

Université de Liège
 Faculté des Sciences
 Département de Géologie



Identification microscopique des principaux constituants des roches sédimentaires (notes de travaux pratiques)

Prof. F. Boulvain, 2019

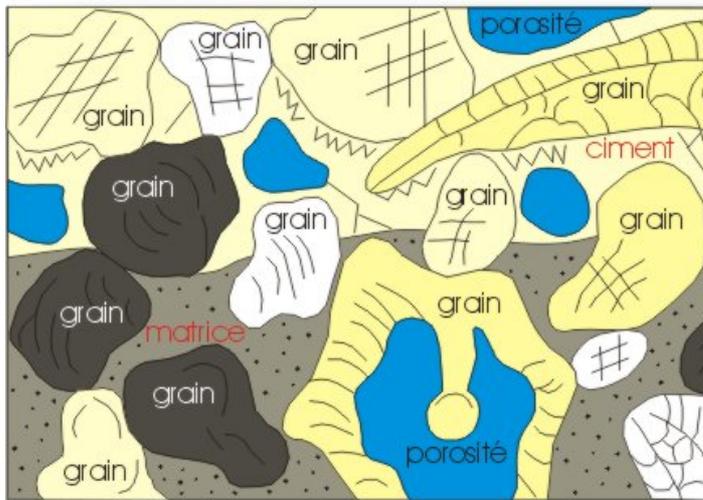
-
- ROCHES CARBONATEES
 - Identification des constituants (grains-ciment-porosité)
 - Classification des calcaires
 - Structures sédimentaires
 - Les grains d'origine non-biologique
 - Lithoclastes ou microbrèches
 - Ooides
 - Lumps-péloïdes-oncoïdes-MCG
 - Les fossiles
 - Echinodermes
 - Bryozoaires
 - Brachiopodes
 - Coelentérés
 - Arthropodes
 - Mollusques
 - Eponges
 - Stromatopores
 - Vers encroûtants
 - Foraminifères
 - Algues
 - Interprétation des paléoenvironnements
 - Fiche de description de lame de roche carbonatée
 - ROCHES DETRITIQUES
 - Conglomérats
 - Grès
 - Pélites
 - Quelques minéraux accessoires des roches détritiques
 - Chartes d'abondance, de classement d'arrondi/sphéricité
 - Fiche de description de lame de roche détritique
 - ROCHES MIXTES (DETRITIQUES + CARBONATES)
 - EVAPORITES
 - SILICITES
 - ROCHES FERRIFERES
 - ROCHES PHOSPHATEES
 - PYROCLASTITES
-

Ces notes très schématiques se veulent une aide à la détermination des constituants des roches sédimentaires en lame mince et à l'interprétation des faciès carbonatés. **D'autres supports sont également conseillés:**

- A.E. Adams & W.S. MacKenzie, 1998. Carbonate sediments and rocks under the microscope. Manson Publishing, 180 pp. *Un atlas visuel des carbonates, avec de très belles photographies en couleur.*
- A.E. Adams, W.S. MacKenzie & C. Guilford, 1994. Atlas des roches sédimentaires. Masson, 104 pp. *Même chose pour toutes les roches sédimentaires.*
- E. Flügel, 2004. Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and application. Springer-Verlag, 976 pp. *Une véritable somme sur les microfaciès carbonatés! Bibliographie gigantesque.*
- O.P. Majewske, 1969. Recognition of invertebrate fossil fragments in rocks and thin sections. Brill, 101 pp., 106 pl. *Vraiment tout sur la reconnaissance des fossiles en lame mince!*
- E. Vennin, M. Aretz, F. Boulvain. & A. Munnecke, 2007. Facies from Palaeozoic reefs and bioaccumulations. Mém. Museum national Histoire naturelle, Paris, T. 195, 341 pp. *Un atlas des faciès des bioconstructions paléozoïques. Photos disponibles sur CD.*

ROCHES CARBONATEES

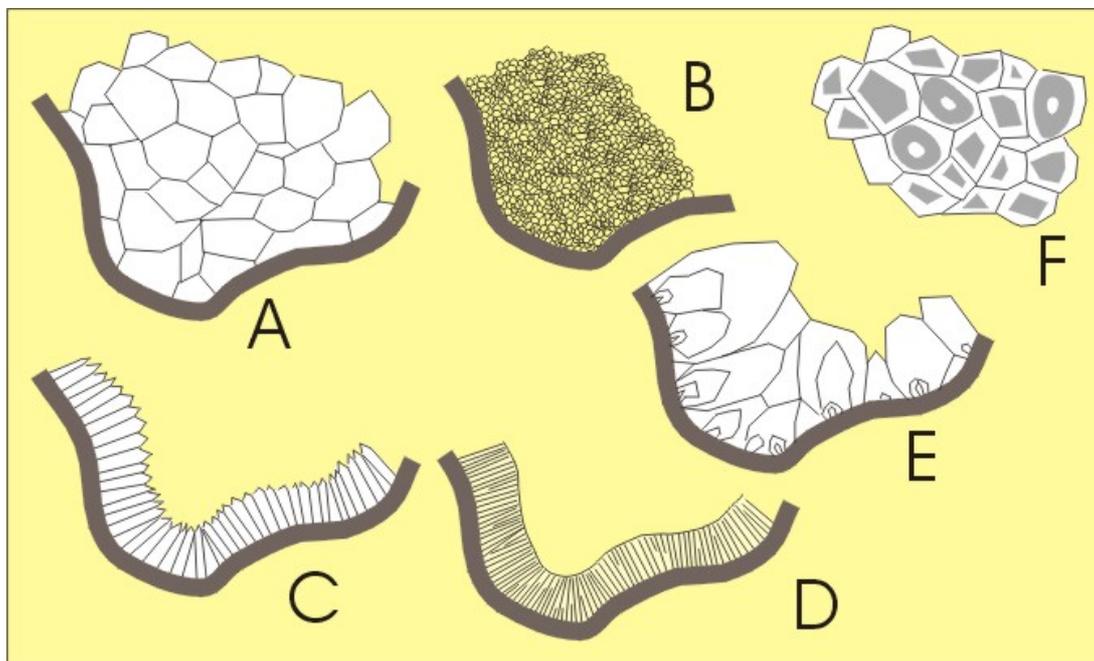
IDENTIFICATION DES CONSTITUANTS: grains; matrice; ciment; porosité.



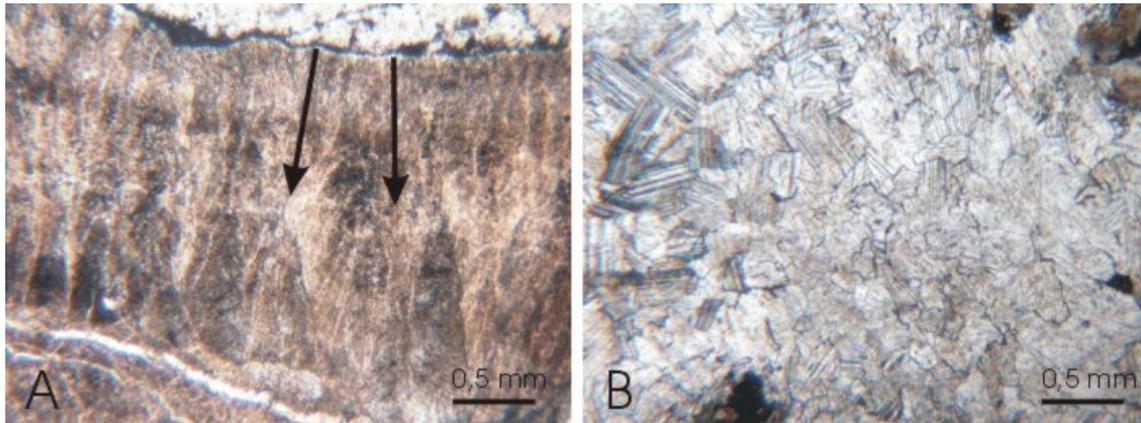
Les différents constituants d'un calcaire en lame mince sont: les GRAINS (=éléments figurés =corpuscules), la MATRICE (=la boue qui s'est infiltrée entre les grains, pendant le dépôt), le CIMENT (=la calcite ou l'aragonite qui précipite entre les grains après le dépôt) et la POROSITE (qui peut être remplie d'eau, d'air, d'hydrocarbures); dans le schéma ci-dessus, la porosité est représentée en bleu (on ajoute souvent un colorant bleu dans la résine utilisée pour confectionner les lames minces afin de faire ressortir la porosité).

La plupart des ciments sont constitués de sparite. On appelle SPARITE des cristaux de calcite de grande dimension, en général > 50µm. Ces cristaux sont clairs en lame mince.

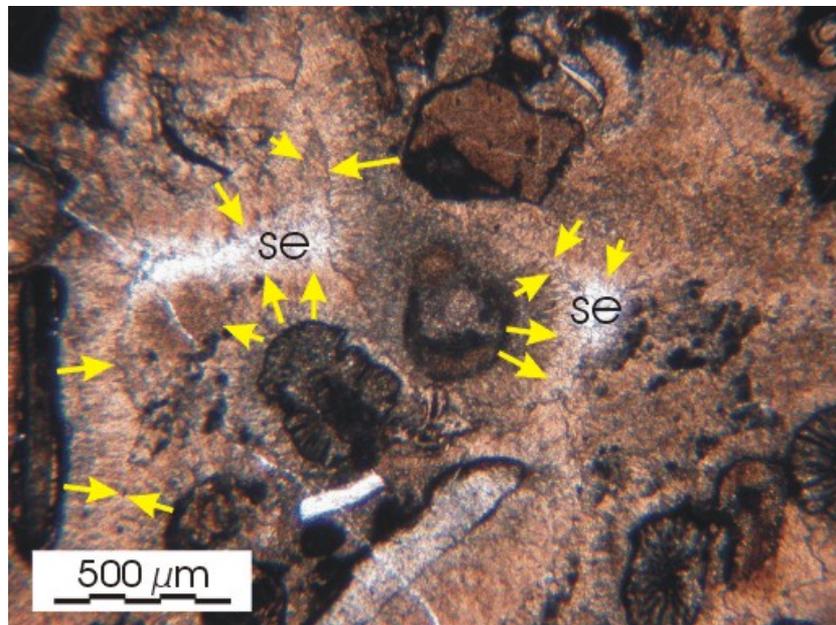
Il existe plusieurs types de CIMENTS SPARITIQUES: équigranulaire, fibreux, drusique,... (cf. [Diagenèse](#)).



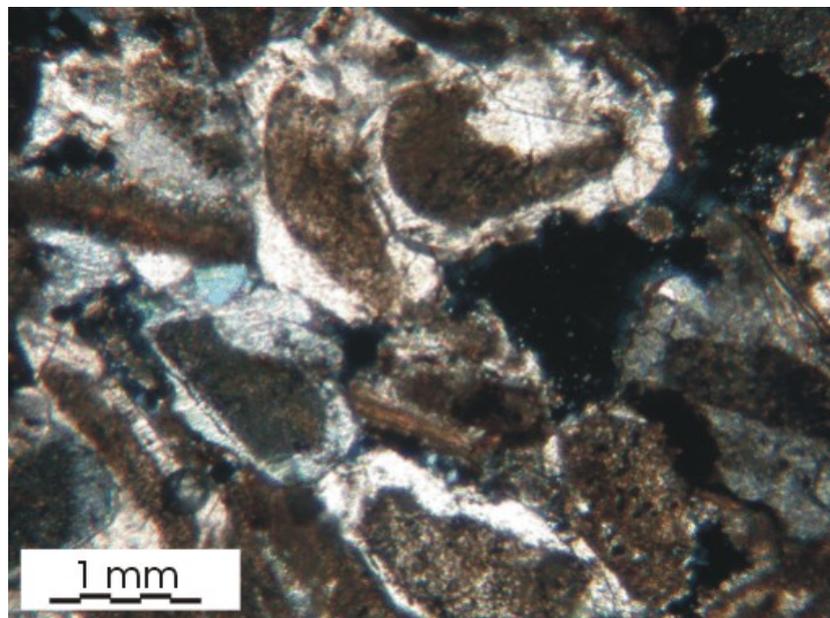
Différents types de ciments. A: sparite équigranulaire (tous les cristaux ont la même taille). B: microspar équigranulaire (il pourrait s'agir soit de ciment, soit d'une matrice ayant subi un néomorphisme, cf. ci-dessous). C: sparite en lames formant une frange isopaque sur le bord d'une cavité. D: sparite fibreuse, également en frange isopaque. E: sparite drusique (les premiers cristaux sont petits, ensuite leur taille croît au cours du temps vers le centre de la cavité). F: ciment sparitique syntaxique ou coaxial sur des plaques d'échinodermes.



Exemples de ciments sparitiques. A: sparite fibreuse (radiaxiale); les flèches indiquent la direction de croissance des fibres. B: sparite équigranulaire. Lame mince, lumière naturelle.



Autre exemple de ciment fibreux (aspect plus rosé). Les directions de croissance des fibres sont indiquées par les flèches; dans les zones où les fibres ne se rencontrent pas au centre des cavités, cristallise ensuite de la sparite équigranulaire (se). Lame mince, lumière naturelle.

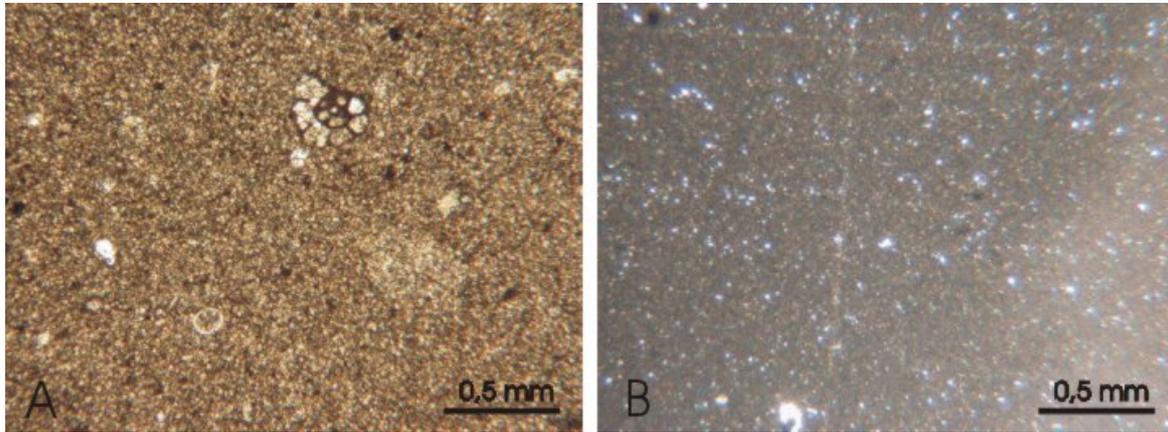


Ciment syntaxique ou coaxial sur des plaques d'échinodermes. La sparite a cristallisé en continuité optique avec les bioclastes. Lamé J-Y Storme.

La MATRICE est donc la boue microcristalline existant au moment du dépôt \gg CIMENT qui précipite entre les grains. Cette boue microcristalline est appelée MICRITE. Par la suite, après le dépôt et durant la diagenèse, la micrite peut recristalliser (*néomorphisme*) avec augmentation de la taille des cristaux: on obtient du MICROSPAR ou du PSEUDOSPAR.

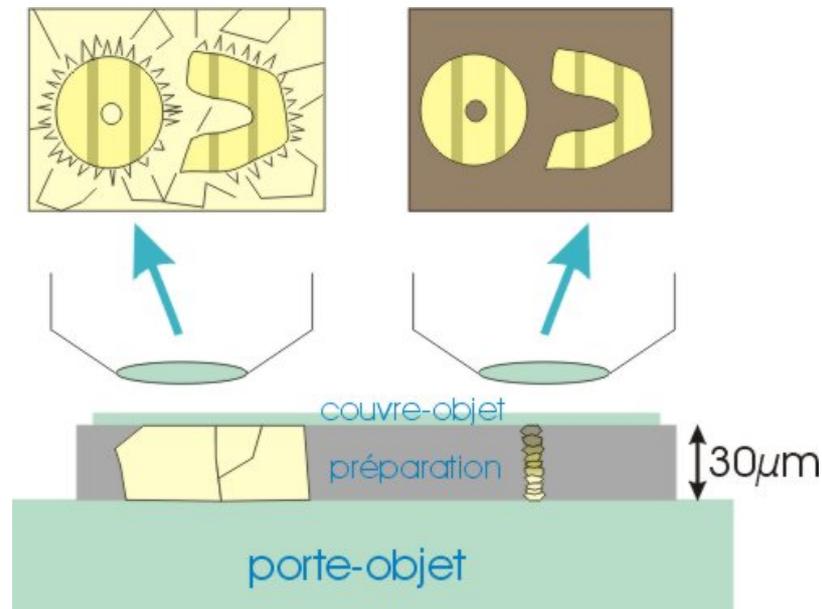
MICRITE	< 4 μm
MICROSPAR	4-10 μm
PSEUDOSPAR	10-50 μm

Classification de la matrice suivant Tucker (1981)



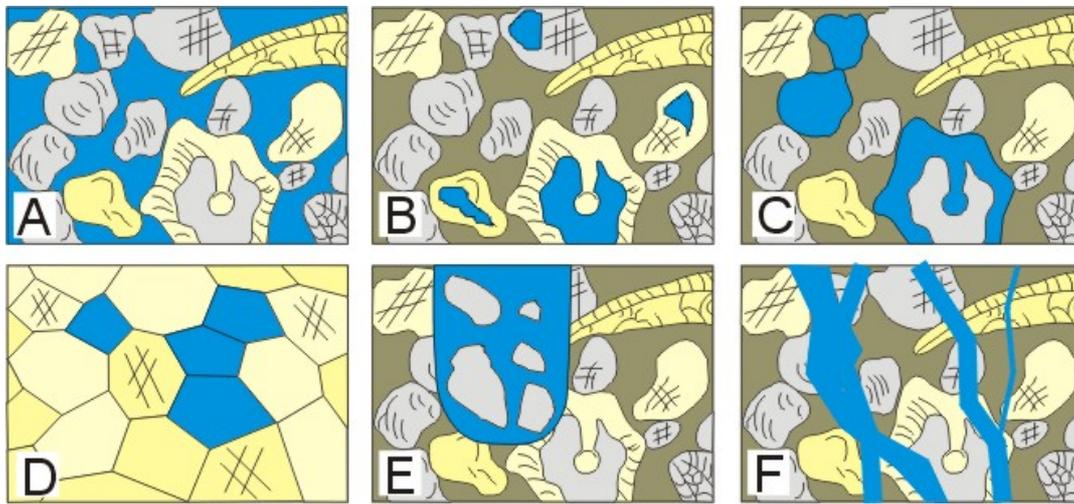
A: microspar (mudstone). B: micrite (également un mudstone). Lames minces, lumière naturelle.

Reconnaissance: en lame, le CIMENT est clair, la MATRICE est sombre... A noter que certains ciments, rares, précipités à partir de solutions très saturées, peuvent être micritiques ou microsparitiques (cf. [Diagenèse](#)).



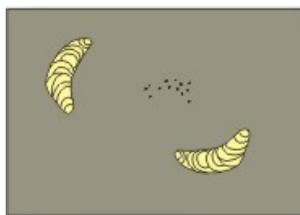
LA POROSITE

On utilise une classification simple de la porosité, comme celle illustrée ci-dessous. La proportion est déduite d'une estimation visuelle à l'aide de chartes (cf. ci-dessous).



CLASSIFICATION DES CALCAIRES

Classification de Dunham (1962), élargie par Embry & Klovan (1971)



mudstone
($<10\%$ corpuscules)



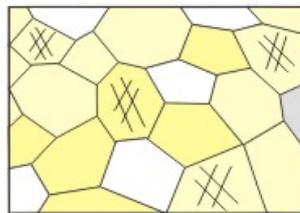
wackestone ($>10\%$)



packstone (corpuscules jointifs, matrice)

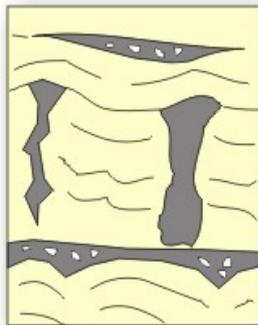


grainstone (corpuscules jointifs, ciment)

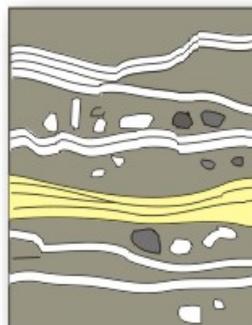


calcaire cristallin

$<10\%$
d'éléments
 $>2\text{ mm}$

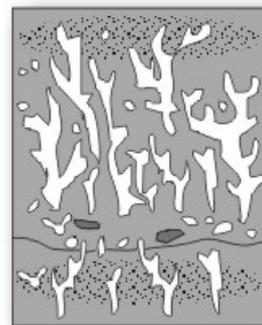


framestone



bindstone

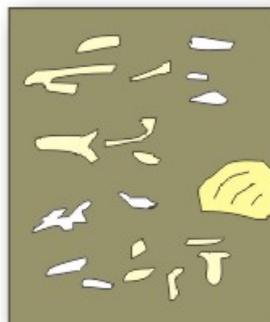
BOUNDSTONES



bafflestone



rudstone



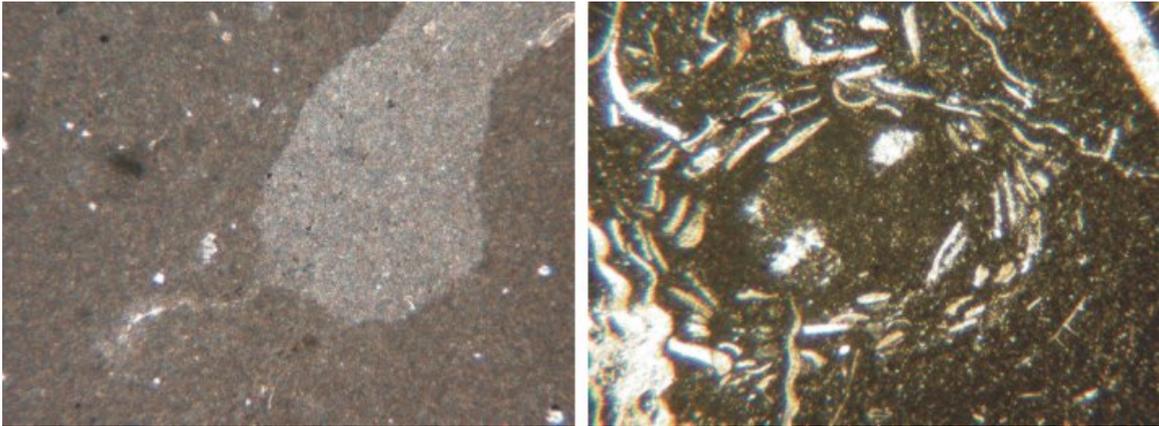
floatstone

$>10\%$
d'éléments
 $>2\text{ mm}$

STRUCTURES

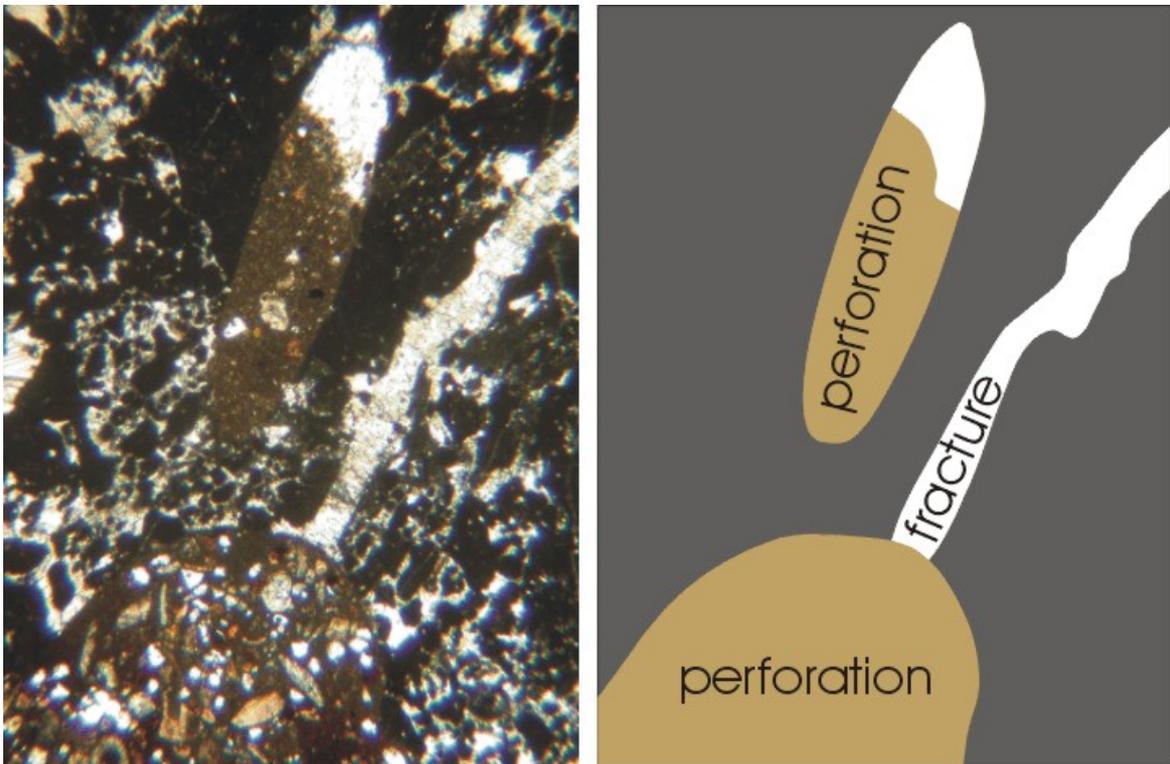
A identifier également en lame mince: laminations, bioturbation, présence de fenestrae (cavités remplies par du ciment), etc.

EXEMPLES DE STRUCTURES



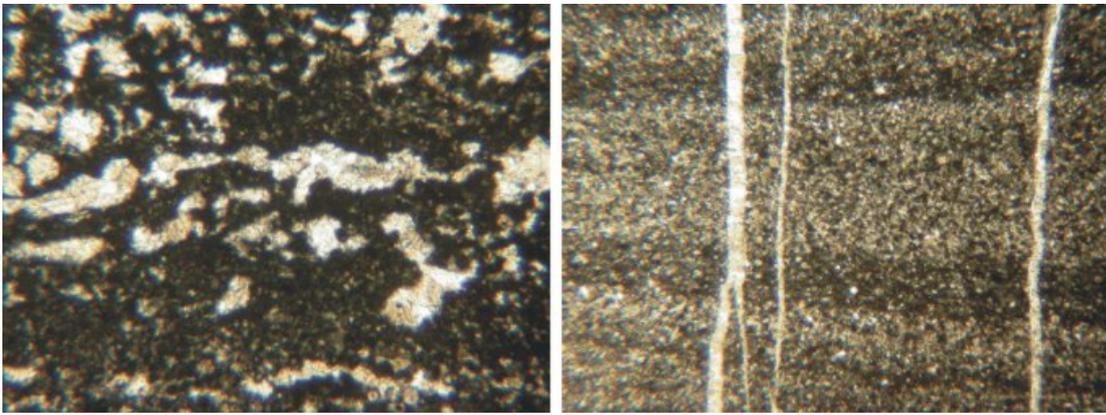
Exemples de BIOTURBATIONS. Dans le mudstone à gauche, il s'agit d'un terrier "ouvert" avec un remplissage différent (microspar) du sédiment primaire (micrite); le terrier est celui d'un suspensivore. Dans le wackestone à droite, la bioturbation n'est apparente que suite à une réorientation des fragments de coquille; le terrier est un terrier de détritivore; (petit côté des microphotos~2,5 mm). Lumière naturelle.

Les PERFORATIONS sont des bioturbations tronquant un substrat induré, lithifié:



Dans l'exemple ci-dessus, la perforation recoupe même une fracture de la roche. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

Il existe aussi des bioturbations liées à des racines. On les distingue des terriers par leur caractère plus irrégulier, conique, fourchu et par leur association avec des [structures pédogénétiques](#).

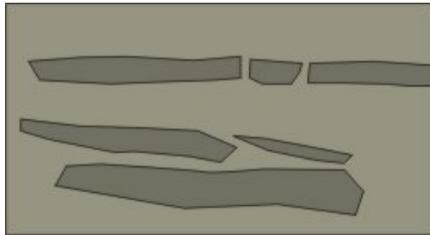


Autres exemples de structures à repérer en lame mince: à gauche, des fenestrae emplies de sparite granulaire (un ciment) dans un packstone à peloïdes (cf. ci-dessous). A droite, laminations dues à un changement de texture (grainstone/packstone); (petit côté des microphotos~2,5 mm). Lumière naturelle.

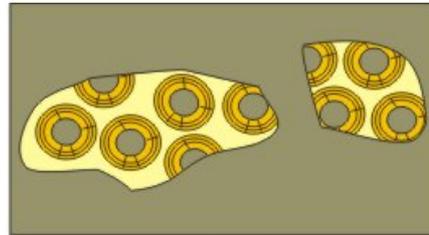
LES GRAINS OU ELEMENTS FIGURES D'ORIGINE NON-BIOLOGIQUE

LITHOCLASTES ou MICROBRECHES

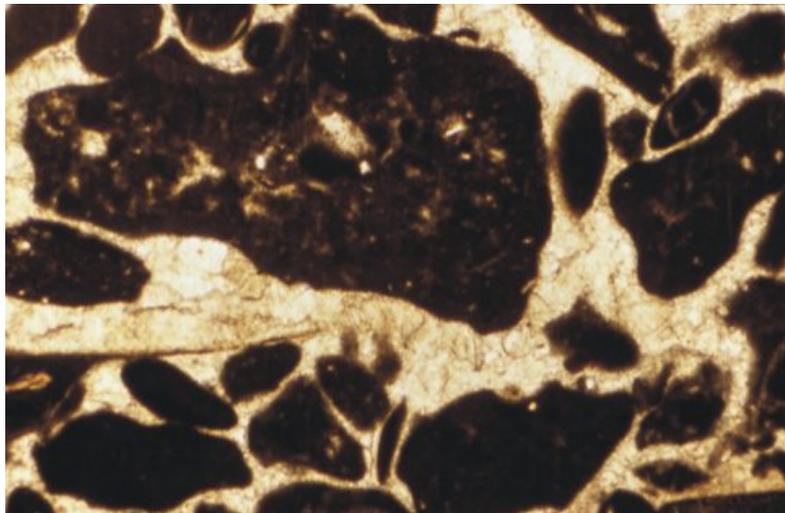
On distingue les endoclastes (remaniement local de sédiment déjà déposé) des exoclastes (apport de matériel "exotique" par rapport au milieu de sédimentation).



endoclastes



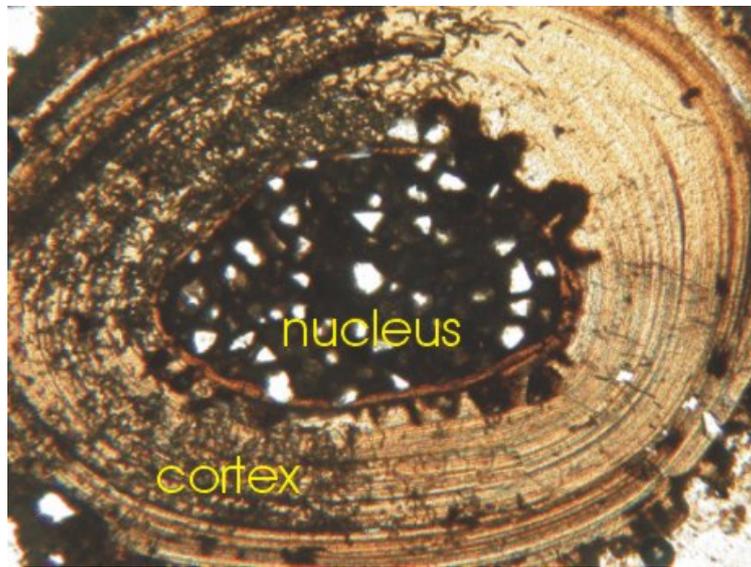
exoclastes



Grainstone à lithoclastes irréguliers (foncés). Le ciment (clair) est de la sparite équigranulaire. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

OOIDES

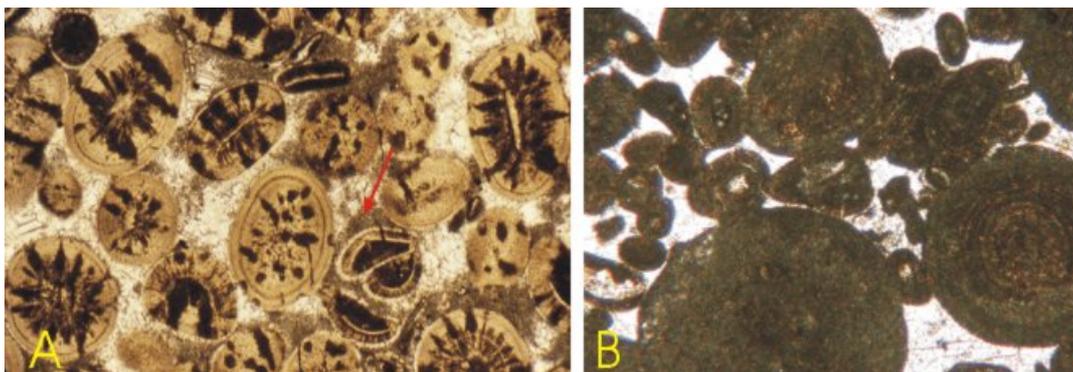
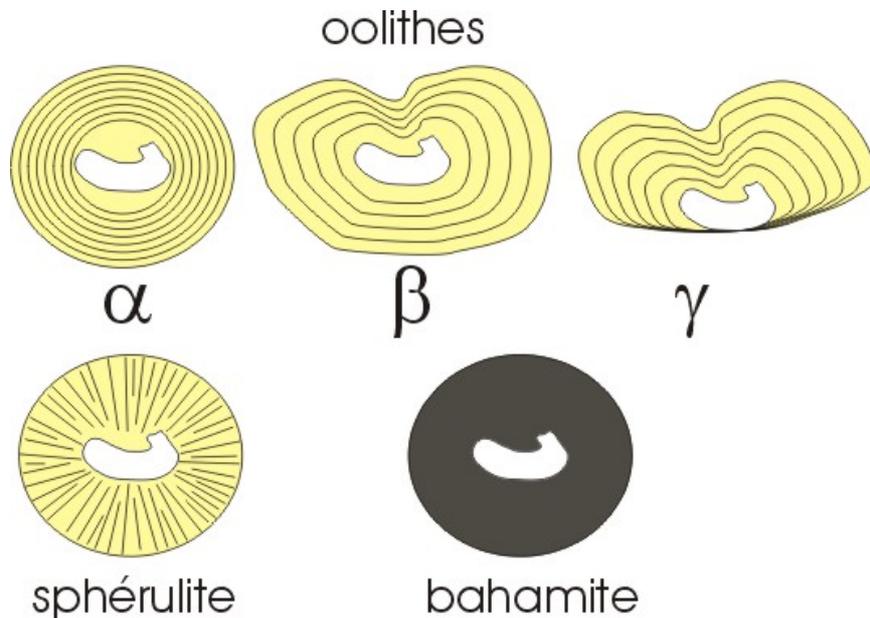
Ce sont des grains constitués d'un *nucleus* (fragment de coquille, grain de sable) autour duquel précipite de la calcite ou de l'aragonite, formant un *cortex*. Le cortex montre une lamination concentrique. Il s'agit de précipitation (bio)chimique dans des milieux proches de la saturation, à très faible profondeur.



Oolithe actuelle montrant la lamination concentrique autour d'un nucleus constitué de boue calcaire avec quelques grains de sable. Dans la partie gauche du cortex, nombreuses perforations d'organismes endolithiques (cyanobactéries?). Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~1 mm).

On peut distinguer plusieurs types d'ooïdes:

- **Oolithes de type α** : laminations corticales régularisant la morphologie du nucleus: oolithes marines des milieux agités (abrasion).
- **Oolithes de type β** : laminations corticales conservant la morphologie du nucleus: oolithes marines des milieux abrités.
- **Oolithes de type γ** : laminations localisées sur un côté du nucleus: pas de transport: oolithes marines des milieux très abrités.
- **Sphérulites**: cortex radiaire: recristallisation lors de la diagenèse.
- **Bahamites**: micritisation du cortex (par perforation répétée par des algues ou des bactéries).



A: grainstone à sphérulites; la flèche montre un peu de micrite infiltrée entre les oolithes, pendant des périodes de calme; cette micrite est antérieure à la précipitation du ciment (sparite équigranulaire). B: grainstone à bahamites. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~2,5 mm).

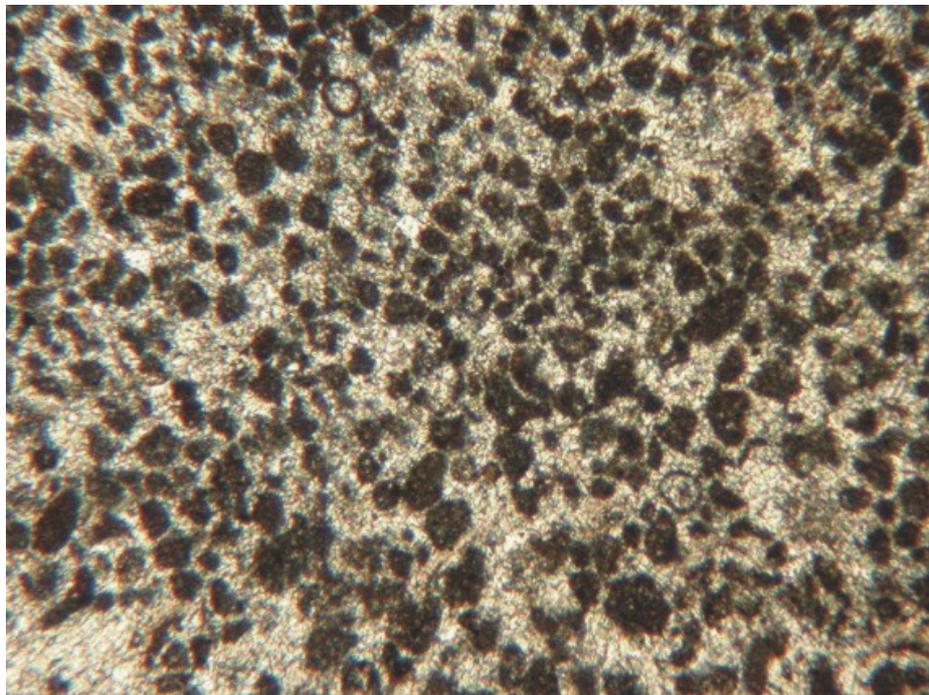
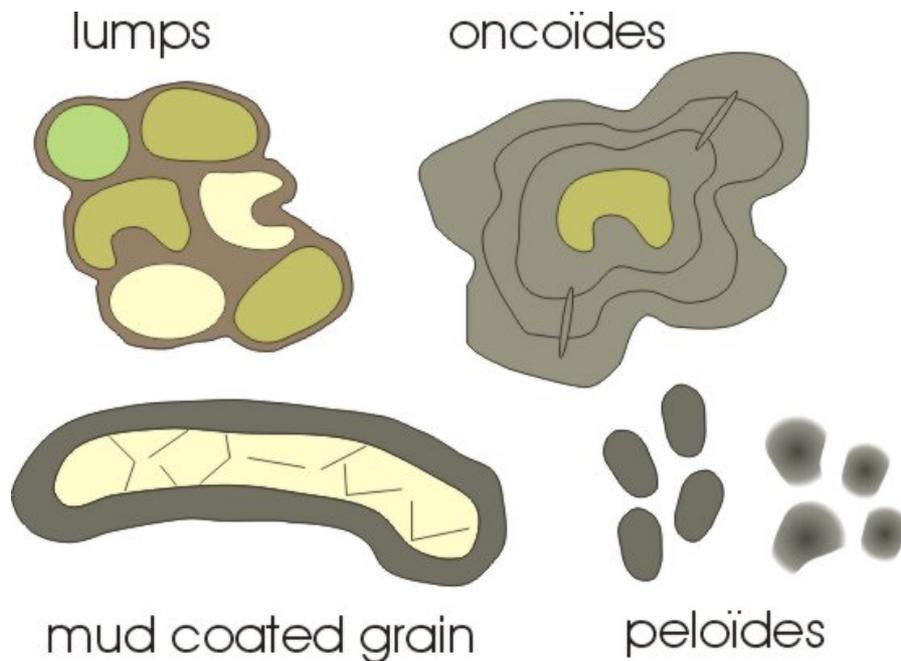
LUMPS-PELOIDES-ONCOIDES-MCG

Lumps: agglutination de grains: lithification synsédimentaire en milieu calme et peu profond.

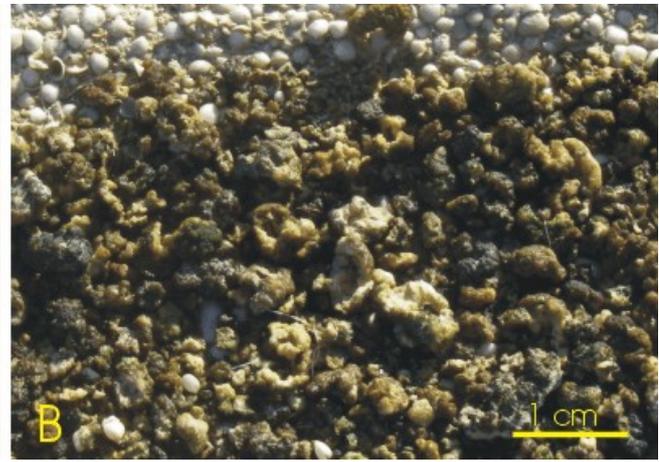
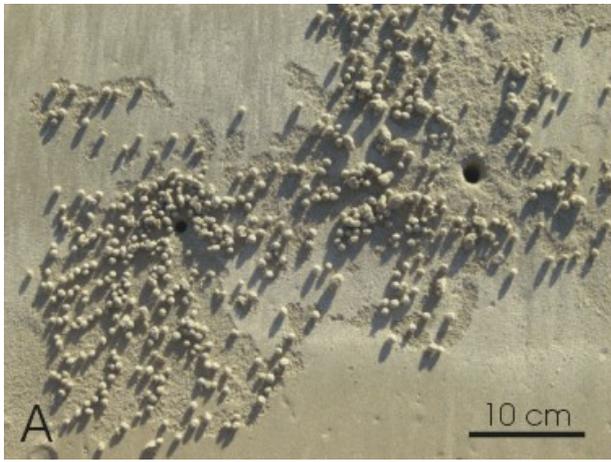
Peloïdes: boules de micrite à morphologie plus ou moins régulière, pas de structure interne. Origine: pelotes fécales, micritisation d'autres grains, fragments de tapis algaires... Milieux peu profonds, souvent protégés. Remarque: on utilise le terme *pellets* uniquement pour les pelotes fécales; tous les autres sont des *peloïdes*.

Oncoides: cortex d'origine algaire ou microbienne, morphologie externe irrégulière, concavités; milieu marin ou fluviatile peu profond, agitation intermittente.

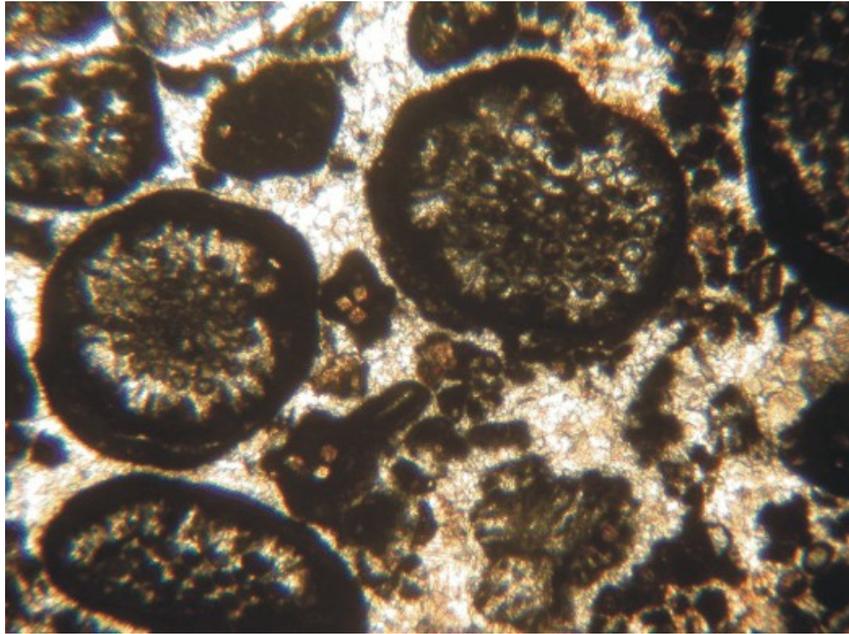
Mud coated grains: micritisation de fragments de coquille. Le fragment servant de nucleus est recristallisé ou remplacé par du ciment; milieu très calme (rivage).



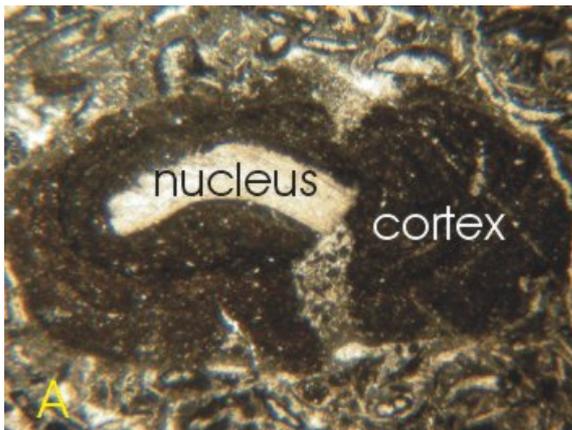
Grainstone à peloïdes. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).



Exemples actuels de peloïdes: A: pellets fécaux de crabe sur une plage. B: peloïdes constitués de fragments plus ou moins roulés de tapis algo-microbiens (Australie).



Grainstone à oncoïdes. Les nuclei sont des algues (udoteaceae). Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).



A: oncoïde dans un packstone bioclastique. B: mud coated grains; il s'agit probablement de fragments de gastéropodes. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~2,5 mm).

LES FOSSILES

ECHINODERMES

Exclusivement marins, abondants à partir de l'Ordovicien.

Deux grands groupes:

Fixés: Pelmatozoaires

- Crinoïdes
- Blastoïdes
- Cystoïdes

Mobiles: Eleuthérozoaires

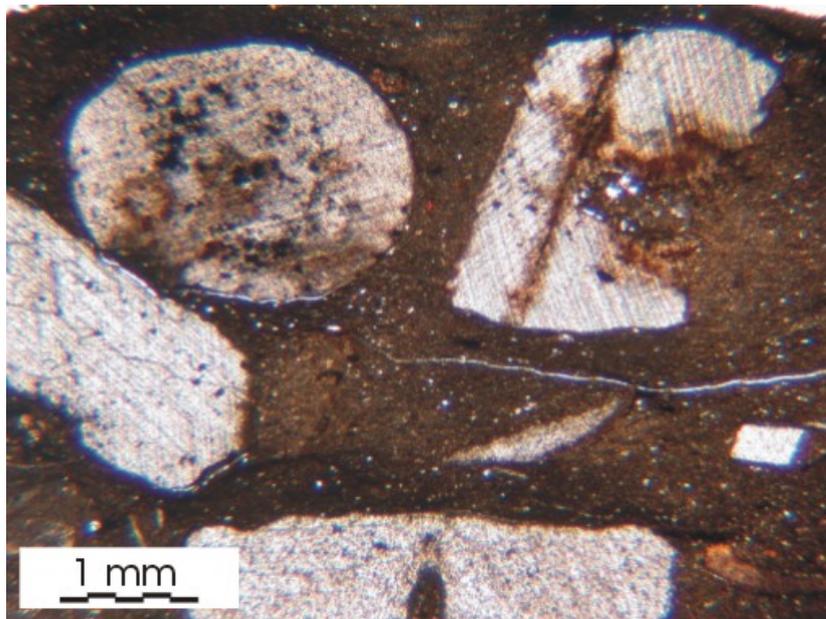
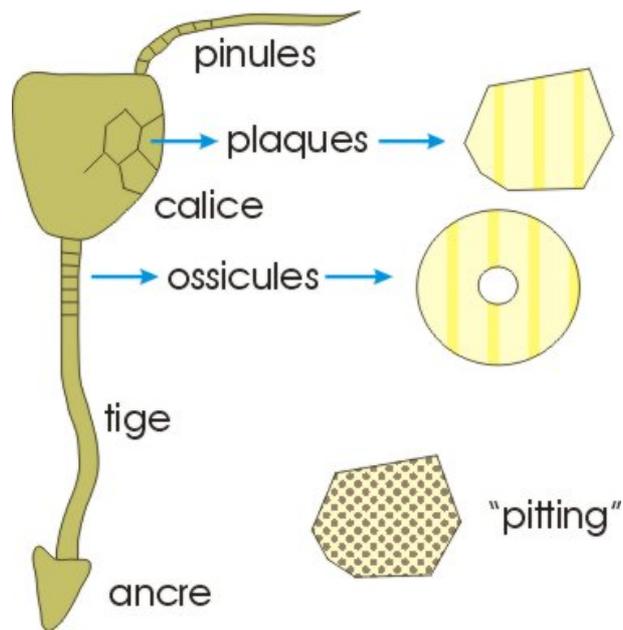
- Echinides
- Stelleroïdes (peu calcifiés)
- Holothuroïdes (partiellement calcifiés)

Ils sont caractérisés par le sécrétion de poutrelles de calcite; épitaxie du ciment sur ces poutrelles => **plaques à même orientation optique** (en nicols croisés, s'éteignent d'un bloc!!)

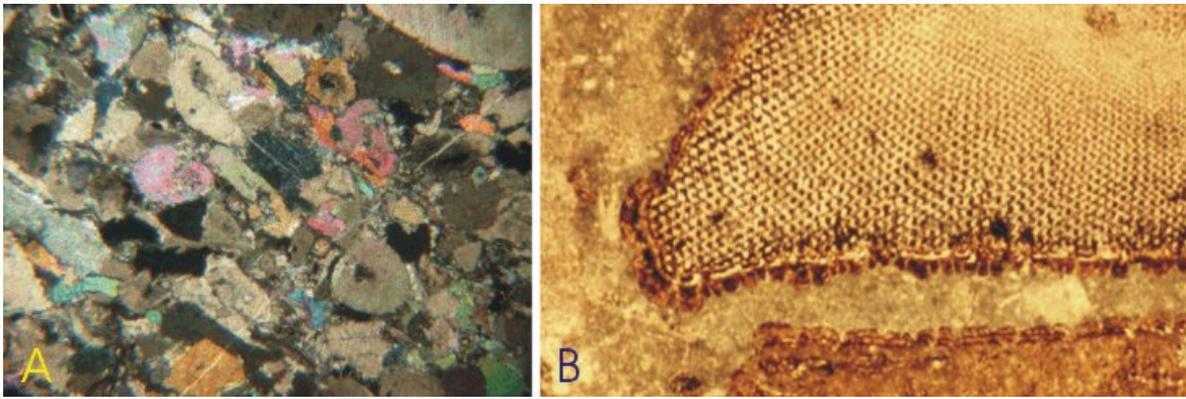
Lors du transport, la calcite épitaxiale se dissout la première => phénomène de *pitting* (=meilleur critère pour estimer le transport). Si plaques fraîches: en place => prairies d'échinodermes.

Remarque: dans les grainstones, le ciment cristallise en continuité optique avec les plaques.

FRAGILE: milieu marin ouvert, sous la zone d'action des vagues (20-30 m).



Wackestone à crinoïdes. Lumière naturelle.

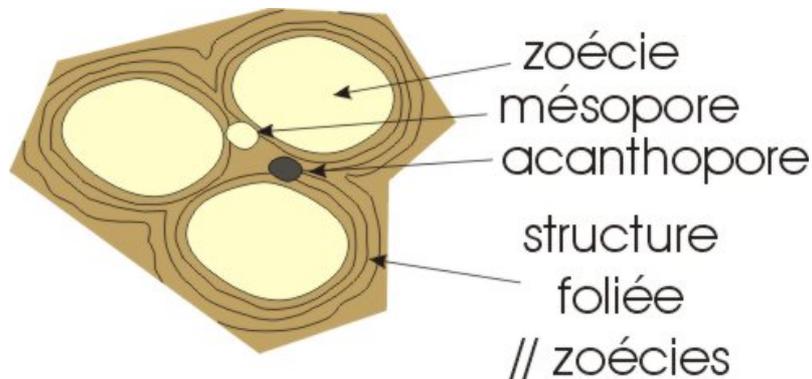


A: grainstone à crinoïdes, nicols croisés; observer le caractère monocristallin des ossicules et plaques; (petit côté de la microphoto~2,5 mm). B: plaque de crinoïde affectée de *pitting*, indicateur de transport (il s'agit de turbidites). La porosité est occupée par de l'hématite de précipitation bactérienne. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~1 mm).

BRYOZOAIRES

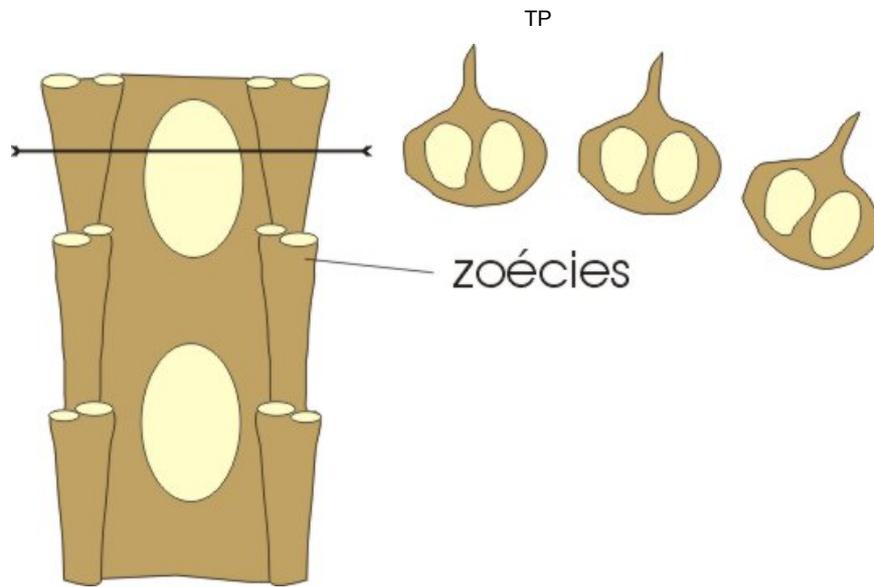
Organismes coloniaux: branchus, encroûtants, érigés; milieu calme, sous la zone d'action des vagues. Ubiquistes ou pionniers.

Structure foliée // aux zoécies!



Section de bryozoaire montrant la structure foliée. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~1 mm).

Les fenestelles sont des organismes piègeurs de sédiment (bafflestones). Milieu également très calme, bioconstructions sous la zone d'action des vagues. En coupe, aspect de "petits fantômes"...



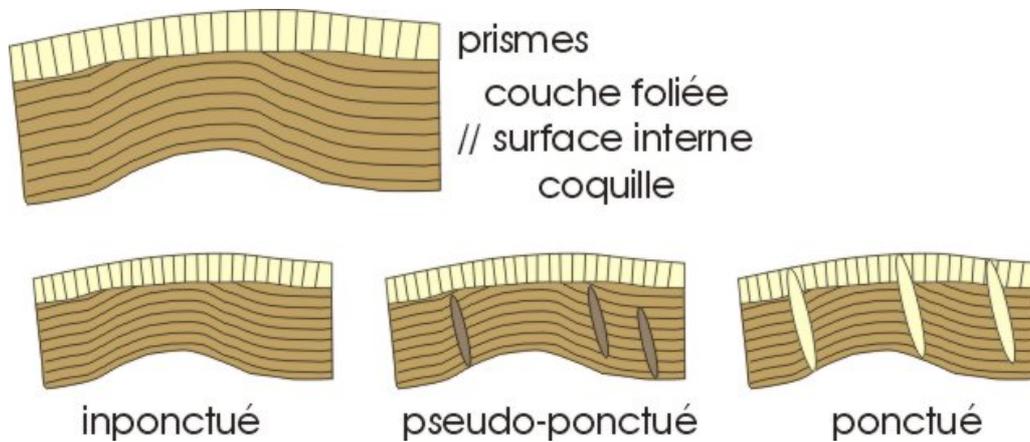
Sections diverses dans des fenestelles. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

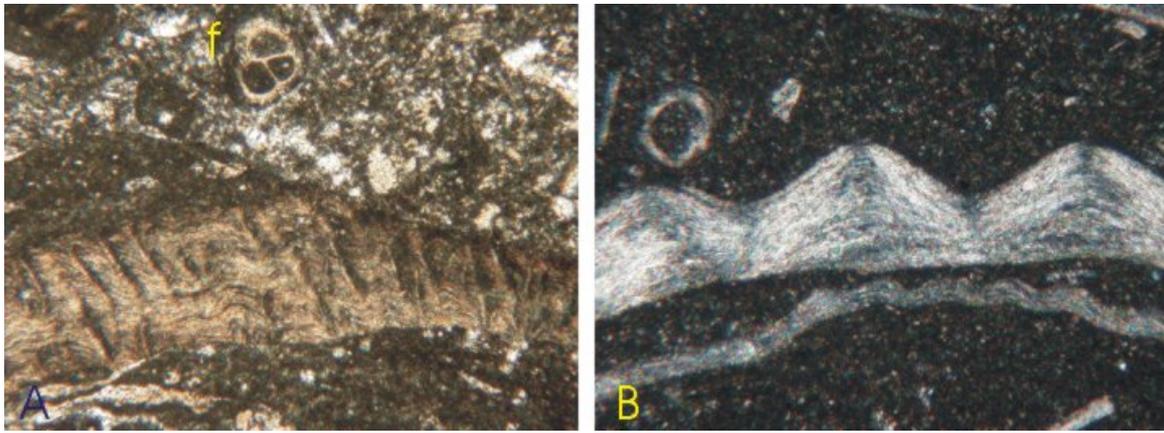
BRACHIOPODES

Deux valves, symétrie bilatérale (valves ventrale et dorsale). Cambrien-Actuel.

La coquille comprend une couche foliée très développée et une couche prismatique mince, souvent écaillée. La couche foliée est parallèle à la surface interne de la coquille! Autre ubiquiste... fréquent dans les milieux ouverts.

Les sections dans les épines des brachiopodes donnent des figures circulaires avec une foliation parallèle à la surface.

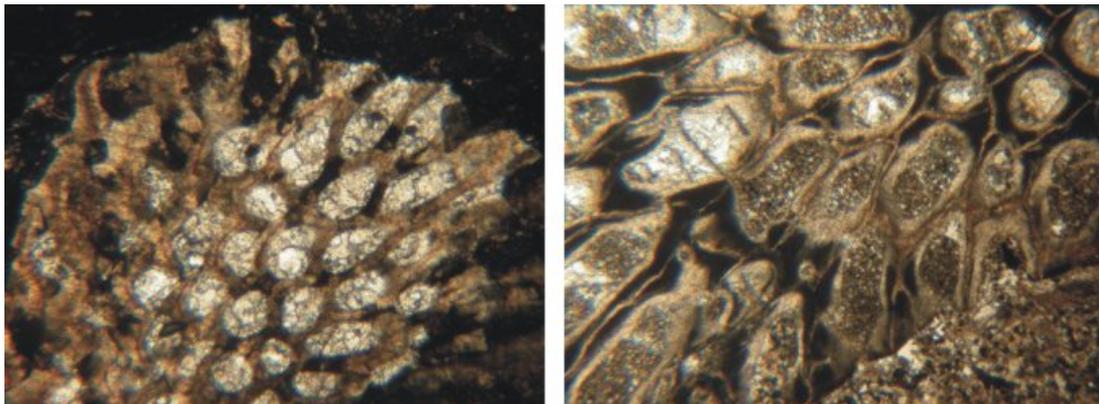
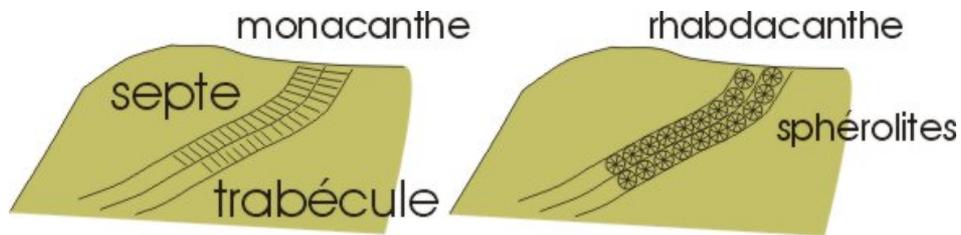




A: brachiopode pseudoponctué, dans un wackestone bioclastique; f: fenestelle (lumière naturelle). B: détail d'un autre brachiopode, montrant la structure foliée; mudstone (nicols croisés); petit côté des microphotos~2,5 mm.

COELENTERES

Organismes constructeurs. Rugueux et tabulés au Paléozoïque. Muraille complexe (>> bryozoaires!). Trabécules monacanthes et rhabdacanthes.

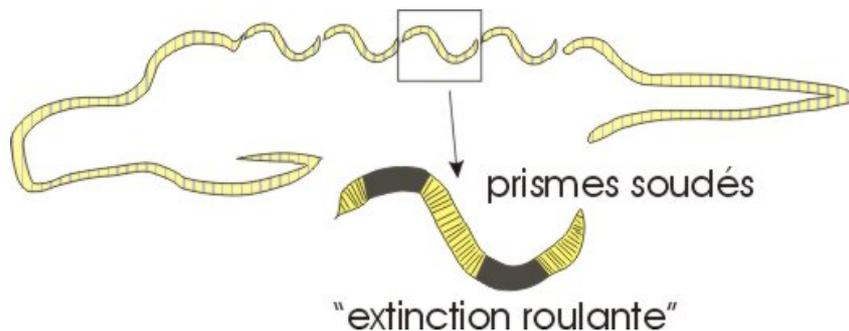


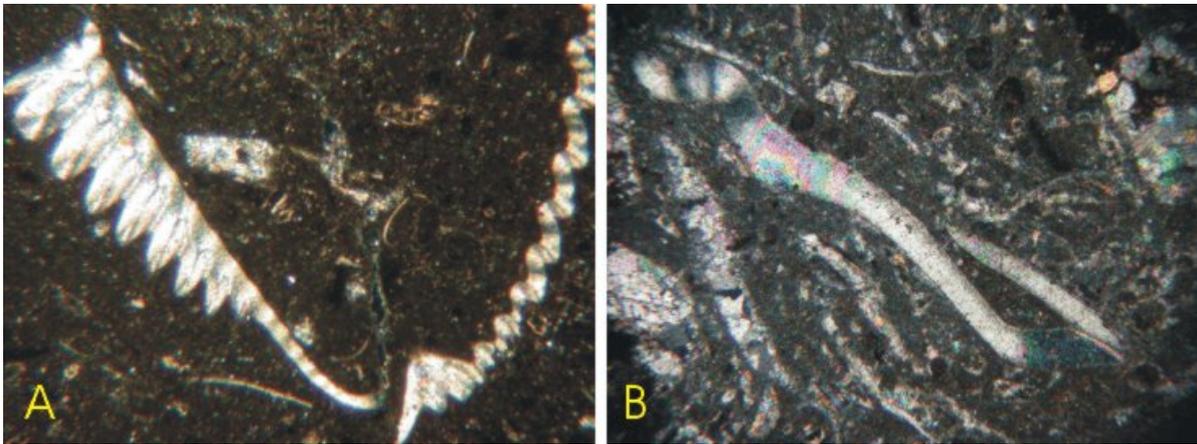
Deux sections dans des coraux tabulés (formes branchues); remarquer la muraille complexe. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~2,5 mm et ~1 mm).

ARTHROPODES

Muraille à prismes soudés: **extinction roulante**.

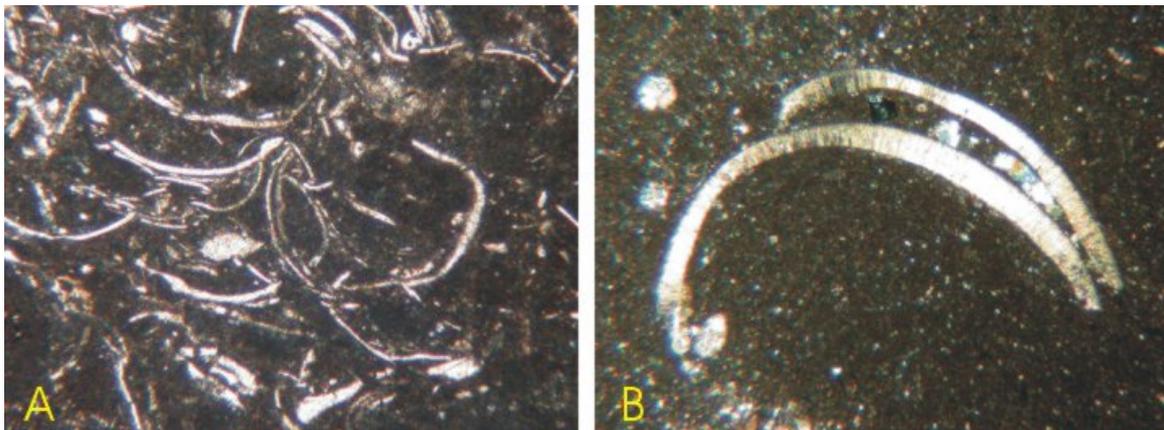
Trilobites: marins: plate-forme sous la zone d'action des vagues et bassin. En coupe, leurs épines peuvent ressembler aux épines de brachiopodes, mais l'orientation des cristaux est perpendiculaire à la surface.





A et B: sections de trilobites; nicols croisés. A est un mudstone, tandis que B est un wackestone; petit côté des microphotos~2,5 mm.

Ostracodes: possèdent deux valves en calcite. Leur taille est de l'ordre de 1 mm. Pélagiques. Certaines grandes formes (*Leperditia*) sont cependant caractéristiques de milieux lagunaires.



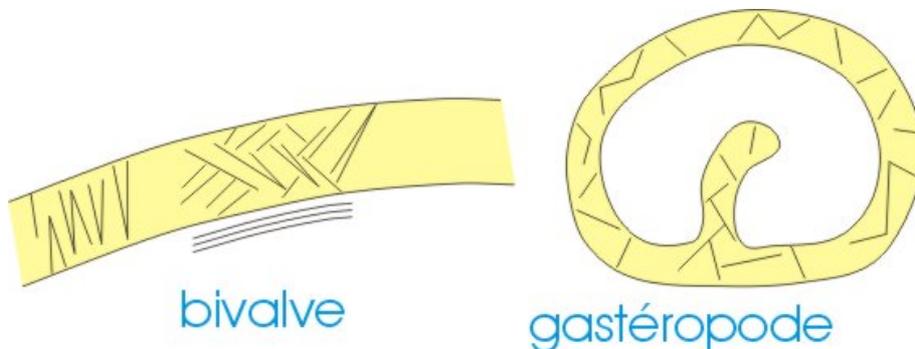
A: petits ostracodes pélagiques dans un wackestone; lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm). B: détail d'une valve de *Leperditia* montrant les prismes soudés de grande taille; mudstone, nicols croisés (petit côté de la microphoto~1 mm).

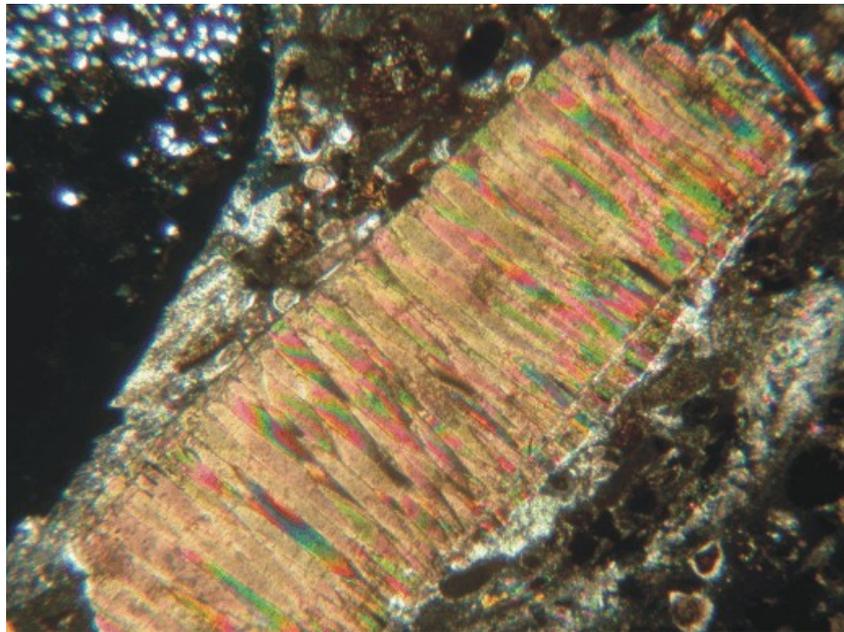
MOLLUSQUES

Bivalves: symétrie gauche-droite. Majorité = néritiques. **Muraille généralement assez complexe**, parfois en plusieurs couches. Souvent muraille à lamelles entrecroisées ou en prismes. S'il existe une structure foliée (cf. brachiopodes), présence néanmoins de la couche à lamelles entrecroisées.

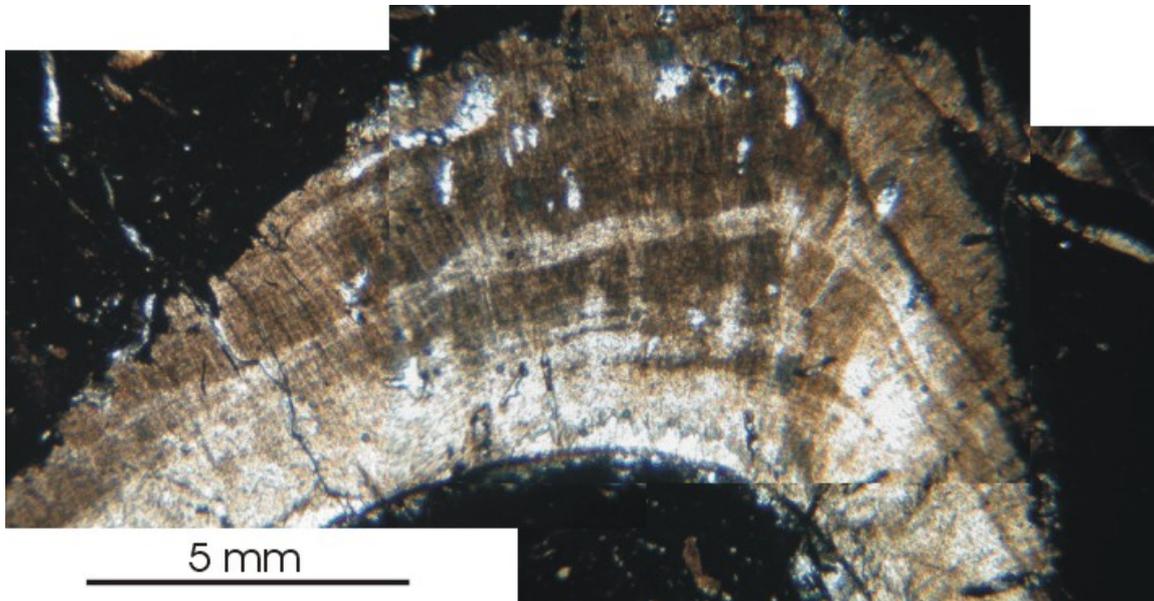
Cas particulier: les rudistes, constructeurs de récifs du Jurassique au Crétacé.

Gastéropodes: tous enroulés (hélice, planispire, trochospire). Majorité : très faible profondeur, littoraux, lagunaires. **La muraille est souvent recristallisée.**

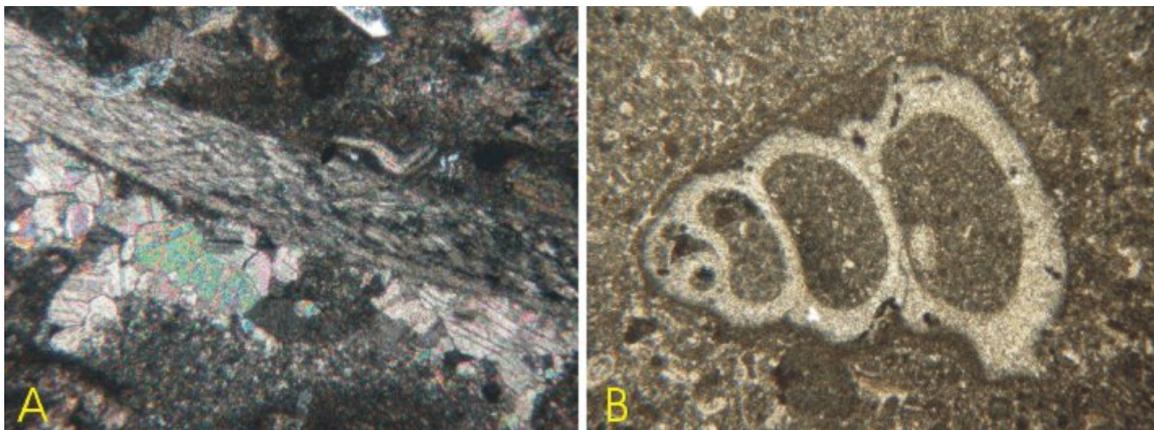




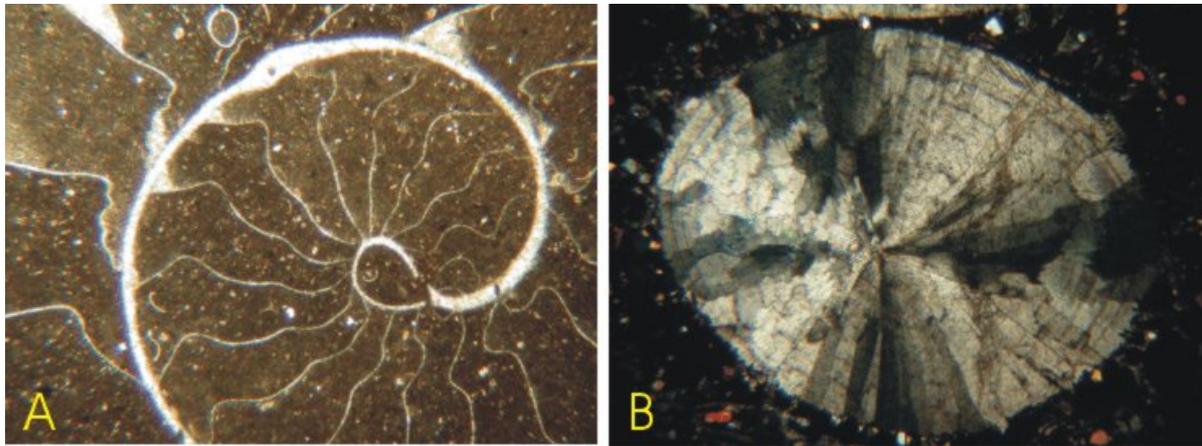
Structure prismatique dans une coquille de lamellibranche. Nicols croisés (petit côté de la microphoto~2,5 mm).



Structure prismatique dans un rudiste.

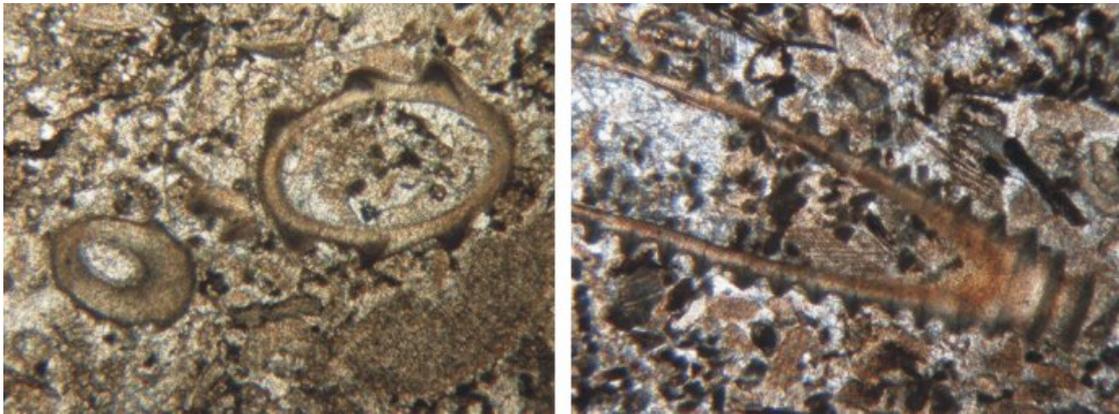


A: coquille de lamellibranche montrant la superposition d'une mince couche prismatique et d'une couche à lamelles entrecroisées; nicols croisés. B: gastéropode à coquille recristallisée; remarquer la bioérosion (perforation de la coquille) et la micritisation (lumière naturelle) (petit côté des microphotos~2,5 mm).



A: ammonite (lumière naturelle) et B: rostre de bélemnite (nicols croisés); attention, il s'agit toujours de grands corpuscules... (petit côté des microphotos~2,5 mm).

Cricoconarides: petits (mm-cm) mollusques pélagiques, assez fréquents dans les faciès ouverts de l'Ordovicien au Dévonien. Les tentaculites en font partie.

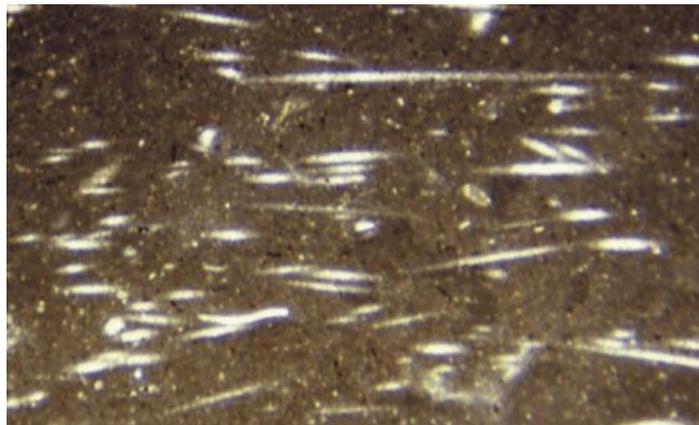


Sections diverses dans des cricoconarides; grainstones bioclastiques. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~2,5 mm).

EPONGES

Organismes filtrant. Toutes sédentaires. Environnement variable, souvent pionniers ou présents là où les autres organismes ne peuvent se développer.

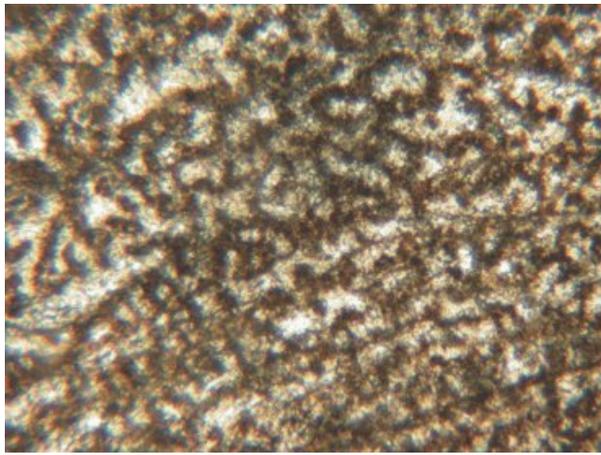
Les spicules seules sont conservées + quelquefois le vide laissé par la disparition des tissus mous (cf. stromatactis).



Mudstone à spicules d'éponge. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

STROMATOPORES

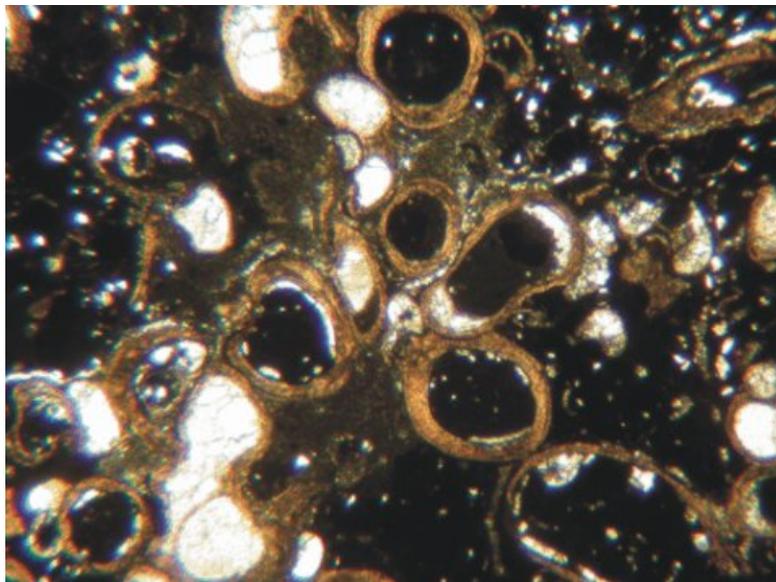
Organismes constructeurs coloniaux, surtout paléozoïques. Morphologie variable: laminaires, tabulaires, branchus, massifs,... Milieu récifal, lagunaire, péri-récifal suivant la morphologie. Structure en piliers et laminae.



Structure d'un stromatopore massif. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

VERS ENCROUTANTS

Ces vers peuvent construire de petits édifices, souvent situés dans la zone d'action des vagues. En lame, les formes en haricot sont fréquentes.

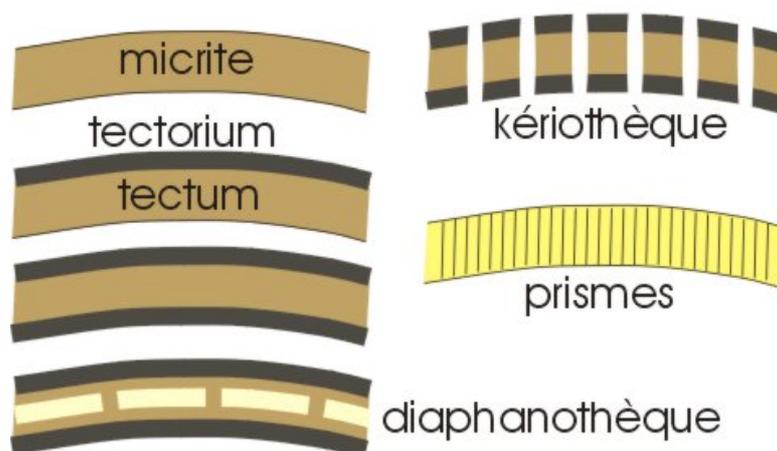


Bafflestone à serpules (vers encroûtants). Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

LES FORAMINIFERES

Protozoaires protégés par une thèque. **Toujours un proloculum (rond)**. Vivent dans la dernière chambre. La taille de chacune des chambres est assez homogène. Grande variété de formes, de tailles et de types de murailles.

Les formes benthoniques (souvent à parois épaisses) bougent peu et vivent sur la plate-forme; les formes planctoniques (souvent fragiles) se répartissent partout; certaines formes sont fixées et peuvent construire des récifs (rares).

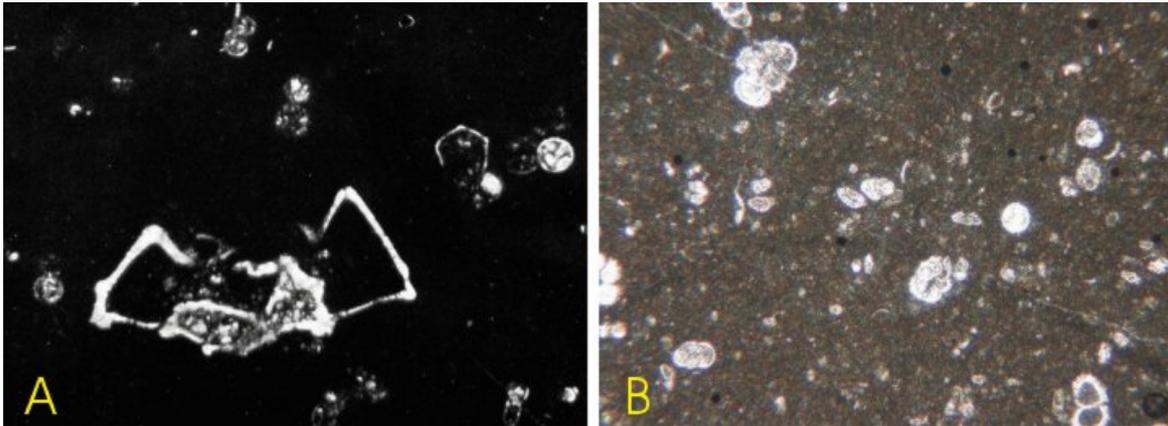


Globotruncanidae (Rosalines)

Crétacé supérieur. Formes pélagiques, dans le faciès tithonique (calcaire micritique profond), parfois sous la lysocline => tests partiellement dissous.

Globigérines

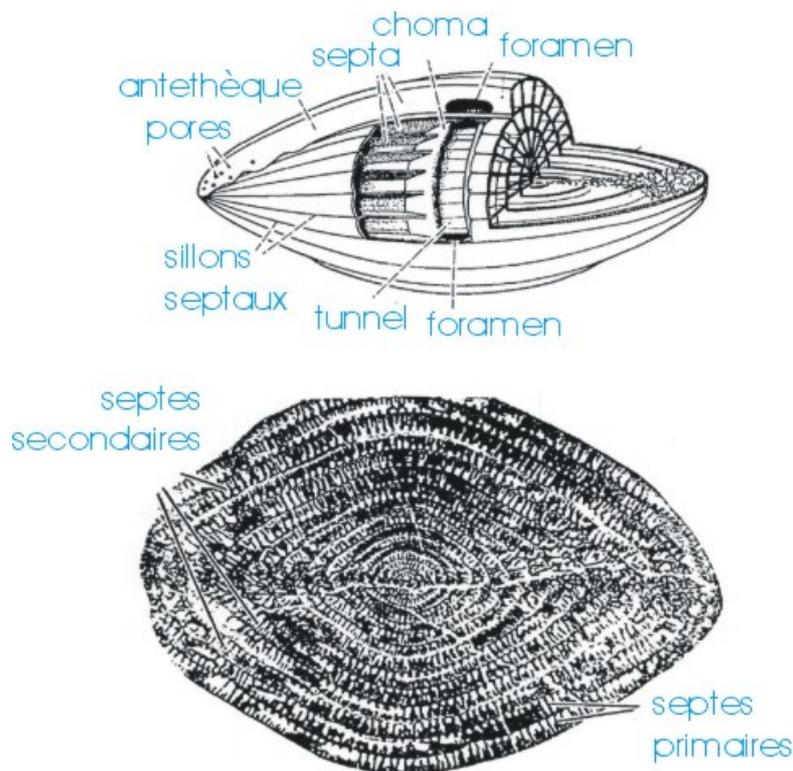
Un autre foraminifère planctonique, fréquent depuis le Crétacé. Faciès profonds.

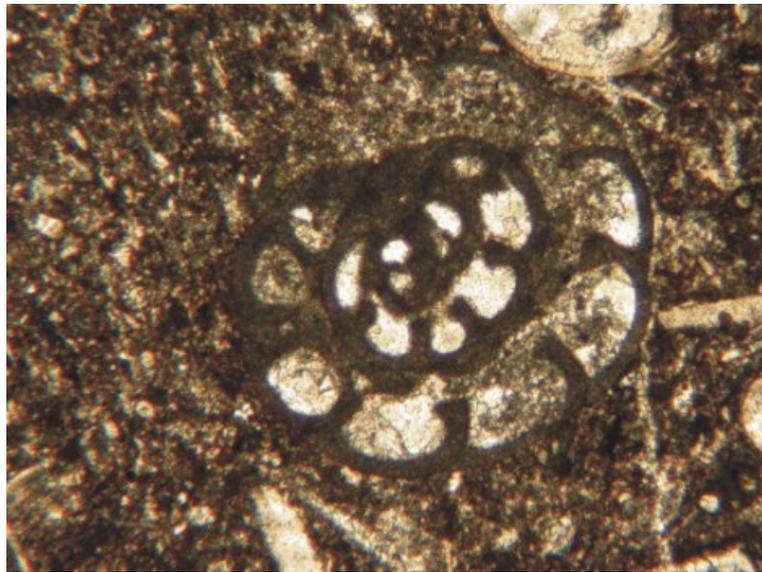


A: *Globotruncana* dans un mudstone; B: globigérines, également dans un mudstone. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~1 mm).

Fusulines

"Grands" foraminifères. Apparaissent au Carbonifère moyen et s'éteignent au sommet du Permien. Formes benthiques, milieu peu profond (partie supérieure de la zone photique), souvent en association avec des algues. Type de muraille: tectum et tectoria, diaphanothèque, kériothèque.

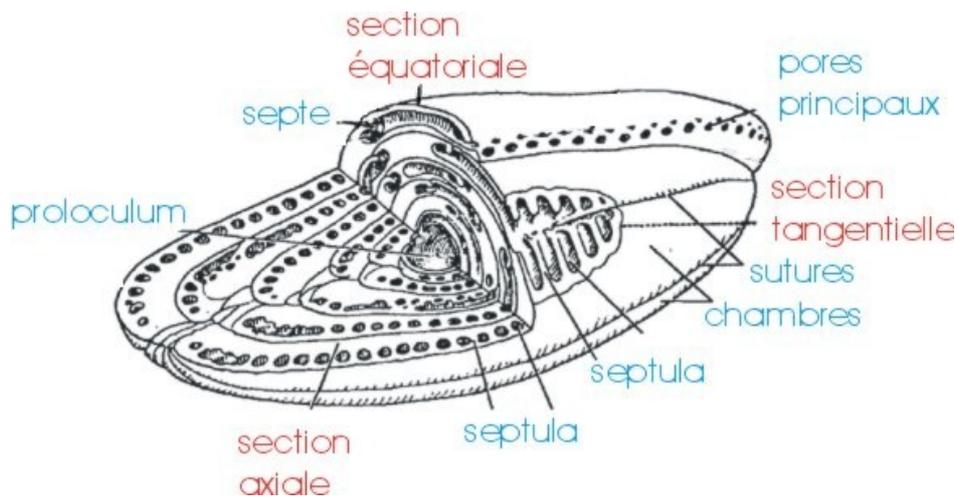




Fusuline dans un packstone microsparitique. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~1 mm).

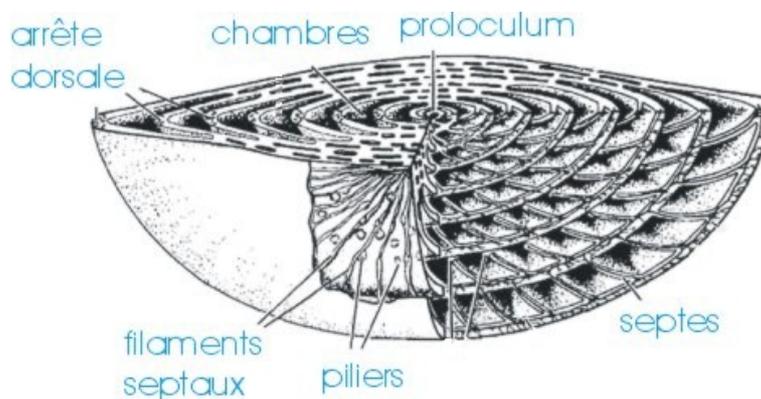
Alvéolines

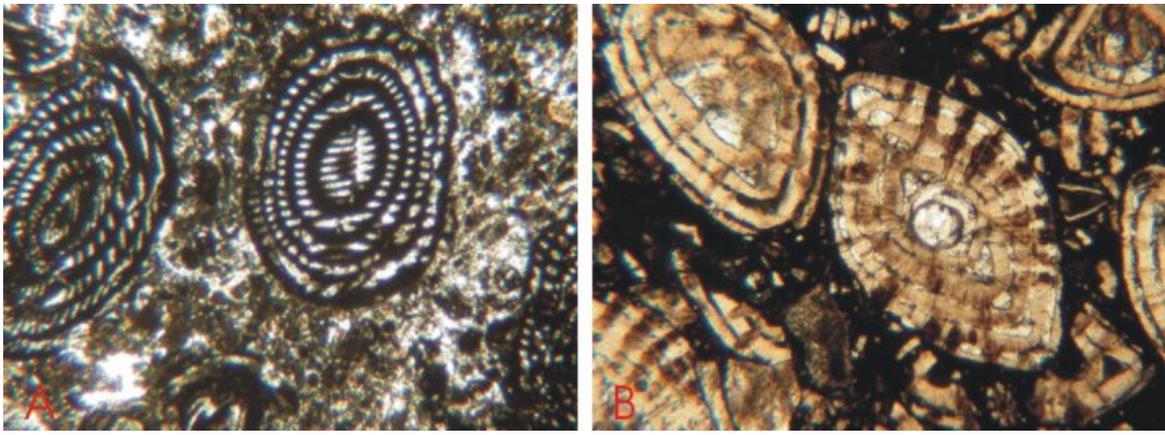
"Grands" foraminifères. Crétacé à Actuel. Formes porcelanées (la micrite de la paroi est très fine). Le proloculum est suivi d'un *appareil embryonnaire* (=premières loges différentes). Plate-forme carbonatée dans la zone phorique.



Nummulites

"Grands" foraminifères. Sommet Crétacé à Actuel, très caractéristiques du Paléocène supérieur à l'Oligocène. Murailles épaisses de prismes soudés en gerbes. Dimorphisme: formes microsphériques (petit proloculum, grandes loges); formes macrosphériques (grand proloculum, petites loges). Plates-formes carbonatées, en général, milieu peu profond.

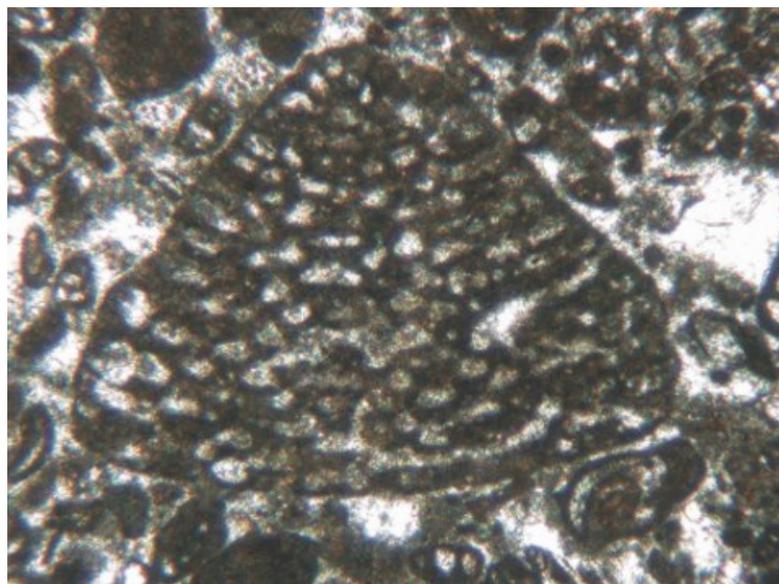
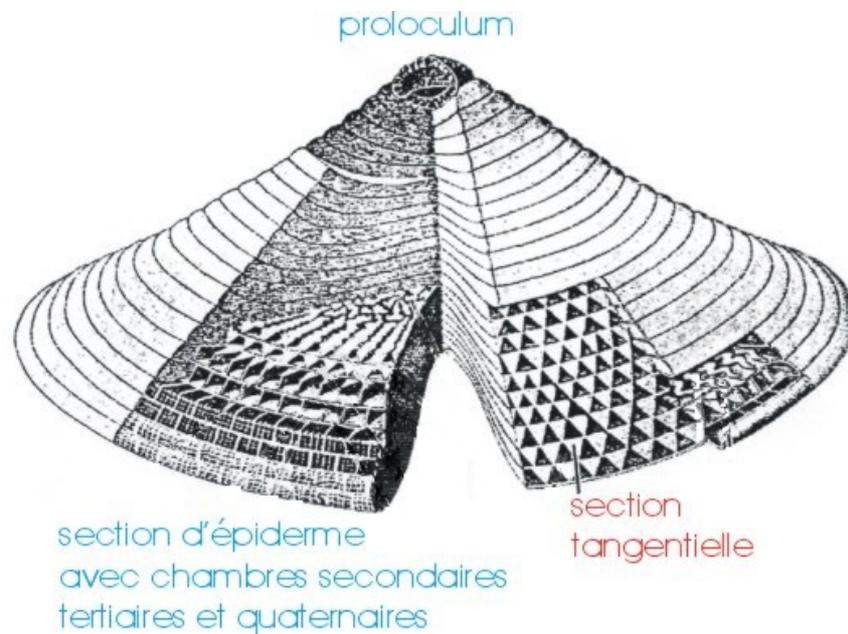




A: alvéolines. B: nummulites; remarquer le proloculum bien marqué. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~2,5 mm).

Orbitolines

"Grands" foraminifères. Sommet Crétacé à Paléocène. Divisés en chambres soutenues par des piliers. Possèdent un épiderme formé par un grillage de chambres secondaires, tertiaires, quaternaires. Cet épiderme est agglutiné. Plate-forme carbonatée peu profonde, faciès récifal, péri-récifal, côtier agité.



Orbitoline. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

Orbitoïdes

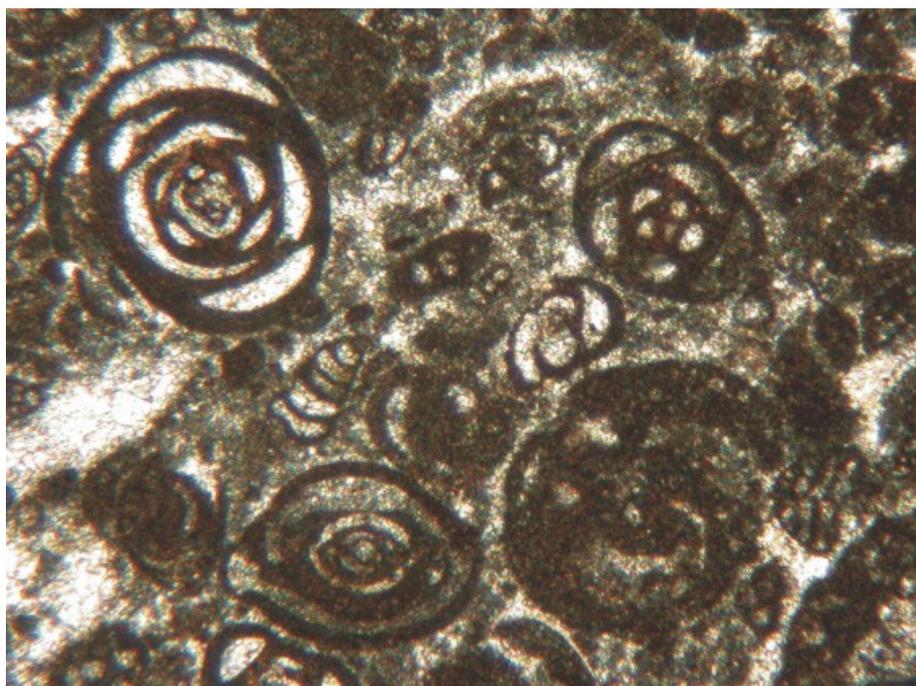
Grandes formes lenticulaires. Crétacé à Oligocène. Appareil embryonnaire constitué de plusieurs chambres. Plate-forme carbonatée peu profonde.



Orbitoïdes (discocyclines). Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

Milioles

Grandes formes pluriloculaires dont les loges, au moins les dernières, s'arrangent selon une symétrie axiale d'ordre 2, 3 ou 5. Jurassique à Actuel. Ce sont des formes marines surtout d'eaux peu profondes et chaudes. Elle s'accommodent aussi de milieux à salinité anormale.



Packstone-grainstone à milioles. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

LES ALGUES

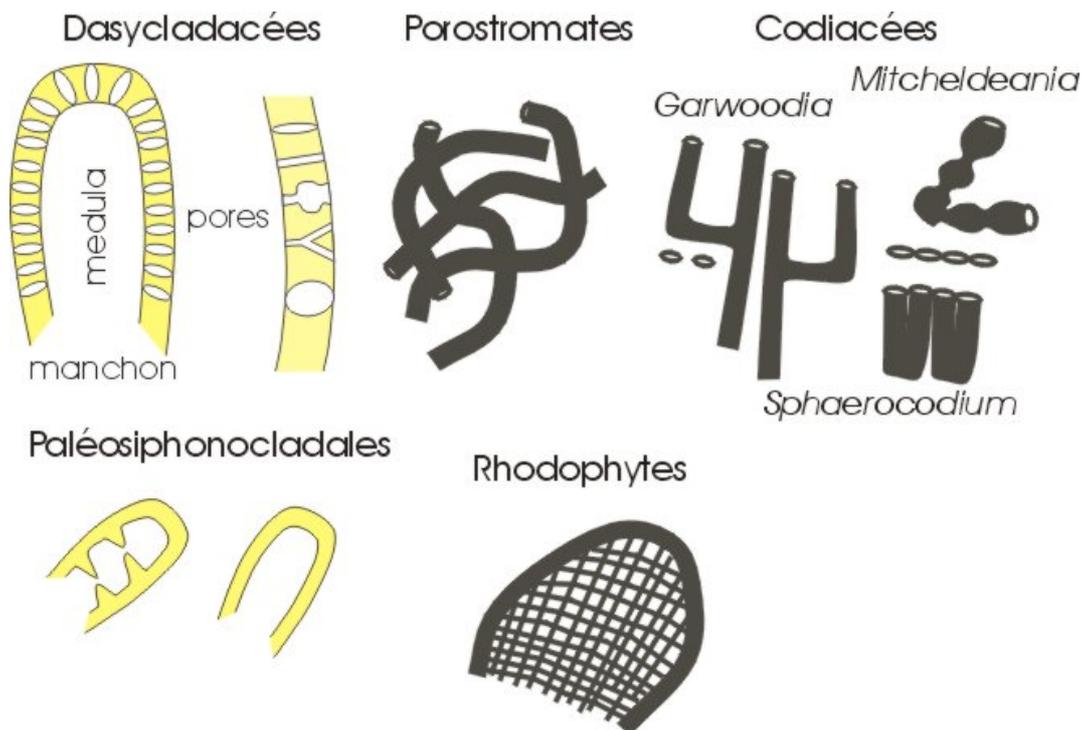
Non calcifiées et calcifiées. Suivant la nature du pigment, l'écologie et la bathymétrie sont variables (elles n'utilisent pas la même partie du spectre lumineux, variable suivant la profondeur).

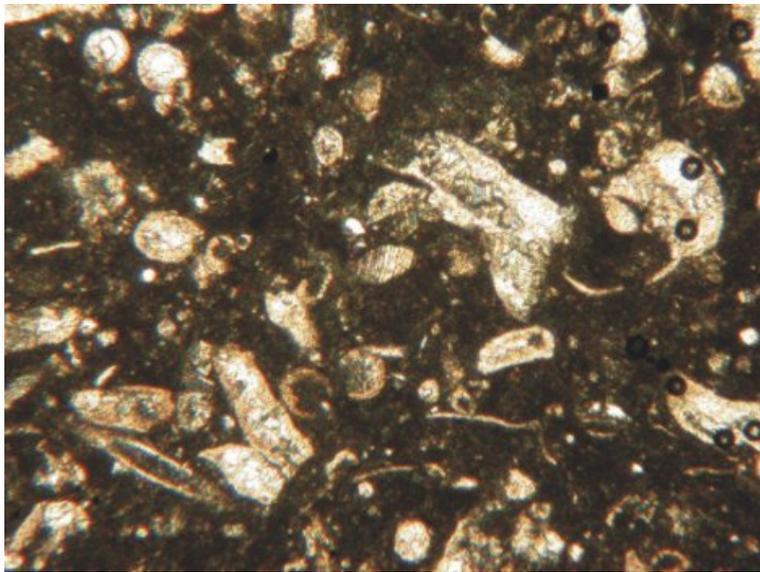
Idée de classification (sujette à de fréquents remaniements!)

CYANOPHYTES	Spongiostromates (stromatolithes, etc...) Porostromates (<i>Girvanella</i> , <i>Rectangulina</i>)
CHLOROPHYTES	Codiacées (<i>Ortonella</i> , <i>Sphaerocodium</i> , <i>Bevocastris</i> ,...) Paléosiphonocladacées* (<i>Kamaena</i> , <i>Issinella</i> ,...) Dasycladacées (<i>Koninckopora</i> ,...) Udotacées (<i>Trelonella</i> ,...) Characées (<i>Umbrella</i> ,...)
RHODOPHYTES	Corallinacées Solénoporacées (<i>Solenopora</i> , <i>Chaetetes</i> ,...)? Gymnocodiacées Squamariacées
PHAEOPHYCOPHYTES	

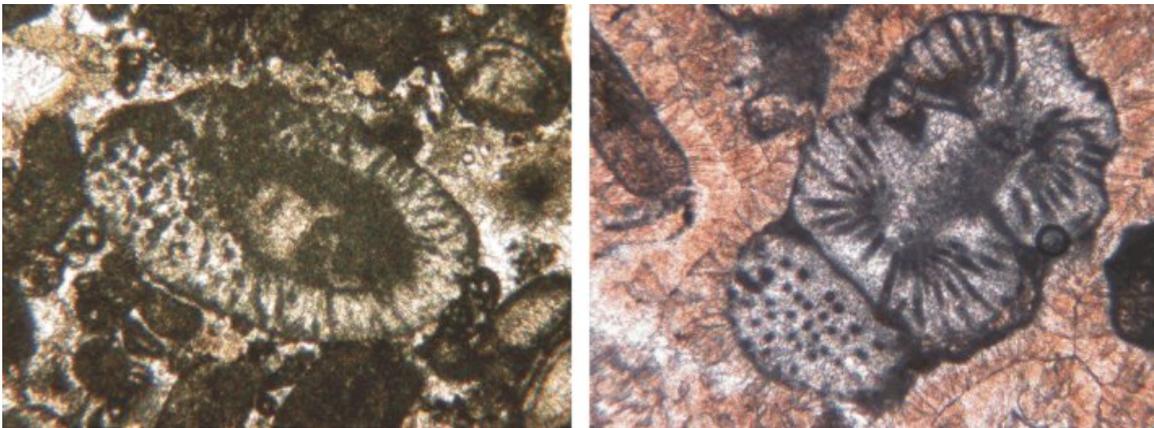
* correspond aussi aux "algosponges", groupe potentiellement non-photosynthétique.

Les **dasycladacées** et les **udotacées** s'observent dans des environnements peu profonds, souvent récifaux ou d'arrière-récif. Les **codiacées** s'étendent un peu plus vers les environnements d'avant-récif. Les **paléosiphonocladacées** sont caractéristiques des lagons et autres environnements protégés. Les **characées** sont souvent lacustres ou palustres. Les **porostromates** et **spongiostromates** ont une répartition assez variable, mais surtout littorale. Enfin, la plupart des **rhodophytes** colonisent la crête récifale, dans des milieux très agités.

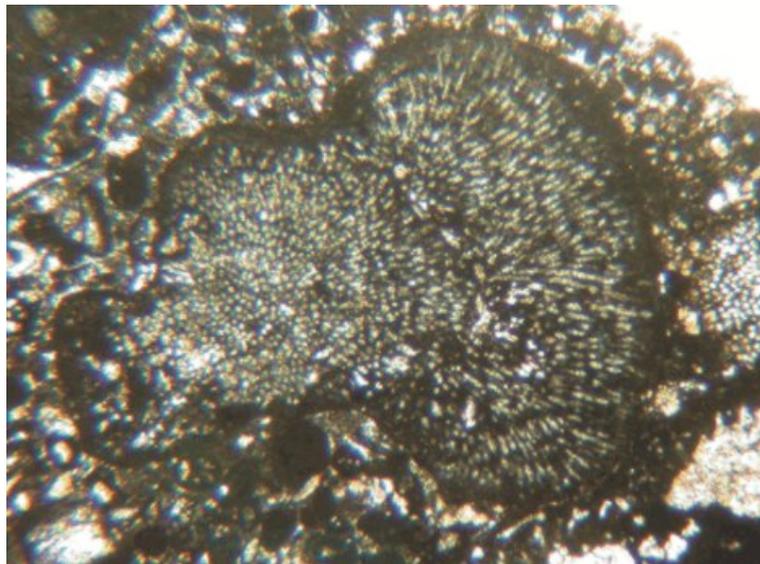




Wackestone (bafflestone?) à paléosiphonocladacées (issinelles). Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~1 mm).



Dasycladacées dans un grainstone; remarquer la recristallisation du manchon et les pores remplis de micrite. Lumière naturelle (petit côté des microphotos~2,5 mm).



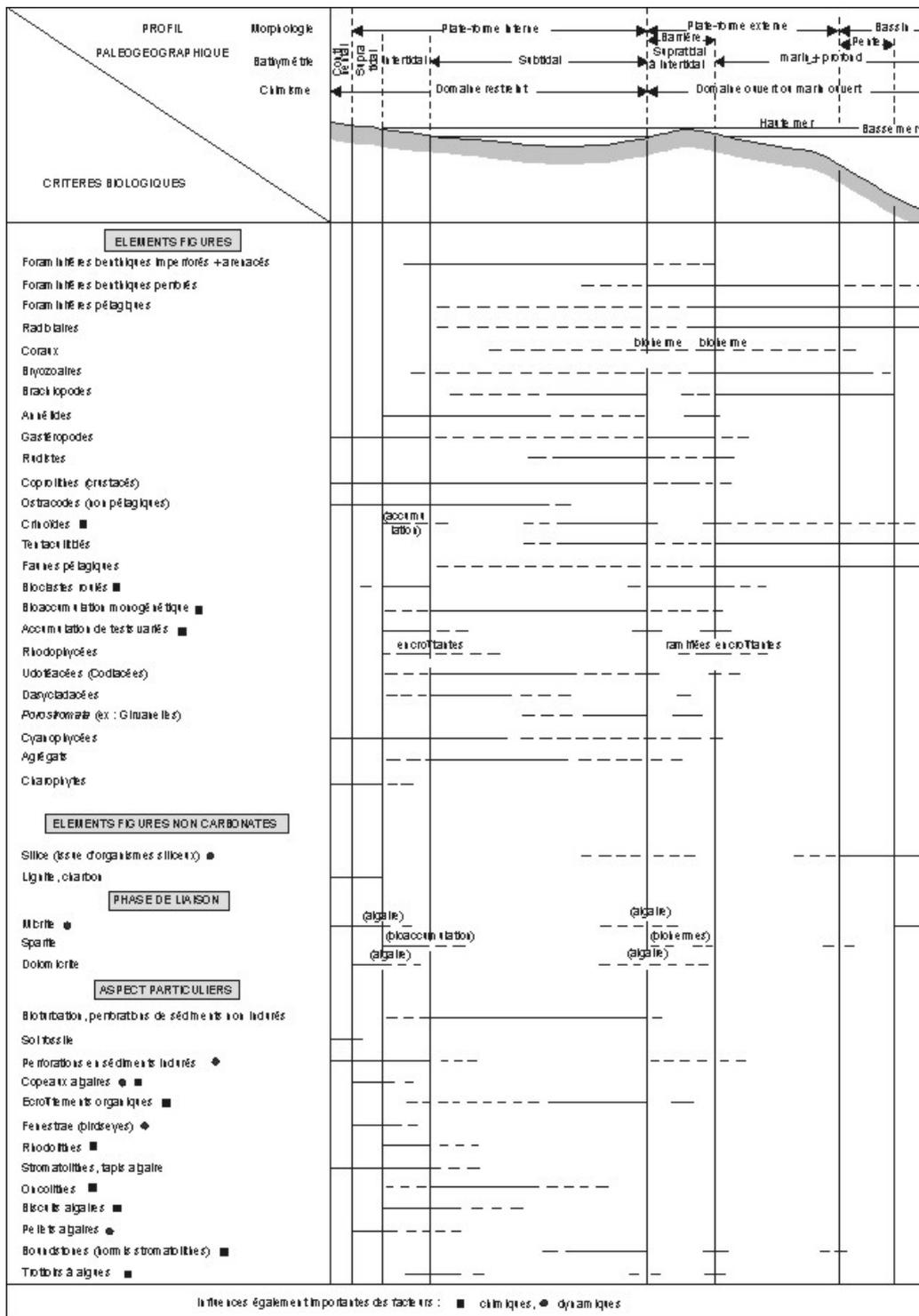
Nodule de codiacée; noter les nombreuses dichotomies des filaments. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

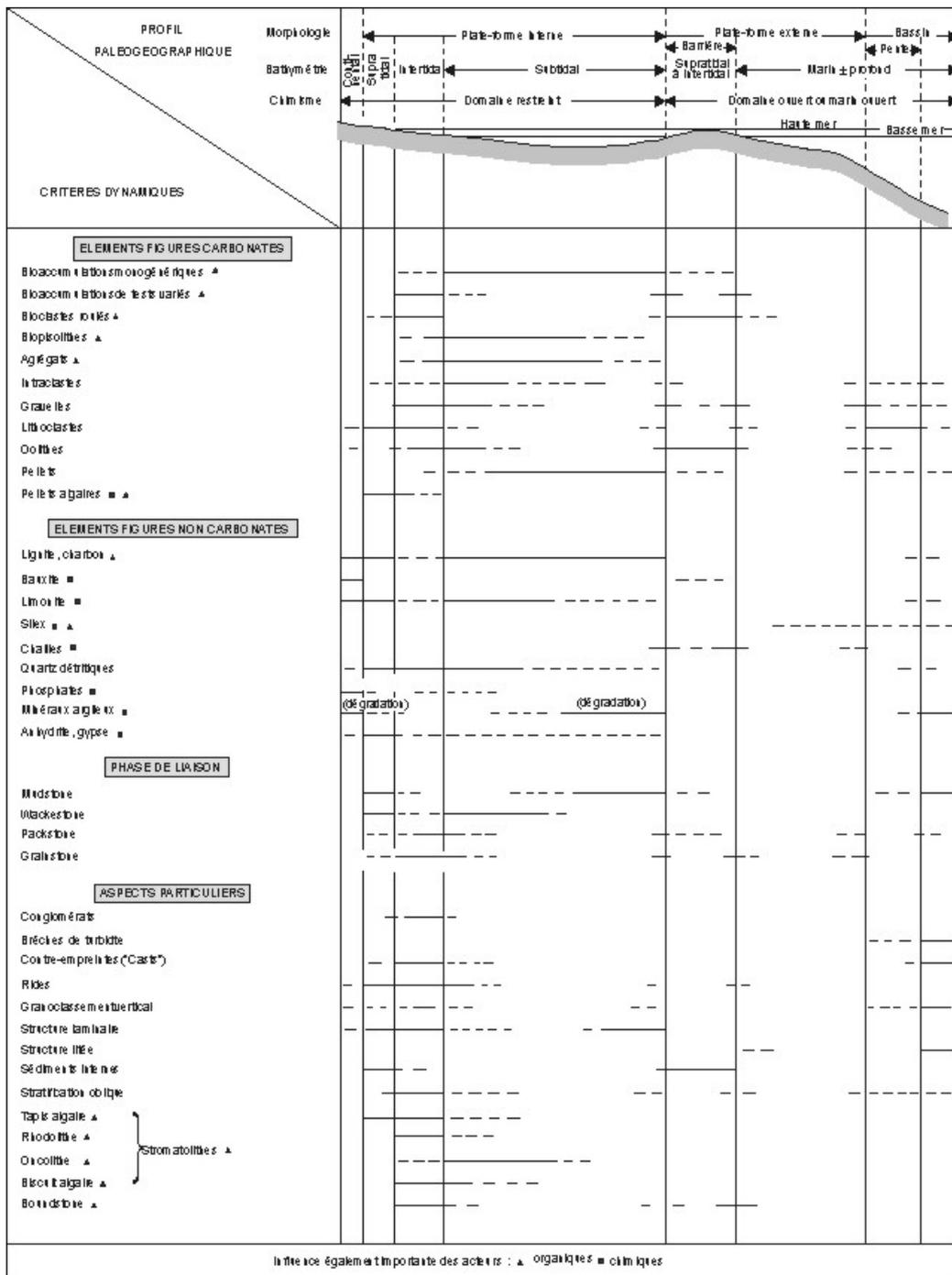


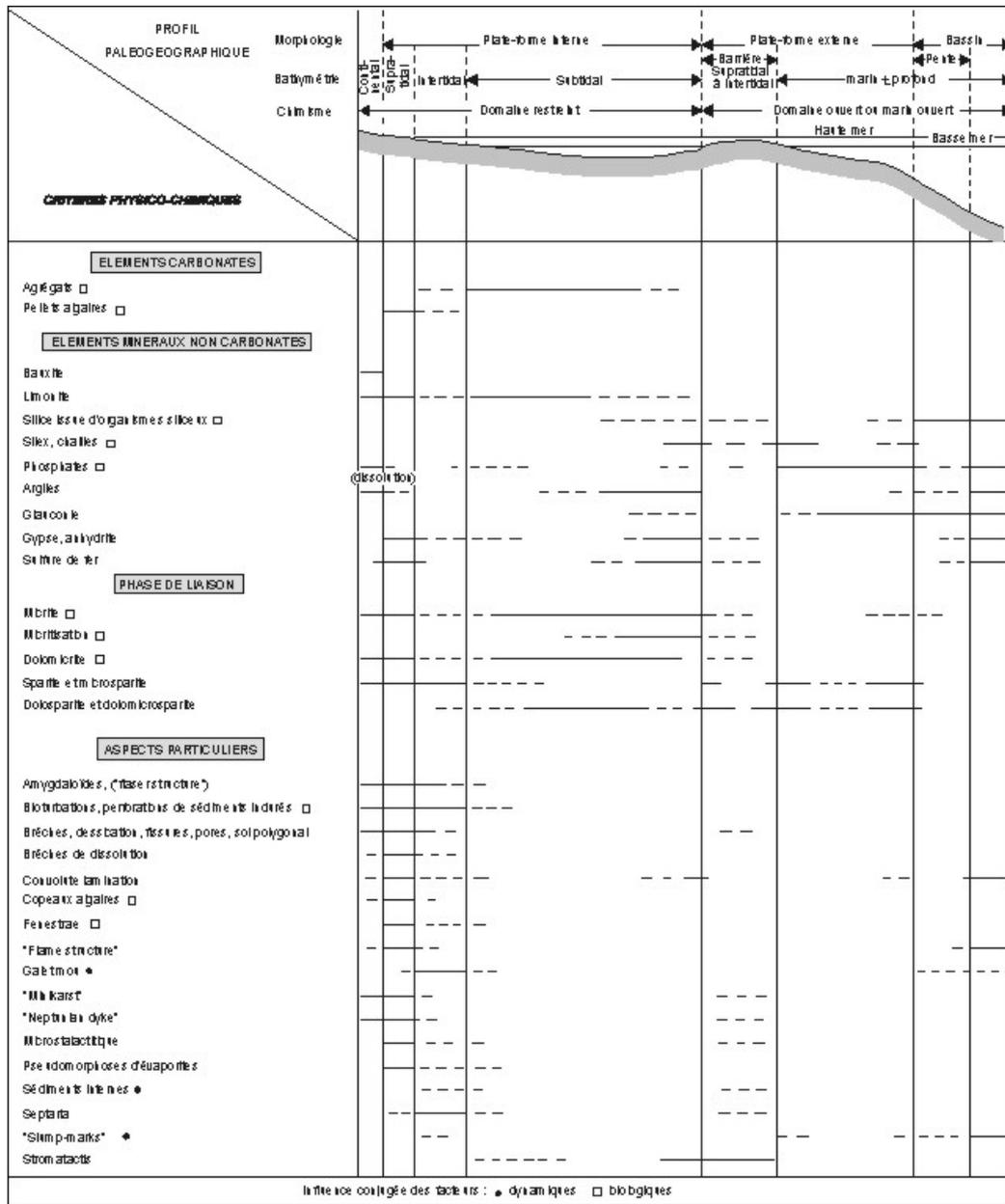
Algue rouge ou rhodophyte; sable actuel à *Lithothamnium*. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

INTERPRETATION DES PALEOENVIRONNEMENTS

Chartes d'interprétation en fonction des caractères biologiques, dynamiques et physico-chimiques







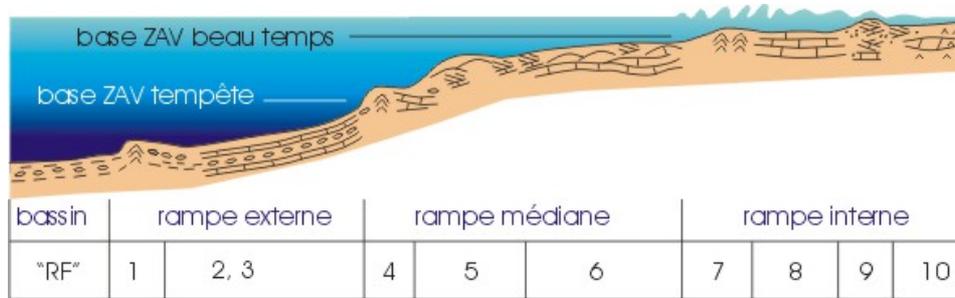
MICROFACIES STANDARDS-PLATE-FORME CARBONATEE



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
"SFB"	bassin	plate-forme profonde	base de talus	talus d'avant-récif	récif	arrière-récif bancs sableux	plate-forme inférieure	plate-forme inférieure renfermée	sablonneuse
"SMF"	1, 2, 3	2, 8, 9, 10	2, 3, 4	4, 5, 6	7, 11, 12	11, 12, 13, 14, 15	8, 9, 10, 16, 17, 18	16-19, 21-24	20, 23
microfacies standards	shales lithologie carbonates	alternances marne calcaree fossilifère	calcaire à grain fin chert	brèches sables bioclastiques	calcaire massif bioclastique	calcaire oolithique bioclastique	calcaire ou tempéras	dolomie	dolomie et évaporites
couleur	brun, noir, rouge	brun, gris, vert	force à clair	force à clair	clair	clair	force à clair	clair	rouge brun
texture contenu	massive micropédane	vacillone bioclastique ou fossilifère	vacillone mudstone	vacillone mudstone lithoclastes	boundstone grainstone packstone	grainstone bien classée amon	variable	mudstone grainstone peloides	
structures sédimentaires	laminations mm ribs	biolubation modules	lentilles massif rhytmique	lumps défilés forams	massif coiffes croissance	emacoste moyenne à grande échelle	très biolubés	biolubés stromatolithes laminaires	pareils morphes calcite
temperatures	silt et shale chert	silt et shale chert	silt et shale chert	silt et shale chert					
faunoflore	probiotique	désertifiée bioclastes	débris bioclastes débris FFA	bioclastes colonnes entières	constructeurs débris commencent	bioclastes plus de la biocommunion	algues forams mollusques... pas de faune mature ouverte	algues, forams ostracodes faune spectaculaire	stromatolithes

- SMF1: spiculite: mudstones ou wackestones argileux sombres, riches en matière organique et/ou spicules d'éponges. SFB1, bassin.
- SMF2: packstones microbioclastiques: grainstones et packstones à très petits bioclastes et péloïdes. SFB1, SFB2, SFB3.
- SMF3: mudstones et wackestones à organismes pélagiques (exemple: globigérines, certains lamellibranches, etc.). SFB1, SFB3.
- SMF4: microbrèche ou packstones à lithoclastes et bioclastes: mono- ou polymictique; peut inclure également du quartz ou chert. SFB3, SFB4, avant-talus.
- SMF5: grainstones/packstones ou floatstones à éléments récifaux; géopètes et structures d'ombrelle dus à l'infiltration de sédiments fins. SFB4, flanc récifal.
- SMF6: rudstones à éléments récifaux; gros fragments de constructeurs, peu de matrice. SFB4, talus d'avant-récif.
- SMF7: boundstone: organismes constructeurs en position de vie. SFB5, récif, environnement de haute énergie.
- SMF8: wackestones et floatstones avec fossiles bien conservés, quelques bioclastes. SFB2, SFB7, plate-forme ou lagon ouvert, sous la zone d'action des vagues.
- SMF9: wackestones bioclastiques bioturbés; les bioclastes peuvent être micritisés. SFB2, SFB7, plate-forme ouverte peu profonde, près de la zone d'action des vagues.
- SMF10: packstones/wackestones avec bioclastes dégradés et encroûtés. SFB2, SFB7, grains provenant d'environnements à forte agitation, déposés en milieu calme.
- SMF11: grainstones à bioclastes encroûtés. SFB5, SFB6, corps sableux dans la zone d'action des vagues, éventuellement en bordure de plate-forme.
- SMF12: grainstones/packstones/rudstones bioclastiques, avec prédominance de certains types d'organismes (crinoïdes, bivalves, dasycladales,...). SFB5, SFB6, bordure de plate-forme.
- SMF13: grainstones à oncoïdes et bioclastes. SFB6, agitation assez importante, profondeur très faible.
- SMF14: "lags": grains dégradés et encroûtés, localement mélangés à des oolithes et des péloïdes, voire des lithoclastes; phosphates, oxydes de fer. SFB6, accumulation lente de matériaux grossiers dans des zones agitées.
- SMF15: grainstones à oolithes, à stratification entrecroisée. SFB 6, bancs, dunes, cordons oolithiques en milieu agité.
- SMF16: grainstones à péloïdes, souvent mélangés à quelques bioclastes (ostracodes, foraminifères,...). SFB7, SFB8, environnement très peu profond à circulation modérée.
- SMF17: "grapestone": grainstones à grains agrégés (lumps, bahamite), quelques péloïdes, et grains encroûtés. SFB7, SFB8, plate-forme à circulation restreinte, "tidal flats".
- SMF18: grainstones à foraminifères ou dasycladales. SFB7, SFB8, cordons littoraux, chenaux lagonaires.
- SMF19: loferite: mudstones/wackestones laminaires à péloïdes et fenestrae, passant à des grainstones à péloïdes; ostracodes, quelques foraminifères, gastéropodes et algues. SFB8, mares et lagons à circulation restreinte.
- SMF20 & 21: mudstones à stromatolithes. SFB8, SFB9, mares intertidales.
- SMF22: wackestones à oncoïdes. SFB8, environnement calme, souvent en arrière-récif.
- SMF23: mudstones homogènes, non fossilifères; évaporites possibles. SFB8, SFB9, mares hypersalines.
- SMF24: packstone/wackestone à lithoclastes de micrite non fossilifère. SFB8, "lag deposit" de fond de chenaux tidaux.

MICROFACIES STANDARDS-RAMPE CARBONATEE



La rampe externe est localisée sous la zone d'action des vagues de tempête, à une profondeur de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres. On y observe des sédiments carbonatés fins, autochtones ou allochtones, associés à des dépôts hémipélagiques. Les bioconstructions y sont de type monticule récifal.

- RF1: monticule micritique: bioconstruction isolée, riche en matrice calcaire et comprenant des éponges et des microbes; tous les organismes sont en position de vie.
- RF2: marno-calcaires: mudstones et wackestones argileux microbioclastiques alternant avec des argiles; la faune est benthique, nectonique, planctonique avec un net caractère ouvert: bryozoaires, éponges, foraminifères planctoniques, échinodermes, mollusques. La bioturbation est présente.
- RF3: tempestites distales: minces niveaux granoclassés dans des sédiments fins. Ces niveaux un peu plus grossiers peuvent inclure des sédiments remaniés issus de zones moins profondes de la rampe.

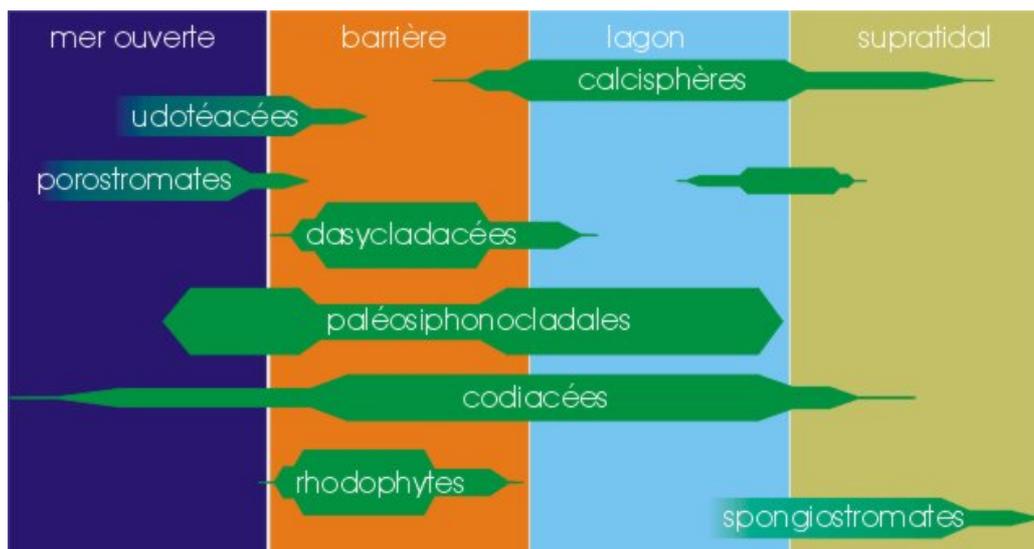
La rampe médiane correspond à la zone située entre la base de la zone d'action des vagues de beau temps et la base de la zone d'action des vagues de tempête. La profondeur y est de quelques dizaines de mètres. Les tempestites sont les dépôts dominants, associés souvent à des niveaux intraclastiques.

- RF4: monticules squelettiques et récifs: il s'agit de bioconstructions à faune plus diversifiée, incluant des niveaux à organismes en position de vie et d'autres remaniés par l'action des vagues; les constructeurs comprennent des bryozoaires, coraux, éponges, échinodermes, algues rouges,...
- RF5: "shoals": grainstones et packstones à bioclastes remaniés (bryozoaires, crinoïdes, brachiopodes,...), stratifications obliques.
- RF6: tempestites proximales, souvent amalgamées: sédiments granoclassés, transportés, structures de type HCS, grainstones et packstones. Les éventuelles périodes de calme sont représentées par des sédiments plus fins, de type wackestone, bioturbés.

La rampe interne comprend la zone située entre la plage et la base de la zone d'action des vagues de beau temps. Cette portion de rampe est située dans la zone photique et le fond marin est remanié pratiquement en permanence par les vagues et les courants. On observe les faciès suivants:

- RF7: récifs: biostromes et patch-reefs à coraux, lamellibranches, rudistes, stromatopores; les constructeurs sont rarement en position de vie; nombreux remaniements.
- RF8: packstones et grainstones à bioclastes variés.
- RF9: shoals oolithiques et bioclastiques; grainstones et packstones à stratification entrecroisée; oolithes, péloïdes, bioclastes (algues vertes, foraminifères, mollusques, échinodermes,...)
- RF10: plage et mares: grainstones et packstones bien classés à stratification plane et/ou mudstones et wackestones bioturbés à faune et flore plus réduite. Les bioclastes gardent un caractère varié et partiellement ouvert.

REPARTITION DES ALGUES (modèle paléozoïque)



FICHE DESCRIPTIVE POUR LAME DE ROCHE CARBONATEE

DESCRIPTION

1) Macroscopie

- Caractère plus ou moins homogène de la lame. Si nécessaire, identifier plusieurs zones par un dessin.

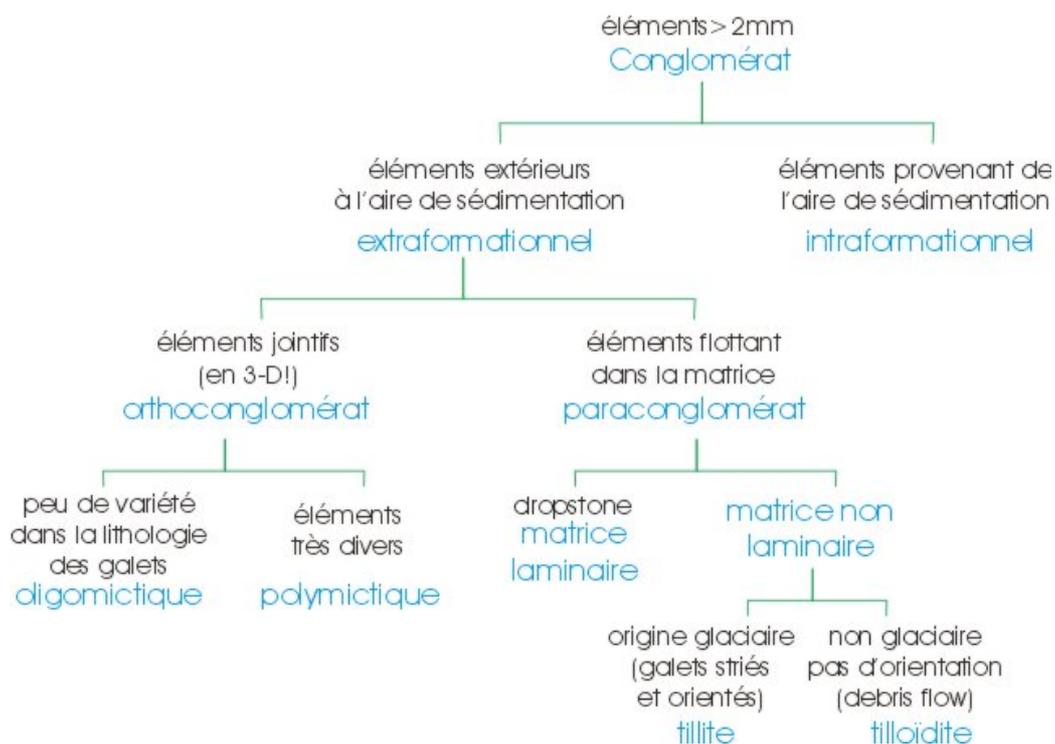
<ul style="list-style-type: none"> Structures sédimentaires macroscopiques (lamination, bioturbation, etc.) <p>1) Microscopie</p> <ul style="list-style-type: none"> Texture de la lame (DUNHAM). Granulométrie, classement. Description du ciment (équigranulaire, fibreux, répartition), de la matrice (micrite, microspar, répartition). Présence éventuelle de fenestrae, de porosité. Liste des différents constituants, par ordre décroissant d'abondance, avec état des grains (encroûtement, micritisation, caractère plus ou moins brisé, arrondi, etc.) <p>3) Nom</p> <ul style="list-style-type: none"> Texture + constituants majeurs (ex: "wackestone bioturbé à brachiopodes, bryzoaires") <p>INTERPRETATION</p> <p>En fonction de la description: degré d'agitation, de confinement, paléobathymétrie, ceinture de faciès, SMF (WILSON).</p>
--

ROCHES DETRITIQUES

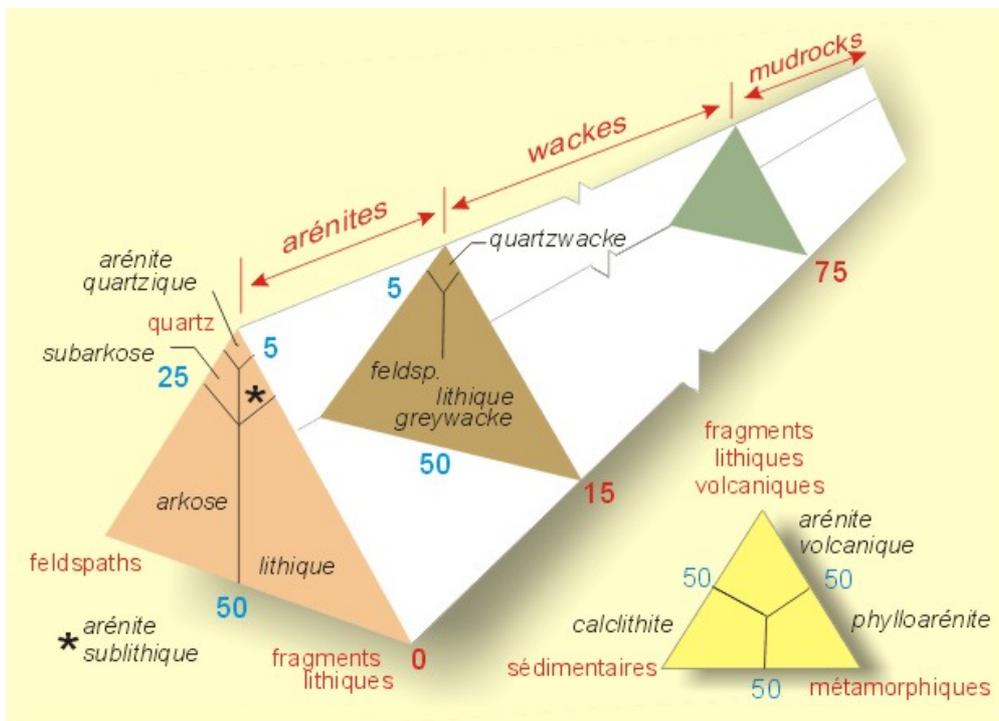
Classification générale selon la granulométrie.

Diamètre des particules	Brongniart (1813)	Grabau (1904)	sédiments meubles	sédiments indurés
> 2 mm	pséphite	rudite	gravier	conglomérat, brèche
de 2 mm à 62 µm	psammite	arénite	sable	grès
<62 µm	pélite	lutite	de 62 µm à 4 µm	silt
			< 4 µm	argile
			de 62 µm à 4 µm	siltite
			< 4 µm	argilite

CONGLOMERATS (PROTHERO & SCHWAB, 1996)



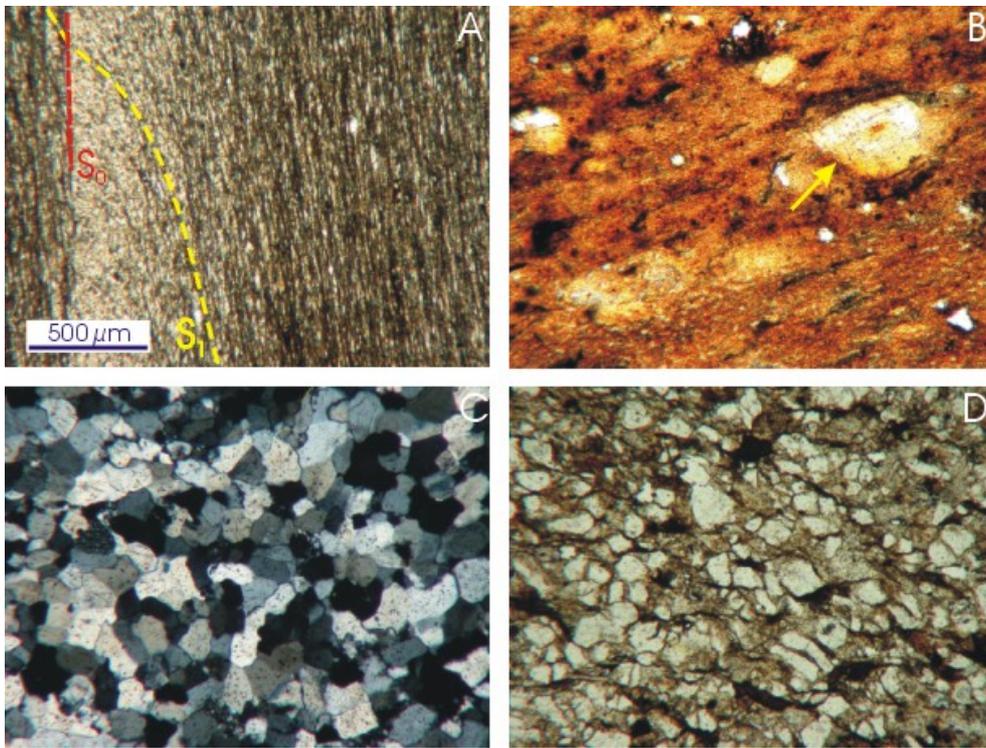
GRES (classification de DOTT, 1964)



grès très grossier	1-2 mm
grès grossier	500 µm-1 mm
grès moyen	250 µm-500 µm
grès fin	125 µm-250 µm
grès très fin	62 µm-125 µm

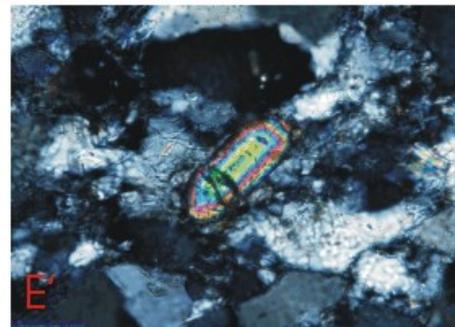
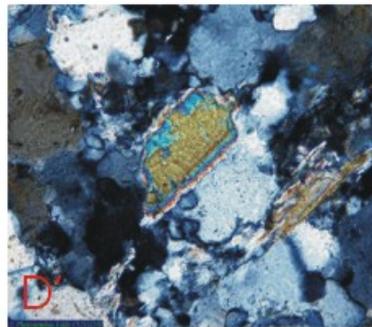
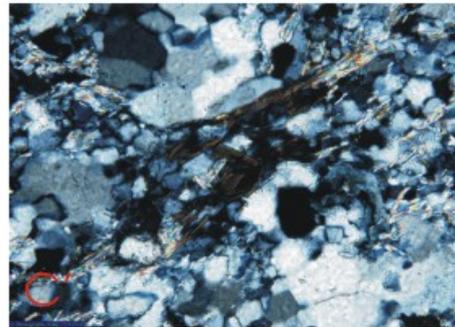
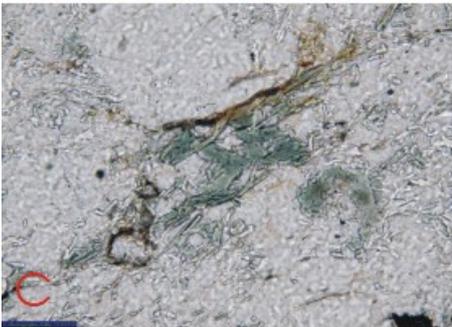
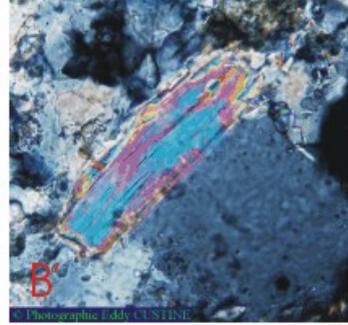
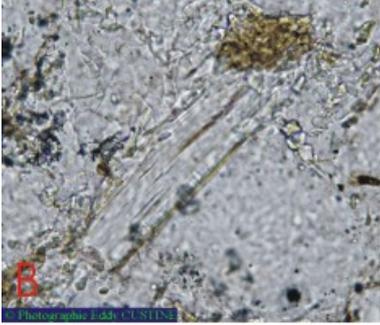
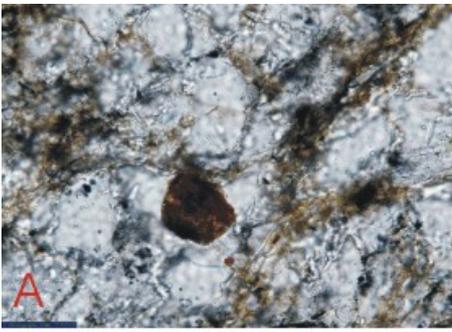
PELITES (LUNDEGARD & SAMUELS, 1980)

sédiments meubles	indurés	faible métamorphisme	métamorphisme plus élevé
silt	siltite	schiste silteux	quartzite
2/3 silt			
mud	NON LAMINAIRE: mudstone, <i>siltite argileuse</i>	SCHISTOSITE: slate, <i>schiste silto-argileux</i>	argillite (pas de schistosité)
	LAMINAIRE et FISSILE (// à S ₀): mudshale, <i>siltite argileuse laminaire</i>		SCHISTOSITE: schist, <i>phyllade</i>
1/3 silt			
clay (<i>argile</i>)	NON LAMINAIRE: claystone, <i>argilite</i>	SCHISTOSITE: slate, <i>schiste argileux</i>	argillite (pas de schistosité)
	LAMINAIRE et FISSILE (// à S ₀): clayshale, <i>argilite laminaire</i>		SCHISTOSITE: schist, <i>ardoise, phyllade</i>



Exemples de roches détritiques en lame mince. A: quartzophyllade; noter la réfraction de la schistosité (S_1) et la stratification (S_0), soulignée par un lit plus grossier (lumière naturelle); B: schiste à chlorite (flèche) (lumière naturelle); C: arénite quartzique à structure quartzitique (nicols croisés); D: quartzwacke (lumière naturelle).

QUELQUES MINERAUX ACCESSOIRES DES ROCHES DETRITIQUES (d'après E. Custine)



A: Deux grains d'oxyde de fer (goethite) translucide à transparent, brun roux à relief énorme; de l'oxyde de fer cryptocrystallin tend à envahir les espaces intergranulaires, se superposant à la chlorite matricielle recristallisée [LP, x 40].

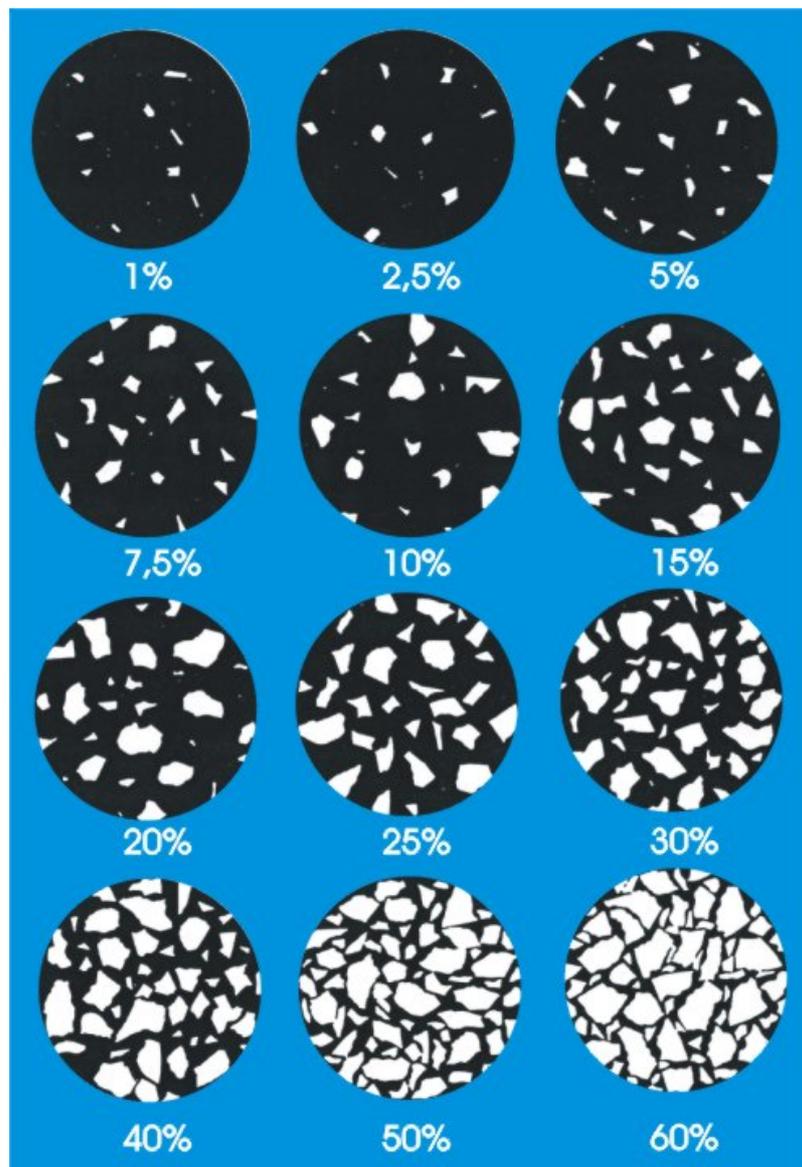
B: Muscovite (0,15 x 0,05 mm) incolore et à relief faible; les fines traces du clivage basal (001) sont bien visibles. [LP, x 20]. B': idem, teintes de biréfringence vives et pastel du 3ème ordre [LPA, x 20].

C: Le centre de la photo montre un amas de cristaux et tablettes automorphes de chlorite vert foncé délavé à très délavé, modérément pléochroïque, à relief marqué alors que dans le secteur SE du cliché (et dans une moindre mesure dans le secteur NO), on observe une grande plage de chlorite à contour crénelé, partiellement déstructurée, vert foncé à vert olive très délavé faiblement pléochroïque, à relief faible à marqué [LP, x 20]. C': Au centre de la photo se développe un amas de cristaux aciculaires et tablettes automorphes de chlorite polarisant dans les teintes brun, violet foncé et bleu encre foncé délavé anormales du 1er ordre; dans le secteur SE du cliché, une autre plage de chlorite à contours très irréguliers polarise elle dans les gris à bleu outre-mer délavé anormaux [LPA, x 20].

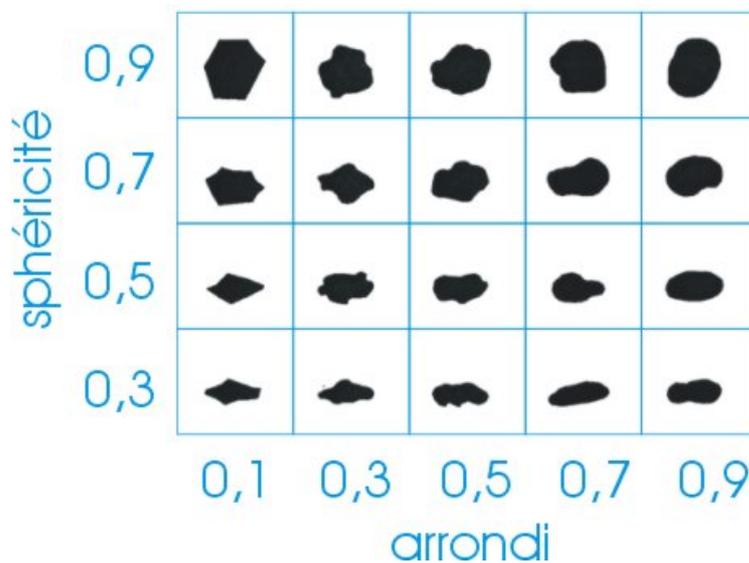
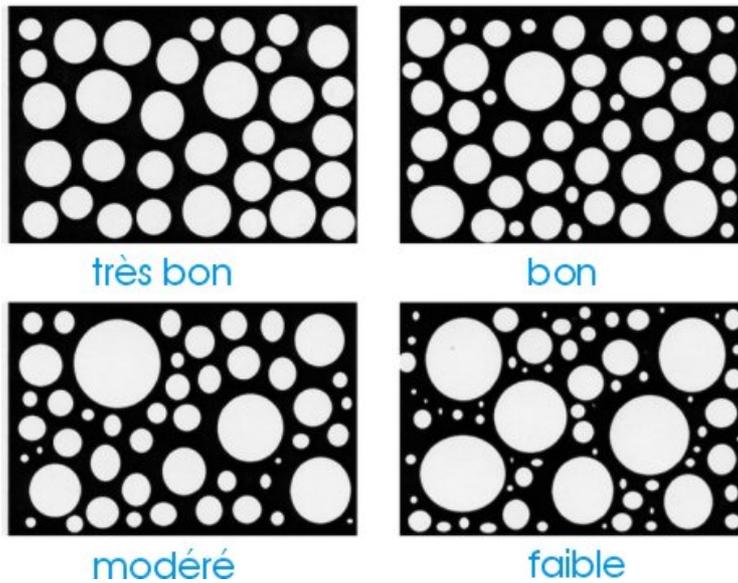
D: Tourmaline (0,175 x 0,1 mm) en début d'altération (chloritisation sur les bords latéraux), section parallèle à [001] -axe optique -en position d'éclairage maximum et très pléochroïque de teinte gris verdâtre foncé; on observe des craquelures perpendiculaires à l'allongement du cristal. Une autre tourmaline complètement dilacérée et presque entièrement altérée est visible à droite de la première. Les petits cristaux transparents faiblement pléochroïques et visibles dans la plage sont constitués de chlorite. En outre, dans les deux cristaux, les oxydes de fer issus de l'altération ont tendance à se reconcentrer dans les plans de clivage et de fracture [LP, x 20] D': Tourmaline (0,175 x 0,1 mm) en début d'altération (chloritisation sur les bords latéraux), section parallèle à [001] -axe optique -en position d'éclairage maximum, polarisant des les teintes du 2ème ordre. La tourmaline complètement dilacérée et en voie de chloritisation, à droite de la première, montre des teintes beaucoup moins vives [LPA, x 20].

E: Zircon incolore fracturé (0,075 x 0,035 mm) caractérisé par son relief énorme dans une matrice de chlorite cristalline faiblement pléochroïque à relief faible à marqué, celle-ci emballant également des plages quartzieuses à relief nul. Des traces de faces cristallines sont bien visibles à l'extrémité inférieure gauche du zircon [LP, x 40]. E': Le zircon (0,075 x 0,035 mm) polarise vivement dans les teintes du 4ème ordre (section pratiquement parallèle à l'axe optique) tandis que la chlorite environnante montre des teintes caractéristiques gris et bleu de Prusse anormal du 1er ordre ; en outre, deux lamelles de muscovite teintées des 2ème et 3ème ordres s'observent à droite du cliché [LPA, x 40].

CHARTES D'ABONDANCE, DE CLASSEMENT et de DEGRE D'ARRONDI/SPHERICITE



classement

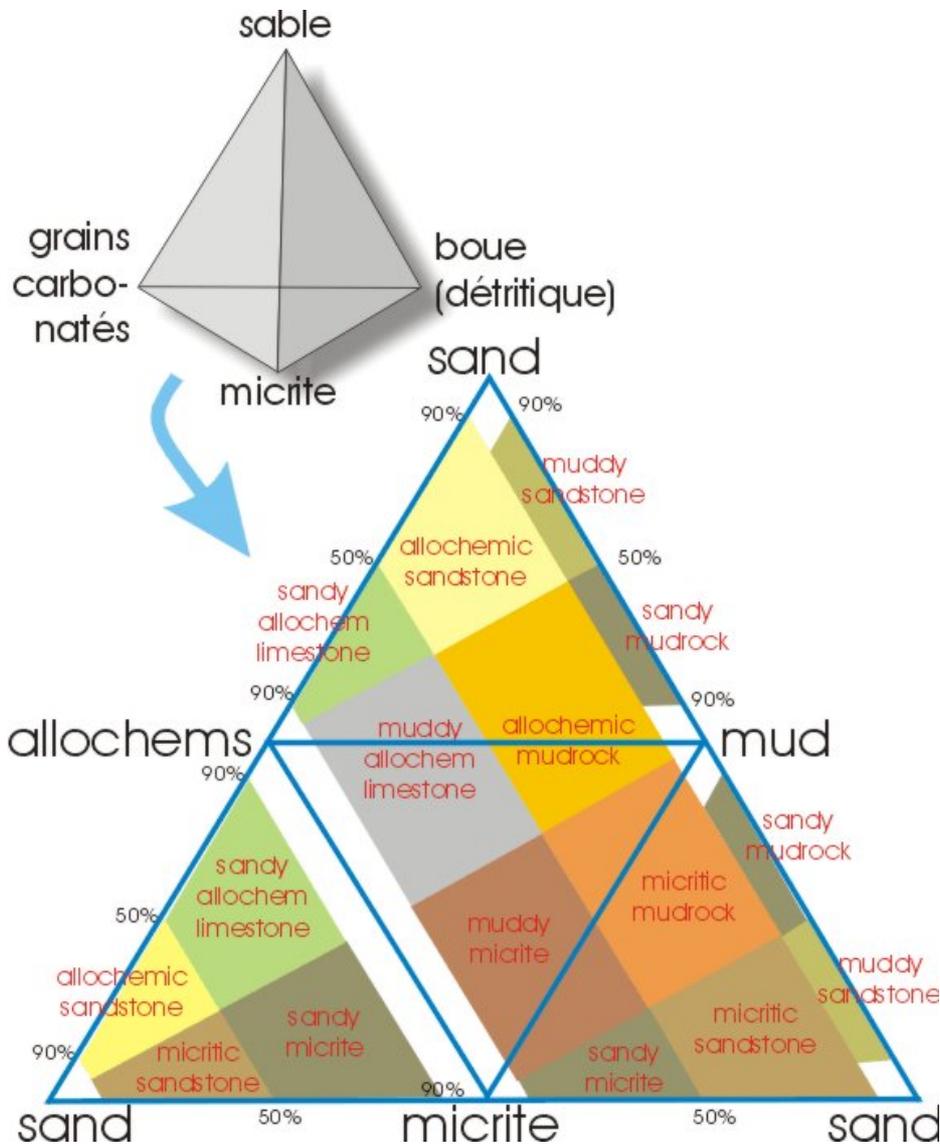


FICHE DESCRIPTIVE POUR LAME DE ROCHE DETRITIQUE

DESCRIPTION
<p>1) Macroscopie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Couleur, caractère plus ou moins homogène de la roche. • Structures sédimentaires macroscopiques (lamination, bioturbation, etc.)
<p>2) Microscopie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nature, abondance (%), taille, arrondi des grains. • Classement, structures sédimentaires. • Nature et répartition du ciment et/ou de la matrice. • Présence éventuelle de porosité.
<p>3) Nom</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'une des classifications (conglomérat, grès, mudrocks).

ROCHES MIXTES (DETRITIQUES + CARBONATES)

Classification de Mount (1985). Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*, 32, 435-442.



Ou bien, utiliser des appellations composites du genre: "calcaire grés-argileux", "grès à matrice argilo-carbonatée", "calcaire argileux à lamines gréseuses",...

EVAPORITES

Quelques sulfates...

Baryte BaSO_4

Orthorhombique; $n=1,64$; $2V=36-37^\circ$; opt (+); extinction // au meilleur clivage; incolore en lame; biréfringence faible (cf. quartz); généralement en amas plumeux.

Célestite SrSO_4

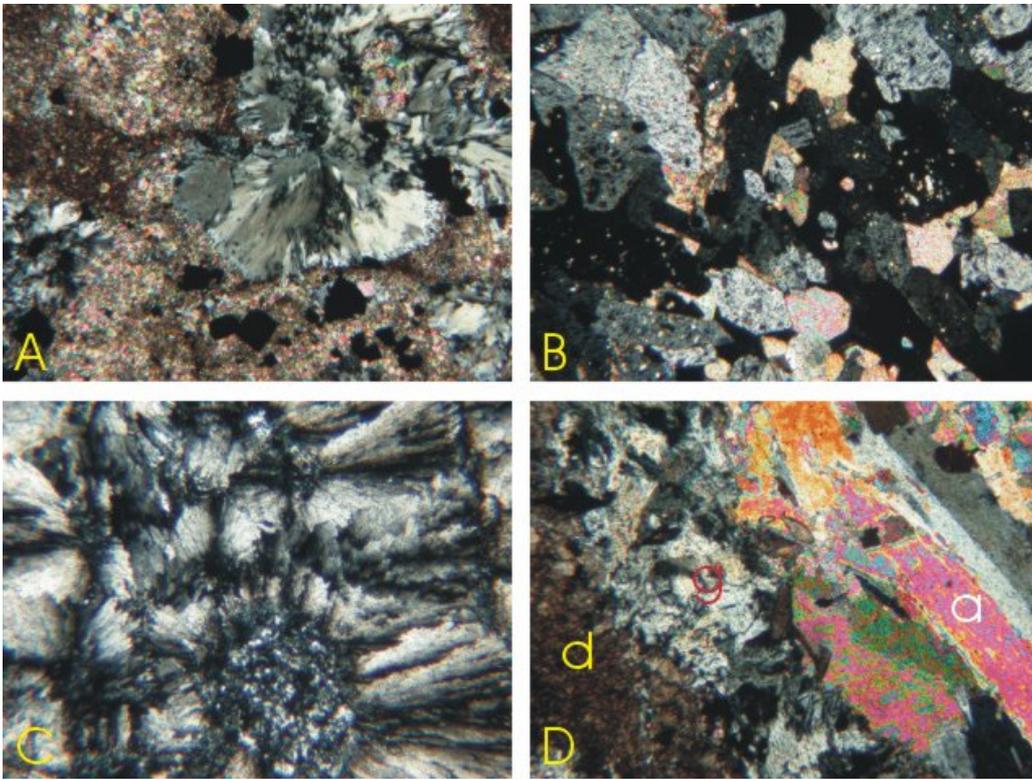
Orthorhombique; $n=1,62$; $2V=51^\circ$; opt (+); extinction // aux clivages et aux faces; incolore en lame; biréfringence faible (cf. quartz); généralement en cristaux tabulaires.

Anhydrite CaSO_4

Orthorhombique; $n=1,57-1,61$; $2V=42^\circ$; opt (+); extinction // aux clivages; incolore en lame; biréfringence forte (couleurs vives du 3e ordre); généralement en cristaux anhétraux à subhétraux, en lattes.

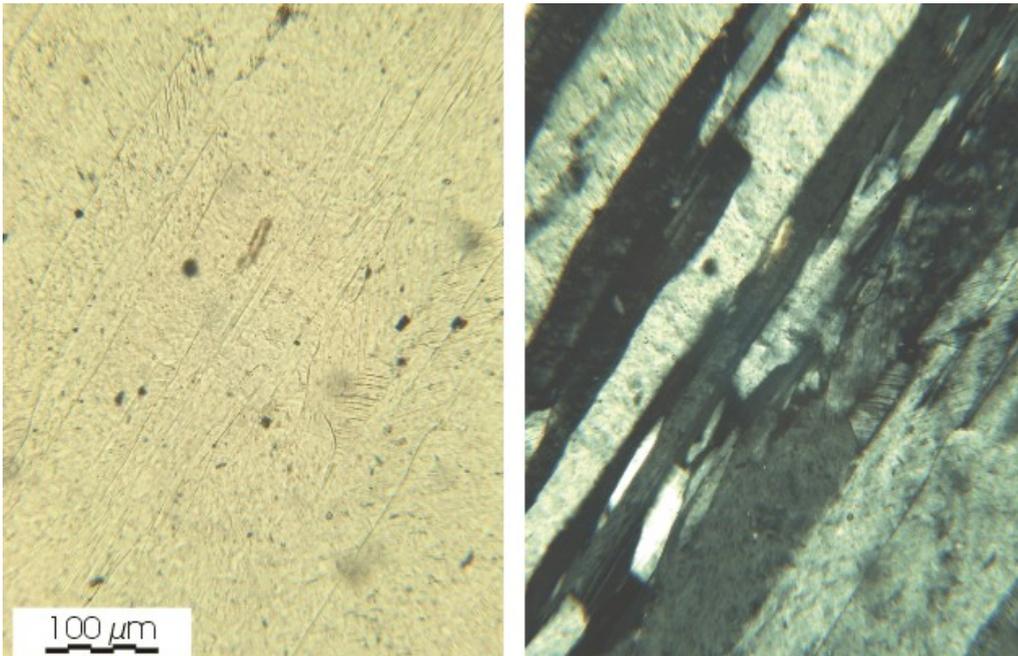
Gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Monoclinique; $n=1,52-1,53$; $2V=58^\circ$; opt (+); extinction // au meilleur clivage; incolore en lame; biréfringence faible (cf. quartz); généralement en cristaux anhétraux à subhétraux, allongés, en masses fibreuses.



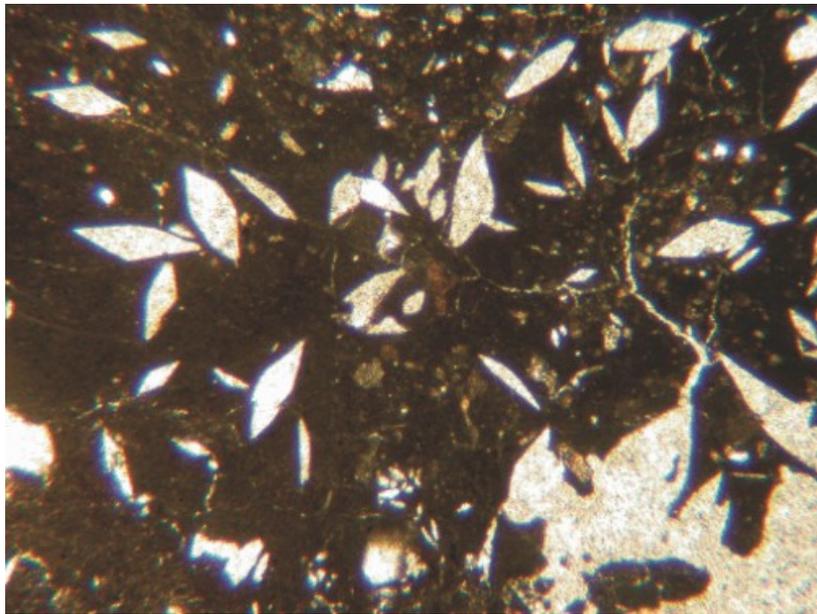
A: dolomie et gypse en rosettes. B: célestite. C: baryte. D: de gauche à droite, successivement: dolomite (d); gypse (g); anhydrite (a). Nicols croisés (petit côté des microphotos~2,5 mm).

ATTENTION: ne pas confondre silicite et gypse; même si la biréfringence est semblable, le gypse possède des CLIVAGES!



Gypse fibreux en lumière naturelle (à gauche) et en nicols croisés (à droite). Les clivages sont bien visibles!

Ne pas oublier qu'au cours de la diagenèse, **les minéraux des évaporites peuvent être remplacés** par de la calcite ou de la silice en gardant leur morphologie extérieure. Il faut donc reconnaître ces **pseudomorphes** qui témoignent de la présence de gypse, halite, etc.



Pseudomorphes calcitiques de gypse dans un calcaire. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).

ROCHES SILICEUSES OU SILICITES

Quelques formes de la silice (roches sédimentaires)...

Quartz α

Rhomboédrique; $n = 1,54-1,55$; opt (+); extinction // allongement; incolore en lame; biréfringence faible; microquartz et mégaquartz.

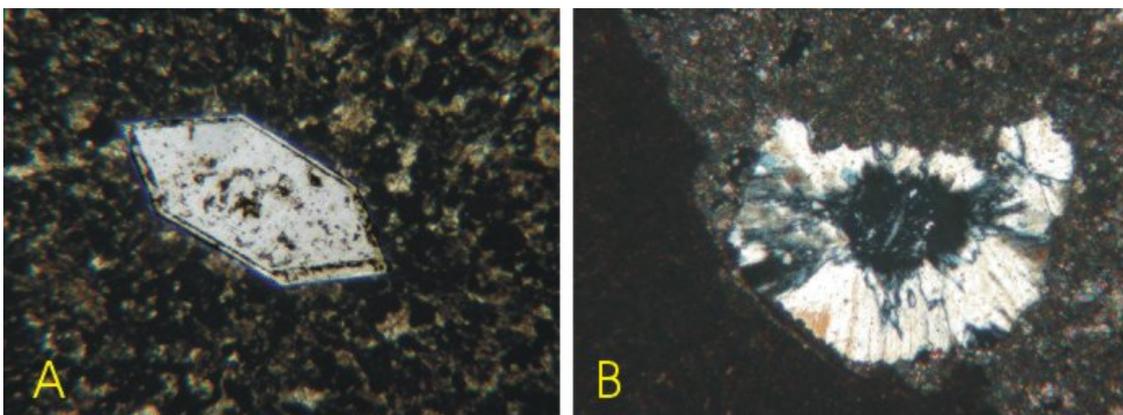
Calcédoines

- Quartzine: allongement (+), sphérolites ou éventails;
- Lutécite: allongement (+), faisceaux se croisant à angle droit, chevrons;
- Calcédonite: allongement (-), sphérolites, éventails; calcédonite à enroulement (\Rightarrow variations de la biréfringence le long d'une même fibre);
- Lussatite: $n=1,45$, biréfringence très faible, allongement (+) (cf. opale CT).

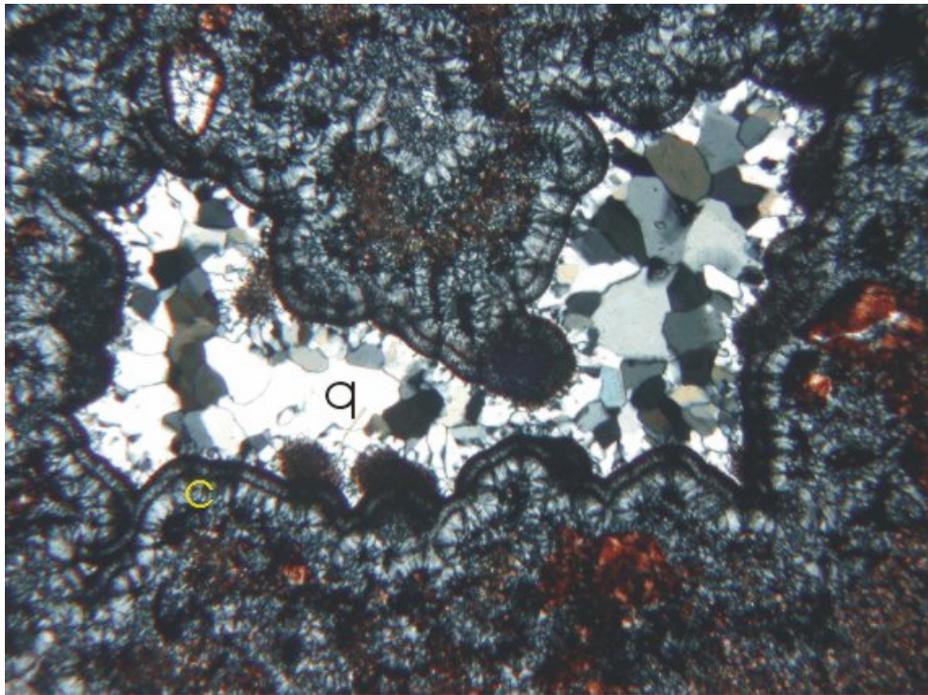
LES FORMES A ALLONGEMENT (+) \Rightarrow CRISTALLISATION EN PRESENCE DE SULFATES!!

Opale

Forme amorphe et hydratée.



A: quartz automorphe dans un calcaire; remarquer la zonation de croissance. B: lutécite montrant la structure fibreuse en chevrons. Nicols croisés (petit côté des microphotos~1 mm).



Calcédonite (c) et mégaquartz xénomorphe (q) dans un calcaire. La silicification s'est faite de manière centripète dans une cavité. Nicols croisés (petit côté de la microphoto ~2,5 mm).

ROCHES FERRIFERES

L'**hématite** (rouge vif en réflexion) se présente surtout en ooïdes et imprégnations secondaires de fossiles, sauf dans les BIF's où elle peut former des lamines ou des niveaux massifs.

La **goethite** (couleur jaune brunâtre) forme en général des ooïdes. La **limonite**, un mélange de goethite, d'argiles et d'eau, est un produit de l'altération subaérienne des oxydes de fer.

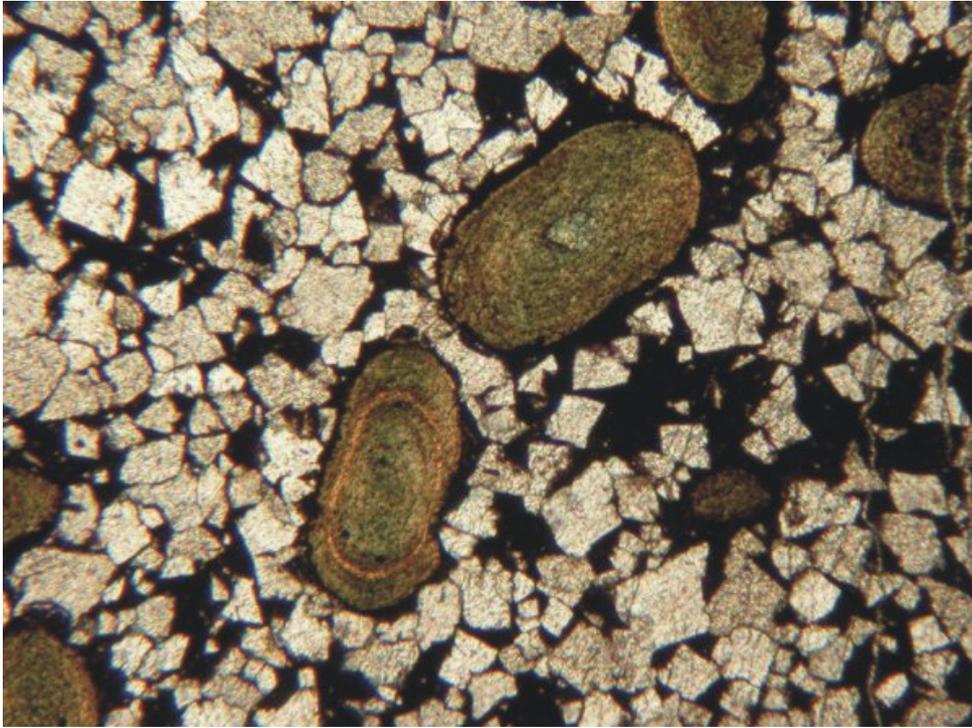
La **sidérite** remplace généralement des ooïdes et des bioclastes et peut former des ciments. On observe soit des cristaux de grande taille à clivage rhomboédrique (comme la calcite), soit des micro-rhomboèdres de taille micronique, soit encore des fibres regroupées en sphérulites.

La **pyrite** est facilement reconnaissable par ses cristaux cubiques et sa couleur jaune vif en réflexion; elle peut former des agrégats de microcristaux appelés *framboïdes*. La **marcassite** n'est fréquente qu'en nodules dans les craies et les charbons.

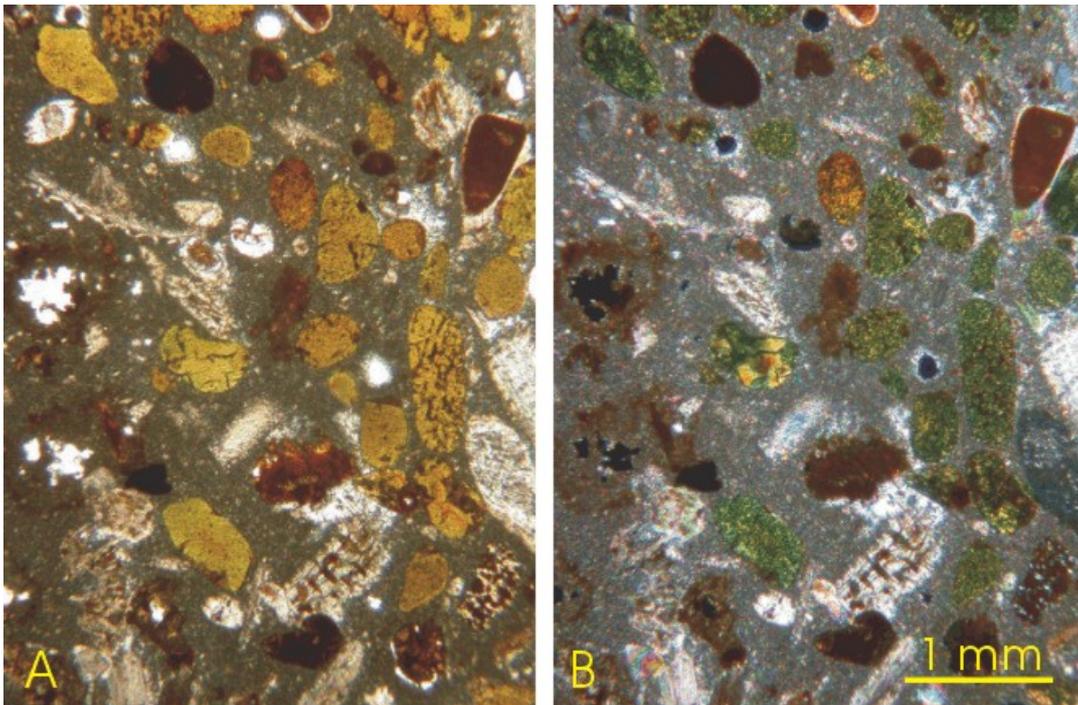
La **berthierine** est un phyllosilicate du groupe des serpentines (espacement réticulaire de 7 Å), riche en fer, tandis que la **chamosite** est une chlorite (espacement réticulaire de 14 Å), avec Fe^{++} comme cation principal dans les sites octaédriques. La berthierine est un minéral primaire qui se transforme en chamosite à partir de 120-160°C. Berthierine et chamosite (toutes deux vertes et à faible biréfringence) forment souvent des ooïdes (déformés) dans les sédiments ferrifères phanérozoïques.

La **greenalite** est un minéral probablement très proche de la berthierine-chamosite, verte et isotrope. on la trouve généralement en péloïdes.

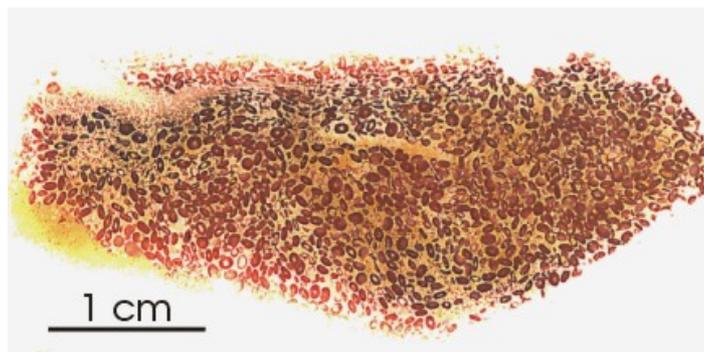
La **glauconite** est généralement observée sous la forme de péloïdes, de couleur verte, souvent pléochroïque et d'aspect microcristallin. La glauconite est fréquente dans les sables et grès (faciès de plate-forme ouverte).



Oïdes (déformés) de chamosite (verts), cristaux de sidérite (rhomboédres incolores) et ciment d'oxyde de fer (opaque). Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~2,5 mm).



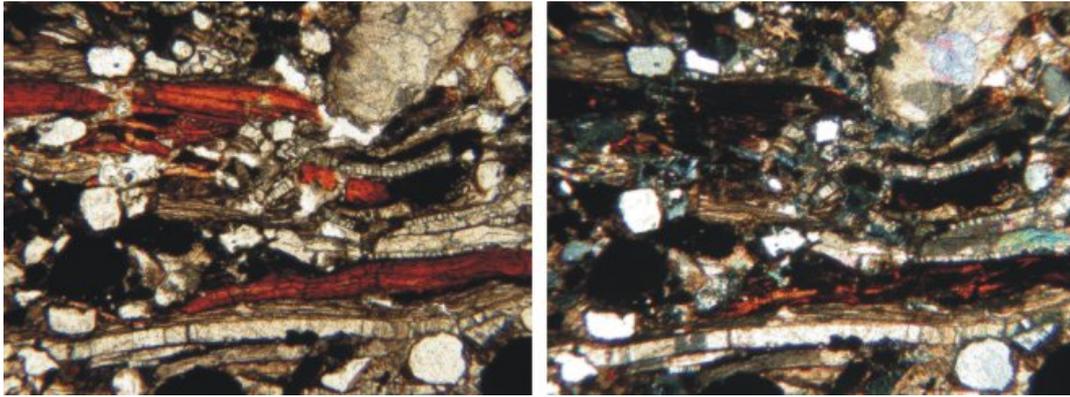
Grains de glauconie (verdâtres) dans un packstone bioclastique. A: lumière naturelle; B: nicols croisés.



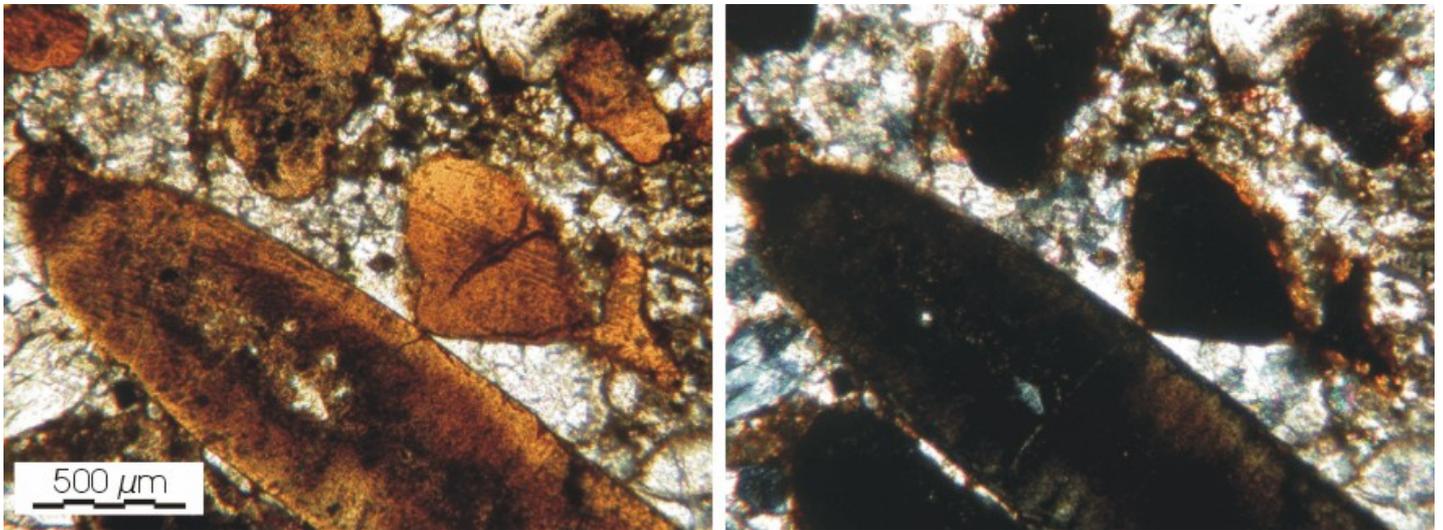
Oïdes hématitiques. Lumière naturelle (petit côté de la microphoto~30 mm).

PHOSPHORITES ET ROCHES PHOSPHATEES

Outre l'apatite cristalline (minéral détritique), on trouve dans les roches sédimentaires l'apatite sous la forme de coprolithes et de fragments d'os et de dents. Ces fragments possèdent une couleur jaune d'or, sont isotropes et montrent souvent des structures de croissance.



Grains phosphatés (jaune orange), en lumière naturelle (à gauche) et en nicols croisés (à droite) (petit côté des microphotos~2,5 mm).

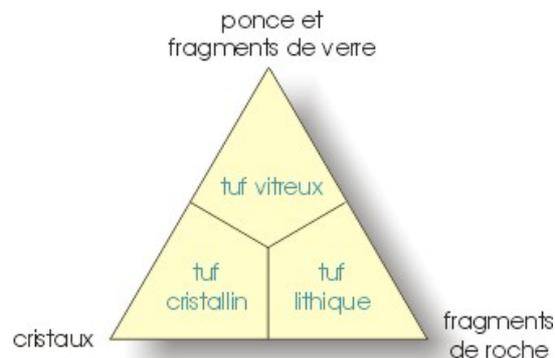


Grains phosphatés (jaune orange), en lumière naturelle (à gauche) et en nicols croisés (à droite).

PYROCLASTITES

Taille des constituants	Equivalent détritique	Tephra	Roche pyroclastique
>62 mm	galets, blocs	blocs (anguleux)	brèche volcanique
		bombes (arrondies ¹)	agglomérat
2-62 mm	graviers, granules	lapilli	tuf à lapilli
62 μm-2 mm	sable	cendre grossière	tuf grossier
<62 μm	silt et argile	cendre fine	tuf fin

Classification granulométrique des roches pyroclastiques.



Classification des roches pyroclastiques en fonction des constituants.

AUTRES COURS EN LIGNE/OUVRAGES:

[géologie générale](#)

[géologie de terrain](#)

[géologie de la Wallonie](#)

[excursions](#)

[processus sédimentaires](#)

[sédimentologie](#)

[Pétrologie sédimentaire](#) | [Recherche](#) | [Enseignement](#) | [Publications](#) | [Autre chose...](#)

[Homepage Université de Liège](#)

[Homepage Faculté des Sciences](#)

[Homepage Géologie](#)

Responsable du site: fboulvain@uliege.be

Date de dernière mise à jour : 1/2/2019

Pétrologie sédimentaire, B20, Université de Liège, B-4000 Liège

