

# Sédimentologie

STU S3



## Shop

- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier

Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi

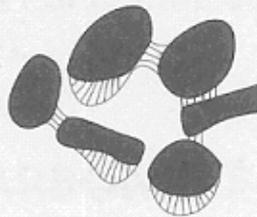
- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

**Filière : Sciences de la Terre et de l'Univers**  
**Module : Sédimentologie**

**Cours sur les Roches carbonatées :**  
**Mode de formation, constituants, classifications,**  
**modèles de sédimentation et diagenèse**

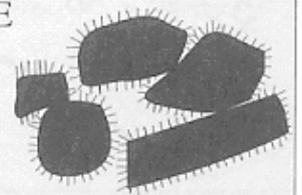
Z. VADOSE

ciment gravitaire  
en stalactite ou  
en ménisque



Z. PHRÉATIQUE

ciment isopaque



**Professeur Abdellah EL HMAIDI**

## SOMMAIRE

<b>Chapitre 1 : Les Roches carbonatées : mode de formation et principaux constituants</b>	<b>1</b>
1 – Généralités.....	3
2 – Mode de formation des sédiments calcaires.....	3
2 - 1 - Mécanismes physico-chimiques (T°C et P).....	3
2 - 2 - Mécanismes biologiques.....	4
2 - 3 - En résumé.....	5
3 – Principaux constituants des roches carbonatées	6
3 - 1 - Les éléments figurés (Allochèmes)	6
3 - 2 - Les orthochèmes (matrice et ciment)	8
<b>Chapitre 2 : Classifications et modèles de sédimentation des carbonates</b>	<b>10</b>
1 – Classifications des roches carbonatées.....	10
1 - 1 - Classification suivant la taille des éléments figurés.....	10
1 - 2 - Classification chimique et minéralogique (Cayeux).....	10
1 - 3 - Classification analytique de FOLK, 1959.....	10
1 - 4 - Classification texturale de DUNHAM, 1962	10
2 – Terminologie courante des calcaires	10
3 - Expression générale de la sédimentation carbonatée marine : Modèle de Tucker (1982).....	12
<b>Chapitre 3 : Diagenèse des carbonates</b>	<b>14</b>
1 - Généralités.....	14
2 - Les principaux phénomènes diagénétiques.....	14
3 - Les principaux "environnements" diagénétiques" des roches carbonatées.....	15
4 - Quelques intérêts de l'étude de la diagenèse.....	19
5 - Conditions de la dolomitisation.....	19

## CHAPITRE I

### LES ROCHES CARBONATÉES :

#### MODE DE FORMATION ET PRINCIPAUX CONSTITUANTS

##### 1 - Généralités

Les roches carbonatées représentent environ 20% des roches sédimentaires et sont constituées de 50% de carbonates. Elles sont généralement de faible dureté ; attaquées par les acides, elles dégagent le CO<sub>2</sub>. En dehors de quelques minéraux accessoires, souvent d'origine terrigène, parfois néo-formés, les roches carbonatées sont composées presque uniquement de la calcite et de la dolomite. Les 2 principales roches carbonatées sont :

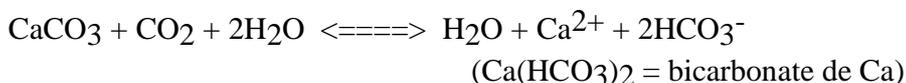
- le calcaire constitué de CaCO<sub>3</sub> (calcite),
- la dolomie formée de CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (dolomite).

##### 2 - Mode de formation des sédiments calcaires (Purser-1980 et 1984)

Même si des apports carbonatés d'origine terrigène sont parfois identifiés, la plupart des sédiments calcaires résultent de la précipitation chimique et de la fixation par les êtres vivants du carbonate de calcium en solution dans l'eau.

##### 2 - 1 - Mécanismes physico-chimiques (T°C et P)

Les calcaires précipitent dans les eaux naturelles (eaux courantes, lacustres, ou marines), lorsque la teneur de ces eaux en CO<sub>2</sub> s'abaisse pour une raison quelconque. Ceci se produit conformément à la relation d'équilibre suivante :



Tout facteur qui provoque le départ de CO<sub>2</sub> ou d'H<sub>2</sub>O liquide détruit l'équilibre en faveur du premier membre et conduit indirectement à la précipitation de calcite. Ce peut être en particulier :

##### 2 - 1 - 1 - Le départ de CO<sub>2</sub> :

- Diminution de la pression partielle dans l'atmosphère (dégagement de CO<sub>2</sub> et perte de H<sub>2</sub>O par évaporation),

- Augmentation de la température de l'eau (dépôt de tartre dans les bouilloires, les chaudières, les canalisations, les sources pétifiantes),
- Agitation de l'eau (chute des ruisseaux en pays calcaire, sources pétifiantes) facilite le départ de CO<sub>2</sub>.
- Assimilation chlorophyllienne par les végétaux (formation de tufs).
- Absorption de CO<sub>2</sub> résultant d'actions bactériennes anaérobies notamment sur les fonds marins.

### **2 - 1 - 2 - Le départ de H<sub>2</sub>O :**

- Concentration par évaporation : nombreuses concrétions calcaires dans les grottes et diaclases des pays calcaires.
- Concentration par le gel : formation de calcin, qui a cimenté les graviers des alluvions ou provoqué la formation de croûtes, ou d'efflorescences en aiguilles (vaterite) pendant les épisodes froids du Quaternaire.

La précipitation directe des carbonates à partir des ions contenus dans l'eau de mer constitue un mécanisme peu répandu, connu dans certains secteurs subtropicaux et tropicaux de faible profondeur : Bahamas, Golfe Persique, Mer Morte. Bien que l'eau de mer des couches superficielles soit sursaturée vis-à-vis de l'ensemble des carbonates, seule l'aragonite paraît susceptible de précipiter directement.

L'aragonite ne précipite pratiquement pas en eau douce, et caractérise donc les milieux marins où elle se transforme rapidement après dépôt en calcite plus stable. Cette transformation contribue à rendre la diagenèse carbonatée intense et rapide. L'aragonite est de ce fait rare dans les séries anciennes. La précipitation directe de la calcite semble contrariée par suite des teneurs élevées en magnésium dissous. Celle de la dolomite est également inhibée, notamment du fait de la lenteur de croissance du minéral, déterminée par un ordre cristallin très élevé. La dolomite (carbonate mixte de Ca et Mg) apparaît donc essentiellement au cours de la diagenèse, précoce ou tardive.

### **2 - 2 - Mécanismes biologiques**

La constitution par de nombreux êtres vivants, végétaux (algues) ou animaux (mollusques, foraminifères, échinodermes, coraux, etc.), d'un squelette interne ou externe (test), constitué en majeure partie du carbonate de calcium est de loin le plus important mode de fixation du calcaire. Ce mode de formation est facilité dans les eaux tropicales par l'évaporation des eaux et la température.

Après la mort des organismes planctoniques, leurs coquilles tombent au fond de la mer pour former des boues carbonatées mais, elles sont partiellement dissoutes au cours de leurs chutes et on définit un "niveau de compensation des carbonates". La CCD, en moyenne de 4500 m, représente la profondeur à partir de laquelle on ne trouve plus de carbonates dans les dépôts marins. Au-dessous de cette profondeur, on ne trouve guère que des argiles des grands fonds sauf si, par exception, il y a apport de débris calcaires allochtones (calcaires allodapiques turbiditiques).

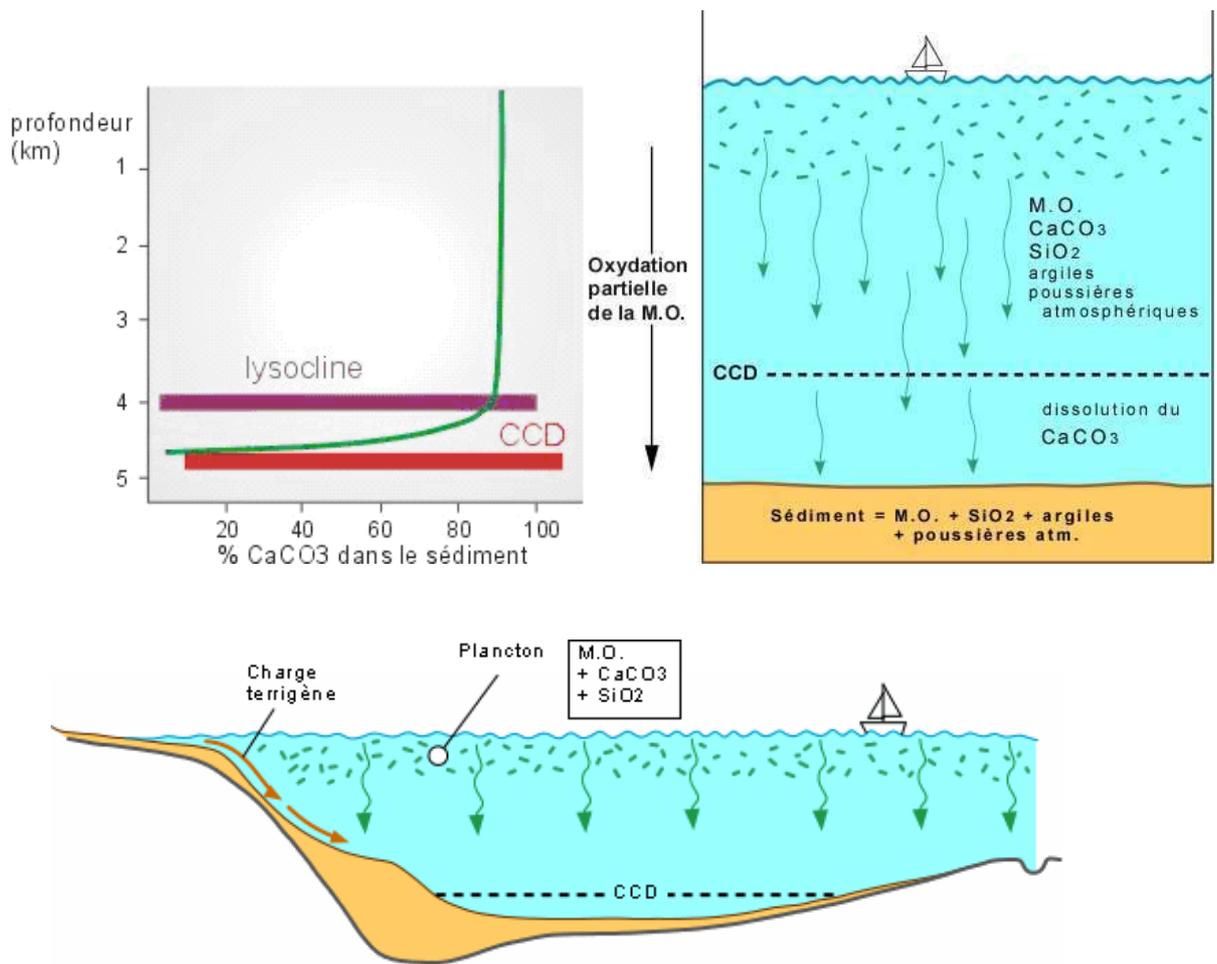


Fig. 1 : Le niveau de compensation des carbonates (CCD), sa relation avec la lysocline et son influence sur la composition des sédiments des fonds océaniques.

### 2 - 3 - En résumé

Les deux modes de fixation du calcaire, squelettes organiques et précipitation chimique peuvent coexister. Il résulte de ces diverses actions un sédiment chimiquement composé de  $\text{CaCO}_3$  réparti du point de vue granulométrie en :

- Éléments figurés (grains visibles à l'oeil nu ou à la loupe), de la taille des arénites et des rudites, d'origine variée.
- Particules plus fines de la taille des lutites ; elles résultent de la précipitation chimique de  $\text{CaCO}_3$ , d'un broyage intense des éléments figurés ainsi que du dépôt des particules micrométriques des squelettes du nanoplancton. Elles forment la matrice, et représentent des boues ou vases calcaires qui se déposent gorgées d'eau.

### 3 - Les principaux constituants des roches carbonatées

#### 3 - 1 - Les éléments figurés (Allochèmes)

Ce sont tous les matériaux carbonatés formés par précipitation chimique ou biochimique à l'intérieur du bassin de sédimentation mais de plus organisés en éléments complexes distincts et ayant, pour la plupart, subi un certain transport (préfixe "allo"). Ils sont représentés essentiellement par :

3 - 1 - 1 - Les bioclastes : tout élément fossile entiers ou en fragments, d'origine animale ou végétale, transporté ou non, à l'exclusion des organismes constructeurs ou encroûtants comme les stromatolithes (calcaires construits). Ils sont des indicateurs du milieu (bio- environnement).

3 - 1 - 2 - Les ooides : ce sont des grains sphériques ou sub-sphériques à morphologie régulière et convexe et constitués d'un nucleus quelconques (quartz, bioclaste, etc.) et d'un cortex. Ils peuvent être subdivisés en trois sous groupes selon la structure du cortex :

- ✓ Les oolithes (oolites) : le cortex est formé de minces couches concentriques en nombre variable (parfois une seule : oolithe superficielle). Leur taille est conventionnellement celle des arénites (au- dessus de 2mm, on parle de pisolithes) et peuvent être simples ou composites. Les oolithes récentes, pour la plupart aragonitiques, se développent systématiquement dans les petits fonds (1 - 10 m) marins, voire lacustre, des régions chaudes soumises à une forte agitation hydrodynamique et riches en carbonates dissous. Des oolithes et pisolithes se développent également dans certains systèmes karstiques. Elles sont donc les témoins d'un certain milieu de dépôt. Dans les oolithes anciennes, la présence de la calcite et des structures souvent radiaires, témoignent probablement d'une évolution diagénétique, à la fois minéralogique et structurale. Trois principales théories tentent d'expliquer l'origine des oolithes :

\* Le cortex des oolithes est d'origine principalement **physico-chimique**. En effet, la précipitation de  $\text{CaCO}_3$  est favorisée soit par l'augmentation de la concentration en  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{CO}_3^{--}$  (origine chimique), soit par l'élévation du pH (origine physique).

\* L'augmentation du pH jusqu'à des valeurs  $> 10$  peut être favorisée par l'action des bactéries en milieu anaérobie et la précipitation du carbonate de calcium sous forme de cristaux d'aragonite (**origine biochimique**).

\* Le cortex des oolithes peut parfois être formé par simple agglomération de la boue carbonatée autour d'un nucleus en rotation (**origine mécanique**).

Ainsi, par ces mécanismes, des couches de calcaires successives se déposent sur des débris détritiques ou d'organismes, maintenus en suspension par l'agitation de l'eau. Lorsque l'oolite est devenue assez lourde, elle tombe sur le fond.

- ✓ Les sphérulites : montrent une structure radiaire dominante superposée à la structure concentrique moins bien développée. La structure radiaire est généralement secondaire diagénétique, formée après la mise en place du cortex.
- ✓ Les bahamites (pseudo-oolithes) : présentent un cortex micritique dépourvu de structure. Leur origine est essentiellement diagénétique.

3 – 1 - 3 - Les oncoïdes : ce sont des grains à cortex qui se différencient des ooides par leur surface essentiellement concave et par leur morphologie irrégulière. On distingue ainsi :

- ✓ Les oncolithes : ce sont des formes globuleuses centimétriques, constituées de couches calcaires concentriques avec ou sans nucleus. Leur formation, par encroûtement stromatolithique, est assurée par les algues (algues bleues ou vertes). Elles se forment dans les milieux de haute énergie (zones intertidales, supratidales, dans les marais et les bordures des lacs de certaines régions de basses latitude : Bahamas, Golfe Persique, Australie).

**Remarque** : Les algues bleues (cyanophycées) participent également à la formation des tapis algaires et des stromatolithes. Les différences morphologiques résultent des conditions variables du milieu : profondeur, énergie des vagues, rythme et amplitude des marées, apport détritiques. Les structures en nodules et en dômes correspondent davantage aux secteurs de haute énergie, les structures planaires davantage aux zones abritées. Les stromatolithes se développent en couches laminaires successives, fréquemment régies par le rythme nyctéméral. La structure laminaire typique est celle d'une alternance millimétrique de niveaux gris-brun d'algues filamenteuses ou unicellulaires croissant horizontalement ou verticalement, et de niveaux détritiques fins piégés à la partie supérieure du réseau algaire. Les tapis algaires sont fréquemment fragmentés en polygones par les phénomènes de dessiccations.

- ✓ Les coniatolithes : le cortex est d'origine physico-chimique. Elles se forment dans les milieux abrités et dans les grottes continentales. Il est souvent difficile de les distinguer des oncolithes.

3 – 1 - 4 - Les lithoclastes (sens large) : c'est l'ensemble des débris de roches ou de sédiments, de taille et de nature variable, et dans lesquels on distingue :

- ✓ Les agrégats : constitués d'éléments composites, hétérogènes ou non et le plus souvent jointifs. Des agrégats irréguliers de péloïdes, bioclastes et / ou ooides, cimentés par de l'aragonite, s'observent parfois en abondance dans les sédiments néritiques (Bahamas). La cimentation se fait en milieu peu agité où elle est favorisée par des organismes fixateurs du sédiment (Algues à mucilage, etc.).

- ✓ Les intraclastes (endoclastes) : ce sont des débris de taille variable de calcaire issus d'une roche pré-existante ou d'un sédiment pénécontemporain plus ou moins consolidé et provenant d'un remaniement pratiquement sans transport. Le préfixe intra souligne leur origine autochtone.
- ✓ Les extraclastes (exoclastes) : fragments de roches carbonatées provenant du remaniement et du transport d'un sédiment déjà compacté, d'origine lointaine.

3 – 1 - 5 - Les pelletoides (ou pelloides, pellets) : il s'agit de grains micritiques homogènes sans nucleus ni squelette, ni structure interne. Les pelotes fécales ou pellets sont abondantes dans les petits fonds marins calmes des régions tempérées à chaudes. Elles représentent des déjections principalement produites par les Gastéropodes, Pélécy-podes, Crustacés et polychètes. Elles sont plus argileuses dans les milieux pélagiques, où elles favorisent, lors de leur transport au sein des eaux vers le fond sédimentaire, la conservation des microorganismes ingérés par le zooplancton. Il s'agit de particules en général petites (0,1 à 0,5 mm  $\approx$  0,04 à 0,800 mm ou même 0,04 à 0,2 mm), de forme variée selon les espèces productrices, riches en matière organique et de couleur sombre. Leur identification dans les séries anciennes est souvent rendue difficile par suite des modifications diagénétiques. Des structures très comparables aux pellets peuvent en effet résulter de perforations – micritisations secondaires (intraclastes >2 mm), ou encore de l'agglutination de vase aragonitique ou de fragments de tapis algaires.

### **3 - 2 - Les orthochèmes (matrice et ciment : voir T.P)**

A l'échelle de l'échantillon, la présence d'une phase de liaison brillante caractérise la sparite ; lorsque la roche ne brille pas (éclat mat), il s'agit de la microsparite ou de la micrite et seule la lame mince permet de les différencier.

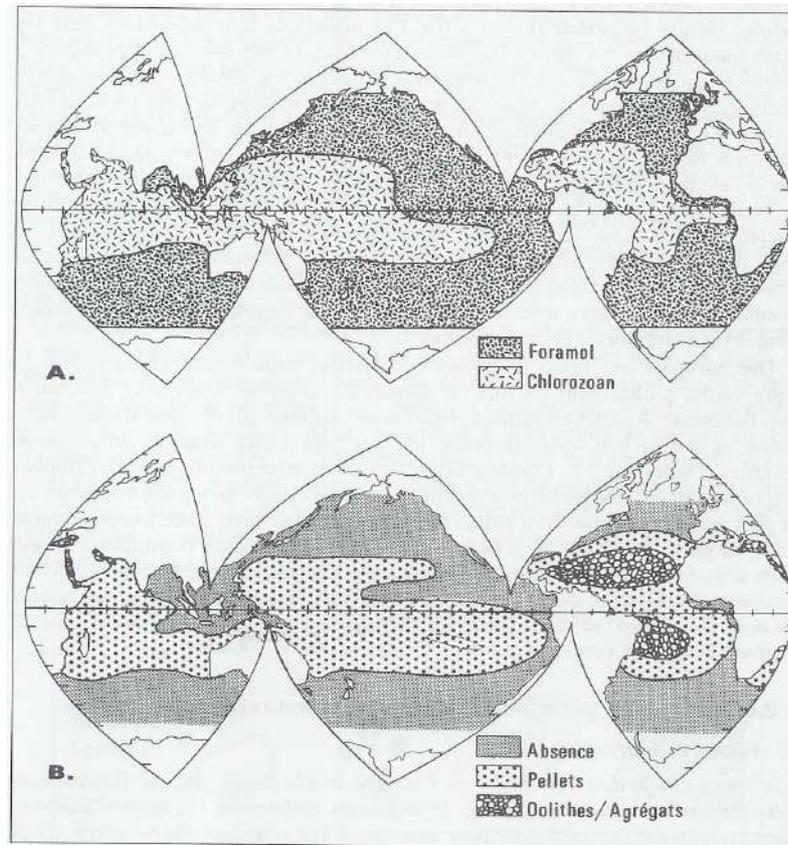


Fig. 2 : Associations dominantes théoriques des sédiments carbonatés modernes d'eau peu profonde (0 – 100m). A – Associations de grains à squelette. B – Associations de grains dépourvus de squelette. Les aires couvrent l'ensemble de l'océan en omettant les zones peu profondes très localisées (mers épicontinentales, domaines d'archipels) d'après Lees, 1975, Mar. Geol : 19).

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

