés de la zone à Athleta dans les autres coupes. Le quartz est présent sur toute la coupe et varie entre  $5 \%$  et  $20 \%$ .

Pour les minéraux argileux, l'identification est basée sur le comportement des différents minéraux lorsqu'ils sont soumis au traitement à l'éthylène Glycol (EG) et au chauffage ( $500^\circ\text{C}$ ).

Les trois spectres classiques des préparations orientées (N-EG-CH  $500^\circ\text{C}$ ) ont été superposés grâce au logiciel EVA qui permet, par l'observation à la fois de la forme, du nombre et de la position des réflexions, d'avoir une vision globale de l'échantillon en vue d'en déterminer aisément les minéraux argileux selon les positions des pics (001) (et leurs harmoniques correspondants). Les positions de ces raies (001) des principaux minéraux argileux sont reprises dans le tableau de Thorez, 1976. On applique la même méthode que celle de la poudre totale, on note que la fraction argileuse du secteur des «Eaux Chaudes», dans l'Oued Mansour présente pratiquement les mêmes spectres tout au long de la série. Les minéraux argileux sont représentés essentiellement par la chlorite, la kaolinite, l'illite et les interstratifiés illite-vermiculite. On note l'absence totale des smectites. Pour la représentation du diffractogramme une seule lame orientée du banc n° 6 a été choisie pour représenter les différents minéraux argileux présents dans la série (Fig. 6).

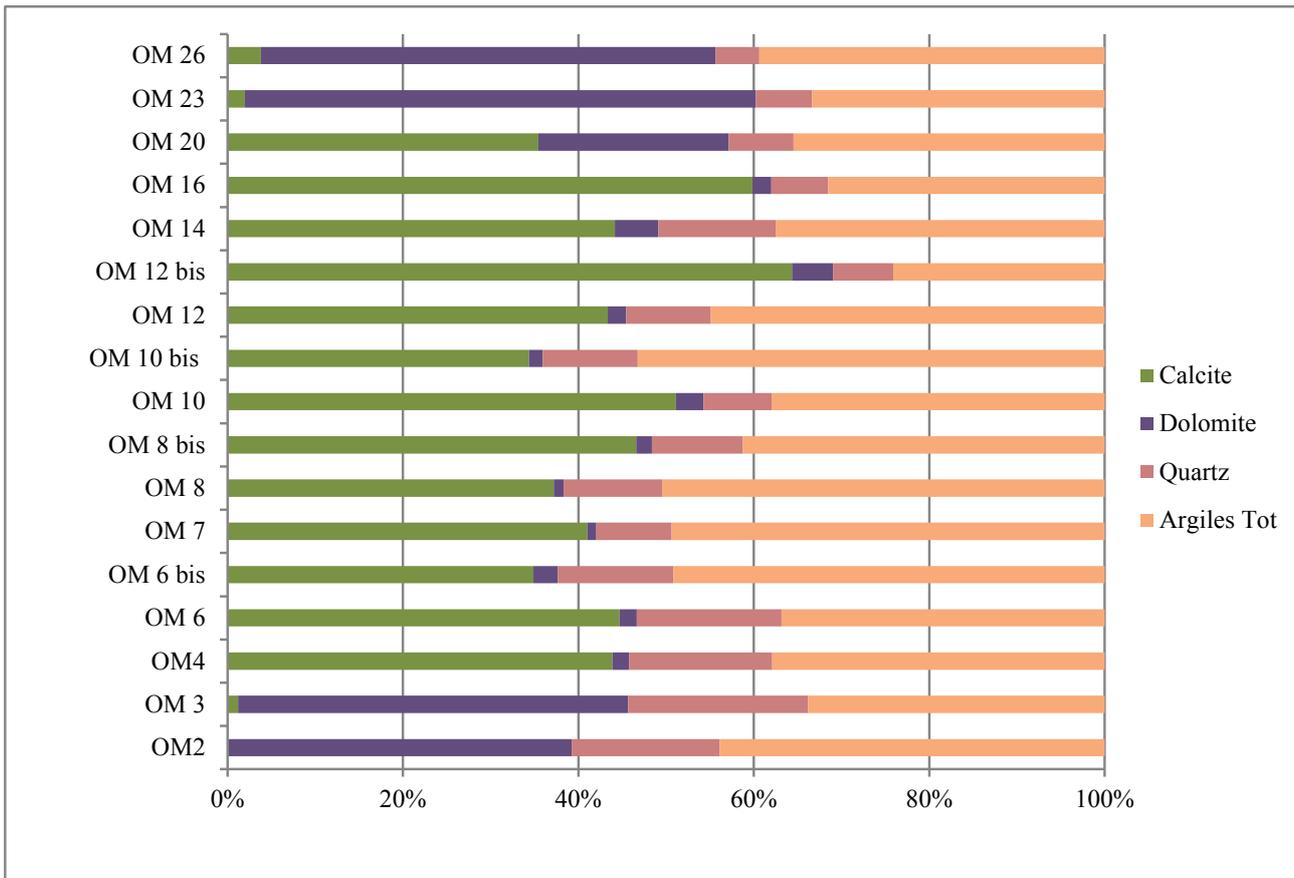


Fig. 4: Analyse semi-quantitative des minéraux sur roche totale.

### 4.3. Discussion

La présence des bancs riches en ammonites dans les Argiles de Saïda est en accord avec des périodes de ralentissement de la sédimentation qui sont enregistrées pendant les phases d'accalmie de l'activité tectonique. En plus, le pourcentage réduit de kaolinite (7,15 %) indique une diminution de la profondeur. Cette tendance du bassin à devenir moins profond s'explique également par les

dépôts de plus en plus calcaires. L'évolution des quatre courbes sur poudre totale permet de distinguer deux coupures (Fig. 5) :

- La première, située à la base de la Zone à Coronatum, coïncide avec une phase carbonatée qui se met en place lors du ralentissement de la sédimentation détritique souvent daté par les ammonites et qui détermine des changements dans le comportement du bassin. Cette sédimentation est matérialisée par une augmentation

### Planche I

- Fig. 1: *Reineckeia (Reineckeia) anceps anceps* (Reinecke, 1818). Forme macroconque Argiles de Saïda. Callovien moyen, zone à Coronatum, sous-zone à Baylei, Algérie Ouest. G.O. 11. (Collection Touahria).
- Fig. 2: *Hecticoceras (Lunuloceras) fallax* Zeiss, 1959 F.S.L. 168632 (S10a) Université Claude Bernard Lyon1. Banc n° 9 Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei.
- Fig. 3: *Reineckeia (Reineckeia) stubeli* Steinmann, 1881. Forme microconque. Argiles de Saïda. Callovien inférieur, zone à Gracilis, sous-zone à Patina, Algérie Ouest. Géologie Oran(G.O) 59. (Collection Touahria).
- Fig. 4: *Rehmannia (Loczyceras) corrugis* (Bourquin, 1968). Forme macroconque. Argiles de Saïda. Callovien moyen, zone à Coronatum, sous-zone à Baylei, Algérie Ouest. G.O.27 (Collection Touahria).
- Fig. 5: *Rehmannia (Loczyceras) intermedia* (Bourquin, 1968). Forme macroconque Argiles de Saïda. Callovien moyen, zone à Coronatum, sous-zone à Baylei, Algérie Ouest. G.O 152. (Collection Touahria).
- Fig. 6a-b: *Rehmannia (Loczyceras) richei* (Flamand, 1911). Argiles de Saïda. Callovien moyen, zone à Coronatum, sous-zone à Baylei, Algérie Ouest. N° 64262 Université Claude Bernard Lyon1. 6a: vue latérale, 6b: vue ventrale.
- Barre d'échelle: 1 cm



1



2



3



4



5



6a



6b

Tableau II : Répartition des minéraux avec leur valeur, leur facteur correctif et leur pourcentage respectif.

	Calcite	Dolomite	Quartz	Argile totale	Calcite	Dolomite	Quartz	Argile totale
d-spacing	3,04-3,01	2,9-2,87	3,37-3,31	4,47	%	%	%	%
IF	1,65	1,53	1	20				
OM2	0	20836	13714	1783	0	39	17	44
OM 3	521	20575	14533	1198	<2	44	21	34
OM4	19520	911	11998	1391	44	<2	16	38
OM 6	26737	1280	16298	1818	45	<2	16	37
OM 6 bis	17690	1533	11035	2058	35	3	13	49
OM 7	26818	714	9286	2662	41	<1	9	49
OM 8	21685	701	10789	2427	38	<1	11	50
OM 8 bis	29412	1217	10806	2147	47	<2	10	41
OM 10	28460	1883	7115	1744	51	3	8	38
OM 10 bis	21709	1067	11308	2774	34	<2	11	53
OM 12	25343	1337	9297	2165	43	<2	10	45
OM 12 bis	63635	4988	11185	1965	64	5	7	24
OM 14	16674	2014	8337	1168	44	5	13	38
OM 16	31930	1234	5707	1388	60	<2	6	32
OM 20	20553	13565	7091	1696	36	23	7	34
OM 23	937	29613	4972	1297	2	58	6	34
OM 26	2854	42094	6217	2446	4	52	5	39

des minéraux suivants : calcite (55 %), quartz (autour de 10 %) et argile totale (30 %). Par ailleurs, on note une diminution du taux de la dolomite qui est autour de 1 à 2 %. Dans la partie supérieure de cette zone, on remarque que la calcite et l'argile totale subissent une diminution de leur fréquence par rapport aux niveaux sous-jacents, mais néanmoins évoluent de la même manière. Cette diminution de fréquence des minéraux semble être en accord avec une phase de remblaiement qui a prévalu à la fin du Callovien moyen (Elmi & Benest, 1978). Ces derniers montrent l'importance de ce remblaiement qui devient plus actif et dépasse le taux de subsidence. Il en résulte donc le dépôt des bancs calcaires.

• La deuxième coupure qui se situe dans la zone à Athleta coïncide avec une phase de rémission brève de l'approfondissement. Ce dernier reprend pendant le Callovien supérieur et devient maximum, provoquant ainsi la diminution des taux de calcite (30 %) et l'augmentation de la dolomite (de 20 % à plus de 50 %). L'argile totale quant à elle est de 40 %. La présence de la dolomite est probablement liée à la dolomitisation irrégulière effectuée par diagenèse tardive et en liaison avec la tectonique (Touahria, 1979).

Les résultats minéralogiques de la Figure 4 montrent une évolution de chaque minéral qui répond aux changements tectono-sédimentaires qui ont affecté le sillon tlemcénien.

#### Planche II

- Fig. 1: *Collotia gigantea* (Bourquin, 1968). Forme macroconque. Argiles de Saïda, Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei. Algérie Ouest. G.O137 (Collection Touahria).
- Fig. 2: *Rehmannia (Loczyceras) cf. hungarica* (Till, 1911). Forme macroconque. Argiles de Saïda, Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei. Algérie Ouest. G.O 95. (Collection Touahria).
- Fig. 3: *Collotia multicostata* (Petitclerc, 1915). Forme macroconque. Argiles de Saïda, Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei. Algérie Ouest. G.O 105 (Collection Touahria).
- Fig. 4: *Rehmannia (Loczyceras) reissi* (Steinmann, 1881). Forme *plana* microconque. Argiles de Saïda, Callovien inférieur, Zone à Gracilis, sous-zone à Patina. Algérie Ouest. G.O 40 (Collection Touahria).
- Fig. 5a-b: *Collotia nivernensis* (Bourquin, 1968). Forme macroconque. Argiles de Saïda. Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei Algérie Ouest. G.O 120 (Collection Touahria). 5a : vue ventrale, 5b vue latérale.
- Barre d'échelle : 1 cm



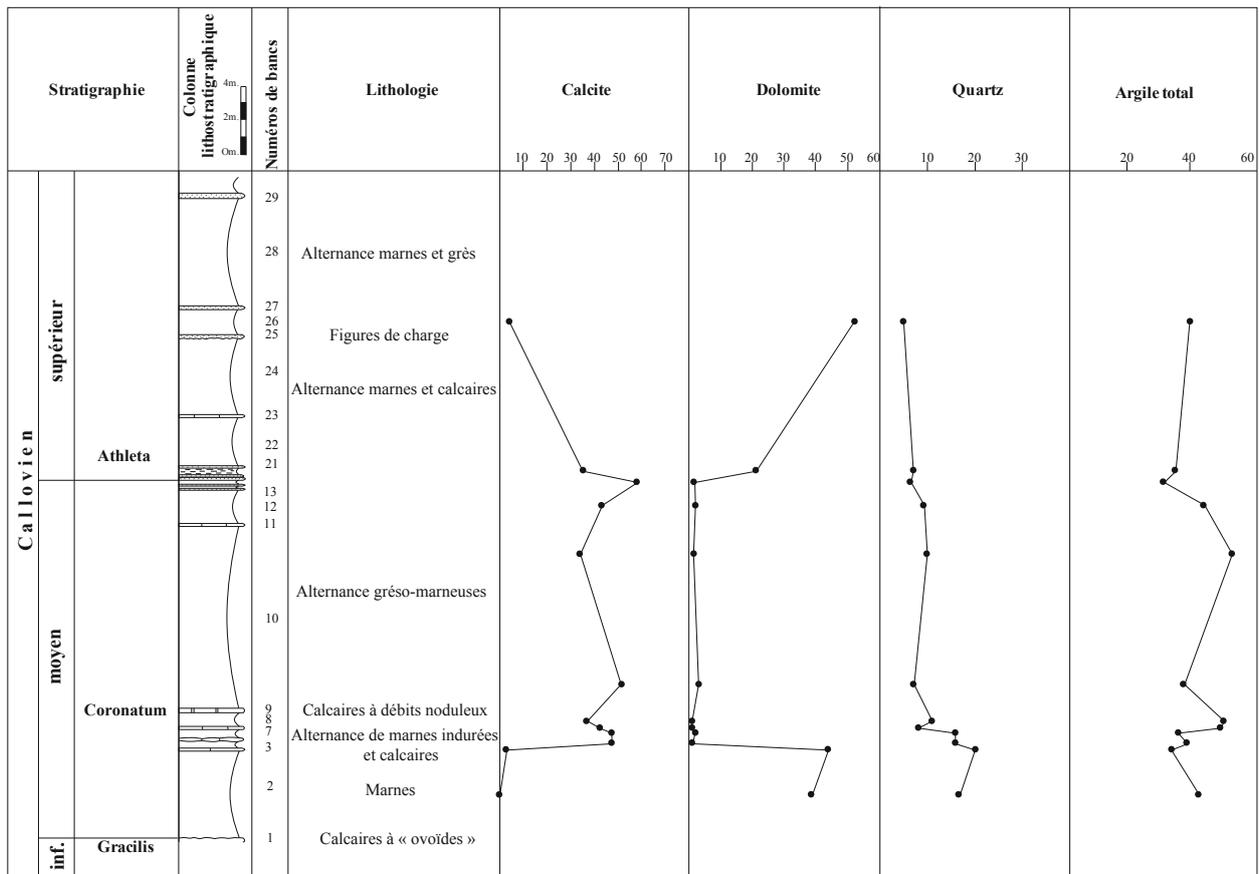


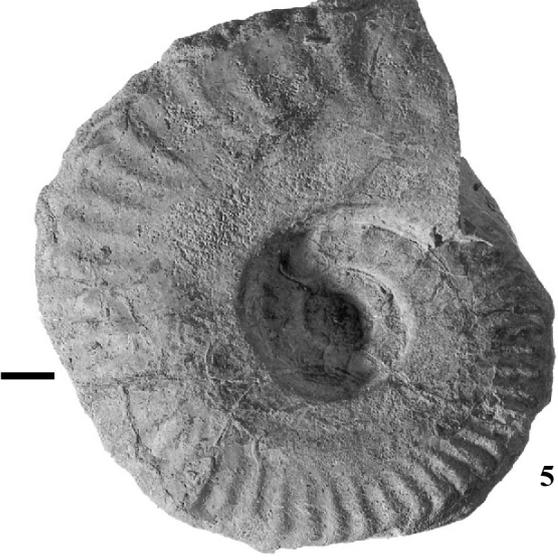
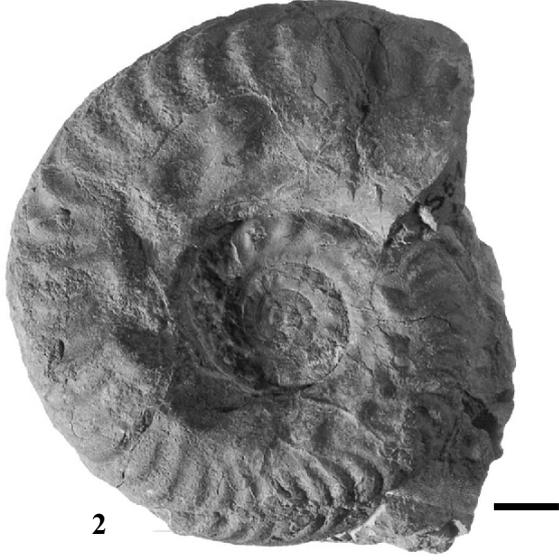
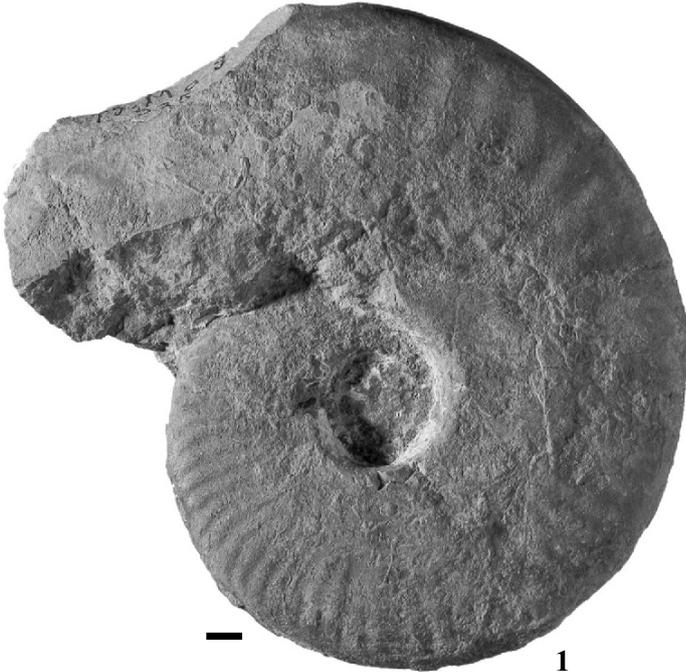
Fig. 5: Pourcentage des minéraux argileux (argile totale) et non argileux.

Après la crise tectonique et sédimentaire enregistrée pendant le Bathonien supérieur, la reprise de la sédimentation, dans le secteur d'étude considéré comme résistant en raison de sa proximité avec le môle de Tiffrit, est matérialisée par la mise en place d'un niveau à ovoïdes dont le contenu fossilifère a livré des ammonites datés de la sous-zone à Patina. En revanche dans les autres secteurs plus subsidents, cette reprise coïncide avec un approfondissement relatif du niveau marin qui atteint un

premier maximum à la limite entre le Callovien inférieur et moyen. C'est alors, durant cette phase, que se déposent les Grès de Bou-Beker, formation bien développée dans les Monts de Tlemcen et dans les horsts frontaliers marocains. Cette formation correspond à des amas gréseux se présentant sous forme de lentilles de longueur pouvant dépasser cent mètres, perturbant l'agencement normal de la Formation des Argiles de Saïda.

### Planche III

- Fig. 1: *Hecticoceras (Lunuloceras) paulowi* Tsytowich, 1911, F.S.L. 168627 (S 35) Université Claude Bernard Lyon 1. Banc n° 9 Callovien moyen Zone, à Coronatum, sous-zone à Baylei.
- Fig. 2: *Hecticoceras (Lunuloceras) metomphalum* Bonarelli, 1894, F.S.L. 168634 Université Claude Bernard Lyon 1. Banc n° 9 Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei.
- Fig. 3: *Hecticoceras (Lunuloceras) romani* Lemoine, 1932, F.S.L. 168641 (S 24) Université Claude Bernard Lyon 1. Banc n° 9 Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei.
- Fig. 4: *Homoeoplanulites (Homoeoplanulites) furculus* Neumayr, 1871, F.S.L. 168608 Université Claude Bernard Lyon 1. Banc n° 1. Callovien inférieur, Zone à Gracilis, sous-zone à Patina.
- Fig. 5: *Hecticoceras (Lunuloceras) lahusei* Tsytowich, 1911, F.S.L. 168631 (S 50) Université Claude Bernard Lyon 1. Banc n° 9 Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei.
- Fig. 6: *Flabellispinctes (Flabellispinctes) villanyensis* (Till, 1911), F.S.L. 168607 (n° 64) Université Claude Bernard Lyon 1 Banc n° 9 Callovien moyen, Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei.
- Barre d'échelle: 1 cm



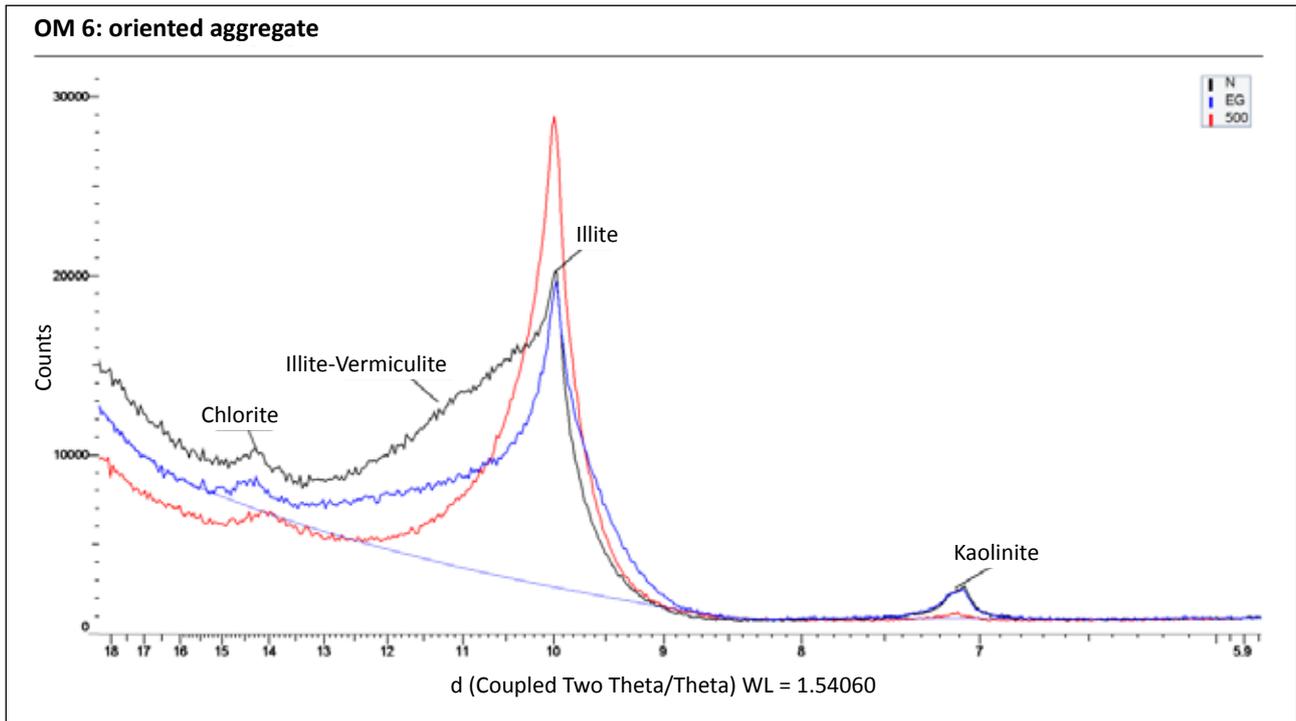


Fig. 6: Diffractogramme RX de la Formation des Argiles de Saida de la coupe l'Oued Cheikh Mansour.

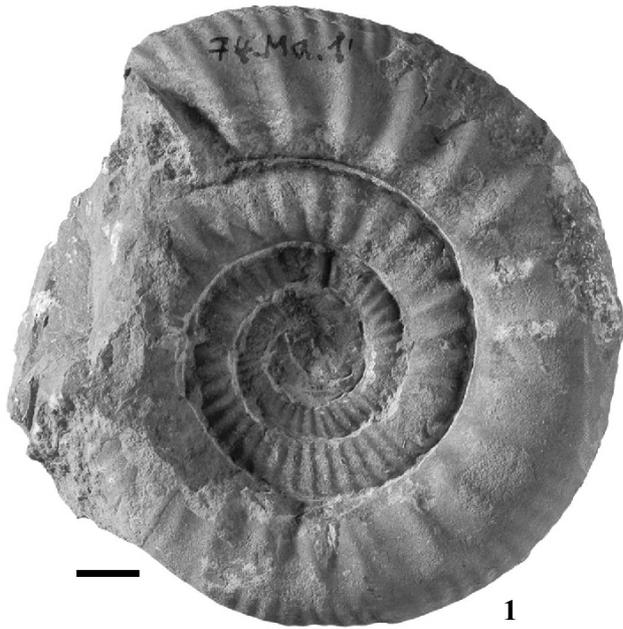
## 5. CONCLUSION

L'étude des dépôts de la coupe de l'Oued Cheikh Mansour permet de souligner les relations entre certaines fluctuations de la tranche d'eau et la composition minéralogique. Dans un premier temps le changement s'opère à la base de la série avec une diminution de la calcite, puis un approfondissement progressif qui va de pair avec une phase distensive. Ces fluctuations tectono-eustatiques génèrent des événements biologiques qui se caractérisent par des niveaux repères et des niveaux condensés qui ont livré des ammonites datées du Callovien inférieur (zone à Gracilis, sous-zone à Patina) et du Callovien moyen (zone à Anceps, sous-zone à Stubeli). Dans un second temps s'opère une diminution de la tranche d'eau puis l'arrivée des décharges gréseuses et des dépôts avec des figures de charges.

Dans le secteur, on assiste donc à un comblement progressif du bassin avec une montée du niveau marin relatif. On observe de brefs cycles sédimentaires de marnes suivis de calcaires à ammonites. Les niveaux condensés, enregistrés pendant le Callovien inférieur, semblent correspondre à des hauts-fonds qui ont disparu lors de l'effondrement généralisé produit pendant le Callovien moyen. La série suivante est composée de produits détritiques grossiers associés à des carbonates. Ces derniers caractères sont en accord avec un épisode d'inondation rapide. Cette instabilité du bassin s'explique par la présence de la kaolinite qui indique la réduction de la profondeur et une haute énergie du milieu ainsi que par l'absence de la smectite qui témoigne également d'un milieu à faible profondeur.

## Planche IV

- Fig. 1: *Choffatia (Subgrossouvria) cardoti* Petittelerc, 1915, F.S.L. 705992 Banc n° 1 : coupe de l'Oued Cheikh Mansour; Callovien inférieur Zone à Gracilis, sous-zone à Patina.
- Fig. 2: *Choffatia (Choffatia) pannonica* Loczy, 1915 F.S.L. 705963 (n° 3) Banc n°1, coupe de l'Oued Cheikh Mansour, Callovien inférieur. Zone à Gracilis, sous-zone à Patina.
- Fig. 3: *Choffatia (Subgrossouvria) coronaeformis* Loczy, 1915, F.S.L. 168624 (n°42) Banc n° 9 coupe Oued Cheikh Mansour, Callovien moyen Zone à coronatum, sous-zone à Baylei.
- Fig. 4: *Reineckeia (Reineckeia) anceps elmi* Bourquin, 1968, (forme microconque) (G.O 88) Banc n° 9 : coupe de l'Oued Cheikh Mansour, Callovien moyen Zone à Coronatum, sous-zone à Baylei Algérie Ouest.
- Fig. 5: *Choffatia (Grossouvria) kontkiewiczzi kontkiewiczzi* (Siemiradzi, 1894), F.S.L. 168628 Banc n°9, coupe de l'Oued Cheikh Mansour, Callovien moyen Zone à Coronatum, sous zone à Baylei, Algérie Ouest.
- Barre d'échelle: 1 cm



## REMERCIEMENTS

Mes (A.T.) sincères remerciements et ma profonde gratitude vont à Monsieur F. Atrops pour son accueil et à Monsieur A. Prieur de l'Université Claude Bernard Lyon 1 pour m'avoir permis l'accès aux collections et pour sa disponibilité. Que Monsieur D. Bert de l'université de Rennes 1, trouve toute ma reconnaissance pour ses remarques fructueuses. Ma gratitude va également à mon Ministère pour avoir mis les moyens nécessaires pour mener à bien mon projet de recherche.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Atger M. & Verdier J. 1965. Etude géologique du Plateau jurassique de Cacherou (Permis Mascara-Burdeau) Bordure Nord des Monts de Saïda. Rapports inédits S. N. Répal.
- Auclair D. & Biehler J. 1967. Etude géologique des Hautes Plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda. *Publication du Service Géologique d'Algérie*, Alger, N.S., Bull. 34 : 3-45.
- Benest M. 1985. Evolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. *Documents des Laboratoires Géologiques de Lyon*, 95 : 581 pp.
- Biscaye PE. 1965. Mineralogy and sedimentation of Recent Deep-sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent seas and Ocean. *Geological Society of America Bulletin*, 76 : 803-832.
- Bonarelli G. 1894. *Hecticoceras* novum genus Ammonidarum. *Bolletino Societa geologia italiana*, 18 : 73-108.
- Bourquin J. 1968. Les Reineckeidés. *Annales scientifiques de l'Université Besançon*, 3<sup>e</sup> série, Géologie, 3(4), 169 pp.
- Breistroffer M. 1947. Notes de nomenclature paléozoologique. I: Ammonites jurassiques et crétacées. *Procès verbaux mensuels de la Société Scientifique du Dauphiné*, Grenoble, 26(195) : 5 pp.
- Cariou E. & Hantzpergue P. 1997. Groupe Français d'Etudes du Jurassique, biostratigraphie du Jurassique, ouest-européen et Méditerranéen. Zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration Production d'Elf-Aquitaine*, 17 : 400 pp.
- Cook H. E., Johnson P. D., Matti J.C. & Zemmels I. 1975. Methods of sample preparation and x-ray diffraction data analysis, x-ray mineralogy laboratory. *Initial reports of the deep sea drilling project. Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside* : 999-1007.
- Elmi S. 1971. Les influences mésogéennes dans le Jurassique moyen du Sud-Est de la France, comparaison avec l'Ouest algérien. *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici*, 54(2) : 471-481.
- Elmi S. & M. Benest 1978. Les «Argiles de Saïda» faciès flyschoides du Callovo-Oxfordien du sillon tlemcenien (Ouest algérien), stratonomie, environnement, interprétation et évolution paléogéographique. *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences, Lyon*, h. s. 4 : 203-261.
- Fagel N., Boski T., Likhosway L. & Oberhaensli H. 2003. Late quaternary clay mineral, record in Central Lake Baikal (Academician ridge Siberia) *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 193 : 159-179.
- Fagel N. 2004. Géologie des argiles. Notes de cours, Faculté des Sciences, Université de Liège, 1-185 pp.
- Fagel N. 2010. Argiles et environnement. Liège, Université de Liège, notes de cours inédites.
- Flamand G.B.M. 1911. *Recherches géologiques et géographiques sur le Haut pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoire du Sud)*. Thèse SC. Lyon, n° 47, 145 pp.
- Holtzafell T. 1985. Les minéraux argileux. Préparation. Analyse diffractométrique et détermination. *Société Géologique du Nord*, 12, 136 pp.
- Hyatt A. 1900. Céphalopodes. In : Zittel K.A. (ed.), *Textbook of Palaeontology*. Macmillan Publishers, Londres et New York : 502-592.
- Lemoine E. 1932. Essai sur l'évolution du genre *Hecticoceras* dans le Callovien de la Chaîne du Mont du-Chat. Deux nouvelles espèces d'*Horioceras*. *Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon*, 527 pp.
- Loczy L. 1915. Monographie der Villányer Callovien-Ammoniten. In : *Geologica Hungarica*, Budapestini, Academia Scientiarum Ungarica, 1(3-4) : 255-507.
- Lucas G. 1942. Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et du Sid el Abed. 1942. *Bulletin du service de la Carte géologique*, Algérie, 2<sup>e</sup> série, n° 16.
- Lucas G. 1952. Bordure Nord des Hautes Plaines dans l'Algérie occidentale. Primaire – Jurassique – Analyse structurale. Monographie Régionales. 1<sup>re</sup> série : Algérie. *XIX<sup>e</sup> Congrès géologique international, Alger*, 21 : 139 pp.
- Mangold C. 1988. Les *Pachyerymnoceras* (Pachyceratidés, Périssphinctacés), Ammonites du Callovien moyen et supérieur de la région de Saïda (Algérie occidentale). Origine phylétique et biogéographie des Pachyceratidés. *Géobios*, 21(5) : 567-609.
- Moore D.M. & Reynolds R.C. 1989. *X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. Oxford University Press, 332 pp.
- Neumayr M. 1871. Über einige neue oder weniger bekannte Cephalopoden der Macrocephalens-chichten. *Jahrbuch der Kaiserlich Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 20(2) : 147-156.
- Petitclerc P. 1915. *Essai sur la faune du Callovien dans le département des Deux-Sèvres et plus spécialement de celle des environs de Niort*. Part. I, 151 pp. Part II, 1 p., pl. I-XIV, L. Bon. éd., Vesoul.
- Pomel A. & Pouyane J. 1889-1890. Carte géologique provisoire de l'Algérie, en quatre feuilles, au 1/800.000. 1<sup>re</sup> édition, Alger, 1889. 2<sup>e</sup> édition avec additions, 1890 : texte explicatif (Pomel) : description stratigraphique générale de l'Algérie. Alger.
- Reinecke D.J.C.M. 1818. Maris protogaei Nautilus et Argonautas, vulgo cornua Ammonis. In : *Agro Coburgico et vicinoreperiundos*. L.C.A. Ahli imp., Cobourg, 90 pp.
- Siemiradzki J. von 1894. Neue Beiträge zur Kenntniss der Ammoniten fauna der polnischen Eisenoolithe. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, 46 : 501-536.
- Steinmann G. 1881. Zur Kenntnis der Jura und Kreideformation von Caracoles (Bolivia). *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 1 : 238-301.
- Till A. 1907. Zur Ammoniten fauna von Villany (Südungar). *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt, Wien*, 5 : 121-129.

- Till A. 1911. Die Ammoniten fauna des Kelloway von Villany (Hongrie). *Beiträge zur Paläontologie Österreich-Ungarns und des Orients*, Wien, Bd. XXIII, Abt. I, pp. 175-199 (1-25), Abt. II, pp. 251-272 (1-22), pl. XVI- XIX (I-IV), Bd. XXIV, pp. 1-49 (23-71), pl. I-VII (V-XII).
- Thorez J. 1976. *Practical identification of clay minerals. A handbook for teachers and students in clay mineralogy*. Lelotte ed., Dison, Belgique, 190 pp.
- Thorez J. 1985. Argillo-genesis and the hydrolysis index. *Mineralogica et Petrographica Acta*, 29: 313-338.
- Touahria A. 1979. *Stratigraphie de Callovien des environs de Saïda (Algérie occidentale). Les Reineckeidae (Ammonitina, Perisphinctaceae)*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Lyon.
- Tsyrovitch X. 1911. *Hecticoceras* du Callovien de Chézery. *Mémoires de la Société Paléontologique Suisse*, Genève. Vol. 37: 84 pp.
- Welch J. 1890. *Les terrains jurassiques dans les environs de Tiaret, Frenda et Saïda (Dpt. d'Oran)*. Thèse, Faculté des Sciences, Lille, 200 pp.
- Zeiss A. 1959. Hecticoceratinae (Ammonoidea jurassica). In: Quenstedt W. (ed.), *Fossilium Catalogus I: Animalia*, Uitgeverij Dr. W. Junk's, 143 pp.