



**Chenot, E., Dennielou, E., Lathuilière, B., Carpentier, C.,
Fischer, M.**

(2023)

**Neuves-Maisons : La minette de Lorraine dans les
mines du Val de fer**

***Contribution ORAGE originale à la Banque de données du
sous-sol n°32.***

Coordonnées SRS : Latitude : 48.640 Longitude : 6.108

Département : Meurthe-et-Moselle Commune : Neuves-Maisons

Nature : Mine

Neuves-Maisons : La minette de Lorraine dans les mines du Val de fer

Nature : Mine

Coordonnées SRS : Latitude : 48.640 Longitude : 6.108

Citation : Chenot, E., Dennielou, E., Lathuilière, B., Carpentier, C., Fischer, M. (2023)
Neuves-Maisons : La minette de Lorraine dans les mines du Val de fer. *Contribution
ORAGE originale à la Banque de données du sous-sol* n° 32, p. 1-37.

1 – Mise à jour de la stratigraphie de la formation de la minette de Lorraine

1.1. Biostratigraphie

Le dernier grand travail de paléontologie stratigraphique réalisé sur la Minette de Lorraine est celui de [Gérard et Bichelonne \(1940\)](#). C'est sur ces auteurs que se sont appuyés les importants travaux qui ont suivi par exemple ceux de [Bubenicek \(1960, 1970\)](#) ou [Maubeuge \(1972\)](#). [Gérard et Bichelonne \(1940\)](#) s'étaient intéressés aux assemblages de faunes d'ammonites présentes dans les couches de minerais exploitées et leurs intercalaires. Ils ont déterminé 5 assemblages majeurs ([Fig.1](#)) d'ammonites dont ils ont donné le contenu d'espèces détaillé dans leur ouvrage. Ces cinq zones d'associations d'ammonites sont listées ci-dessous :

- Zone 1 : *Dumortieria levesquei* (d'ORBIGNY) et *Dumortieria striatulo-costata* (QUENSTEDT)
- Zone 2 : *Dumortieria pseudoradiosa* (BRANCO) et *Dumortieria radians* (REINECKE)
- Zone 3 : *Dumortieria moorei* (LYCETT) et *Cotteswoldia misera* (BUCKMAN)
- Zone 4 : *Ludwigia haugi* (DOUVILLE) et *Brasilia bradfordensis* (BUCKMAN)
- Zone 5 : *Ludwigia concava* (SOWERBY) et *Hyperlioceras discites* (WAAGEN)

Depuis ce travail, la définition de l'étage Aalénien s'est restreinte et des biozonations plus précises ont été proposées pour l'ensemble de l'Ouest-européen ([Elmi, 1997](#)). En réactualisant les données biostratigraphiques locales de [Gérard et Bichelonne \(1940\)](#) au regard de la *Geological Time Scale 2020* ([Gradstein et al., 2020](#)), nous avons ainsi pu actualiser un âge Toarcien supérieur – Aalénien basal pour la Minette de Lorraine du bassin de Nancy. Il est important de noter que ce travail s'est fondé sur les identifications et déterminations de [Gérard et Bichelonne \(1940\)](#). Notre travail n'a pas consisté à réviser les espèces proposées.

Âge (Ma)	Ère	Étage	Zone	Sous zone	Horizon	Zones d'associations d'ammonites	Niveaux stratigraphiques du minéral dans les sous-bassins de...				Formations géologiques		
							Longwy	Ottange	Orne	Nancy			
de Gradstein et al. (2020)				de Gérard et Bichelonne (1940) actualisée selon Elmi et al (1997)				de Gérard et Bichelonne (1940)					
170.9	JURASSIQUE	moyen	BAJ.	DISCITES	Dominans Subsectum	<i>Ludwigella concava</i> (SOWERBY) & <i>Hyperilloceras discites</i> (WAAGEN)	5				Marnes micacées		
				Walker Acanthodes									
				Concavum (Linitatum)									
				Concavum (Costul)									
				Gigantea									
172				BRADFORDENSIS	Bradfordensis	Bradfordensis	<i>Ludwigia haugi</i> (DOUVILLE) & <i>Brasilia bradfordensis</i> (BUCKMAN)	4		rouge moyenne		Minette de Lorraine	
				MURCHISONAE	Murchisonae	Murchisonae							
					Haugi	Haugi							
173					Bifidatum	Cassicostratum							
					Bifidatum								
174				OPALINUM	Comptum	Lineatum	<i>Dumortieria moorei</i> (LYCETT) & <i>Pleydellia misera</i> (BUCKMAN) ou <i>Cotteswoldia misera</i>	3					Grise, jaune principale, jaune sauvage, rouge principale
					Opalinum	Opalinum							
					Subglabrum								
174.7					Buckmani	Lugdunensis							
					Lugdunensis								
175	JURASSIQUE	inférieur	TOARCEN	AALENSIS	Celtica	<i>D. pseudoradiosa</i> (BRANCO) & <i>D. radians</i>	2				Grise, S3, S2		
								Mactra	Mactra				
								Tectiforme					
176								Pseudoradiosa	Pseudoradiosa				
								Pseudoradiosa					
				PSEUDORADIOSA	Munieri	<i>Dumortieria levesquei</i> d'(ORBIGNY) & <i>Dumortieria striatulo-costata</i> (QUENSTEDT)	1				base de N4		
								Levesquei					
								Dumortieri					
								Gruberi					
								Insigne					
177					DISPANSUM	Gruberi						Grès Supraliasiques	
						Pachy							
						Cappuchinum							

</

Figure 1 : Mise à jour de la biostratigraphie de la Minette de Lorraine à partir des zones (1 à 5) d'assemblages d'ammonites définies par Gérard et Bichelonne (1940) et des niveaux de stratigraphiques de minéral exploité

1.2. Lithostratigraphie

La formation de la Minette de Lorraine est encadrée à sa base par la formation des Grès supraliasiques, et à son sommet par la formation des Marnes micacées (Fig. 2). Dans le bassin de Nancy, Bichelonne et Angot (1939) ont défini de 1 à 4 couches exploitées de minéral, définies comme les couches inférieure (aussi appelée N4), moyenne (aussi appelé N3) et deux couches supérieures (aussi appelés N2 et N1). Entre les couches de minéral constituées d'oolithe ou d'oncolithe ferrugineuses, sont retrouvés des niveaux de stériles. La description minéral versus stérile, correspond aux descriptions des mineurs, traduisant le pourcentage de fer exploitable dans les niveaux sédimentaires. Un minéral exploitable contenait au moins 30% de fer (Bichelonne et Angot, 1939).

D'après la figure 2, qui est une transcription des descriptions lithologiques de coupes du bassin de Nancy, publiées dans Gérard et Bichelonne (1940), l'épaisseur de minéral exploitée dans le bassin de Nancy est comprise entre 8 mètres pour son minimum à Fontenoy-sur-Moselle, et 12 mètres au maximum, à Boudonville.

Les couches de minéral n'ont pas des épaisseurs constantes ; leur répartition et leur puissance varient donc géographiquement (Bichelonne et Angot, 1939).

- Les couches supérieures (N1 et N2) :

- La couche N1 est retrouvée dans les secteurs s'étendant de Maxéville à Villey-Saint-Étienne, apparemment de manière continue. La puissance de cette couche est « modérée » d'après Gérard et Bichelonne, mais les auteurs relèvent une puissance maximale pouvant atteindre 2 m 10 dans la région de Velaine.
- La couche N2 est présente dans le secteur de Chavenois où sa puissance atteint 2 m 10. Elle est enregistrée dans le synclinal de Faulx (ligne Boudonville-Liverdun) mais aussi dans la région de Frouard à Marbach. [Maubeuge \(1965\)](#) considère ces deux couches N1 et N2 comme synchrones.
- La couche moyenne, N3 est de loin la plus importante du bassin, mais non continue dans le synclinal de la forêt de Haye. Sa puissance atteint 1 m 60 dans la région de Bouxières-aux-Dames à Amance. Sa puissance augmente dans la région de Frouard-Saizerais, avec une puissance pouvant atteindre 3 m 48 à Saizerais.
- La couche inférieure (N4) borde le bassin de Nancy au nord, dans les secteurs de Chavenois à Amance et aussi Frouard à Laxou, et au sud, dans les secteurs de Ludres et du Fond-de-Monveaux et de Pont-Saint-Vincent à Sexey-aux-Forges. Elle atteint au sud, une puissance de 2 m 13.

Il existe, localement dans le bassin de Nancy, un niveau conglomératique au sommet de la formation de la Minette de Lorraine, décrit dans les localités de Frouard et de Marbach ([Maubeuge 1955](#)) et appelé « le conglomérat de Marbach », dont la puissance peut atteindre 50 cm ([Bichelonne et Angot, 1939](#) ; [Gérard et Bichelonne, 1940](#)). L'appellation de « conglomérat », généralement accompagnée de guillemets dans la littérature, paraît être un abus de langage par rapport au sens pétrographique de ce terme. [Maubeuge 1955](#) décrit : [Au sommet apparaissent des nodules ferrugineux roulés à patine ferrugineuse d'un maximum 2 cm. de diamètre. Ils sont en marne ferrugineuse avec un peu de minerai. Quelques *Montlivaultia* dans ce conglomérat]. Une surface perforée peut aussi terminer la formation ferrugineuse ([Maubeuge, 1969](#)).

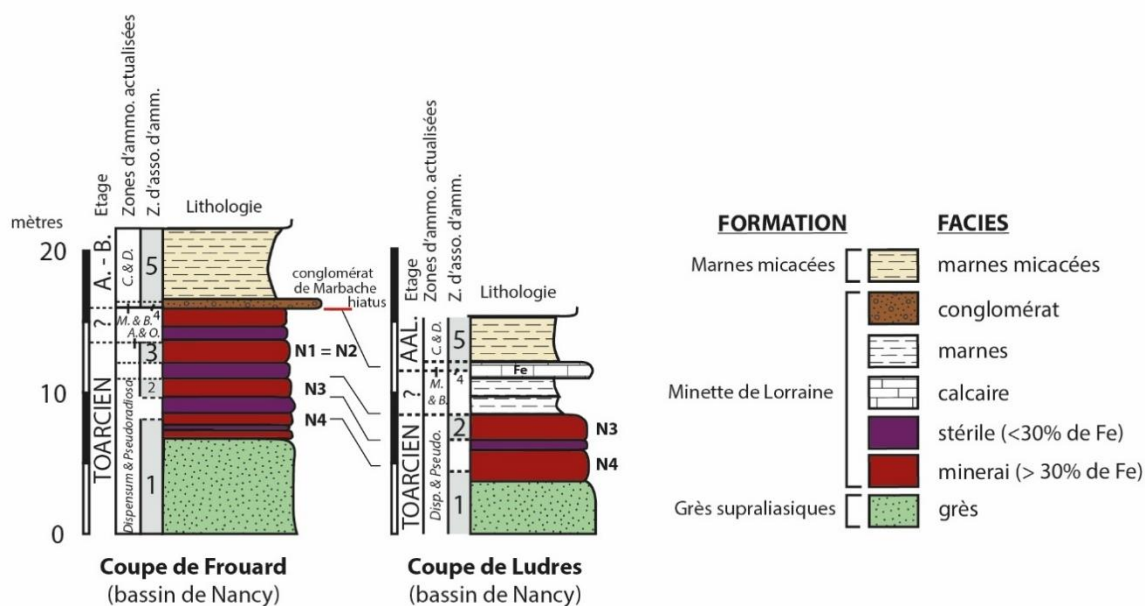


Figure 2 : Coupes types définies dans les sous-bassins de la Minette de Lorraine, décrites par Gérard et Bichelonne (1940), et replacées selon la biostratigraphie actuelle. Les chiffres représentent les zones de Gérard et Bichelonne (1940), les appellations N1 N2 N3 et N4 représentent les couches de minerai définies par Bichelonne et Angot (1939). Les lettres C & D représentent les zones à Concavum et Discites – les lettres M & B représentent les zones Murchisonae et Bradfordensis – les lettres A & O représentent les zones Aalensis et Opalinum

2 – Etudes sédimentologique, paléontologique, pétrographique et minéralogique de la coupe de la mine de Neuves-Maisons

Du fait d'une exploitation quasi exclusivement souterraine du minerai fer dans le bassin de Nancy, les affleurements de minette sont aujourd'hui très rares. Les mines ont pour beaucoup été ennoyées, ou condamnées car trop dangereuses d'accès. Par chance, en juin 2020, puis en septembre 2022, l'Agence du Patrimoine de la culture industrielle (APCI) de Neuves-Maisons et l'Union Spéléologique de l'Agglomération Nancéienne (USAN) nous ont donné un accès sécurisé à la mine de Neuves-Maisons (anciennement concession de Chavigny) pour pouvoir accéder au minerai sur le terrain. L'objectif de notre venue était de tenter de décrire un peu plus en détail les roches sédimentaires qui constituent le minerai de fer de Nancy, d'un point de vue sédimentologique, de donner un âge relatif à la couche exploitée dans la concession de Neuves-Maisons, et aussi pour tenter d'éclaircir les mystères de son environnement de dépôt.

2.1 Description sédimentologique de l'affleurement

Nous avons donc été guidés par les personnes en charge de la préservation du patrimoine du Val de Fer, sur le niveau exploité le plus épais et continu de la mine (Fig. 3).

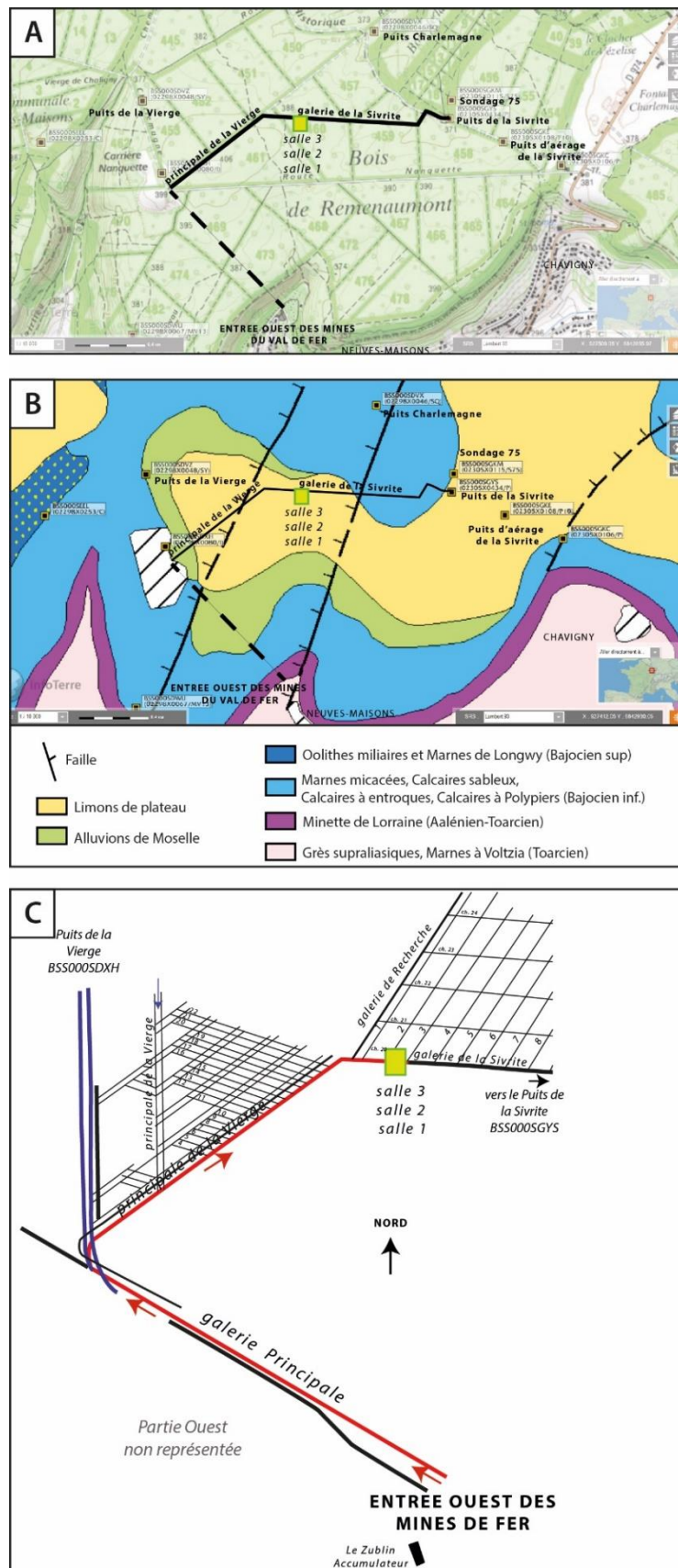


Figure 3 : (A) Projection du site de prélèvement sur carte IGN ; (B) Projection du site de prélèvements sur carte géologique harmonisée (C) Emplacement du site de prélèvement sur le plan de la galerie des mines de Neuves-Maisons (plan transmis par l'USAN modifié et synthétisé pour cette étude)

Nous avons ainsi pu lever une coupe sédimentologique de 4 mètres d'épaisseur, divisée en 3 salles sur les figures 4 & 5.

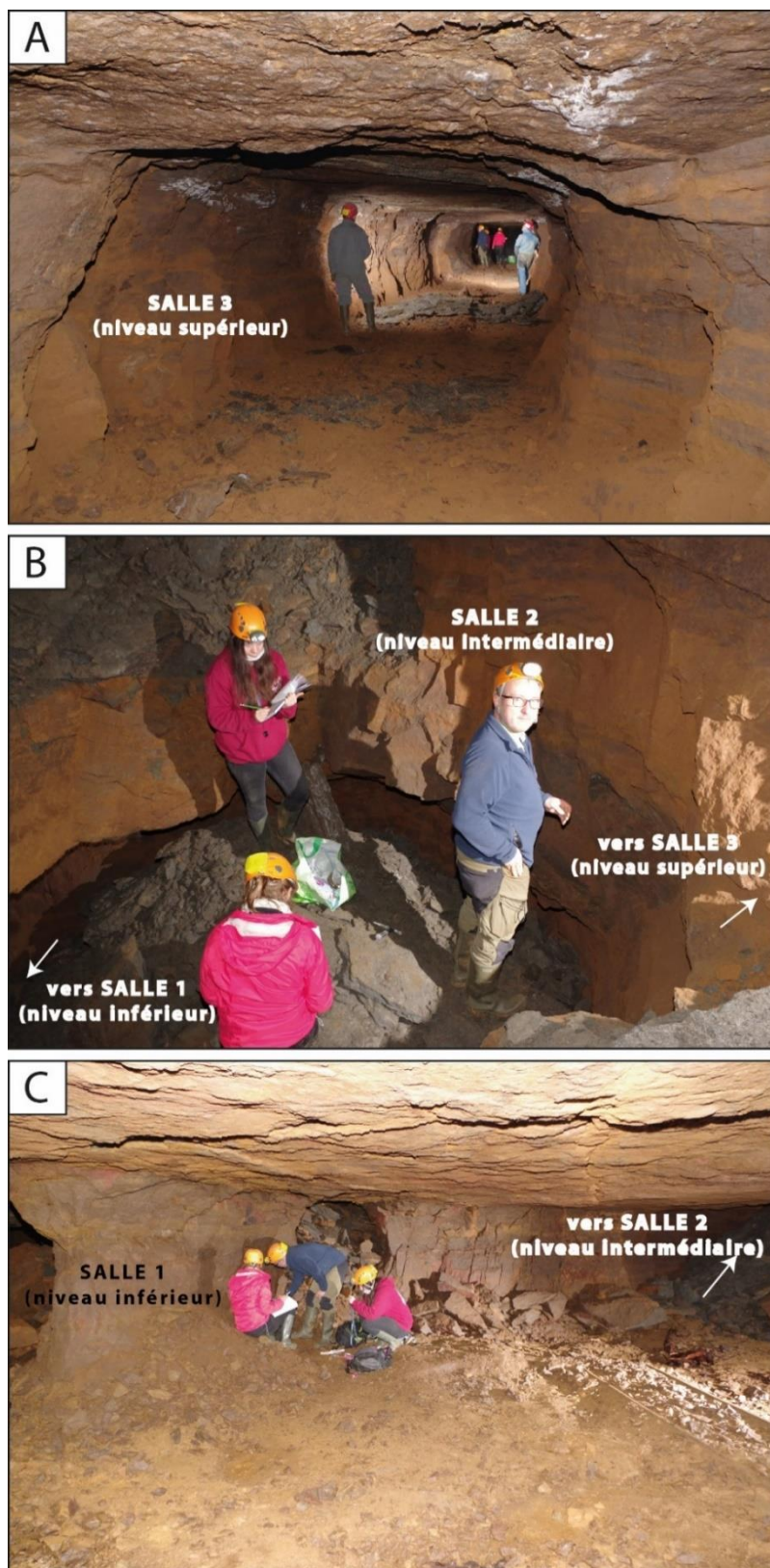


Figure 4 : Affleurements des (A) salle 3 (crédit photo USAN), (B) salle 2 (crédit photo USAN), (C) salle 1 (crédit photo USAN)

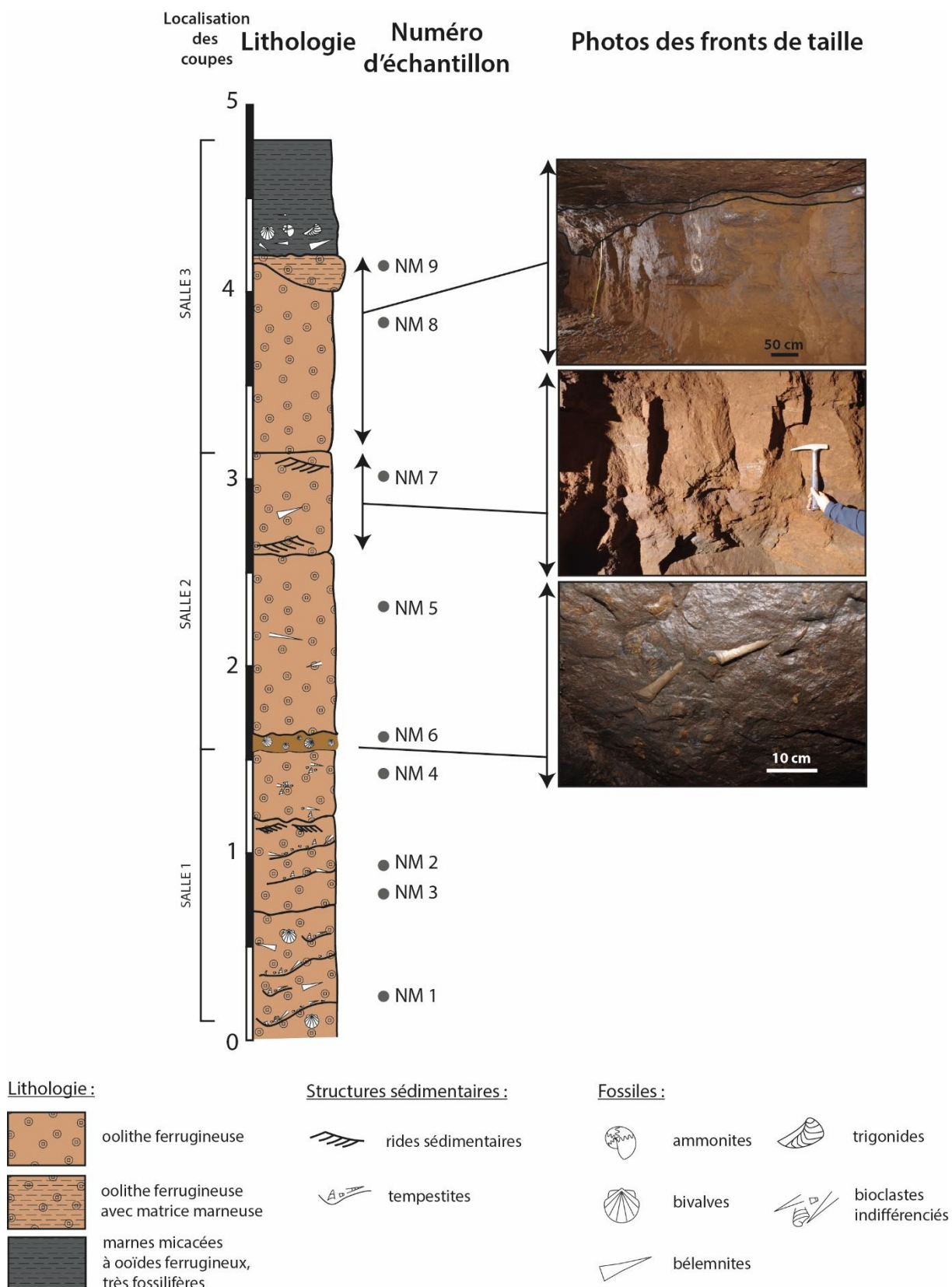


Figure 5 : Log sédimentologique de la mine de Neuves-Maisons (crédit photo USAN)

Le minerais est une roche sédimentaire principalement constituée d'ooïdes ferrugineuses, ce qui lui vaut le nom d'oolithe ferrugineuse. Dans le premier mètre cinquante de la salle 1, de nombreux

bioclastes du type bivalves et bélemnites sont visibles au sein de la roche, ainsi que quelques niveaux de tempestites de fortes accumulations bioclastiques surmontant des surfaces érosives interprétés comme des tempestites coquillères. Au toit de cette première salle, un niveau très caractéristique, de couleur ocre contient de nombreux bivalves centimétriques entiers mais non identifiés. Ce niveau caractéristique a été repéré sur le toit de nombreuses galeries depuis l'entrée des mines du Val de Fer, laissant supposer que le niveau de minerai de la salle 1 était le plus exploité dans la concession traversée. L'affleurement de la salle 2 est composé d'une roche à ooïdes plus petites que ceux des salles 1 et 3 (inférieure à 2mm). Dans ces faciès, il est possible de trouver des bélemnites entières – à noter que les bélemnites sont les macrofossiles les plus présents dans le minerai de fer. Des rides sédimentaires sont décrites sur la moitié supérieure de la salle 2 (Fig. 5, au niveau de l'échantillon NM7). La salle 3 est très homogène sur l'ensemble, à l'exception des cinquante derniers centimètres, qui constituent une unité à base érosive. Ces derniers cinquante centimètres sont toujours composés d'ooïdes ferrugineuses, où la proportion d'argiles augmente. Une ammonite a pu être retrouvée au sommet de ce niveau et identifiée comme *Pleydellia aalensis* (Fig. 6). Le minerai est surmonté finalement par un niveau marneux à ooïdes ferrugineuses, très fossilifère – le contenu fossilifère est décrit dans le paragraphe suivant.

Sur cette coupe, neuf échantillons ont été collectés de manière à illustrer chaque unité lithologique observée sur le terrain ; les échantillons ont ainsi été nommés de NM1 à NM9 (Fig. 5).

2.2 Description de la faune

L'essentiel de la faune a été collecté dans l'unité marneuse qui termine la coupe (à l'exception de la *P. aalensis* figurée qui correspond au niveau NM9), le minerai étant généralement plus pauvre en faune. Parmi les ammonites, nous avons identifié plusieurs exemplaires du genre *Pleydellia* et parmi eux des formes qui semblent rentrer dans la variabilité des espèces décrites comme *P. aalensis* et *P. subcompta* (Fig. 6), ce qui nous placerait dans la dernière zone du Toarcien (zone à Aalensis). La distinction d'avec la première zone de l'Aalénien (Opalinum) semble délicate (Contini et al. in Cariou & Hantzpergue 1997 ; Rulleau et al., 2001). Nous n'avons toutefois pas détecté le genre *Leioceras* qui commence dans cette zone. Les bélemnites sont abondantes, parmi elles, nous avons identifié *Acrocoelites conoideus* Oppel 1856, *Mesoteuthis rhenana* (Oppel 1857) ou *M. benecke* (Schwegler 1938), *Dactyloteuthis irregularis* (Schlotheim, 1813), *D. similis* (Seebach, 1864), et *Brevibelus* cf. *breviformis* (Voltz, 1830 ; Fig. 6).

Les bivalves sont également abondants et constituent un matériel difficile à identifier en particulier pour un certain nombre d'entre eux, endobiontes qui sont présents à l'état de moule, sans qu'on puisse caractériser leur charnière. Pour ces formes, des révisions semblent bien nécessaires. Nous avons tenté quelques attributions génériques sur la base de leur contour (voir *Pleuromya*, *Gresslya* ?, *Thracia* ? *Proonella*, Fig. 7) qui ont au moins le mérite de témoigner d'une certaine diversité dans ces formes endobiontes, diversité qui avait été aperçue par les anciens au moment où l'exploitation de la

minette battait son plein ([Branco 1879](#), [Bleicher 1884](#), [Benecke, 1905](#)). Les *Pholadomya* qui ont fait l'objet d'une pulvérisation excessive des espèces nominales semblent appartenir au moins à deux espèces différentes par leurs proportions. L'une d'elles est rapprochée de l'espèce nominale *P. reticulata* (ou d'un potentiel synonyme plus ancien), l'autre est trop déformée pour pouvoir tenter une identification spécifique. A signaler également un spécimen fragmentaire du groupe des trigonies rapporté à l'espèce *Myophorella* (*Promyophorella*) *spinulosa* (Young & Bird, 1828). Une forme hémiendobionte rapportée au genre *Gervillella* et autre plutôt épibionte, assez complète attribuée à l'espèce *Gervillaria hartmanni* (Münster, 1834). Dans ce niveau marneux nous n'avons pas trouvé le genre *Gryphaea* pourtant généralement assez commun ailleurs dans la mine.

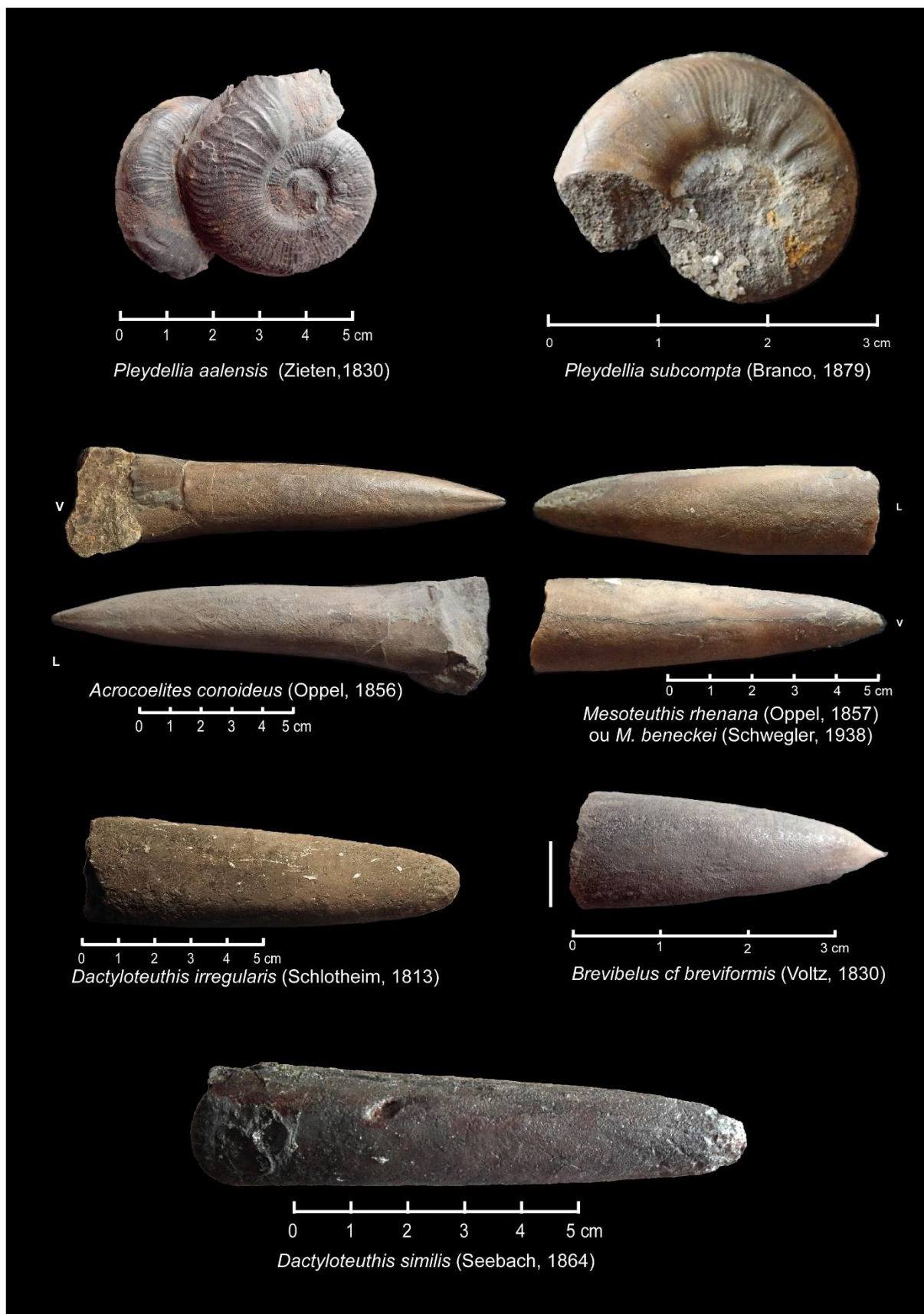


Figure 6 : Céphalopodes de la mine de Neuves-Maisons

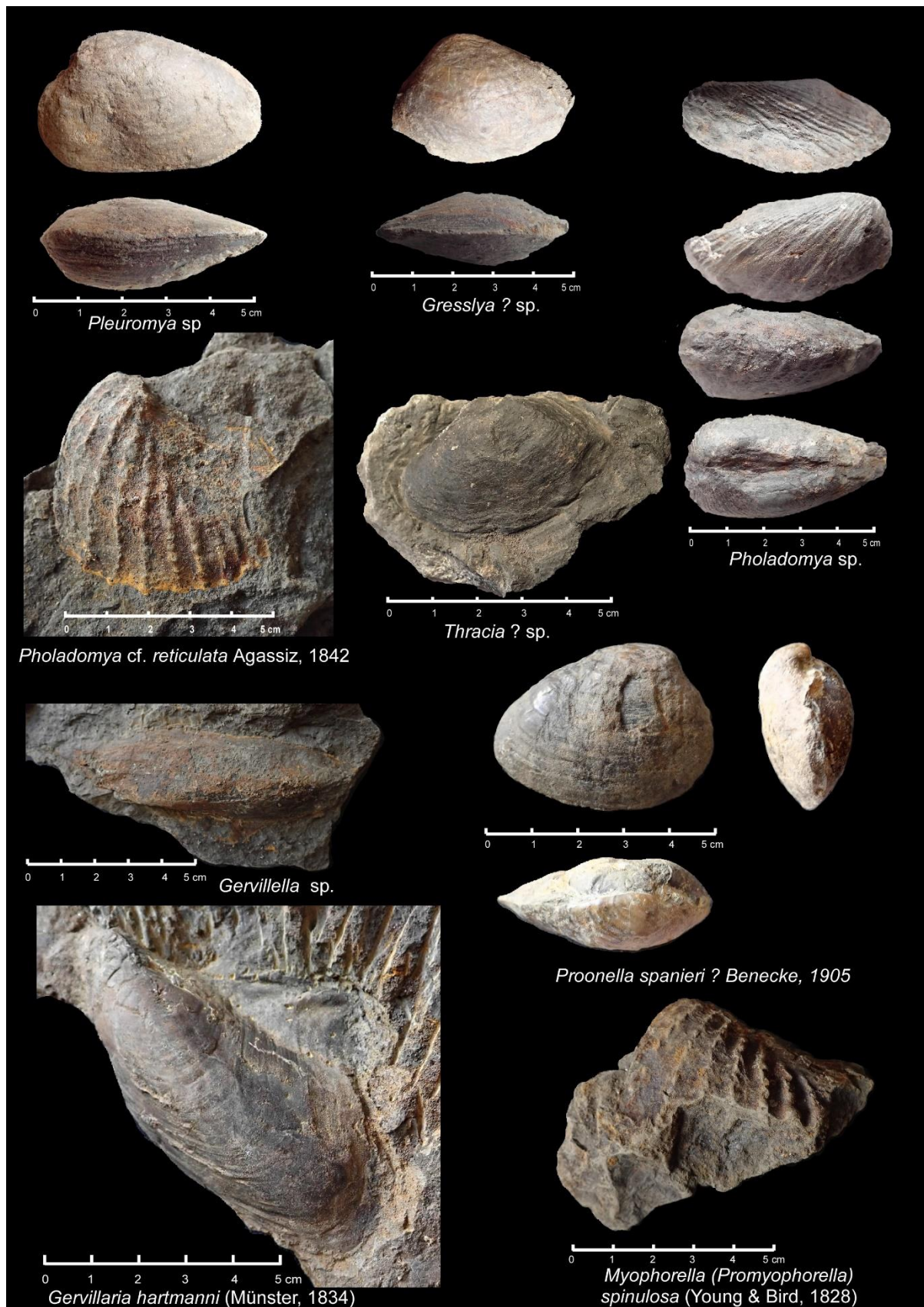



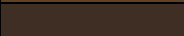









Figure 7: Bivalves de la mine de Neuves-Maisons

2.3 Description macroscopique et microscopique des échantillons

La [figure 8](#) présente les photos de sept des neufs échantillons macroscopiques prélevés dans les mines de Neuves-Maisons. Les échantillons NM1 et NM2 n'ont pas été photographiés car ils étaient déjà détruits pour la réalisation des lames minces et des analyses DRX.

Tous les échantillons ont été indurés. Dans un souci d'objectivité, leur couleur a été déterminée d'après le code Munsell et sont résumées dans le Tableau 1 ci-dessous. Pour les échantillons comportant des zones de couleurs clairement différents, les couleurs sont citées à la suite. Pour les autres échantillons où la variation de couleur est progressive, les couleurs sont séparées par « à ».

Tableau 1 : Couleur des échantillons d'après le code Munsell

Échantillon	Couleur(s) du code Munsell	Equivalent RGB
NM3	10YR 3/4 à 10YR 3/5	
NM4	10YR 2/3 à 10Y 4/4	
NM5	5GY 5/1	
	7,5YR 5/2	
NM6	10YR 4/4	
NM7	10YR 4/4	
NM8	2,5Y 4/1	
	10Y 4/3	
	2,5Y 6/1	
NM9	10YR 4/3	
	5GY 5/1	

Cette couleur brune/orangée est liée à la présence de fer à l'état oxydé, principalement retrouvé au sein des ooïdes ferrugineuses (inférieur au millimètre) mais aussi dans la matrice micritique qui lie les éléments entre eux. Ceci à l'exception de l'échantillon NM 5 qui présente une couleur qui tend plus vers le gris; à l'œil nu, aucun ooïde n'est visible dans cet échantillon. L'échantillon NM8 présente aussi des zones totalement dépourvues d'ooïdes ([Fig. 8](#)).

A l'échelle macroscopique, seuls les échantillons NM 7 et NM 9 présentent une stratification horizontale, avec des lamines de débris bioclastiques pour NM 7 assimilables à des tempestites, et des lamines plus sombres pour NM 9.



Figure 8 : Planche photo de sept des neuf échantillons prélevés dans les mines de Neuves-Maisons

Le [tableau 2](#) détaille la description microscopique des lames minces issues des échantillons. Une planche photo associée à chaque lame mince ([Figs 10 à 18](#)) illustre les observations synthétisées dans le [tableau 2](#). Toutes les photos sont prises en lumière naturelle transmise pour identifier la nature des ciments et/ou des grains. Il est cependant important de noter que les échantillons présentent une forte proportion de minéraux opaques, observables en LPNA (Lumière Polarisée Non Analysée). Parmi les minéraux opaques identifiés par diffraction des rayons, il est possible d'identifier de la goethite, de la pyrite, de la magnétite et de l'hématite. Les textures sont déterminées d'après les classifications de Folk ([1959](#)) et Dunham ([1962](#)).

Les ooïdes sont les principaux composants des échantillons NM 1, NM 2, NM 3, NM 4, NM 6, NM 7, NM 8 et NM 9. La taille de ces ooïdes varie de 0,2 à 0,7 mm. La plupart sont de forme ovoïde. La littérature contient des conceptions variées des relations entre ooïdes et oncoïdes (e.g. [Milliman 1974](#), [Purser, 1980](#), [Peryt 1983](#), [Flügel 1982, 2004](#), [Deconinck et al. \(2016\)](#)). Nous suivons ici la définition descriptive et pratique proposée par Purser (1980). La majorité a un cortex formé de laminations corticales concentriques opaques, plus ou moins homogènes. Certaines s'entrecoupent ou se biseautent. Plusieurs types d'ooïdes peuvent être décrits :

- Des ooïdes composites ([Fig. 9g](#), [Fig. 11h](#)), à savoir une ooïde formée à partir de plusieurs autres ;
- Des ooïdes superficielles, pour lesquelles le cortex est très peu développé par rapport au nucleus. L'ooïde de la [figure 11b](#) en est le meilleur exemple ;
- Des ooïdes de type γ (*sensu* Purser 1980), pour lesquelles le cortex ne se développe que sur un côté du nucléus ([Fig. 9f](#)).

Les nucleus sont majoritairement détritiques : grains phosphatés ([Figs. 9d et 9g](#), [Figs. 11b et 11c](#), [Fig. 12a et Fig. 16b](#)) et/ou grains de quartz ([Fig. 10f et Fig. 12b](#)). La détermination des grains phosphatés ne peut pas être affirmée avec certitude, strictement avec une observation en microscopie optique. Certains nucleus sont plus particuliers, comme pour celui de la [figure 9b](#) où les stries rappellent les macles d'un feldspath plagioclase. Les nucleus sont plus rarement bioclastiques.

Les ooïdes sont souvent non jointives mais elles peuvent se présenter sous forme d'amas jointifs ([Fig. 10a](#)); associé à ce phénomène, il est alors possible d'observer des figures diagénétiques précoces telles que des aplatissements des ooïdes ([Fig. 14a](#), [Fig. 15a et Fig. 16a](#)) voire des cassures au niveau du cortex ([Fig. 9d](#), [Figs. 15c et 15d](#)). De manière générale (à l'exception de l'échantillon NM5 qui ne contient pas du tout d'ooïdes), les ooïdes flottent dans une matrice opaque ferrugineuse ([Fig. 15g](#), [Fig. 16f](#), [Figs. 17c et 17d](#)), qui contient de légères cristallisations de calcite ([Figs. 10e et 10f](#), [Fig. 11i](#), [Fig. 12c](#), [Fig. 14d](#), [Fig. 15g](#)) voire de la dolomite ([Fig. 16b](#)). Il est aussi courant d'observer des ciments calcitiques qui lient les ooïdes entre elles ([Figs. 9a, 9b et 9j](#), [Fig. 11e](#), [Figs. 12a à 12d](#)) ou plus rarement sur des zones plus grandes sous forme de cristaux en mosaïque ([Fig. 12e](#), [Figs. 14b et 14c](#), [Figs. 15a, 15b, 15c et 15d](#), [Figs. 16c, 16e et 16f](#)). Les échantillons comportent également des grains de chlorite dans la matrice, d'environ 100 μm ([Fig. 10b](#)), qui peuvent donner un aspect verdâtre ([Fig. 14c](#)). La

matrice comporte également beaucoup de débris bioclastiques calcitiques émoussés (Fig. 9k, Fig. 16c et Fig. 17c), identifiés majoritairement comme des bivalves ou des brachiopodes, de taille allant de 1 cm à 100 μ m.

L'échantillon NM 5 échappe totalement à cette description car il ne comporte aucune ooïde alors même qu'il a été prélevé dans une unité reconnue comme oolithique sur la coupe (Fig. 5). Il est uniquement constitué, en majorité, de grains de quartz (Fig. 13a), de 200 μ m, jointifs ou non en fonction des endroits, flottant dans une matrice calcitique et chloriteuse (Fig. 13e). Il comporte également des grains phosphatés (Fig. 13d). Cette différence lithologique suggère une variation très locale liée à un évènement sédimentaire éphémère.

L'échantillon NM 8 présente aussi une composition légèrement différente qui se manifeste à l'échelle macroscopique par des plages sans ooïdes (Fig. 8). À l'échelle microscopique, ces plages correspondent à un ciment calcitique, en mosaïque (Figs. 16e et 16f), ou à une matrice chloriteuse (Fig. 16d). Il y a également à une forte concentration en débris bioclastiques de 1 cm de type bivalve (Fig. 16c) dans cet échantillon. Les zones à ooïdes ont les mêmes caractéristiques que les autres échantillons décrits ci-dessus (Fig. 16a), à l'exception de la matrice qui contient des cristaux rhomboédriques de dolomite de 50 μ m couplés et des cristaux de chlorite de 100 μ m, tous non jointifs (Fig. 16b).

Tableau 2 : Description microscopique des neuf lames minces.

LAME	TEXTURE	MATRICE/CIMENT	ALLOCHEMES		REMARQUES (STRUCTURES/TAPHONOMIE)													
			SQUELETTIQUES (Bioclastes)	NON SQUELETTIQUES (Intraclastes, ooïdes, péloïdes)														
NM 1	<ul style="list-style-type: none">Oomicrite/sparite ferrugineuse (Folk, 1959)Packstone à Grainstone à ooïdes ferrugineux (Dunham, 1962)	<ul style="list-style-type: none">Matrice micritique ferrugineuse opaque (Fig. 9h), parfois recristalliséeCiment intergranulaire, micro-sparite (localement entre ooïdes) (Fig. 9j)	Fragments de bivalves (1 mm à 1 cm) (Fig. 9k)	<p>Ooïdes ferrugineux</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 0,2 à 0,5 mmForme : majoritairement allongées (1:3 à 1:4), quelques sections parfaitement circulairesDisposition : majoritairement non jointivesOrientation/alignement : nonNucleus : fragments bioclastiques, grains phosphatés (Fig. 9a), fragments d’ooïdes et autres éléments inconnus (Fig. 9b)Type : <table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Quelques-unes (Fig. 9f)</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Quelques-unes (Fig. 9g)</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table> <ul style="list-style-type: none">Autre : cortex désolidarisés (Fig. 9d), cristallisation dans cortex (Fig. 9g) <p>Grains de quartz</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : >100 μmForme : anguleuxDisposition : quelques grains isolés <p>1 péloïde</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 2 mmForme : arrondie (Fig. 9i)	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Quelques-unes (Fig. 9f)	Composites		Quelques-unes (Fig. 9g)	Superficielles		Quelques-unes	Nucleus bioérodé (Fig. 9a)
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Quelques-unes (Fig. 9f)																
Composites		Quelques-unes (Fig. 9g)																
Superficielles		Quelques-unes																
NM 2	<ul style="list-style-type: none">Oomicrite ferrugineuse (Folk, 1959)Wackestone à Packstone à ooïdes ferrugineux (Dunham, 1962)	<ul style="list-style-type: none">Matrice micritique ferrugineuse (Fig. 10e),Ciment intergranulaire sparitique (localement entre ooïdes)	<ul style="list-style-type: none">ForaminifèresFragment de bivalve (0,5 mm à 1 cm)	<p>Ooïdes ferrugineux</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 0,2 à 0,5 mmForme : majoritairement allongées (1:3), quelques sections parfaitement circulairesDisposition : jointives ou non par endroit, certaines très jointives (pression-dissolution) (Fig. 10a)Orientation/alignement : nonNucleus : inconnus (opaques)Type : <table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table> <p>Grains de quartz</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : >100 μmForme : anguleux	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Non	Composites		Non	Superficielles		Quelques-unes	Ø
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Non																
Composites		Non																
Superficielles		Quelques-unes																

				<ul style="list-style-type: none">Disposition : jointifs en zones d'accumulations, et non-jointifs de manière dispersée dans la matrice <p>Chlorite</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 100 μm (Fig. 10b) <p>Grains phosphatés (Fig. 10c)</p> <p>Rhomboèdres de dolomite</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 20 μm (Fig. 10d)														
NM 3	<ul style="list-style-type: none">Oomicrite ferrugineuse (Folk, 1959)Packstone à oïdes ferrugineux (Dunham, 1962)	<ul style="list-style-type: none">Matrice micritique ferrugineuse (Fig. 11i)Ciment intergranulaire (Fig. 11j), micro-sparite (localement entre oïdes)	<ul style="list-style-type: none">Quelques fragments de bivalves (0,8 mm)	<p>Ooïdes ferrugineux</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 0,2 à 0,7 mmForme : plutôt allongées (1:3 à 1:4), quelques sections parfaitement circulairesDisposition : jointives ou non par endroitOrientation/alignement : nonNucleus : grains phosphatés (Figs. 11b et 11c), fragments de bioclastes (Fig. 11d) et autres éléments inconnus (opaques) (Fig. 11a)Type : <table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Quelques-unes (Fig. 11f)</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Quelques-unes (2 à 3 composites) (Fig. 11h)</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table> <p>Grains de quartz</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : >100 μmForme : anguleuxDisposition : quelques grains isolés <p>Pyrite Taille : 0,2 mm (au sein de sparite, matrice recristallisée)</p>	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Quelques-unes (Fig. 11f)	Composites		Quelques-unes (2 à 3 composites) (Fig. 11h)	Superficielles		Quelques-unes	<ul style="list-style-type: none">Quelques fracturesQuelques noyaux bioérodés (Fig. 11d)
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Quelques-unes (Fig. 11f)																
Composites		Quelques-unes (2 à 3 composites) (Fig. 11h)																
Superficielles		Quelques-unes																
NM 4	<ul style="list-style-type: none">Oomicrite/sparite ferrugineuse (Folk, 1959)	<ul style="list-style-type: none">Matrice micritique ferrugineuse, parfois recristallisée (Fig. 12c)Ciment intergranulaire (Figs. 12d et e) (localement entre oïdes)	<ul style="list-style-type: none">Déchets de mollusques indéterminés (2 mm)	<p>Ooïdes ferrugineux</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : 0,3 à 0,6 mmForme : majoritairement allongées (1:3 à 1:4), quelques sections parfaitement circulairesDisposition : majoritairement jointivesOrientation/alignement : nonNucleus : grains phosphatés (Fig. 12a), grains de quartz (Fig. 12b) et autres éléments inconnus (opaques)Type : <table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Quelques-unes</td></tr><tr><td>γ</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Quelques-unes</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table> <p>Grains de quartz</p> <ul style="list-style-type: none">Taille : >50 μmForme : anguleuxDisposition : non jointifs	Concentriques	α	Majoritaires	β	Quelques-unes	γ	Non	Composites		Quelques-unes	Superficielles		Quelques-unes	∅
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Quelques-unes																
	γ	Non																
Composites		Quelques-unes																
Superficielles		Quelques-unes																

NM 5	<ul style="list-style-type: none">Siltite à grès	<ul style="list-style-type: none">Ciment carbonaté, parfois sparitique, chloriteux (Fig. 13e)	<ul style="list-style-type: none">Quelques débris de bivalves (0,5 à 1 mm)Débris de brachiopode ou bivalve (Fig. 13c)	<ul style="list-style-type: none">Grains de quartz<ul style="list-style-type: none">Taille : ~0,1 mmForme : anguleuxDisposition : jointifs par endroitsChlorite<ul style="list-style-type: none">Taille : ~0,1 mmForme : quelconqueDisposition : non jointifs (Fig. 13c)GlauconieRhomboèdres de dolomiteGrains phosphatés (Fig. 13d)	Ø													
NM 6	<ul style="list-style-type: none">Oomicrite à oosparite ferrugineuse (Folk, 1959)	<ul style="list-style-type: none">Matrice micritique ferrugineuse et chloriteuse (Fig. 14c)Ciment intergranulaire (Fig. 14b) (localement entre oïdes)	<ul style="list-style-type: none">Débris de bélemnite (0,8 cm)Fragment de bivalve (0,5 cm)	<ul style="list-style-type: none">Oïdes ferrugineuses<ul style="list-style-type: none">Taille : 0,3 à 0,5 mmForme : majoritairement allongées (1:3 à 1:4), parfois déforméesDisposition : jointives en amas,Orientation/alignement : nonNucleus : éléments inconnus (opaque)Type :<table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Quelques-unes</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table>Grains de quartz<ul style="list-style-type: none">Taille : ~0,1 mmForme : anguleuxDisposition : non jointifs	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Non	Composites		Quelques-unes	Superficielles		Quelques-unes	<ul style="list-style-type: none">Certaines oïdes éclatées ou très déformées entre elles par compression <p>Pression-dissolution entre les oïdes jointives</p>
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Non																
Composites		Quelques-unes																
Superficielles		Quelques-unes																
NM 7	<ul style="list-style-type: none">Oosparite ferrugineuse (Folk, 1959)Grainstone à oïdes ferrugineuses (Dunham, 1962)	<ul style="list-style-type: none">Matrice, zone de 0,5 mm opaque (ferrugineuse ?) (Fig. 15g)cimentation en sparite dominante	<ul style="list-style-type: none">Débris de bivalve (0,5 mm à 0,5 cm)Foraminifères (probablement <i>Lenticulina</i> (Figs. 15e et 15f))	<ul style="list-style-type: none">Oïdes ferrugineuses<ul style="list-style-type: none">Taille : 0,3 à 0,5 mmForme : majoritairement allongées (1:3 à 1:4), quelques sections parfaitement circulairesDisposition : jointivesOrientation/alignement : nonNucleus : grains phosphatés (Fig. 15a) et autres éléments inconnusType :<table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table>	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Non	Composites		Non	Superficielles		Quelques-unes	<ul style="list-style-type: none">Grains phosphatés (Fig. 15b) <p>Cortex d'oïdes désolidarisés (Fig. 15c)</p>
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Non																
Composites		Non																
Superficielles		Quelques-unes																

NM 8	<ul style="list-style-type: none">• Oomicrite ferrugineuse à micrite fossilifère (Folk, 1959)• Packstone/wackestone à oïdes ferrugineux (Dunham, 1962)	<ul style="list-style-type: none">• Matrice micritique ferrugineuse à non ferrugineuse• Nombreuses impuretés d'origine non élucidée (Fig. 16d)• Orthosparite (Figs. 16e et 16f)	<ul style="list-style-type: none">• Nombreux débris de bivalves (1 mm à 1 cm - Fig. 16c)• Bivalves (~1 mm)	<p>Oïdes ferrugineux</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Taille</u> : 0,3 à 0,4 mm• <u>Forme</u> : majoritairement allongées (1:3), quelques sections parfaitement circulaires, certaines déformées (Fig. 16a)• <u>Disposition</u> : peu jointives en amas• <u>Orientation/alignement</u> : non• <u>Nucleus</u> : grains phosphatés, fragments d'oïdes et autres éléments inconnus• <u>Type</u> : <table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Non</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Quelques-unes</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table>	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Non	Composites		Quelques-unes	Superficielles		Quelques-unes	<ul style="list-style-type: none">• Rhomboèdres de dolomite (Fig. 16b)• Bioclaste microperforées (Fig. 16c)
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Non																
Composites		Quelques-unes																
Superficielles		Quelques-unes																
NM 9	<ul style="list-style-type: none">• Oomicrite ferrugineuse (Folk, 1959)• Packstone/wackestone à oïdes ferrugineux (Dunham, 1962)	<ul style="list-style-type: none">• Matrice micritique opaque ou non (Fig. 17e)• Quelques plages de ciment sparitique	<ul style="list-style-type: none">• Quelques débris de bivalves (Fig. 17c)	<p>Oïdes ferrugineux</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Taille</u> : ~0,3 mm• <u>Forme</u> : majoritairement allongée (proportion 1:3)• <u>Disposition</u> : jointives en amas• <u>Orientation/alignement</u> : localement• <u>Nucleus</u> : fragments bioclastiques, grains phosphatés, fragments d'oncoïdes et autres éléments inconnus• <u>Type</u> : <table><tr><td rowspan="3">Concentriques</td><td>α</td><td>Majoritaires</td></tr><tr><td>β</td><td>Non</td></tr><tr><td>γ</td><td>Quelques-unes</td></tr><tr><td colspan="2">Composites</td><td>Quelques-unes</td></tr><tr><td colspan="2">Superficielles</td><td>Quelques-unes</td></tr></table> <p>2 péloïdes</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Taille</u> : ~1,5 mm (Fig. 17b)	Concentriques	α	Majoritaires	β	Non	γ	Quelques-unes	Composites		Quelques-unes	Superficielles		Quelques-unes	<ul style="list-style-type: none">• Amas d'oïdes orientées horizontalement• Lames horizontales (Fig. 17d)• Quelques fractures
Concentriques	α	Majoritaires																
	β	Non																
	γ	Quelques-unes																
Composites		Quelques-unes																
Superficielles		Quelques-unes																

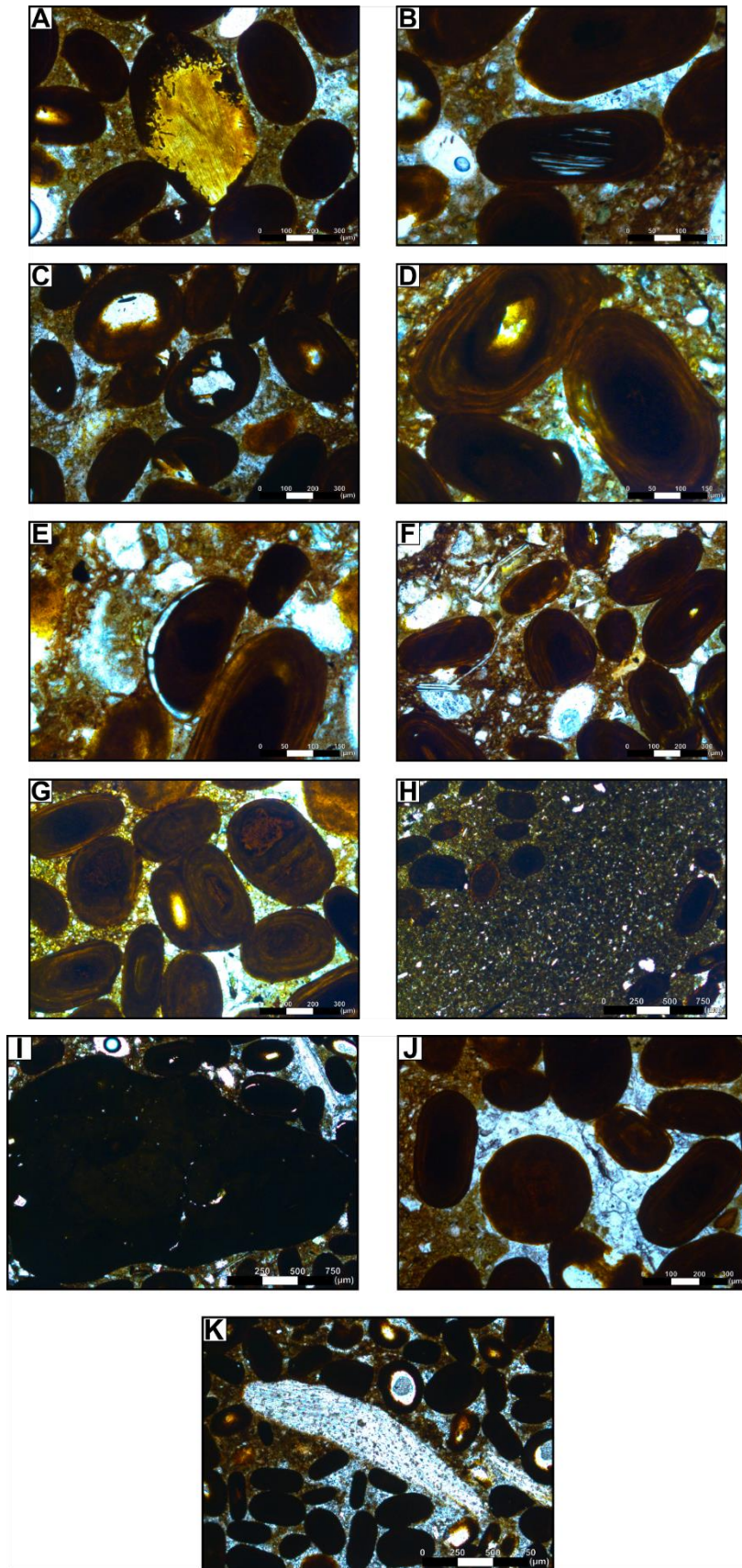


Figure 9: Planche photo relative à la lame mince NM1

A) Nucleus phosphaté bioérodé. B) Nucleus de nature inconnue. C) Nucleus de quartz. D) Cortex desquamé. E) Cristallisation de calcite dans le cortex. F) Ooïde de type γ . G) Ooïde composite. H) Matrice micritique ferrugineuse. I) Intracraste J) Ciment sparitique intergranulaire. K) Bioclaste inconnu (bivalve ?).

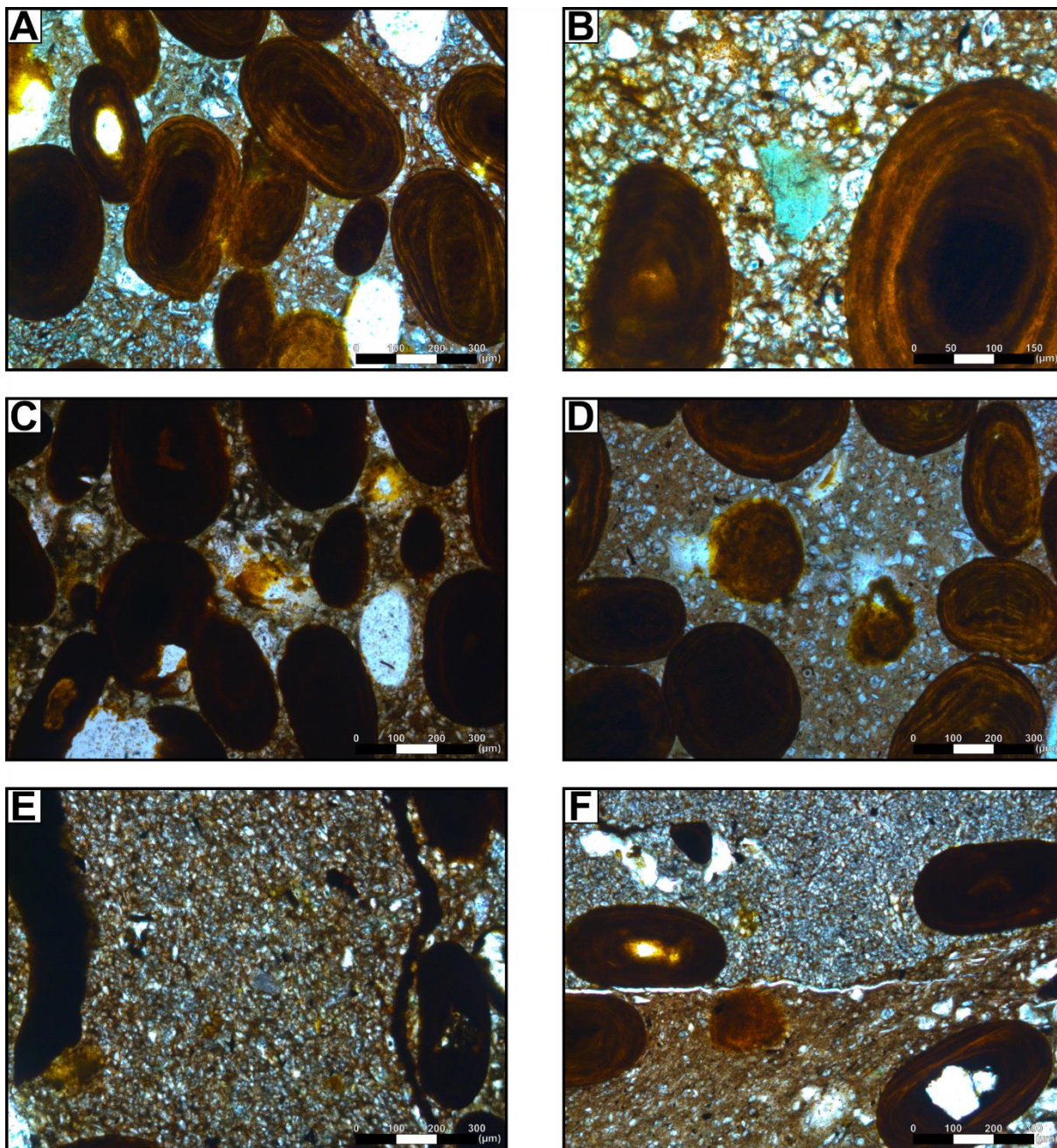


Figure 10 : Planche photo relative à la lame mince NM2

- A) zones de contact entre ooïdes comprimées. B) Grain de chlorite dans la matrice. C) Grain phosphaté dans la matrice. D) Rhomboédres de dolomite dans la matrice. E) Matrice argileuse avec grains blancs indéterminés F) Contact entre deux matrices.*

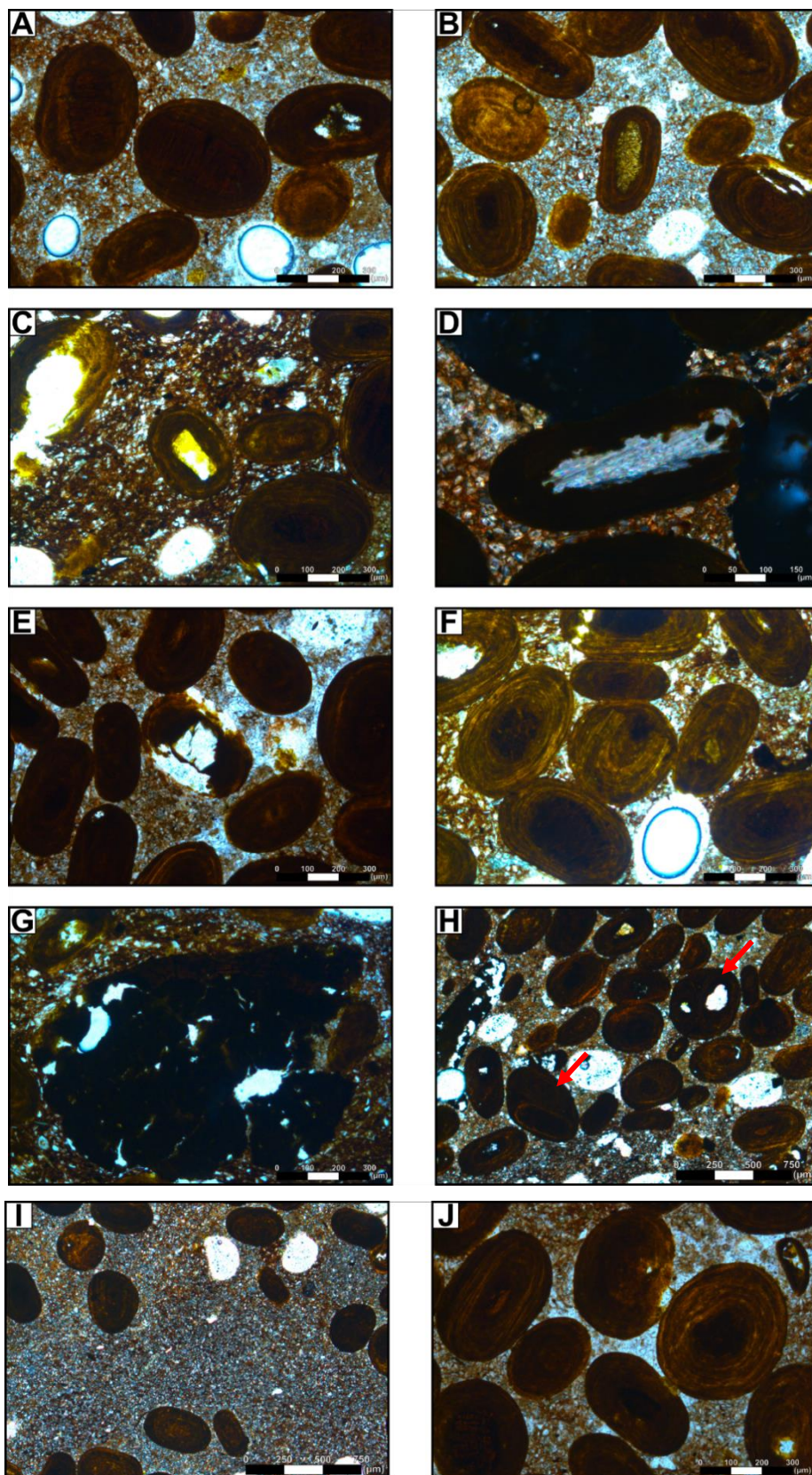


Figure 11 : Planche photo relative à la lame mince NM3

A) Nucleus opaque, rectangulaire et strié (sur l'oolite centrale). B) Nucleus phosphaté. C) Autre nucleus phosphaté de texture différente. D) Nucleus bioclastique calcitique à texture foliée, bioérodé. E) Nucleus en deux parties. F) Oolite de type γ . G) Intraclaste. H) Oolites composites. I) Matrice avec grains microscopiques indéterminés J) Ciment carbonaté et nucleus opaque.

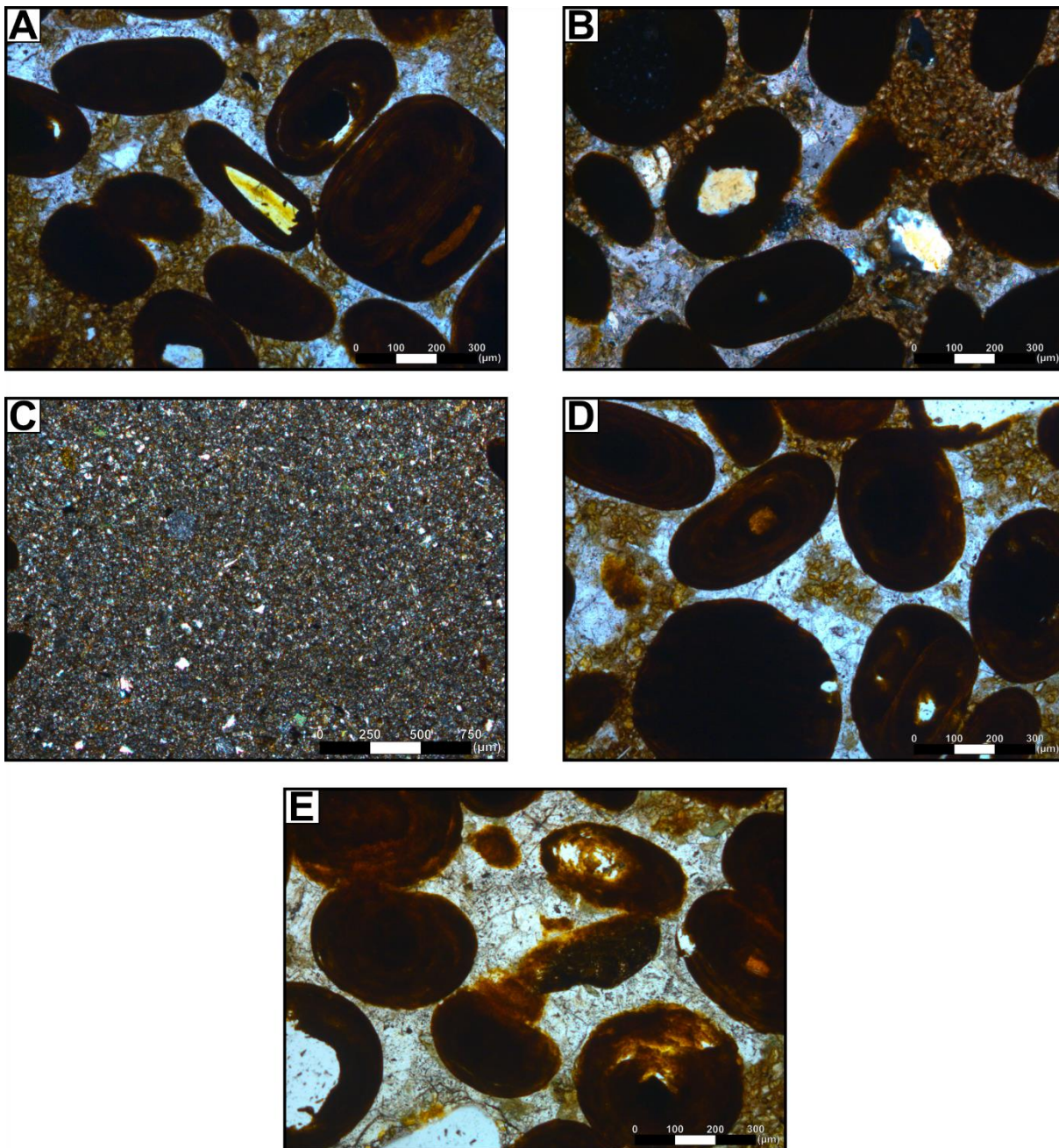


Figure 12 : Planche photo relative à la lame mince NM4

A) Nucleus phosphaté au centre et à droite ooïde composite. B) Nucleus quartzeux. C) Matrice avec grains microscopiques indéterminés. D-E) Ciment sparitique.

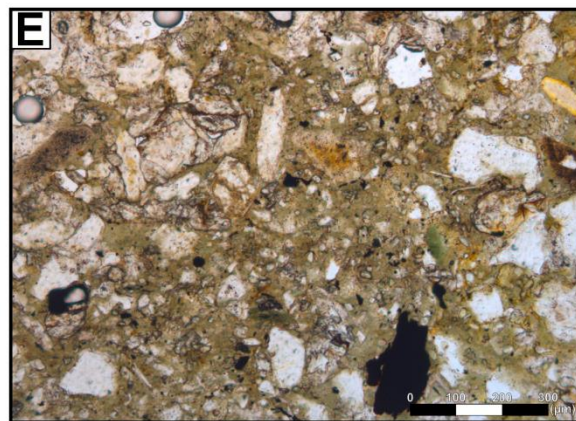
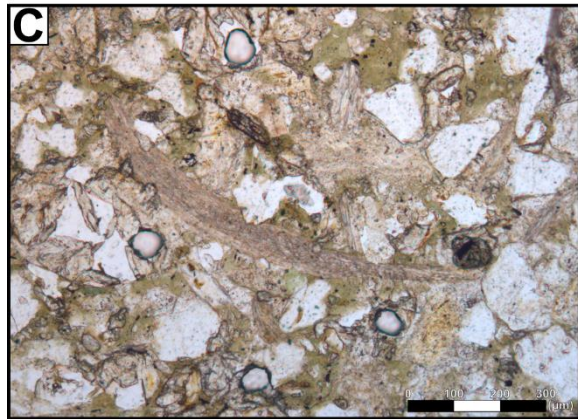
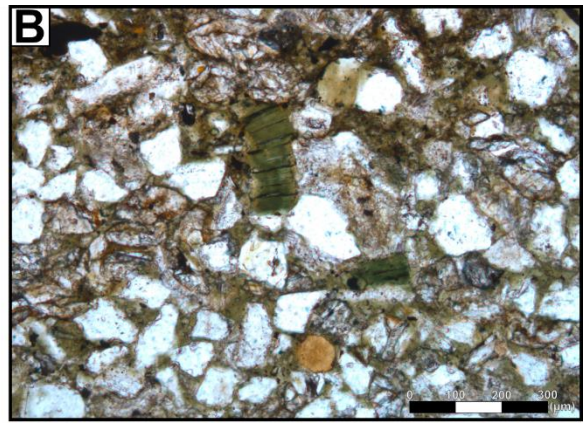
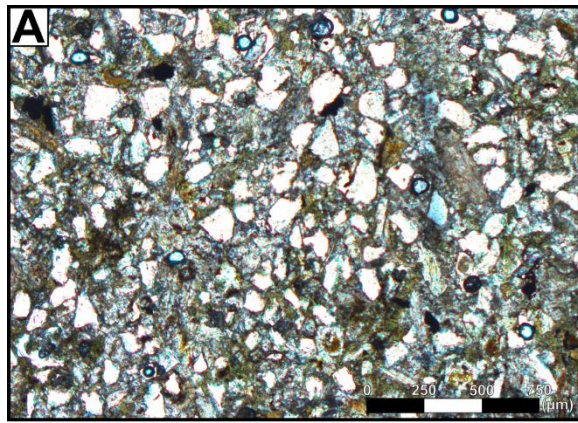


Figure 13 : Planche photo relative à la lame mince NM5

A) Grains de quartz anguleux. B) Grains de chlorite verdâtre au centre. C) Débris bioclastique inconnu. D) Grains phosphaté. E) Matrice chloriteuse.

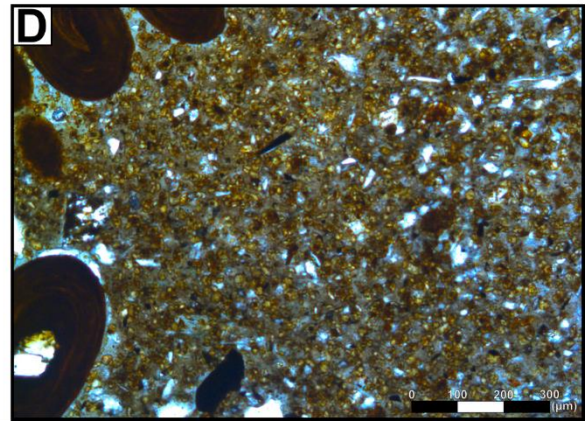
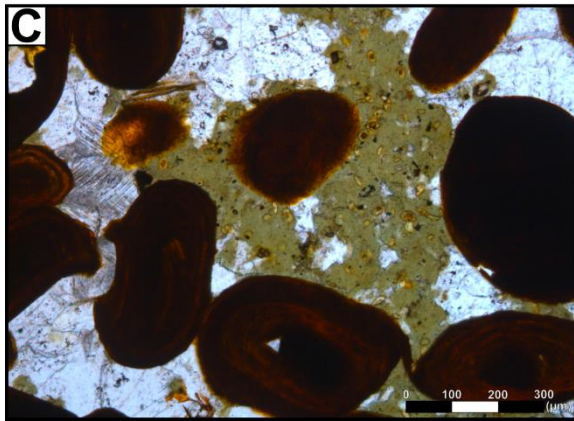
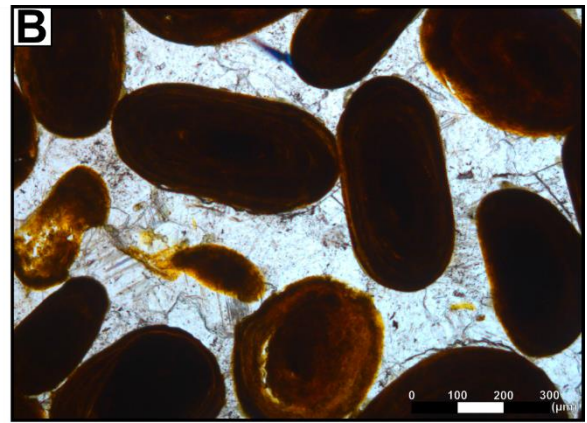
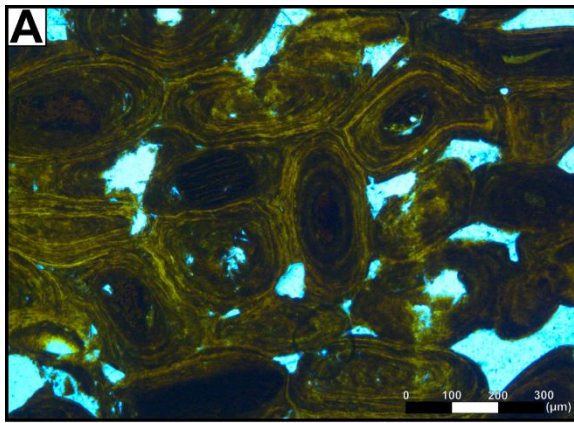


Figure 14 : Planche photo relative à la lame mince NM6

A) Ooïdes jointives et avec cortex déformés. Quelques cortex ont une forme subanguleuse. B) Ciment calcitique en mosaïque. C) Matrice chloriteuse partiellement cimentée. D) Matrice ferrugineuse avec cristaux de calcite (détritiques ou diagénétiques ?).

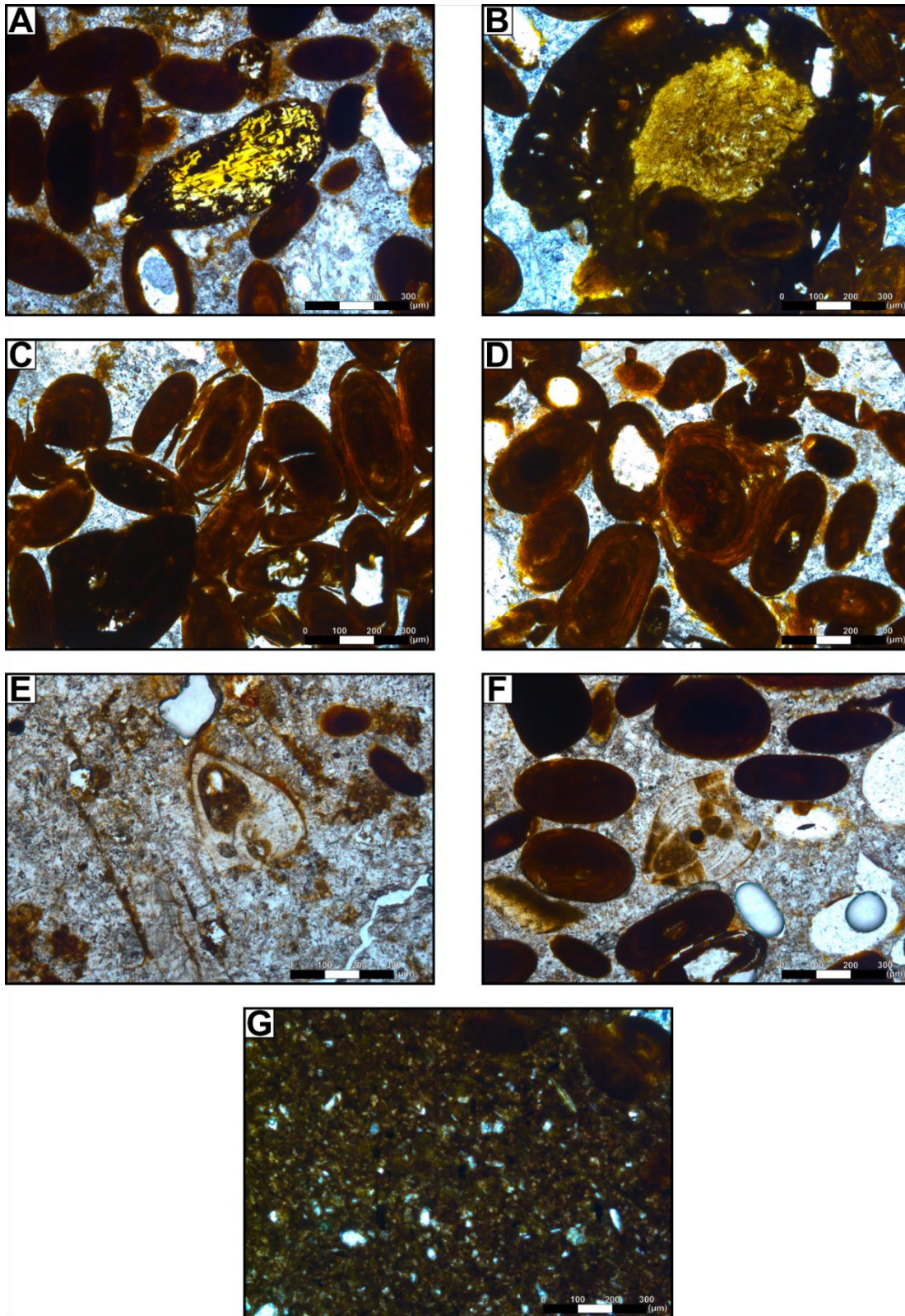


Figure 15 : Planche relative à la lame mince NM7.

A) Ooïde composée d'un nucleus phosphaté bioérodé et d'un faible cortex. B) Cristaux phosphaté de grande taille. C) Cortex d'ooïdes desquamées. D) Cortex dégradés (compression ?). E) Foraminifère probable *Lenticulina*. F) Autre section plus axiale du même foraminifère probable *Lenticulina*. G) Matrice opaque.

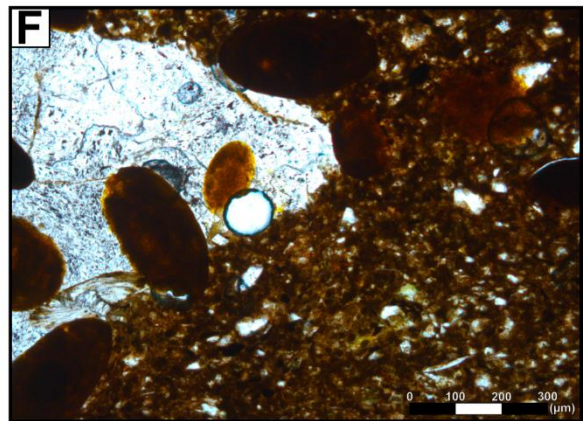
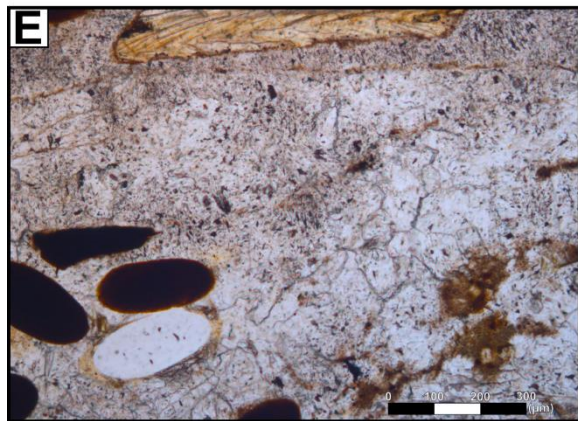
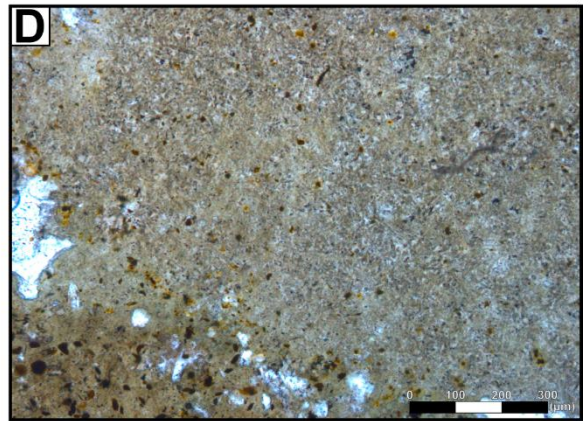
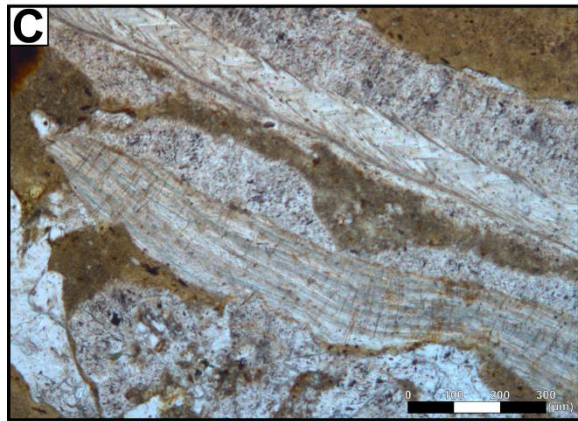
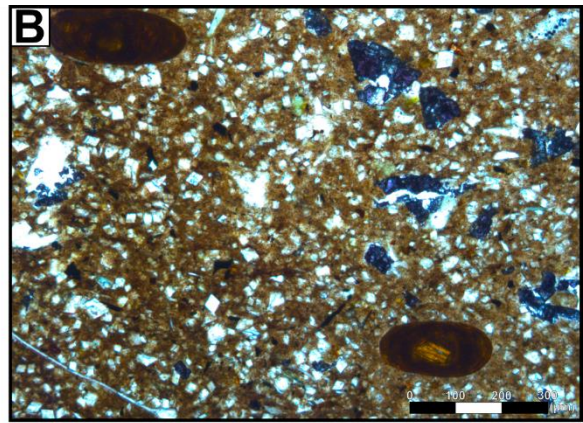
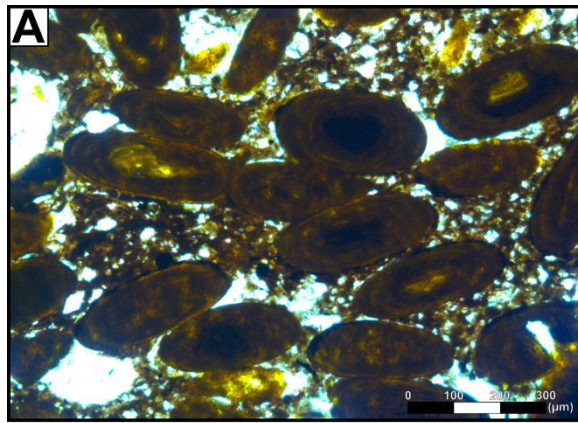


Figure 16 : Planche photo relative à la lame mince NM8

A) Ooïdes déformées. B) Cristaux de dolomite rhomboédriques. C) Bivalves indéterminés. La coquille du bas, probablement une huître, est microperforée. D) Matrice de texture particulière. E-F) Cavités remplies de sparite.

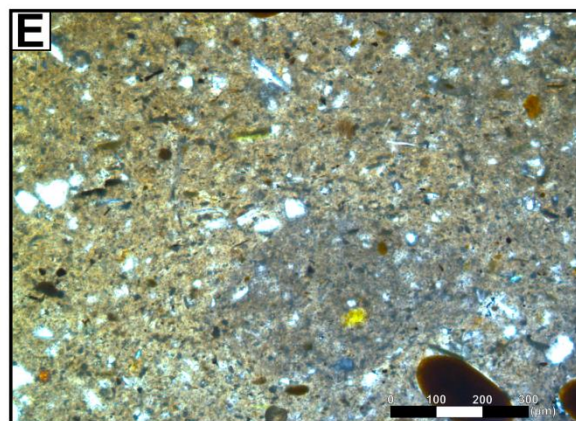
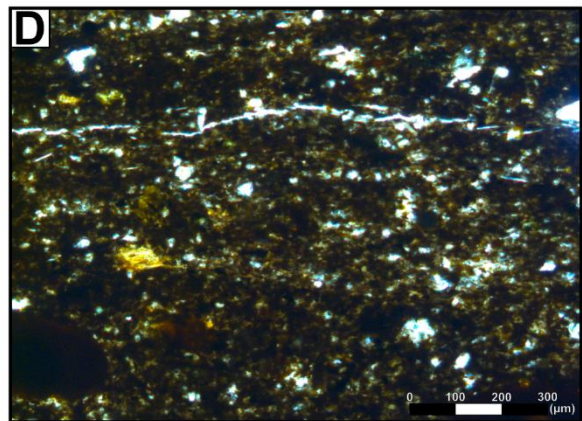
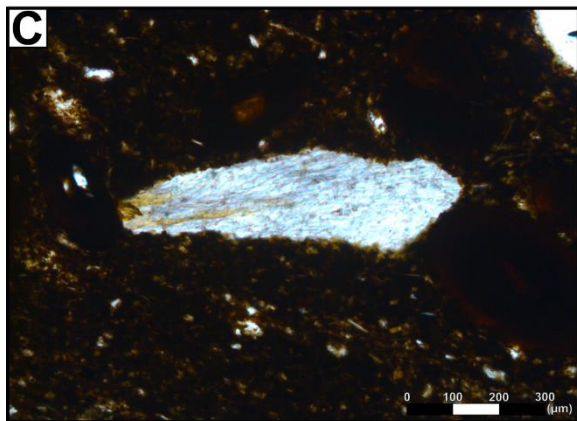
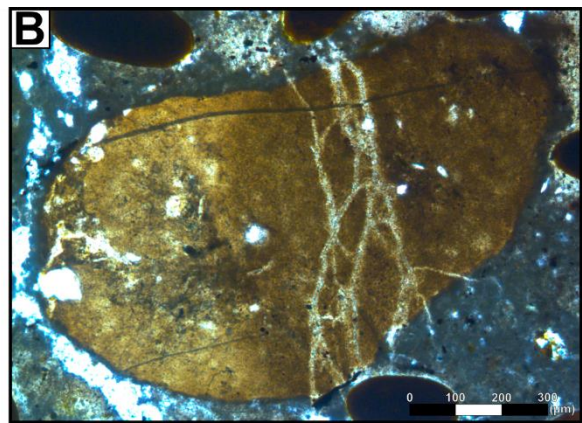
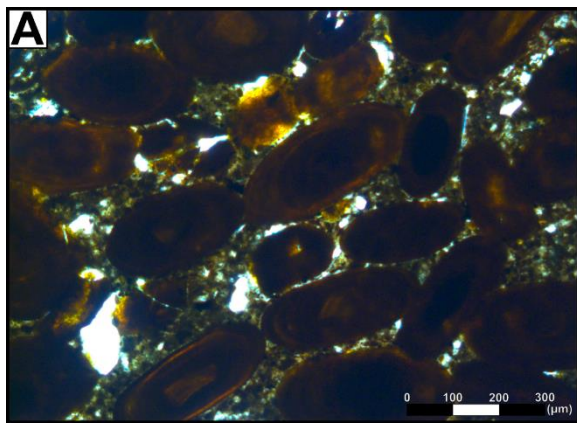


Figure 17 : Planche photo relative à la lame mince NM9
A) Ooïdes déformées. B) Intraclaste. C) Bioclaste indéterminé. D) Matrice opaque. E) Matrice non opaque.

2.4. Description minéralogique

2.4.1. Appareillage et conditions expérimentales

Les 9 échantillons d'oolithes ferrugineuses et l'échantillon de marnes provenant du site de Neuves-Maisons ont été étudiés par Diffraction des Rayons X (DRX) afin d'identifier les phases minéralogiques en présence, sur poudre de roche totale, afin d'en obtenir une estimation semi-qualitative et semi-quantitative. Pour mieux identifier et caractériser les phases minéralogiques argileuses des échantillons ferrifères, 4 échantillons d'oolithes ferrugineuses ont aussi été étudiés par diffraction des rayons X sur la fraction inférieure à 2 μm (NM1, NM2, NM4, NM5).

L'analyse par Diffractométrie des Rayons X (DRX) de la poudre de roche totale permet l'identification et la caractérisation semi-qualitative et semi-quantitative des phases minéralogiques cristallines d'une roche si celles-ci représentent au moins 5% de l'échantillon. Ce seuil de détection peut varier en fonction de la nature des différentes phases. La phase dite amorphe (non cristallisée) ou cryptocristalline, n'est pas détectée aux rayons X.

La caractérisation de la nature des minéraux est donc semi-qualitative car elle ne prend en compte ni les phases amorphes ou cryptocristallines, ni les phases minéralogiques cristallisées en trop faibles proportions (< 5%).

De facto, la caractérisation des phases minéralogiques cristallines est donc semi-quantitative car elle détermine la proportion relative (pourcentage relatif) de chaque minéral cristallisé au sein de l'échantillon si ces phases sont en proportions suffisantes (> 5%).

Les analyses minéralogiques de la poudre de roche totale sont réalisées par diffraction des rayons X sur le diffractomètre du campus de l'Institut UniLaSalle (plateforme Géosciences), de type XD8 Advance "BRUKER" AXS (Siemens) en géométrie $\theta/2\theta$ (θ se réfère à l'angle d'incidence du rayon X ; en réalité, le rayon X est diffracté d'un angle 2θ) muni d'un détecteur Lynxeye. L'appareil est équipé d'un tube de rayon X au cuivre ($\lambda_{\text{K}\alpha 1} \approx 1,5406 \text{ \AA}$) et d'un filtre au nickel. Les mesures se font dans les conditions expérimentales 40 kV et 40 mA pour l'excitation du tube, avec une fente primaire de $2,5^\circ$ et une fente de divergence de 0,6 mm.

Les échantillons sont balayés sur la gamme 3 à $70^\circ 2\theta$, avec un pas de $0,014^\circ 2\theta$ et un temps de comptage de 0,5 secondes par pas. L'échantillon tourne. Pour chaque échantillon sont réalisés un essai et un essai de contrôle.

Si l'analyse de roche totale en révèle au moins 15 % et/ou avec un spectre de bonne qualité, les échantillons font l'objet d'une séparation de la fraction < 2 μm .

Les échantillons de poudre sur lames orientées (fraction fine) sont balayés sur la gamme 3 à $35^\circ 2\theta$. La vitesse de balayage est de $0,01^\circ 2\theta$ par seconde avec un temps de comptage de 0,5 secondes par pas. L'échantillon est fixe. Trois types d'essais classiques ont été réalisés :

- ☐ standard (séché à l'air) ;

- après chauffage à 550 °C, pour séparer les argiles de type kaolinite ;
- après glycolage, pour distinguer les argiles gonflantes ;

Dans la littérature, [Caillère et Kraut \(1954\)](#) ont déterminé la présence de berthiérine dans les échantillons de minerai. La berthiérine est cependant un phyllosilicate qui se comporte en diffraction comme la kaolinite. Pour discriminer la berthiérine de la kaolinite dans les échantillons d'oolithes ferrugineuses, nous avons donc ajouté une étape chimique au préalable sur la fraction fine sur les 6 échantillons d'oolithes ferrugineux (NM1, NM2, NM4, NM5) ; un traitement à l'acide chlorhydrique (1N) de 2 heures à 60°C dans de l'acide acétique sur 33 mg de poudre inférieure à 2µm ([Kameda et al., 2011](#)). La berthiérine ne résiste pas à ce traitement, à l'inverse de la kaolinite.

2.4.2. Identifications minéralogiques

Les phases minéralogiques dominantes des échantillons NM 1, NM 2, NM 3, NM 4, NM 6, NM 8 et NM 9, issus du site de Neuves-Maisons ([Fig. 18, Annexe 1](#)) sont le quartz (entre 5 et 19%), les carbonates du type calcite (entre 2 et 70%), de la goéthite (de l'état de traces à 20%), de l'apatite (jusqu'à 13%), associés à des feldspaths du type albite et/ou microcline et/ou orthose (entre 3 et 12% - sauf pour NM6 et NM7 où les feldspaths sont absents), et parfois associés à des minéraux ferri-fères en traces du type hématite, pyrite et magnétite (inférieur à 5%). La phase argileuse de ces échantillons est largement dominée par de la muscovite (entre 15 et 33%) et de la berthiérine (entre 4 et 17%, sauf pour l'échantillon NM7 dépourvu d'argiles). Les chlorites sont rares et présentes en très faible quantité ; elles se retrouvent uniquement dans les échantillons NM1, NM2, NM8 et NM9.

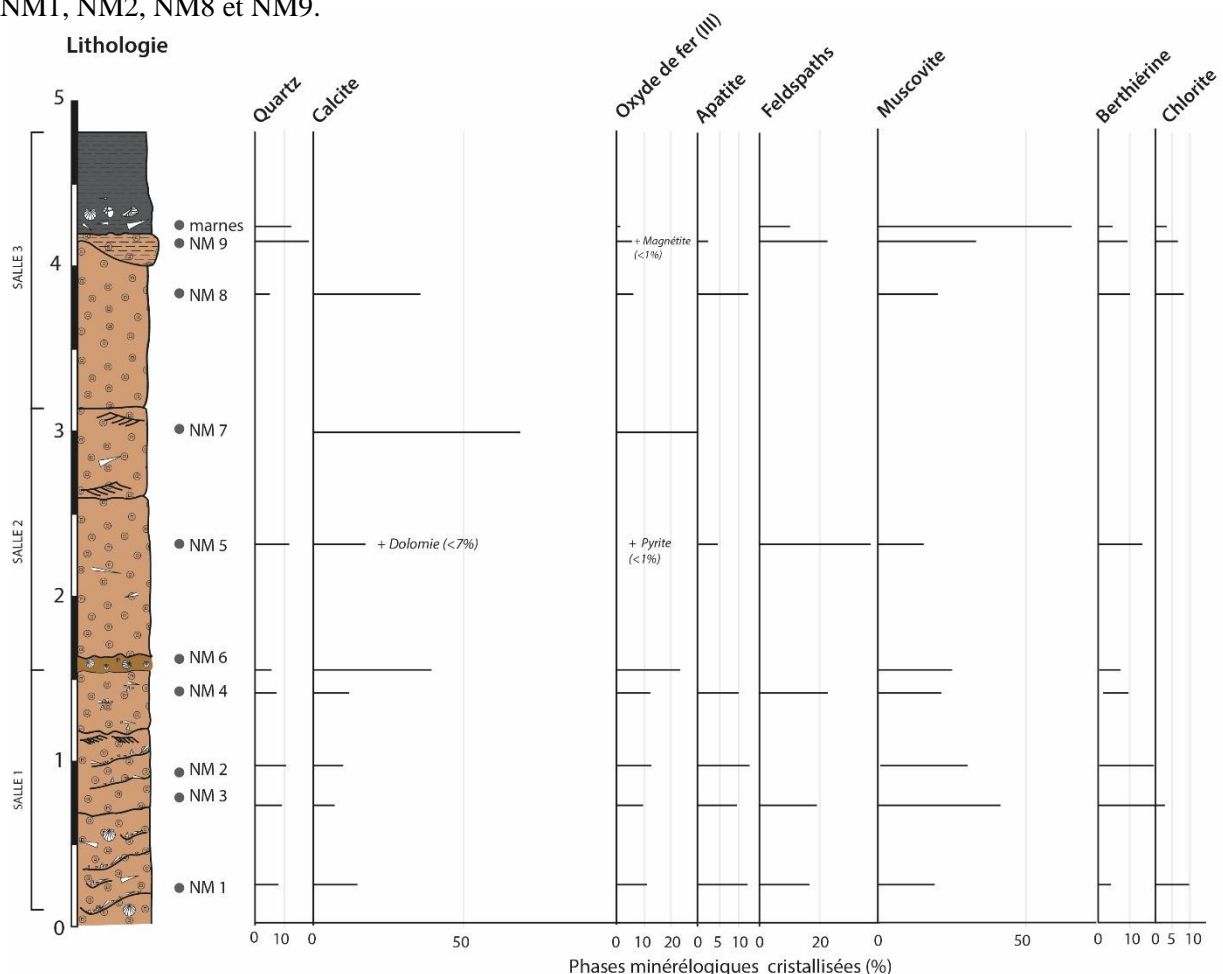


Figure 18 : Synthèse des résultats minéralogiques sur roches totales des échantillons de la coupe de la mine de Neuves-Maisons

Le bruit de fond extrêmement important mis en évidence sur les diffractogrammes suggère la présence d'une forte proportion de fer non cristallisé (ou amorphe) ou de matière organique. L'échantillon NM 5 présente une composition minéralogique différente puisqu'il est dominé par des feldspaths du type albite et microcline (27%), des carbonates du type calcite (18%) et dolomite (7%), du quartz (12%) et de la muscovite (16%). Il est possible d'identifier, en moindre pourcentage, une phase phosphatée avec la présence d'apatite (5%) et dans la phase argileuse, des traces de berthiérine (5%). La matrice chloriteuse identifiée en lame mince doit être très localisée puisqu'elle n'a pas pu être identifiée en diffraction des rayons X ; elle n'a probablement pas été échantillonnée dans les 30g de poudre sélectionnés.

L'échantillon NM 7 est le seul échantillon dépourvu de quartz mais aussi dépourvu d'argiles (Fig. 18, Annexe 1). Il est largement dominé par de la calcite (70%), associée à des minéraux ferrières du type goethite (28%) et hématite (inférieure à 3%). Pour rappel, en macroscopie, il correspondait à un niveau de laminations bien visibles sur l'affleurement (Figs. 5 et 8).

Les phases minéralogiques des marnes du toit de la coupe, dans lesquelles ont été retrouvés les fossiles (Figs. 6 et 7) sont largement dominées par une phase argileuse composée de muscovite (66%) associée à de la kaolinite (inférieure à 5%) et de la chamosite (inférieure à 3% - Fig. 18, Annexe 1).

3 – Etude topographique de la coupe, comparée aux sites alentours

Un essai de nivellement a été réalisé dans les mines de Neuves-Maisons. L'objectif de cet essai était d'évaluer l'altitude de la coupe sédimentologique afin de tenter de la comparer aux descriptions sédimentologiques les plus détaillées de la formation ferrugineuse effectuées sur les sondages voisins. Aux alentours du site d'étude, nous avons sélectionné le puits de la Vierge à l'ouest du point de prélèvement (BSS000SDVZ), le puits Charlemagne au nord du point de prélèvement (BSS000SDVX), et à l'est du point de prélèvement le sondage 75 (BSS000SGKM), le sondage du puits de la Sivrite (BSS000SGYS) et également le point d'aérage du puits de la Sivrite (BSS000SGKE).

La méthode de nivellement consiste à utiliser un point A de référence à l'extérieur de la mine, là où l'on peut mesurer un point GPS avec une altitude précise, et à évaluer les variations d'altitude à l'aide d'une mire et d'un trépied, jusqu'au point B de prélèvement, sous terre, là où une acquisition GPS est impossible (Fig. 18). Pour cet essai, le point A correspond à un point situé à l'entrée de la mine, et le point B, la base de la coupe ; le chemin parcouru est représenté en Figure 3c, indiqué par une flèche rouge.

Les coordonnées du point référence mesurées à l'entrée de la mine du Val de Fer à l'aide d'un DGPS sont : **Long – 6,107960 ; Lat – 48,631987 ; Altitude – 338,94 mètres.**

La succession de mesures faites sur le terrain à l'aide la mire et de la lunette de visée jusqu'au point de prélèvement (Fig. 19c), a permis d'établir une différence d'altitude de 8,065 m entre l'entrée de la mine (339,165 m – Fig. 19a) et la base de la coupe (347,23 m – Fig. 5 et Fig. 19a).

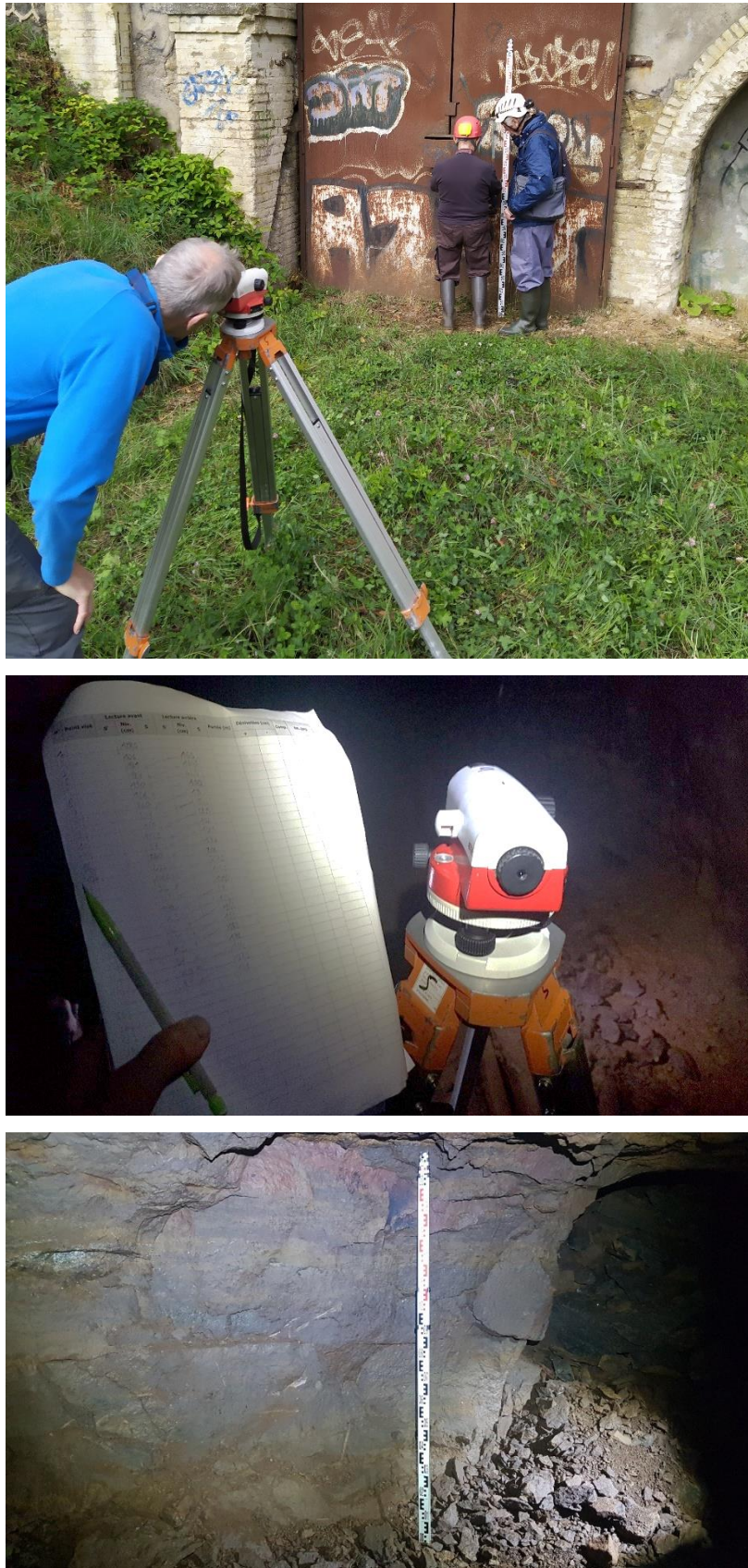


Figure 19 : Photos du dispositif de nivellement. A) Lunette de visée sur trépied avec la mire à l'entrée de la mine en arrière-plan. B) Relevé des mesures dans un tableau. C) Point de prélèvement où la base de la mire correspond à la base du log.

Sur notre secteur d'étude, la carte géologique référence deux failles majeures (Fig. 3b), d'orientation NNE-SSO. Depuis l'entrée des mines jusqu'à notre site d'étude, aucune faille n'a été référencée, et ce jusqu'au

puits Charlemagne. A priori, les données topographiques effectuées sur notre coupe auraient dû être comparables au lever de coupe du puits Charlemagne. Cependant, elles ont révélé un décalage de 10 mètres environ entre la formation ferrugineuse décrite pour le puits de Charlemagne, et le niveau exploité dans les mines de Neuves-Maisons (Fig. 20) ; ce constat suggère très probablement le passage d’une faille qui engendre un décalage, soit entre l’entrée de la mine et le site de prélèvement, soit entre le site de prélèvement et le puits Charlemagne, soit dans les deux intervalles. Ce décalage pourrait aussi être associé à un pendage sud, entre le puits Charlemagne et la mine de Neuves-Maisons.

L’essai de nivellement pour comparer les niveaux de minerai dans le bassin de Nancy n’est donc définitivement pas une technique appropriée tant qu’une étude tectonique complète incluant un référencement complet des failles n’aura pas été réalisée au préalable.

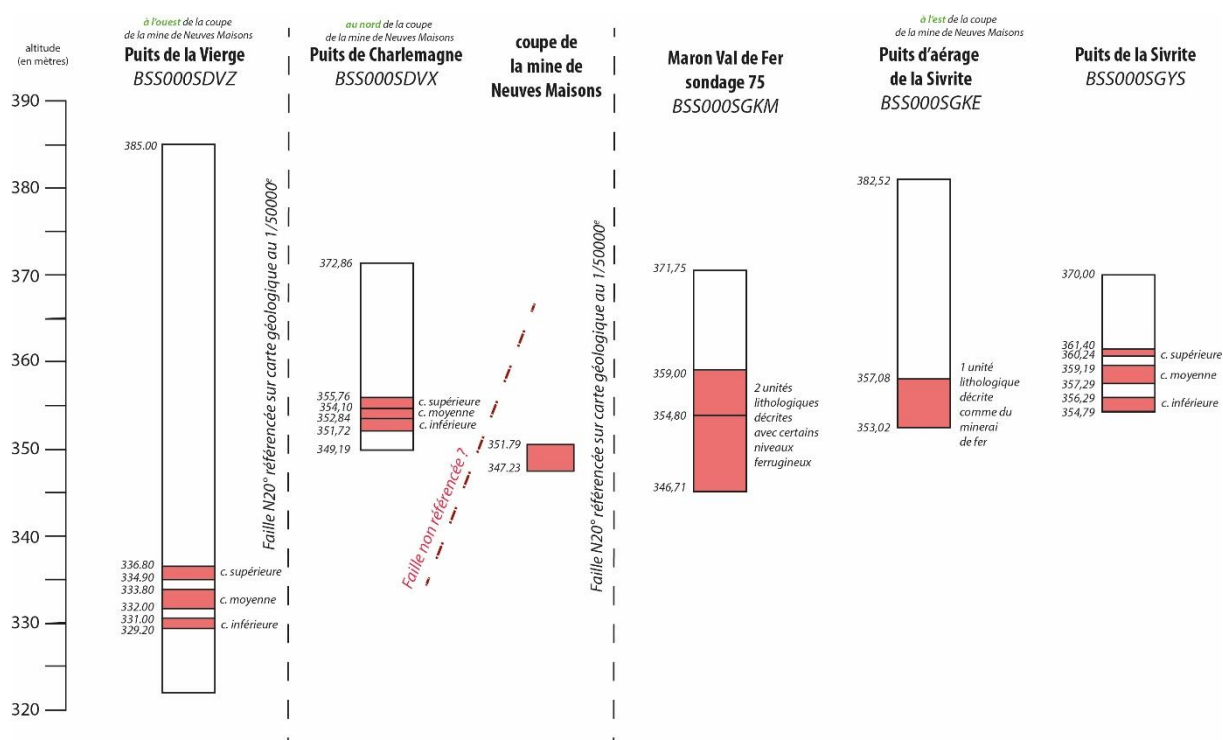


Figure 20 : Synthèse des données topographiques relevées à partir des données référencées sur le site InfoTerre

4 – Conclusions

4.1. Datation de la coupe de Neuves-Maisons

La datation par les ammonites de cette coupe permet ainsi de donner un âge Toarcien supérieur à la couche exploitée (zones d’association d’ammonites 3 de Gérard et Bichelon (1940) et chronozone actuelle à Aalensis) ou éventuellement, mais c’est moins probable vu l’absence de *Lioceras*, un âge correspondant à la base de l’Aalénien. Cette approche biostratigraphique nous laisse envisager que la couche datée est la couche N1 de Bichelon et Angot (1939), la couche N2 n’existant, si elle est distincte (cf. Maubeuge 1965), que plus au Nord du bassin de Nancy (Fig. 1). Dans la littérature, cette couche N2 est aussi appelé la couche intermédiaire.

N’ayant pas collecté d’ammonites en base de coupe, on ne peut exclure la présence de la biozone 2 de Gérard et Bichelon (1940) en base de coupe et donc de la couche N3 de Bichelon et Angot (1939).

4.2 Environnement de dépôt

Dans les faciès d'oolithes ferrugineuses de la coupe de Neuves-Maisons, les structures de courants tels que les laminations obliques et les niveaux bioclastiques interprétées comme des tempestites, sont indicateurs d'un environnement agité. Le cœur des ooïdes ferrugineuses est principalement constitué de grains non identifiés mais il est possible de noter aussi une part non négligeable de bioclastes marins ou d'ooïdes remaniés. Tous ces indicateurs portent à croire que les ooïdes se sont bien formées dans le milieu marin, dans un environnement soumis à l'action des vagues de houle ou de tempête, impliquant une faible profondeur (inférieure à 20 mètres). La présence de quartz millimétriques (jusqu'à 20%) ainsi que de feldspaths (jusqu'à 30%) indique cependant une intense altération continentale provenant des massifs émergés alentours (Massif Londres Brabant au nord). Tous ces arguments font donc en faveur des modèles de dépôts proposés par [Teyssen \(1984\)](#).

Le niveau représenté par l'échantillon NM5, dépourvu d'ooïdes et dépourvu même d'oxyde de fer, reste cependant très mystérieux puisque macroscopiquement, sur l'affleurement, il ne se démarquait pas particulièrement. Ce niveau se caractérise par un amas de quartz millimétrique cimentés entre eux, complètement différent du reste de la coupe.

4.3. Paléoécologie

Sur le plan paléoécologique, la faune associée aux marnes est abondante, avec un caractère assez distal par rapport au minerai lui-même, marqué par l'abondance du nekton (ammonites et bélemnites). Le benthos encore bien présent est surtout déterminé dans sa composition par la nature molle du substrat. On peut aussi concevoir que le caractère mésotrophe des eaux (absence totale des coraux, abondance des mollusques filtreurs) puisse mimer les effets de la distance au rivage.

Annexe

	Quartz	Carbonates		Phase minéralogique												TOTAL
				Minéraux ferrifères				Apatite	Feldspaths							
		Calcite	Dolomite	Goethite	Hématite	Pyrite	Magnétite		Albite	Microcline	Orthose	Chamosite	Chlorite	Berthiérine	Muscovite	
Marnes noires	12,5	2,7		traces					3,3		8	3		4,6	65,9	100
NM9	18,6	2,4		5,5			0,9	3	10,3		11,2	6,1		8,6	33,4	100
NM8	5,1	37,5		4,4	2,3			12,7					8,1	10,6	19,3	100
NM7		69,7		28	2,3											100
NM6	5,7	41,3		20	1,4									16,6	15	100
NM5	11,8	18,4	6,5			0,5		4,7	27,6	9,3				5,6	15,6	100
NM4	7,6	13,5		12,7				10,3		13,8	9			11,5	21,6	100
NM3	9,3	8,5		10	traces			10,3	8,8		10,3			16,8	26	100
NM2	10,7	11,7		12,2	traces			13				traces		21,8	30,6	100
NM1	7,9	17,1		11,1	traces			12,5		17,4			9,8	4,5	19,7	100

Annexes 1 : Pourcentages des différentes phases minéralogiques présentes identifiées sur poudre de roche totale dans les échantillons prélevés sur la coupe des mines de Neuves-Maisons

Les échantillons macroscopiques, les poudres et les lames minces sont conservées à l'Université de Lorraine, dans les collections de l'Université de Lorraine, à la Faculté des Sciences et Technologies.

REFERENCES

- Benecke, E.W., 1905. Die Versteinerungen der Eisenerzformation von Deutsch-Lothringen und Luxemburg. *Abhandlungen zur geologischen Spezial-Karte von Elsass Lothringen* 7, 568 p.
- Bichelonne, J., Angot, P., 1939. La formation ferrifère de Lorraine. *Comité des Forges et Mines de Fer de l'Est de France - Association minière d'Alsace et de Lorraine, Nancy*. 26 cartes.
- Bichelonne, J., Angot, P. 1939. Le Bassin ferrifère de Lorraine. *Berger-Levrault*. 484 p.
- Bleicher, G., 1884. Le Minerai de fer de Lorraine lias supérieur et oolithe inférieure au point de vue stratigraphique et paléontologique. *Bulletin de la Société géologique de France*. 12. p. 46-107.
- Branco, W., 1879. Der untere Dogger Deutsch-Lothringens. *Abhandlungen zur geologischen spezialkarte von Elsass-Lothringen*, Strasbourg, France. vol. 2, 160 p.
- Bubenicek, L., 1960. Recherches sur la constitution et la répartition des minerais de fer dans l'Aalénien de Lorraine. Thèse d'ingénieur-docteur. *Sciences de la terre*, t. 9, n°1-2 (1961).
- Bubenicek, L., 1970. Géologie du gisement de fer de Lorraine. Atlas géologique du gisement de fer de Lorraine. *Thèse d'état en Sciences naturelles, Université Henri Poincaré Nancy 1*. Institut de recherches de la sidérurgie française. 146 p.
- Caillière, S., Kraut, F., 1954. Les gisements de fer du Bassin lorrain. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris. sér. C, t. 4. Série C-Sciences de la Terre. 175 p.
- Elmi, S., Rulleau, L., Gabilly, J., Mouterde, R., 1997. Chapitre 4 : Toarcien. In : Cariou, E., Hantzpergue, P., 1997. Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bulletin des centres de recherche exploration-production Elf, Prod.*, Mémoire 17, 440 pp.
- Deconinck, J.-F., Brigaud, B., Pellenard, P., 2016. Chapitre : Sédiments et roches carbonatées. In : Pétrographie et environnements sédimentaires : cours et exercices corrigés, *Dunod*, Malakoff. pp. 79-170.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks, Tulsa, *AAPG Mem.* vol. 1 pp. 108-121.
- Flügel, E., 1982. Microfacies analysis of limestones, *Springer Verlag*, XIV+ 633 p.
- Flügel, E., 2004. Microfacies of carbonate rocks, *Springer Verlag*, 976 p.
- Folk, R.L., 1959. Practical petrographic classification of limestones. *AAPG Bulletin*, n°43, pp. 1-38.
- Gérard, C., Bichelonne, J., 1940. Les Ammonites aaléniennes du minerai de fer de Lorraine. *Mémoires de la Société géologique de France*. Mém. 42, t. 19 n° 1-2. p. 1-6. 33 planches.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M., Ogg, G., 2020. Geologic Time Scale 2020, Volume 1. *Elsevier*, pp. 1300.
- Kameda, J., Raimbourg, H., Kogure, T., Kimura, G., 2011. Low-grade metamorphism around the down-dip limit of seismogenic subduction zones: example from an ancient accretionary complex in the Shimanto Belt, Japan. *Tectonophysics* 502, n°3-4, 383-392.
- Maubeuge, P.-L., 1955. Observations géologiques dans l'Est du bassin de Paris. *Thèse de doctorat d'état*. Nancy, France. 1082 p. 2 vol.
- Maubeuge, P.-L., 1965. Sur l'âge de la couche supérieure de la mine de Saizerais Meurthe-et-Moselle. *Bulletin de l'Académie et Société Lorraines des Sciences*. t. 5 n° 1. p. 93-96.
- Maubeuge, P.-L., 1969. Méditation sur quelques bancs calcaires. A propos de figures sédimentaires du Jurassique, Toarcien ferrugineux et Oxfordien moyen lorrain. *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*. t. 77 n° fasc. 2-3. p. 229-239. 2 pl.

- Maubeuge, P.L., 1972. Etudes stratigraphiques sur la formation ferrifère de Lorraine et ses morts terrains. 487 p.
- Milliman, J.D., 1974. Marine carbonates. *Springer Verlag* Berlin, 375 p.
- Peryt, T.M., 1983. Coated grains. *Springer-Verlag*, Berlin, XIV, 655 pp.
- Purser, B.H., 1980. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Tome 1, Les éléments de la sédimentation et de la diagenèse, *Technip* ; Rueil-Malmaison : Institut français du pétrole vol.1, XVII + 366 p.
- Rulleau, L., Elmi, S., Thévenard, B., 2001. Géologie et paléontologie des dépôts ferrugineux du Toarcien et de l'Aalénien aux environs de Lyon. *Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon*, n°154 pp. 3-153.
- Teyssen, T., 1984. Sedimentology of the Minette oolitic ironstones of Luxembourg and Lorraine: a Jurassic subtidal sandwave complex. *Sedimentology*. vol. 31 n°2. 195–211.