جامعة مولاي إسماعيل
UNIVERSITÉ MOULAY ISMAÏL
كلية العلوم
FACULTÉ DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE GEOLOGIE – MEKNES

# Filière : Sciences de la Terre et de l'Univers

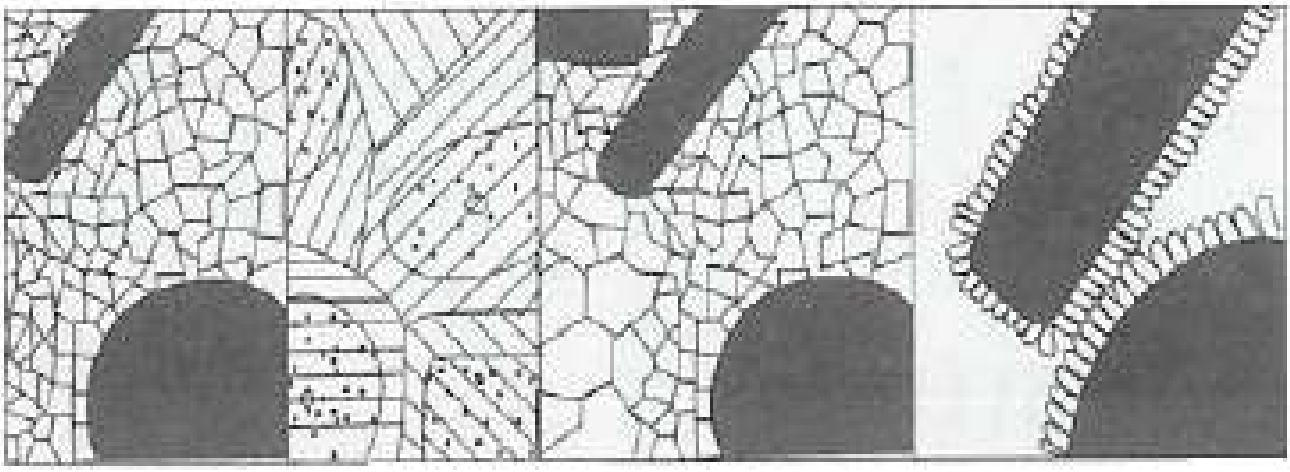
## Semestre : 4

## Module M21 : Pétrographie sédimentaire

## Travaux pratiques

# Roches carbonatées :

# Constituants, classifications et diagenèse



**Professeur Abdellah EL HMAIDI**

Année Universitaire 2019-2020 – Session de printemps

# SOMMAIRE


| | |
|---|---|
| **Introduction**……..... | 3 |
| **TP N° 1 : PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES ROCHES CARBONATEES** | 5 |
| 1 – Introduction… …….……..…… | 5 |
| 2 – Principaux constituants des roches carbonatées……..……. | 5 |
| 2 - 1 - Les éléments figurés (Allochèmes)...…… | 5 |
| 2 – 2 - Le liant (matrice et ciment : orthochèmes)……. | 8 |
| | |
| **TP N° 2 : CLASSIFICATION DES ROCHES CARBONATEES** | 10 |
| 1 - Suivant la taille des éléments figurés……. | 10 |
| 2 - Classification chimique et minéralogique (Cayeux) …… | 10 |
| 3 - Classification de Folk (1959)…..…… | 11 |
| 4 - Classification structurale de Dunham (1962)……. | 13 |
| **TP N° 3 : PROCESSUS DIAGENETIQUES DES CARBONATES** | 20 |
| 1 - Introduction……. | 20 |
| 2 – Processus diagénétiques (Rappel)…… | 20 |
| 3 – Méthode d'observation en lames minces…… | 24 |

# INTRODUCTION

La pétrographie sédimentaire est la science qui étudie et décrit les roches sédimentaires. Chaque roche est caractérisée par son faciès pétrographique, c'est à dire l'ensemble de ses caractères paléontologiques et lithologiques.

L'étude de chaque faciès doit conduire à la reconstitution de son milieu de genèse. Ce milieu est la résultante d'un ensemble de conditions biologiques, physico-chimiques et topographiques qui se sont perpétrées durant un certain temps, dans une aire déterminée.

Les roches sédimentaires, engendrées par des mécanismes de la géodynamique externe, à la surface du globe terrestre, proviennent d'un sédiment (de sedere = être assis) formé par les actions conjuguées de trois processus successifs (Fig. 1) :

- altération, ablation, érosion voire destruction de roches préexistantes aboutissant à la libération d'éléments dissous ou solides, en fonction du climat et du relief,
- transport éolien ou aquatique des résidus de l'altération,
- sédimentation de ces résidus, c'est à dire dépôt terrestre, lacustre ou où interviennent les propriétés dynamiques, chimiques, physiques et biologiques du milieu.

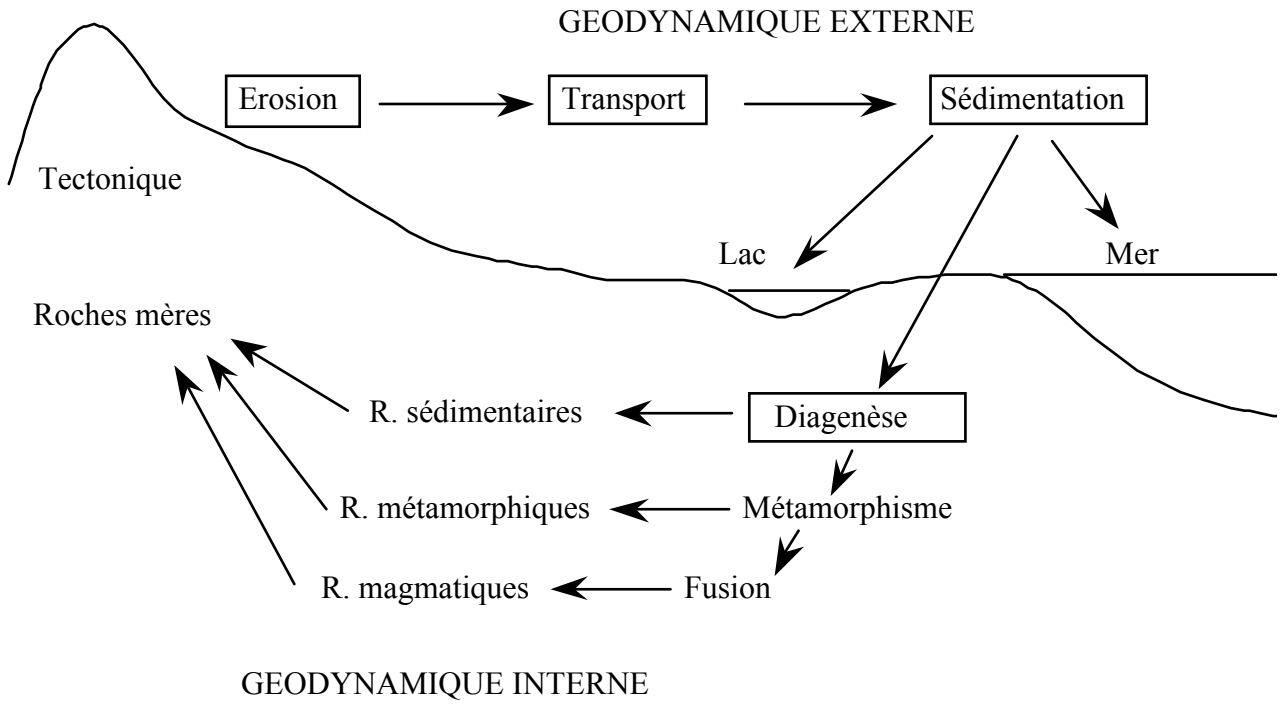
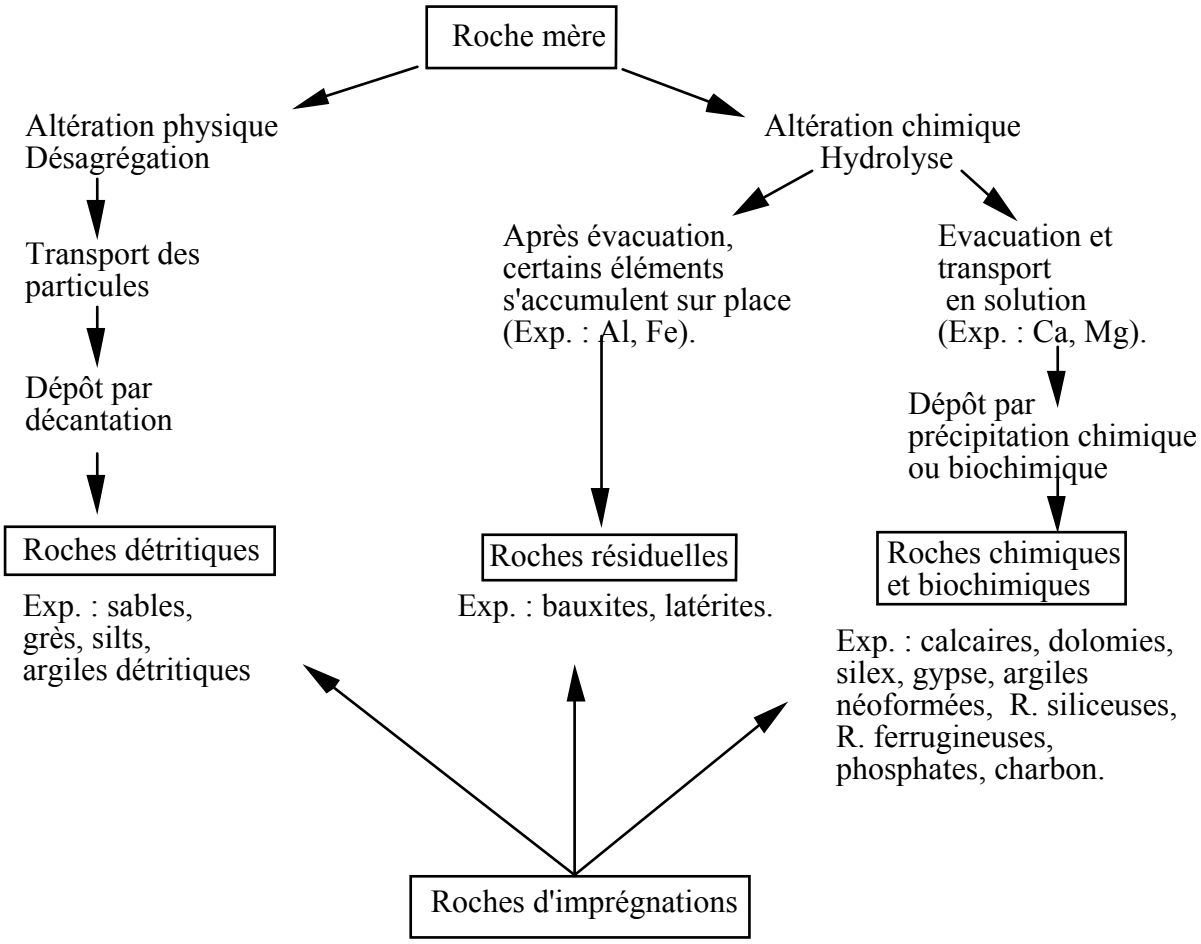



Fig. 1 : Cycle des roches dans l'écorce terrestre.

Le sédiment devient une roche sédimentaire à la suite de transformations immédiates ou retardées, post-sédmentaires, appelées diagenèse qui entraîne la lithification ou lapidification du

sédiment. La diagenèse comprend la compaction, la recristallisation, la cimentation et la métasomatose.

Tous ces phénomènes sont cycliques et aboutissent à la formation des différents types de roches sédimentaires (Fig. 2).




(roches d'origine détritiques, chimiques, biochimiques, ou biodétritiques) qui, par des processus d'accumulations, d'imprégnations sédimentaires ou diagénétiques, se trouvent concentrées dans d'autres roches. Exp. : Pétrole dans un grès : grès pétrolifère ; fer dans un grès : grès ferrugineux.

Fig. 2 : Classification génétique des roches sédimentaires.

**TP N° 1 :**

## PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES ROCHES CARBONATEES

### 1 - Introduction

Les roches carbonatées sont des roches constituées de carbonates (de calcium, de calcium-magnésium, de fer, etc.) en quantité variable mais importante.

L'origine du carbonate peut être :

- Soit chimique : par précipitation à partir de solutions, avec ou sans intervention d'organismes.

- Soit mécanique : par accumulation de matériaux détritiques (= éléments figurés) en majorité calcaires (gravelles de roche calcaire, tests d'organismes, quartz, débris de roches, ...). La matrice étant le plus souvent de la boue ou du ciment calcaire de précipitation (Fig. 3).

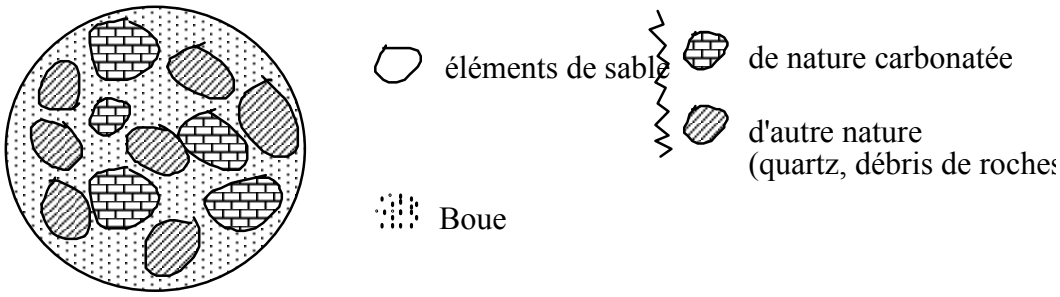



Fig. 3 : Assemblage des éléments dans certains types de carbonates détritiques.

### 2 – Principaux constituants des roches carbonatées

#### 2 - 1 - Les éléments figurés (Allochèmes)

Formés par précipitation chimique ou biochimique à l'intérieur du bassin et organisés en éléments complexes distincts. La plupart du temps ils ont subit un certain transport (Fig. 4-7).

2-1-1- <u>Bioclastes</u> : tout fossile (entier ou cassé), transporté ou non à l'exclusion des organismes constructeurs ou encroûtant comme les stromatolithes (calcaires construits).

2-1-2- Oolithes : aragonite microgrenue ou calcite magnésienne ; la succession de couches concentriques est interprétée comme une alternance de périodes calmes (stagnation dans une dépression) et de périodes agitées (transport dans un milieu ouvert) (Fig. 4-6).

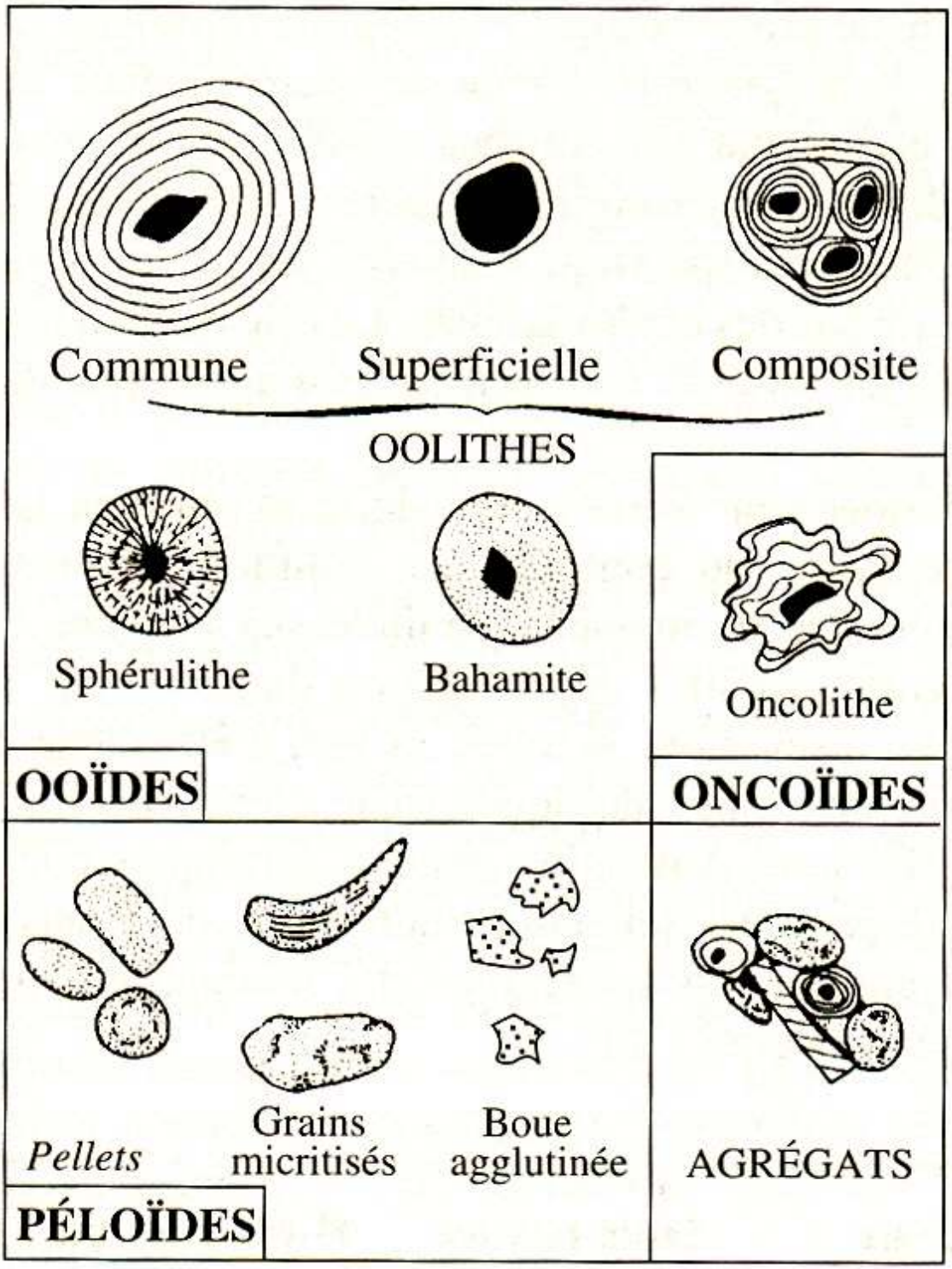



Fig. 4 : Principaux éléments figurés des roches carbonatées.

Selon la nature des couches concentriques (laminations corticales), trois types d'oolite ont été distingués (Fig. 5-6) :

- Les oolithes de type alpha : constituent la variété la plus fréquente dans les milieux marins actuels généralement agités.

- Les oolithes de type bêta : apparaissent dans les milieux protégés (calmes) et dans de nombreuses grottes continentales. Leur morphologie indique l'absence de transport.

- Les oolithes de type gama : se rencontrent dans les milieux protégés (lagunes).

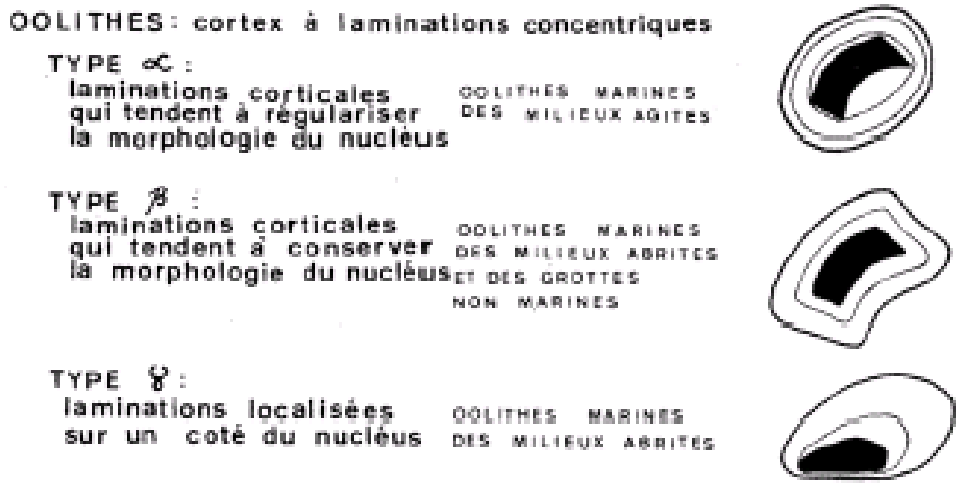



Fig. 5 : Variation morphologique des oolithes en fonction de leur milieu de formation.

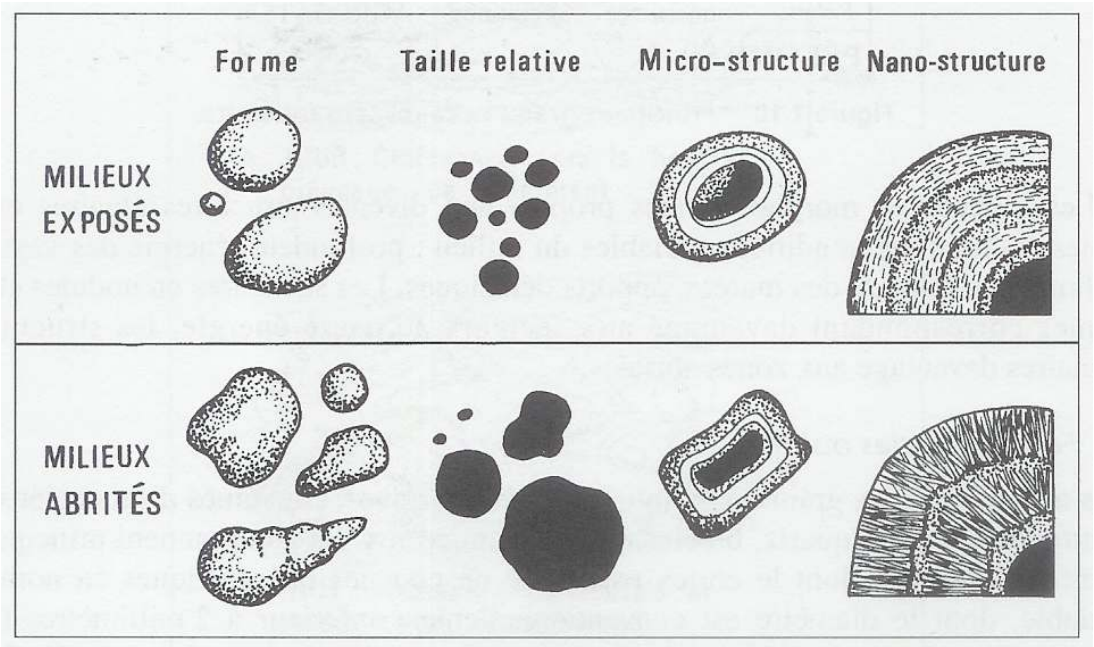



Fig. 6 : Relations morphologiques et génétiques dans les oolithes (Purser, 1980).

Dans les oolithes anciennes, la présence de la micrite (bahamites), de la calcite et des structures souvent radiaires (sphérulithes), témoignent probablement d'une évolution diagénétique, à la fois minéralogique et structurale.

2-1-3- <u>Pellets</u> : pelotes elliptiques constituées de boue calcaire, généralement riches en matière organique, dépourvues de toute structure interne, bien calibrés et de petite taille (la dimension la plus courante : 40 µm à 800 µm). Elles sont en grande partie d'origine fécale (Fig. 4).

2-1-4- <u>Intraclastes</u> : ils groupent les fragments de sédiments carbonatés (boue), contemporains du dépôt, de taille variable, généralement faiblement consolidés, qui ont été érodés

(par les vagues, la tectonique, etc.) de parties voisines du fond de la mer et redéposés pour former un nouveau sédiment (Fig. 7).

2-1-5- Extraclastes: formés à l'extérieur du milieu de sédimentation, ces fragments de roches carbonatées proviennent du remaniement et du transport d'un sédiment déjà compacté (Fig. 7).

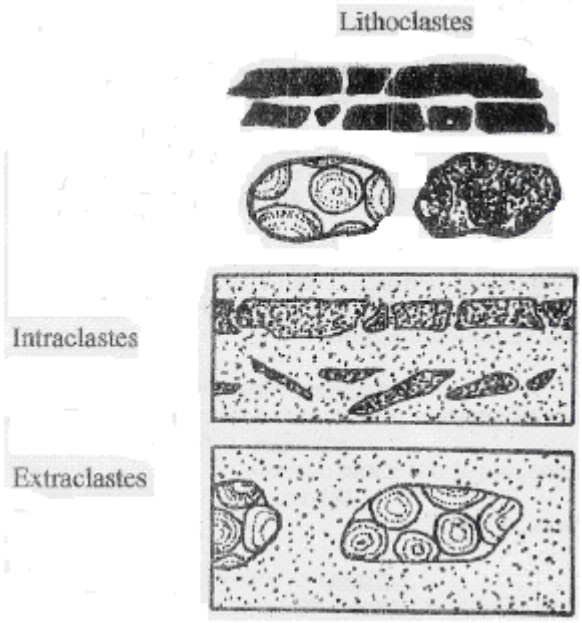



Fig. 7 : Différents types de lithoclastes en fonction de leur origine autochtone ou allochtone par rapport au milieu de dépôt.

2-1-6- Agrégats : constitués d'éléments composites, hétérogènes ou non, le plus souvent jointifs et pouvant être entourés d'une pellicule d'origine algaire par exemple (Fig. 4).

**2 - 2 - Le liant (matrice et ciment : orthochèmes)**

C'est la phase de liaison qui va cimenter les éléments figurés (Tab. 1, Fig. 8). Elle peut être primaire et sous forme de boue (matrice) ou secondaire par précipitation diagénétique précoce ou tardive (ciment).

2 - 2 - 1 - Sparite : ciment formé de cristaux de calcite > 63 µm (voir > 80 µm) engrenés les uns dans les autres, aux clivages visibles, transparents en lumière naturelle (Tab. 1, Fig. 8). La sparite, d'origine chimique, résulte :

- de la précipitation progressive entre les éléments,
- de la recristallisation d'une boue calcaire.

2 - 2 - 2 - Microsparite : ciment transparent dont les cristaux s'individualisent mal à cause de leur petite taille comprise entre 10 et 80 µm (voir entre 20 et 63 µm ou même entre 4 et 10 µm) (Tab. 1, Fig. 8).

2 - 2 - 3 - Micrite : Il s'agit d'un matériel fin (boue cryptocristalline), d'aspect granuleux, grumeleux, gris ocre ou brunâtre, à cristaux indiscernables car < 10 µm (voir < 20 µm jusqu'à 2 µm) (quand la platine tourne, la teinte de polarisation ne change pas). Elle est apportée en même temps que les éléments figurés et constitue la gangue ou le liant (Tab. 1, Fig. 8). Elle résulte :

- de la précipitation physico-chimique ou biochimique directe,
- de micro-débris d'organismes.

| Taille | Phase de liaison : $CaCO_3$ | Phase de liaison : $CaMg(CO_3)_2$ |
|---|---|---|
| 80 µm | Sparite | Dolosparite |
| | Microsparite | Dolomicrosparite |
| 10 µm | Micrite | Dolomicrite |

Tab. 1 : Nomenclature du liant en fonction de la taille des cristaux et de la nature minéralogique.

| | Matrice | Ciment |
|---|---|---|
| Nature | C'est un sédiment (calcaire, grès, argile, ...) | C'est un (ou plusieurs) minéral (calcaire, silice, ...) |
| Genèse | se dépose en même temps que les éléments et entre eux | se forme après le dépôt des éléments par cristallisation de solutions saturées dans les vides entre les éléments |
| Origine | Primaire, synsédimentaire | secondaire, diagénétique |
| Porosité | en principe nulle | souvent vacuolaire |
| Schéma | | |

Fig. 8 : Caractères distinctifs des deux types de liant.

**TP N° 2 :**

## CLASSIFICATION DES ROCHES CARBONATEES

### 1 - Suivant la taille des éléments figurés

Par analogie avec les roches détritiques terrigènes on distingue :

Tailles →

| 62 µm | | 2 mm |
|---|---|---|
| Calcilutites | Calcarénites | Calcirudites |

On peut également donner des précisions sur la matrice :

- Jusqu'à 16 µm : cryptocristalline,
- De 16 à 62 µm : microcristalline,
- De 62 à > 500 µm : cristalline, avec :
  - 62 à 250 : microgrenue
  - 250 à 500 : grenue
  - > 500 : grossièrement grenue.

### 2 - Classification chimique et minéralogique (Cayeux)

* En fonction des teneurs en minéraux carbonatés (calcite, dolomite).
* En fonction des teneurs en minéraux argileux (argile, calcite).
* En fonction des teneurs en carbonates, en silice et en argiles.

Un calcaire n'est que rarement pur. Il peut contenir des proportions importantes de dolomite, argile ou quartz. Il existe donc des roches de composition intermédiaires entre deux pôles.

- Les roches calcaréo-dolomitiques

Dolomite 10% 50% 90% Calcite

| | | | |
|---|---|---|---|
| dolomie | dolomie calcaire | calcaire dolomitique | calcaire |

- Les roches calcaréo-argileuse

Argile 33% 66% Calcaire

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| argile | Argile calcaire | marne | Calcaire argileux | calcaire |

- Les grès calcaires

| Sable | | 50% | Calcaire |
|---|---|---|---|
| grès | grès calcaire | calcaire gréseux | calcaire |

**3 - Classification de Folk (1959)**

**a - Nomenclature** : la classification descriptive établie par Folk concerne les roches carbonatées formées en milieu marin. Les principaux constituants sont répartis en deux groupes (Tab. 2, Fig. 9, 13-26) :

- Les constituants allochimiques ou allochèmes : 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. Ils sont représentés essentiellement par quatre types : Intraclastes, oolites, fossiles et pellets.

- Les constituants orthochimiques ou orthochèmes : la matrice qui lie les allochèmes entre eux peut être spathique (sparite : ø > 10 µm) ou cryptocristalline (micrite : ø < 10 µm).

**b - Classification et dénomination de la roche** : La classification est basée sur le mélange des constituants précédents en proportions plus ou moins variables (Tab. 2, Fig. 9, 13-26) :

- calcaires de type 1 : roches allochimiques spathiques : les allochèmes sont cimentés par de la calcite limpide. Les pores sont remplis par précipitation tardive.

- calcaires de type 2 : roche allochimiques microcristallines : ce sont des allochèmes dans une matrice microcristalline ; il n'y a pas de calcite limpide.

- calcaires de type 3 : roche microcristallines : ne comportent que de la boue microcristalline avec ou sans fragments. C'est une précipitation rapide de la boue en milieu calme.

- calcaires de type 4 : biolithites : ce sont des animaux en position de vie. S'ils sont cassés et repris, ils donnent des roches du type I ou II suivant le ciment. Les subdivisions des principales familles de calcaires sont basées sur les types d'allochèmes :

* plus de 25% d'intraclastes : roches intraclastiques,
* plus de 25% d'oolites : roches oolitiques,
* moins de 25% des deux éléments précédents : on tient compte du rapport fossiles / pellets : rapport = 3/1 : roches biogéniques,
= 1/3 : roches à pellets,
Entre les deux : roches biogéniques à pellets.

Nom de la roche : 1ère syllabe : type d'allochème dominant,
2ème syllabe : type de ciment.

Exemple : intrasparite.

Si les éléments sont de grande taille (> 1mm pour Folk), on ajoute le terme rudite à la fin (exp: biomicrudite).

Si la roche contient plus de 10% de dolomite de substitution, le terme "dolomitisé" s'ajoute au nom principal (exp: oosparite dolomitisée).

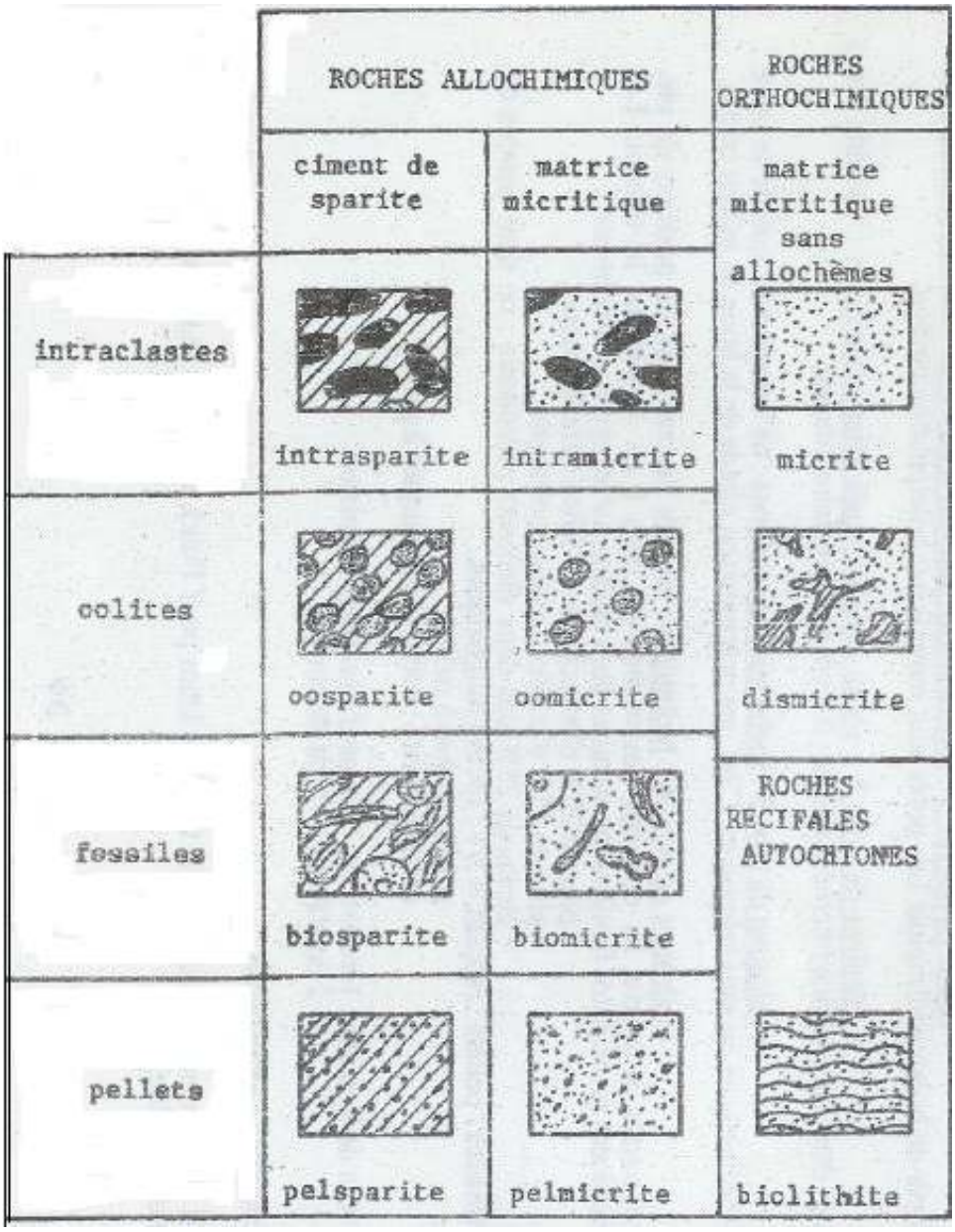



Fig. 9 : Classification de Folk (1959).

| | | | | | Roches allochimiques allochèmes > 10 % | | Roches orthochimiques microcristallines allochèmes < 10 % | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | **Type 1** | **Type 2** | **Type 3** | | | **Type 4** |
| | | | | | R. allochimiques spathiques (ciment spathique > boue microcristalline) | R. allochimiques microcristallines (ciment spathique < boue microcristalline) | 1 % < allochèmes < 10 % | | allochèmes < 1 % | Roches de bioherme |
| Composition quantitative des allochèmes | Intraclastes < 25 % | Intraclastes > 25 % | | | Intrasparudite Intrasparite | Intramicrudite Intramicrite | Selon les allochèmes dominants | Micrite à intraclastes | Micrite - dismicrite (si bioturbée) dolomicrite (si dolomie laire) | Biolitite |
| | | Oolites > 25 % | | | Oosparudite Oosparite | Oomicrudite Oomicrite | | Micrite à oolites | | |
| | | Oolites < 25 % | Rapport : fossiles / pellets | R > 3 | Biosparudite Biosparite | Biomicrudite Biomicrite | | Micrite fossilifère | | |
| | | | | 1 / 3 < R < 3 | Biopelsparite | Biopelmicrite | | Micrite à pellets | | |
| | | | | 1 / 3 > R | Pelsparite | Pelmicrite | | | | |

Tab. 2 : Classification des roches carbonatées selon Folk (1959).

## 4 - Classification structurale de Dunham (1962)

La classification de DUNHAM définit la proportion relative des éléments figurés, de la phase de liaison, ainsi que l'arrangement structural des allochèmes (texture). Elle est fondée sur trois critères essentiels (Fig. 10, 13-26) :

- La présence ou l'absence (<1%) de boue carbonatée. Sont considérées comme particules de boue les fractions de taille inférieure à 20 µm.

- La proportion (inférieure ou supérieure à 10%) de grains présents dans la roche. Les grains étant les éléments de taille supérieure à 20 µm.

- La disposition jointive (grain-supported) ou non-jointive (mud-supported) de ces grains. Ces critères permettent de distinguer quatre catégories de roches **grainstones**, **packstones**, **wackestones** et **mudstones**.

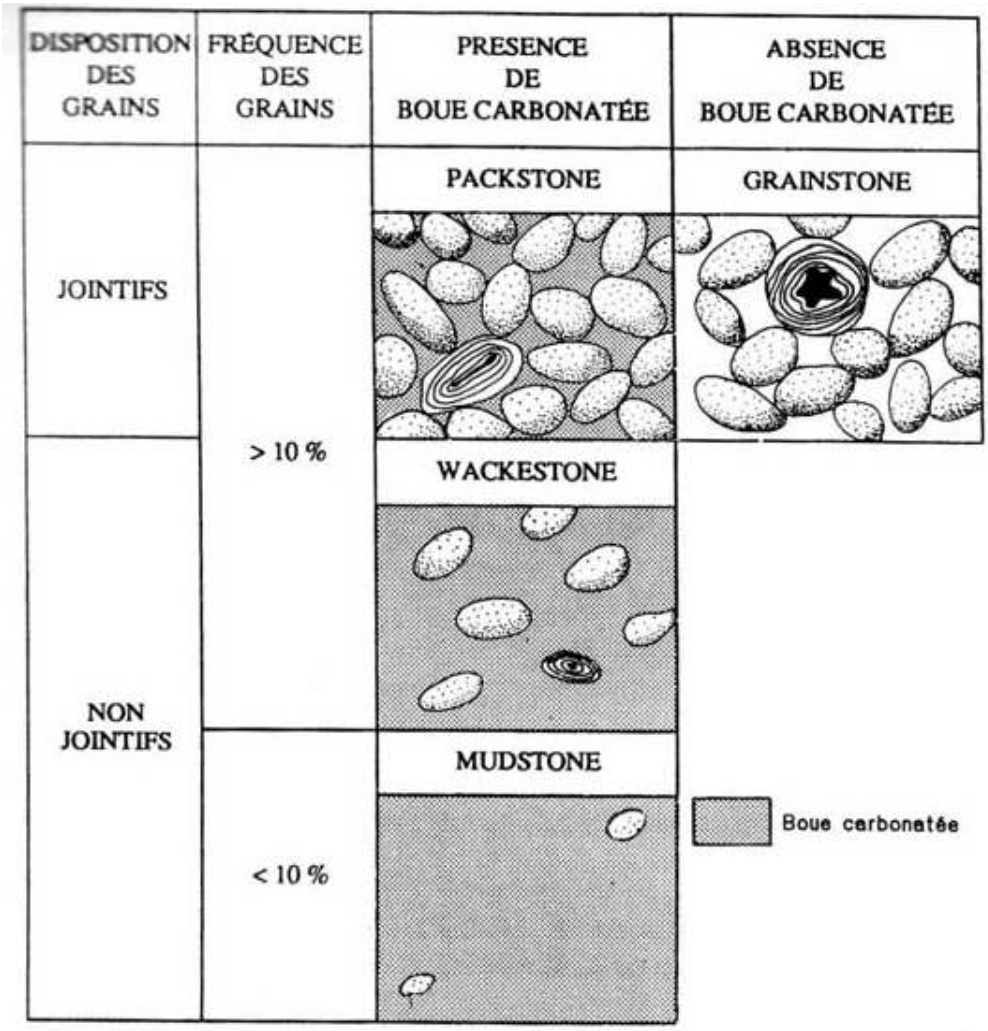



Fig. 10 : Classification de Dunham (1963) montrant les différentes textures de roches carbonatées.

Deux autres catégories s'ajoutent à cette classification :

- BOUNDSTONE = calcaire construit (calcaire corallien, algaire) = biolithite,
- CACAIRE CRISTALLIN (cristalline carbonates) : calcaire formé uniquement par de la sparite. Il s'agit de roches transformées par une recristallisation qui a totalement effacé la texture sédimentaire.

Cette classification permet d'apprécier le niveau d'énergie du milieu (Tab. 3, Fig. 11). Exemples: MUDSTONE : milieu très calme (boue), GRAINSTONE : milieu très agité (pas de boue, allochèmes matures, ciment intergranulaire).

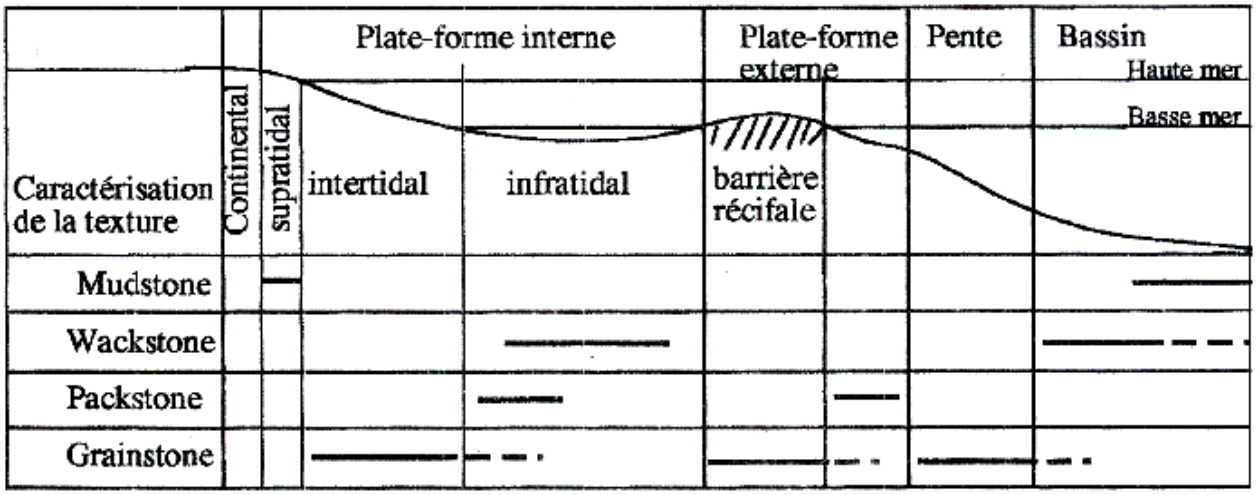



Fig. 11 : Caractérisation de la texture dans le domaine marin.

| Texture | Vannage | Roches consolidées |
|---|---|---|
| **Mudstone** | Pas de Vannage | Dépôt en eaux calmes, soit dans un milieu peu profond mais abrité de tout courant (marin, fluviatile,…), soit profond. |
| **Wackestone** | Pas ou peu de Vannage | Dépôt en eaux calmes à relativement agitées |
| **Packstone** | Vannage incomplet | Dépôt en eaux alternativement agitées et calmes. L'épisode sédimentaire calme permet le dépôt de la boue calcaire. |
| **Grainstone** | Vannage complet | Dépôt en eaux modérément agitées à très agitées.<br>- Début du granoclassement,<br>- Taille des grains > 2 mm en milieu très agité. |

Tab. 3 : Interprétation d'indice énergétique du milieu de dépôt d'après la texture (Texture originelle).

Une classification dérivée, plus détaillée, a été proposée par Embery et Kolvan (1971) pour les faciès construits. Elle oppose deux grandes catégories de calcaires construits : les types autochtones (où les organismes constructeurs sont en place) caractéristiques du coeur du récif et les types allochtones (où les éléments constructeurs ont été transportés) typiques des flancs ou des faciès d'avant-récif (Fig. 12).

**- Dans les types autochtones**, on distingue, les **bafflestones** (constitués de formes branchues en place qui piègent le sédiment), les **bindstones** (constitués de formes tabulaires ou lamellaires qui encroûtent et emprisonnent les sédiments au cours de leur croissance) et les **framestones** (où des formes massive collumnaires constituent le cadre structural et assurent la cohésion de la roche).

**- Pour les types allochtones**, on peut utiliser las classification de Dunham en ajoutant deux catégories pour prendre en compte les éléments de grandes tailles. Lorsque de plus de 10% des particules ont une taille supérieure à 2 mm, on parlera de **floatstone** lorsque les éléments ne sont pas jointifs (matrix supported) et de **rudstone** lorsque les particules sont jointives (clast supported).

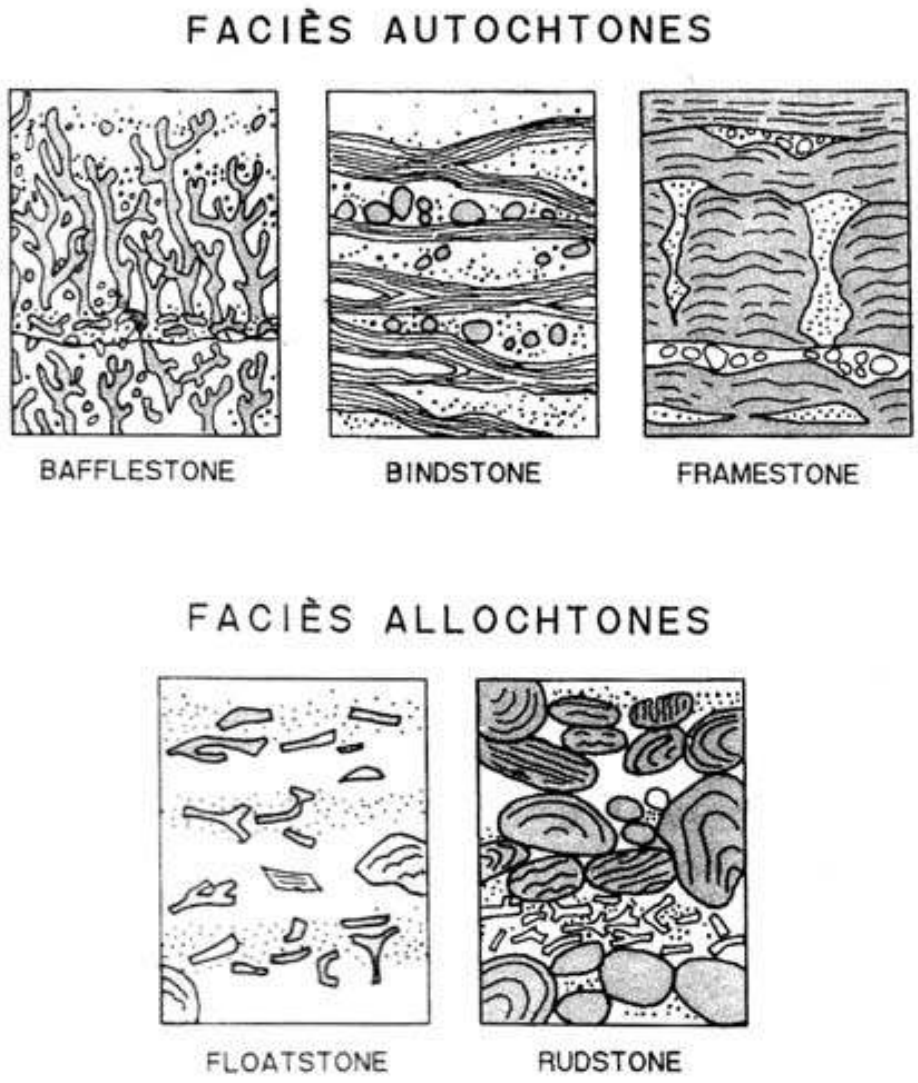



Fig. 12 : Classification d'Embery et Kolvan (1971).

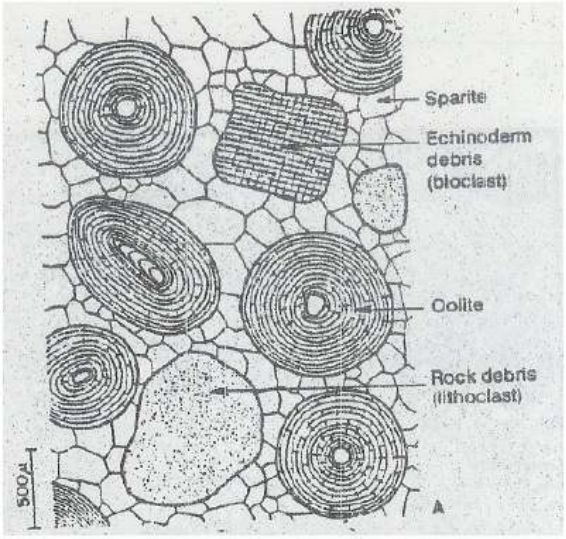



Fig.13 : Oointrabiosparite à Entroques (Wackestone)

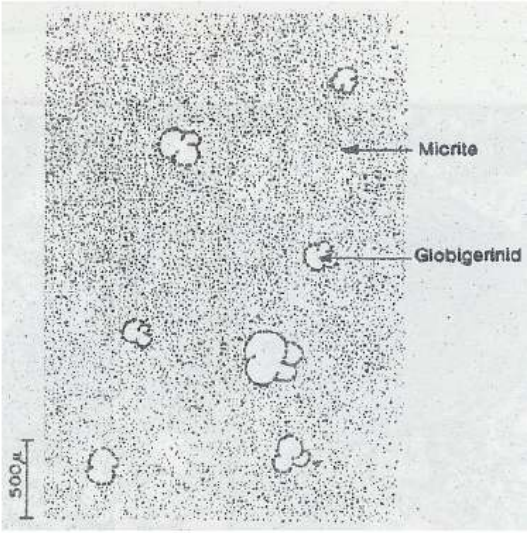



Fig. 14 : Micrite (Mudstone)

Fig. 15 : Biosparite à Entroques (x20) (Wackestone)

Fig. 16 : Biosparite à coquille (x10) (Wackestone)

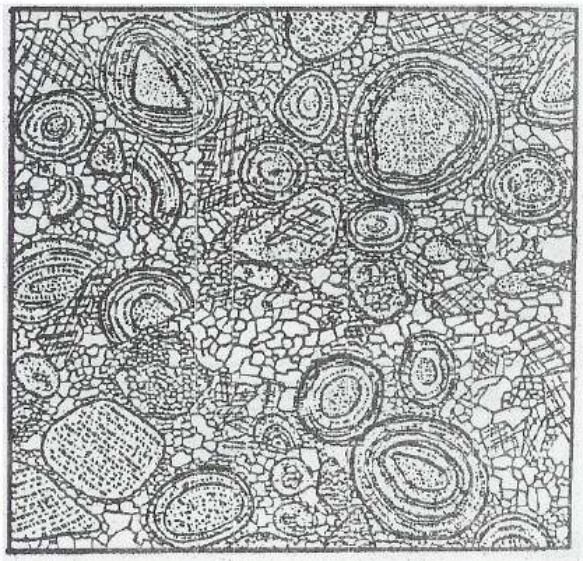


Fig. 17 : Oosparite (x20) (Wackestone)

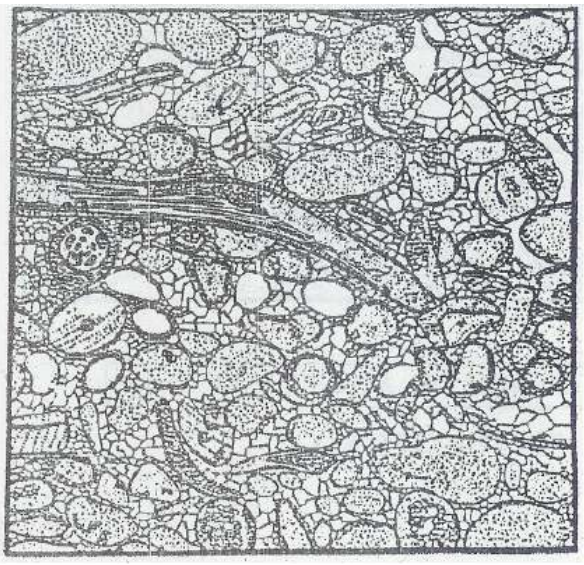


Fig. 18 : Intrabiosparite à coquille (x55) (Packestone)

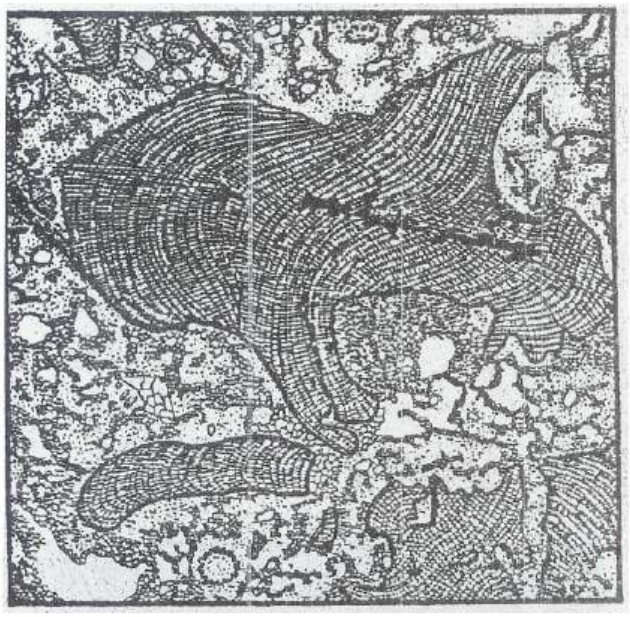


Fig.19 : Biomicrosparite à Algues (x15)
(Wackestone)

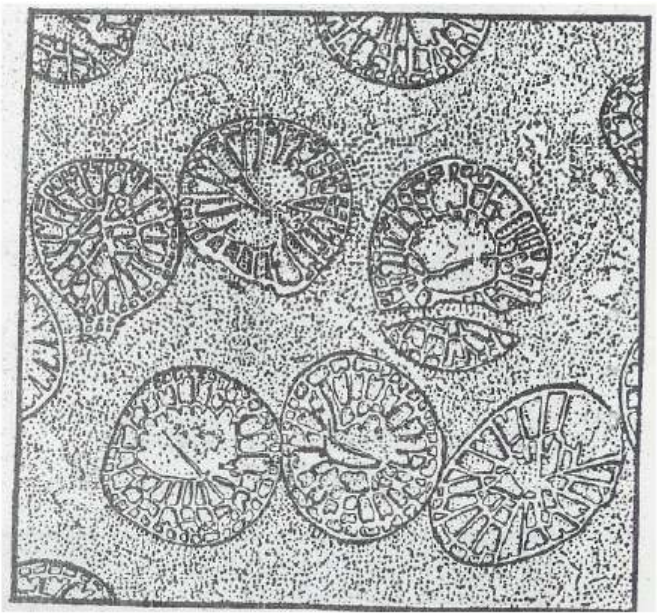


Fig. 20 : Biomicrite à Coraux (x15)
(Wackestone)

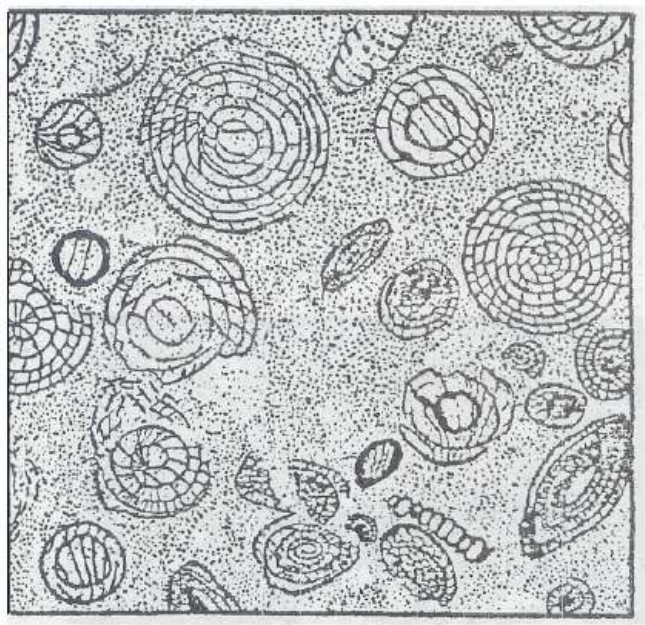


Fig. 21 : Biomicrite à Fusulines (x5)
(Wackestone)

Fig. 22 : Biomicrosparite à Nummulites (x10)
(Wackestone)

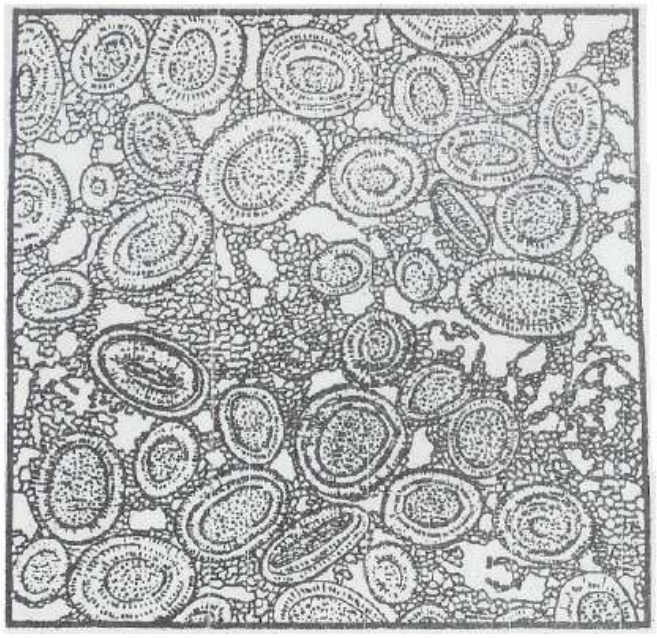


Fig. 23 : Oomicrosparite (x15)
(Packestone ??)

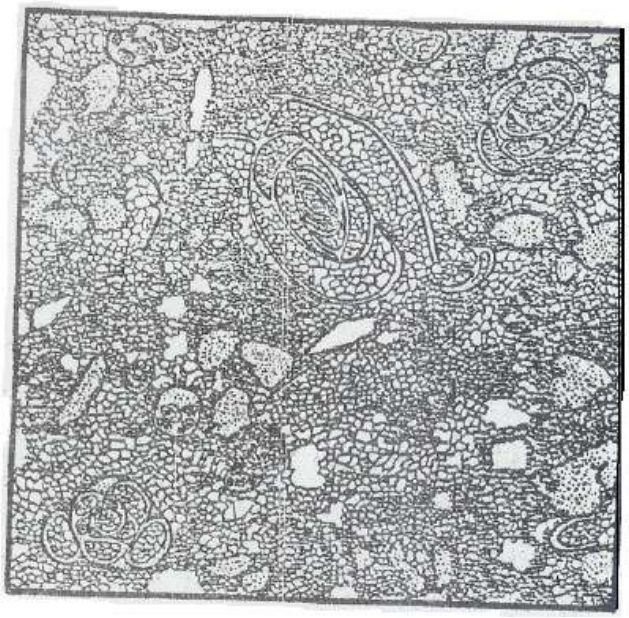


Fig. 24 : Biosparite à Milioles (x55)
(Wackestone)

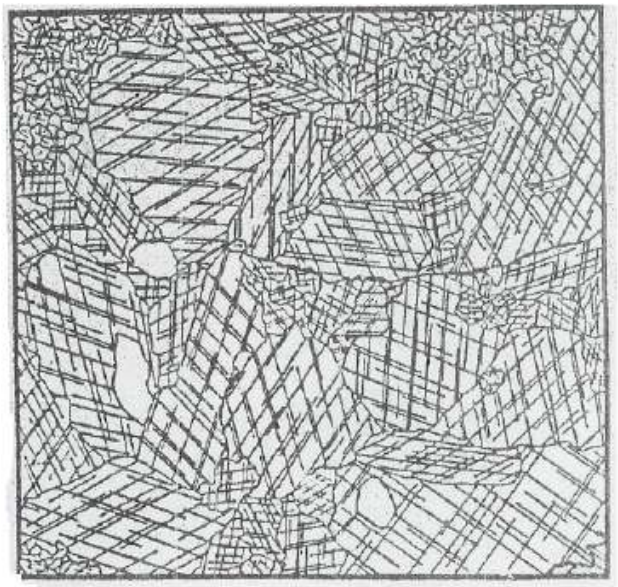


Fig. 25 : Calcaire cristallin (x30)
(Sparite) Xtone

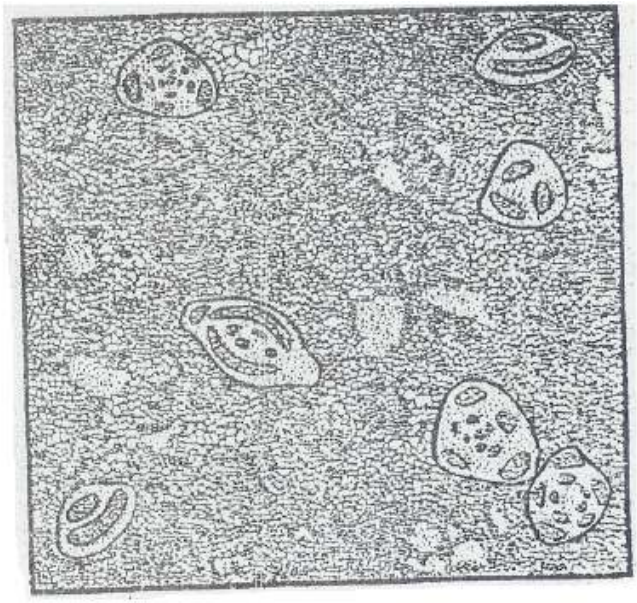


Fig. 26 : Calcaire à Milioles (x55)
(Wackestone)

**TP N° 3 :**

# PROCESSUS DIAGENETIQUES DES CARBONATES

## 1 - Introduction

La "diagenèse" se rapporte à l'ensemble des modifications physico-chimiques que subit un sédiment, après dépôt, dans les conditions de pression et température "faibles" qui règnent en environnement de sub-surface. La diagenèse n'englobe pas les modifications du sédiment liées uniquement aux facteurs biologiques (bioturbation, bioérosion) et s'arrête là où commence le métamorphisme. Pour dissiper l'impression d'incertitude qui se dégage de cette frontière qualitative, disons qu'en pratique, dans l'étude de faciès carbonatés, la diagenèse traite de problèmes de cimentation, dissolution, recristallisation et remplacement affectant les phases carbonatées, siliceuses ou sulfatées.

Ces dernières années, de nombreuses études de bioconstructions paléozoïques d'Europe, des Etats-Unis, d'Australie et du Canada ont traité de ce sujet, suite à l'intérêt des compagnies pétrolières pour tous les phénomènes intervenant dans la formation et l'évolution des réservoirs. Ces travaux s'attachent principalement à préciser la nature et l'origine des divers types de ciments qui se succèdent dans les cavités. Ces séquences peuvent ensuite être interprétées en termes d'évolution du milieu de diagenèse: "Chaque milieu principal (sous-marin, littoral et continental) se caractérise par une diagenèse distincte conditionnée à la fois par la qualité des eaux parentales et par le degré de saturation" (Purser, 1980). L'étude diagénétique s'inscrit donc aussi dans un cadre de reconstitution des paléoenvironnements d'enfouissement.

## 2 - Processus diagénétiques (Rappel)

Les principaux processus diagénétiques sont la cimentation, la dissolution, la recristallisation et le remplacement.

### 2 - 1 - Cimentation

La cimentation correspond à la précipitation de matière sur un substrat et à l'accroissement progressif des cristaux ainsi formés. La cimentation a pour conséquence la disparition progressive de la porosité. La taille des cristaux s'accroît à partir de la paroi des vides : couche de base microcristalline, puis cristaux spathiques allongés perpendiculairement au support, ou en agencement palissadique ou prismatique (Tab. 4, Fig. 27, 28, 29).

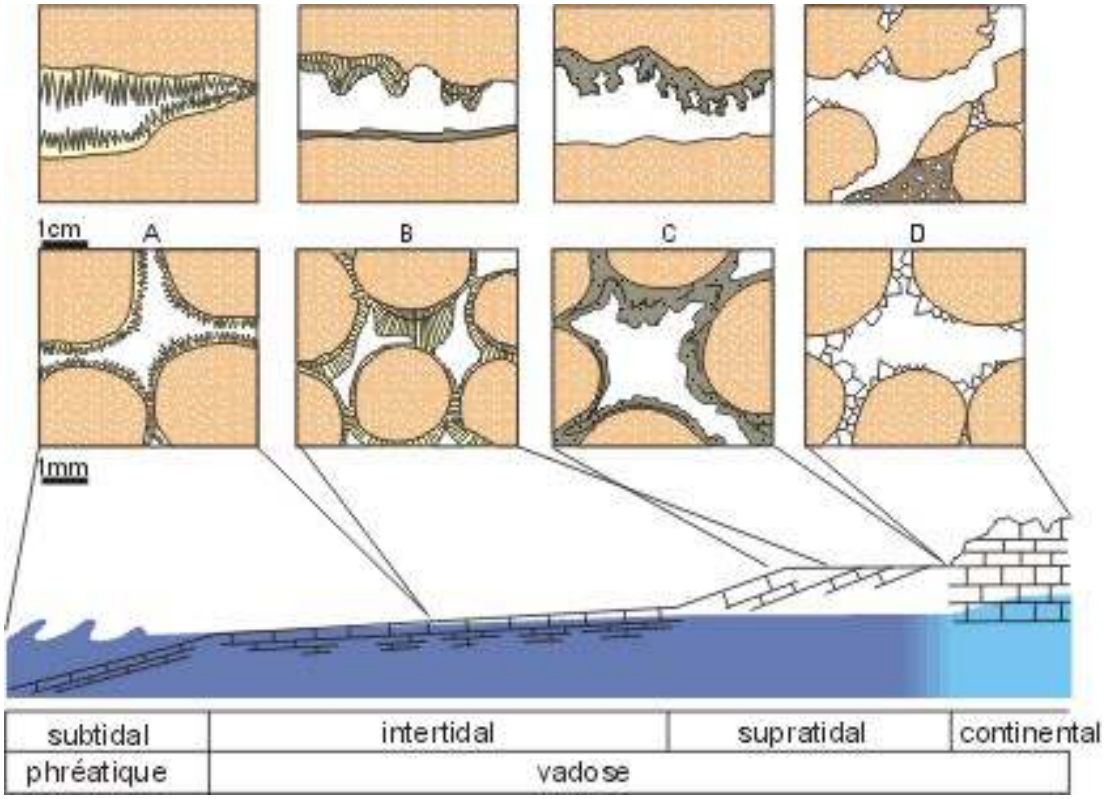



Fig. 27 : profil schématique localisant les types de ciments précoces et leur environnement de formation. A : subtidal (=zone phréatique marine) : ciment aragonitique fibreux à disposition régulière; B : intertidal (=zone vadose marine) : ciment aragonitique fibreux à tendance microstalactitique ; C : supratidal (=zone vadose marine) : aragonite micritique à disposition microstalactitique, associée à des particules à la partie supérieure des cavités ; D : continental (=zone vadose météorique) : calcite sparitique non magnésienne et silt vadose.

| | Milieu continental | Milieu côtier et marin |
|---|---|---|
| Fabrique | Drusique | Aciculaire, fibreuse ou en lame |
| Minéraux | Calcite peu magnésienne avec peu de Sr | Aragonite, calcite très magnésienne riche en Sr (jusqu'à 10 000ppm) |
| Rapport Mg / Ca | Faible (eau douce : 0.5) | Elevé (eau de mer : 3) 14 à 19 % $MgCO_3$ |

Tab. 4 : Principaux caractères des ciments carbonatés en milieux continental, côtier et marin.

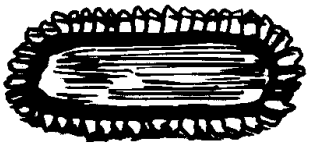
## Calcite en frange

**Calcite fibreuse**

(Cristaux en aiguilles)

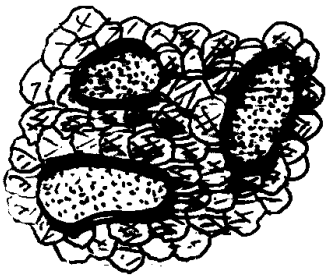
**Calcite "en dent de chien"**

(Croissace centripète dans une vacuole)



**Calcite pallissadique**

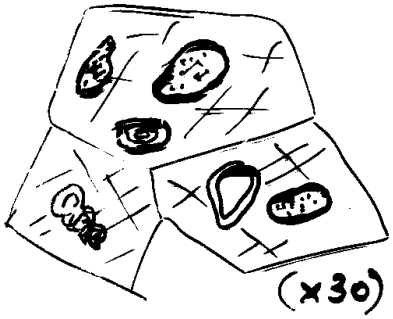
(Cristaux en couche autour d'un grain)



## Calcite en mosaïque

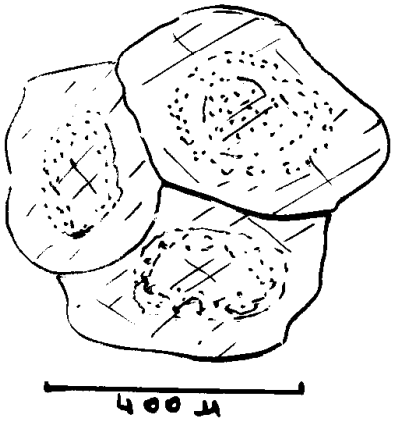
* Cristaux de taille égale = mosaïque régulière (ou calcite équigranulaire)

* Cristaux de taille inégale = mosaïque irrégulière




## Calcite poecilitique

* Cristaux de calcite assez grands pour englober plusieurs enclaves de matériaux divers (bioclastes, lithoclastes, ...)




## Calcite épitaxique ou syntaxiale

* Calcite croissant en continuité du réseau optique avec l'élément formant substrat (souvent plaques d'Echinodèrmes)

**Fig. 28 : Principaux types de ciments carbonatés**

**2 - 2 - Recristallisation**

C'est la transformation de taille, de forme de l'orientation cristallographique de minéraux préexistants, sans modifications de leur composition chimique originelle. Elle peut affecter, soit l'élément, soit le liant, soit les deux, et être partielle ou totale. Exemples: augmentation de la taille moyenne des cristaux par coalescence dans une masse déjà cristallisée ; "inversion" de l'aragonite en calcite : l'aragonite ($\delta$=2,94) étant 8% plus dense que la calcite ($\delta$=2,71), du $CaCO_3$ est dès lors disponible pour des processus de cimentation).

Les contacts entre la mosaïque spatique et la matrice fine ou les grains sont tantôt tranchés, tantôt flous. Certains composants primitifs sont complètement englobés par la calcite (texture "flottante"). La taille des cristaux varie irrégulièrement dans ces plages, en fonction souvent d'hétérogénéités texturales de détail primitives. Les impuretés sont souvent abondantes.

On peut avoir croissance syntaxiale ou épitaxique de cristaux de calcite autour de certains bioclastes monocristallins (entroques par exemple).

**2 - 3 - Compaction**

Comme la plupart des sédiments, les carbonates sont susceptibles de subir une compaction, que l'on peut reconnaître par exemple à la modification morphologique de fossiles fragiles, ou pénétration d'éléments durs dans des éléments tendres. Mais la compaction n'est pas un fait fondamental et général dans les roches carbonatées (Fig. 29).

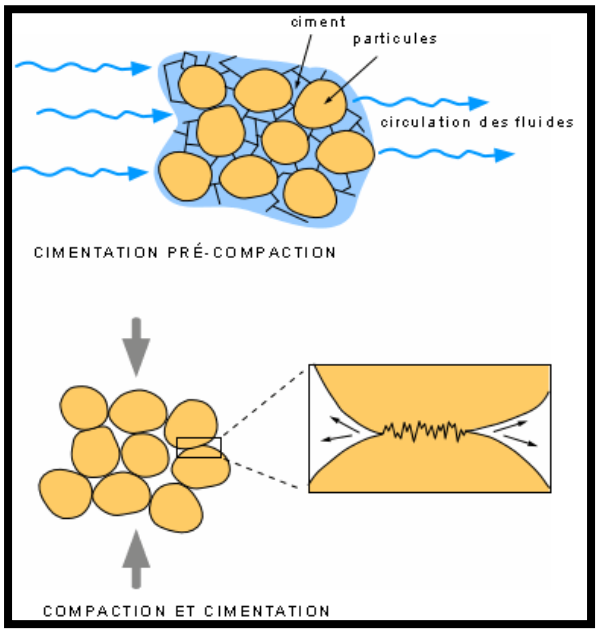



Fig. 29 : Cimentation avant et après la compaction.

**2 - 3 - Dissolution**

La dissolution d'un substrat ou d'une phase diagénétique préexistante a évidemment comme conséquence une augmentation de la porosité. Ce phénomène joue à diverses échelles, depuis celle du système karstique jusqu'à la porosité intraparticulaire. Un processus de dissolution implique

toujours le passage par une étape où existe un vide : ce vide peut être ensuite rempli par des sédiments internes, cimenté...

**2 - 4 - Epigénisation (**remplacement)

Le remplacement implique quant à lui, non seulement un changement de cristallinité (taille et forme primitives), mais également un changement chimique d'un substrat préexistant. La dolomitisation dite secondaire en est un exemple fréquent (Fig. 30), comme la silicification. Notons que les minéraux constituant les éléments figurés peuvent être remplacés sans que leur morphologie soit affectée.

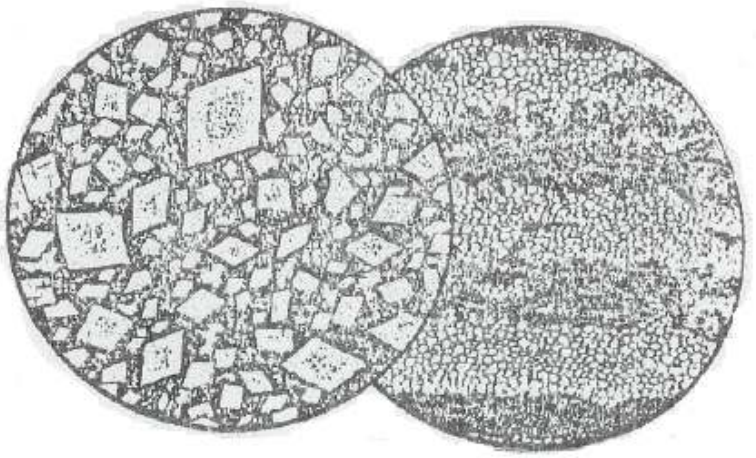


Fig. 30 : Dolomitisation (x25)

**3 – Méthode d'observation en lames minces**

3 -1 - Dessin : avec légendes, échelle, etc.

3 -2 - Eléments figurés

- Evaluation du pourcentage des éléments figurés par rapport à l'ensemble des constituants.
- Différenciation et reconnaissance des divers éléments figurés et évaluation de leur pourcentage par rapport à l'ensemble des éléments figurés.
- Détermination de la forme et de la taille des éléments.

3 –3 - Phase de liaison : Matrice (micrite), Ciment (sparite).

3 -4 - Phénomènes diagénétiques.

3 –5 - Nomenclature (application des différentes classifications) : l'inventaire terminé, le nom de la roche est attribué en fonction des classifications de Folk et de Dunham.

3 –6 - Milieu de dépôt : l'essentiel est de reconstituer le milieu de sédimentation.

## 4 - Critères de caractérisation des milieux de dépôt (figures 31, 32, 33)

### 4 –1 - Critères liés aux facteurs biologiques

Dans le cas d'un profil complexe, à barrière, ces critères peuvent contribuer à distinguer les zones internes par rapport au reste du profil. Le rôle d'écran joué par la barrière (organismes coloniaux constructeurs) permet généralement de différencier le milieu subtidal interne (organismes spécialisés) du milieu marin ouvert qui est le domaine de vie des organismes pélagiques. L'utilisation (réfléchie) de modèles de répartition de la faune et de la flore trouve ici sa pleine justification (voir exemples).

Si le profil est plus simple (sans barrière), la distinction entre plate-forme interne et externe est parfois difficile. Le passage peut être graduel et correspondre à une limite d'énergie entre un milieu peu profond et un milieu plus profond. La distinction entre ces milieux différents est alors basée sur la fréquence et l'oligospécificité d'organismes benthiques, plus forte en plate-forme interne et sur la fréquence des algues, également plus grande en plate-forme interne.

### 4 – 2 - Critères liés aux facteurs physiques (dynamisme des eaux)

Le niveau d'énergie est estimé en général en fonction de la taille, de la densité et de l'angularité des grains d'une part et de la présence ou non d'un matériau fin d'autre part (absence ou présence de boue primaire). Cependant, à la différence des séries détritiques, l'origine même des carbonates joue évidemment un rôle important et ne permet pas d'établir un rapport direct entre le niveau d'énergie et le faciès. Les variations du niveau d'énergie seront donc définies par estimation de la proportion relative du matériau fin et des grains, en relation avec leurs caractéristiques morphologiques initiales. Il faut toujours se rappeler que les éléments pris en considération doivent être critiqués en fonction d'autres facteurs possibles: taille des bioclastes et angularité fonction de leur origine, micrite d'origine secondaire, par microsparitisation d'un grainstone par exemple. Ceci permet en général de déterminer si les sédiments étudiés se sont déposés en eau calme ou agitée, sans indication d'environnement particulier. Dans le cas d'un profil de plate-forme complexe, le gradient des niveaux d'énergie est discontinu: la plate-forme externe et la barrière présentent des niveaux d'énergie forts, comparables à ceux de l'intertidal, alors que ceux de la plate-forme interne sont faibles. Un niveau d'énergie faible peut être significatif d'un dépôt en eau profonde, sous la zone d'action des vagues ou bien, au contraire, caractériser un dépôt en eau très peu profonde dans un domaine protégé par la présence d'une barrière.

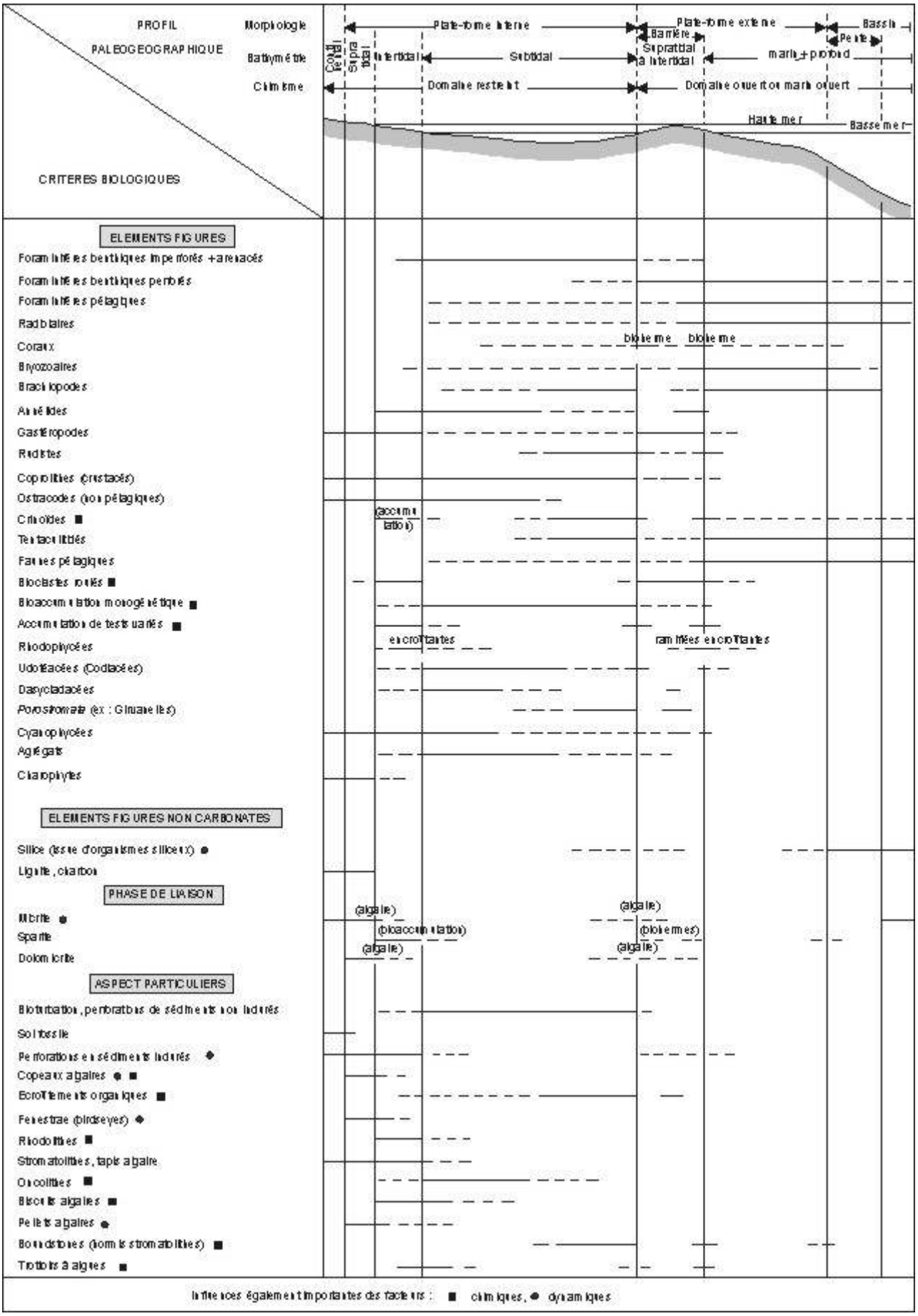



Fig. 31 : Critères biologiques de caractérisation des milieux de dépôt.

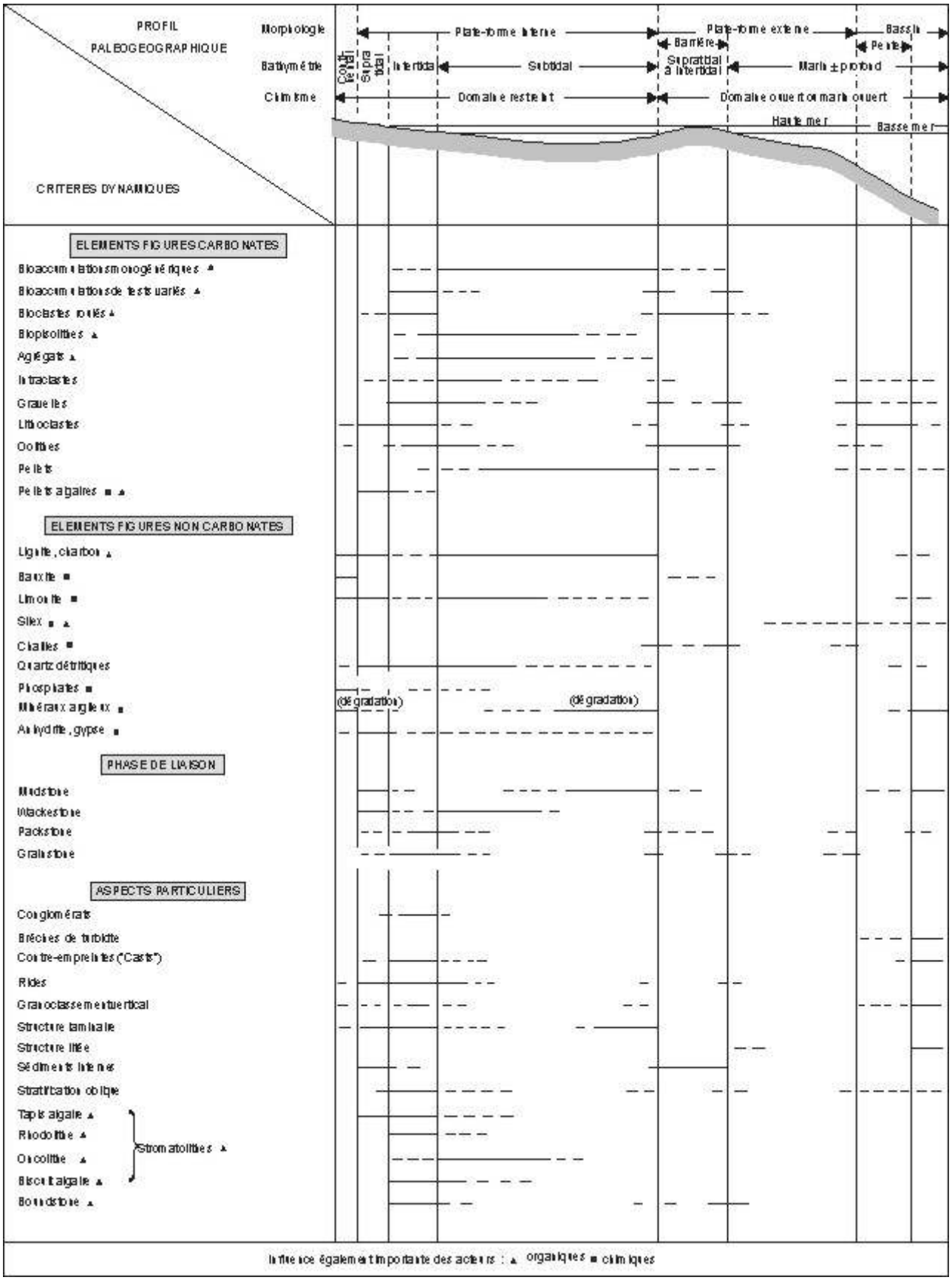



Fig. 32: critères dynamiques de caractérisation des milieux de dépôt.

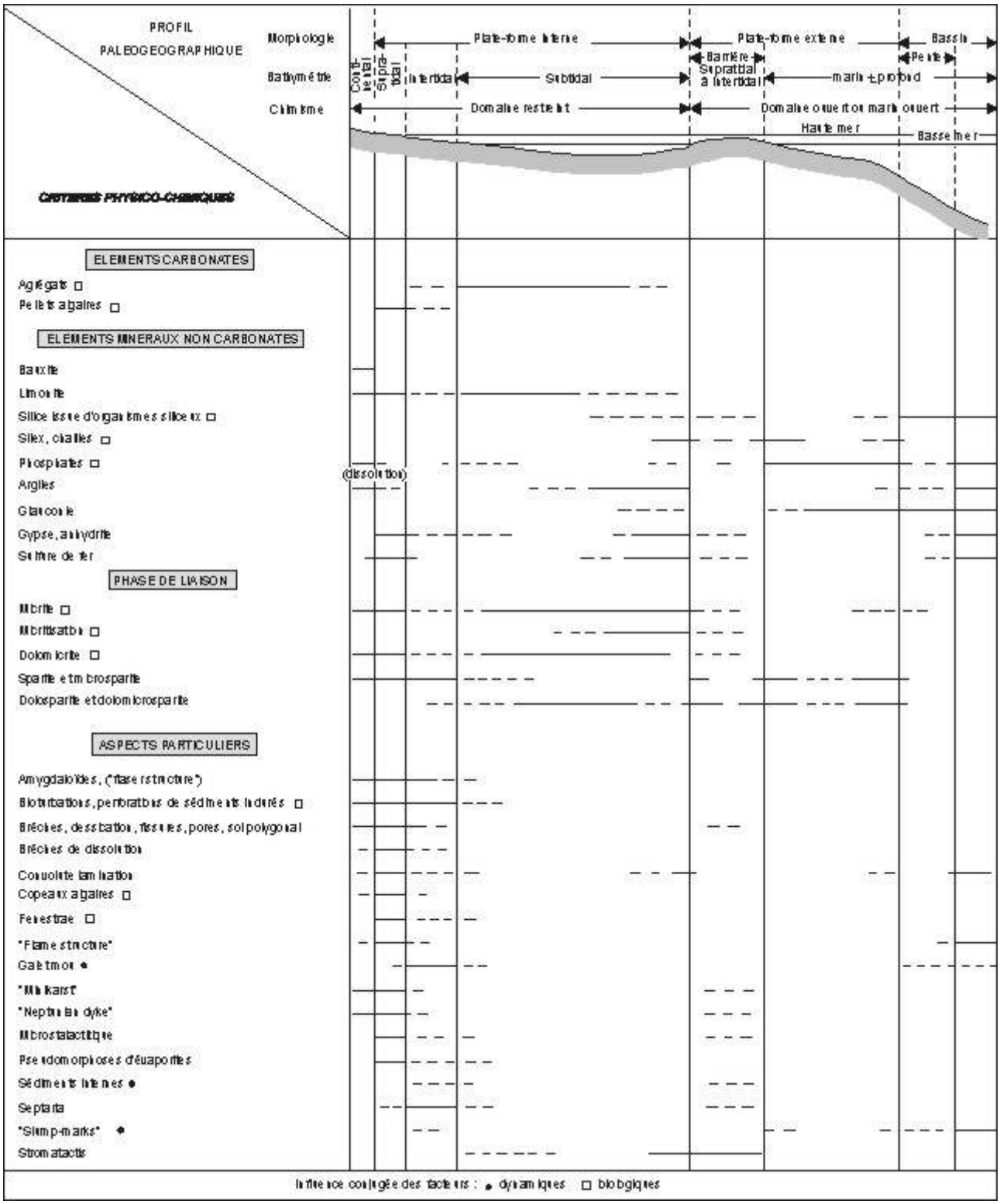



Fig. 33 : critères physico-chimiques de caractérisation des milieux de dépôt.