

Pétrographie Sédimentaire

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

TP Pétrologie sédimentaire

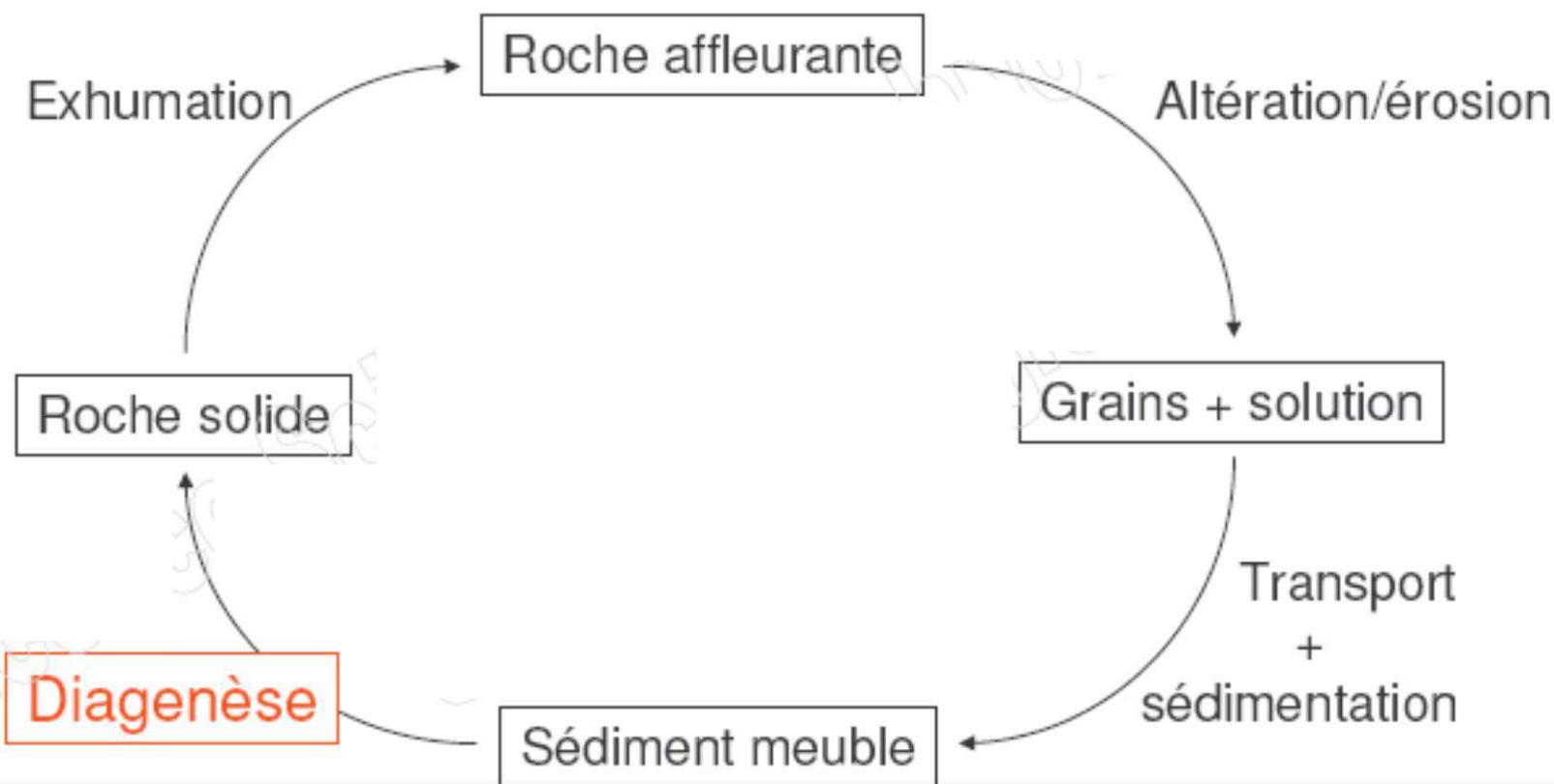
Phases de liaisons carbonatées

BOUR Ivan

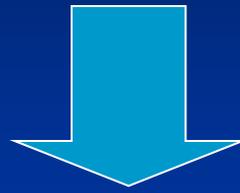
Laboratoire IDÉS

Bât. 504

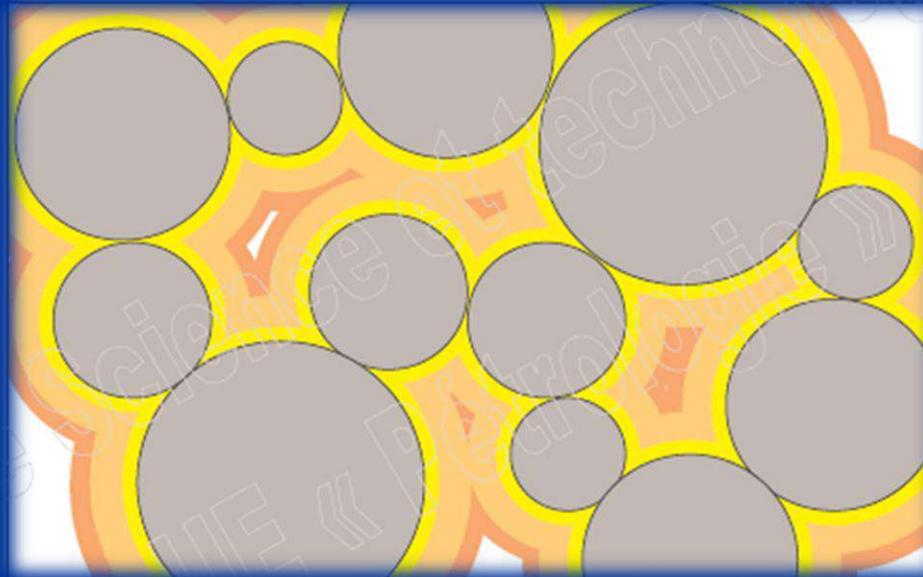
Cycle des roches sédimentaires



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.

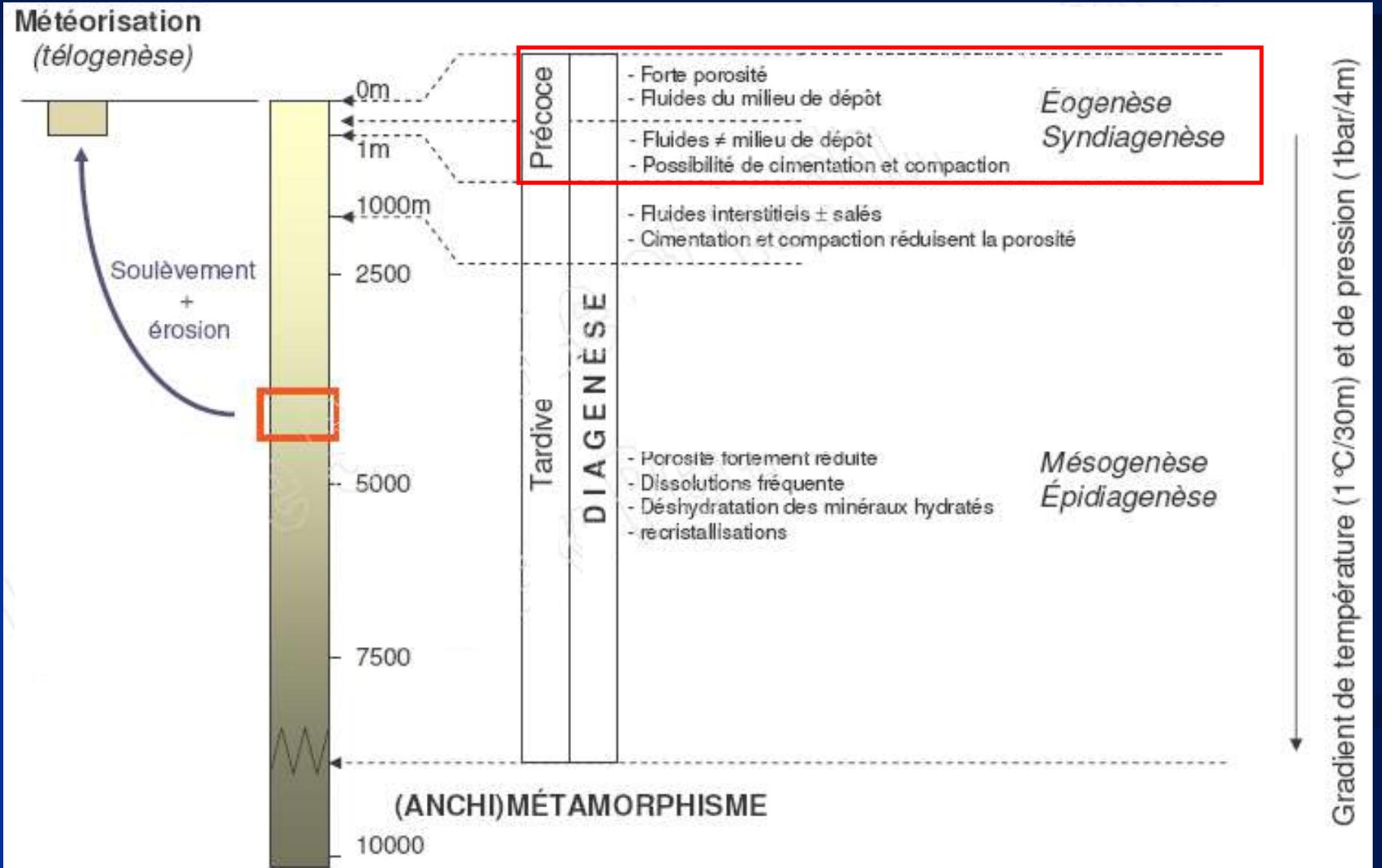


Transformation progressive d'un dépôt meuble en roche sédimentaire solide.



Cimentation-
Lithification

Catégories de diagenèse



Les roches carbonatées et la diagenèse

I. Les processus diagénétiques majeurs

- 1) La cimentation
- 2) La micritisation microbienne
- 3) La recristallisation
- 4) La dissolution
- 5) La compaction
- 6) La dolomitisation
- 7) Zone vadose vs zone phréatique

II. Les ciments aragonitiques

- 1) Aragonite frangeante
- 2) Aragonite botryoïde

III. Les ciments dolomitiques

IV. Les ciments calcitiques

- 1) La calcite fortement magnésienne
- 2) La calcite fibreuse
- 3) La calcite sparitique

I. Les processus diagénétiques majeurs

1) La cimentation

- ❑ Processus diagénétique majeur,
- ❑ Formation d'un calcaire induré à partir d'un sédiment meuble = Précipitation de calcaires par supersaturation en CaCO_3 des fluides interstitiels,
- ❑ Sources de CaCO_3 :
 - l'eau des pores;
 - Pression-Dissolution;
 - Dissolution de bioclastes/lithoclastes,
- ❑ Facteurs de contrôle: eau de mer, Mg/Ca , P_{CO_2} , taux d'apport en carbonates, taux de sédimentation

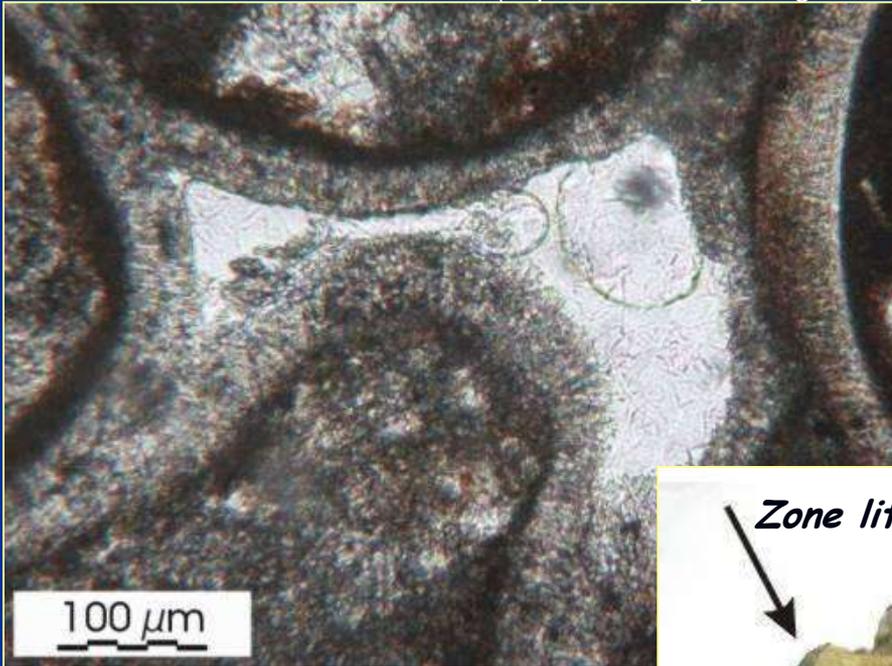
2) La micritisation microbienne

- ❑ Formation d'une enveloppe de micrite autour de grains pré-existants par activité bactérienne,
- ❑ Action de cyanobactéries perforant des bioclastes,
- ❑ Les vides restants (5-15 μm) sont remplis de micrite,
- ❑ Le processus peut entièrement micritiser le grain pour former des pellets (20-60 μm),
- ❑ La micrite peut précipiter chimiquement ou biochimiquement.

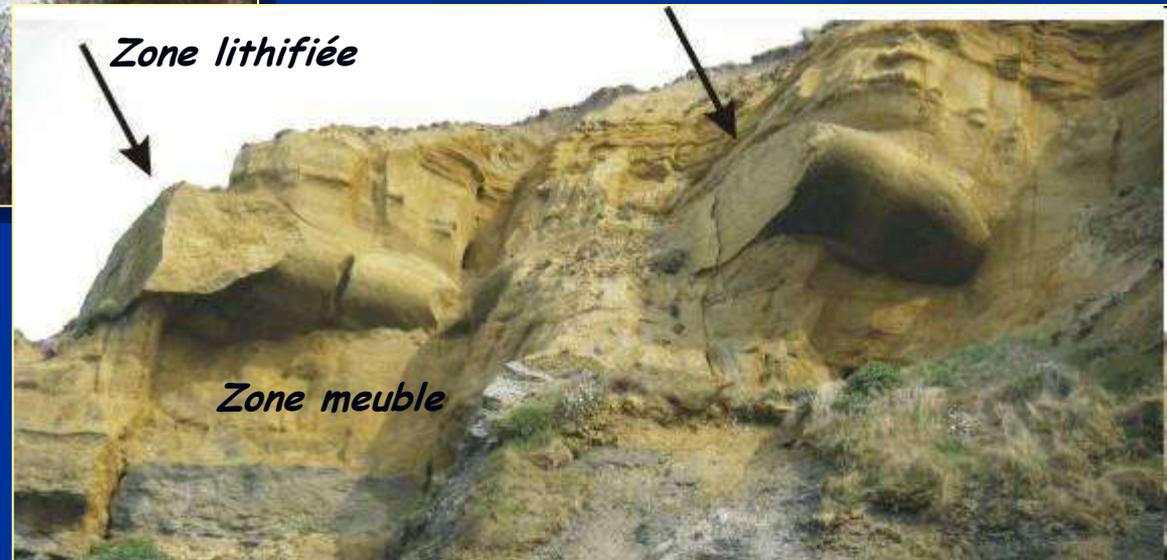
I. Les processus diagénétiques majeurs

1) Exemples de cimentation

Cliché Boulvain (<http://www2.ulg.ac.be/geolsed>)



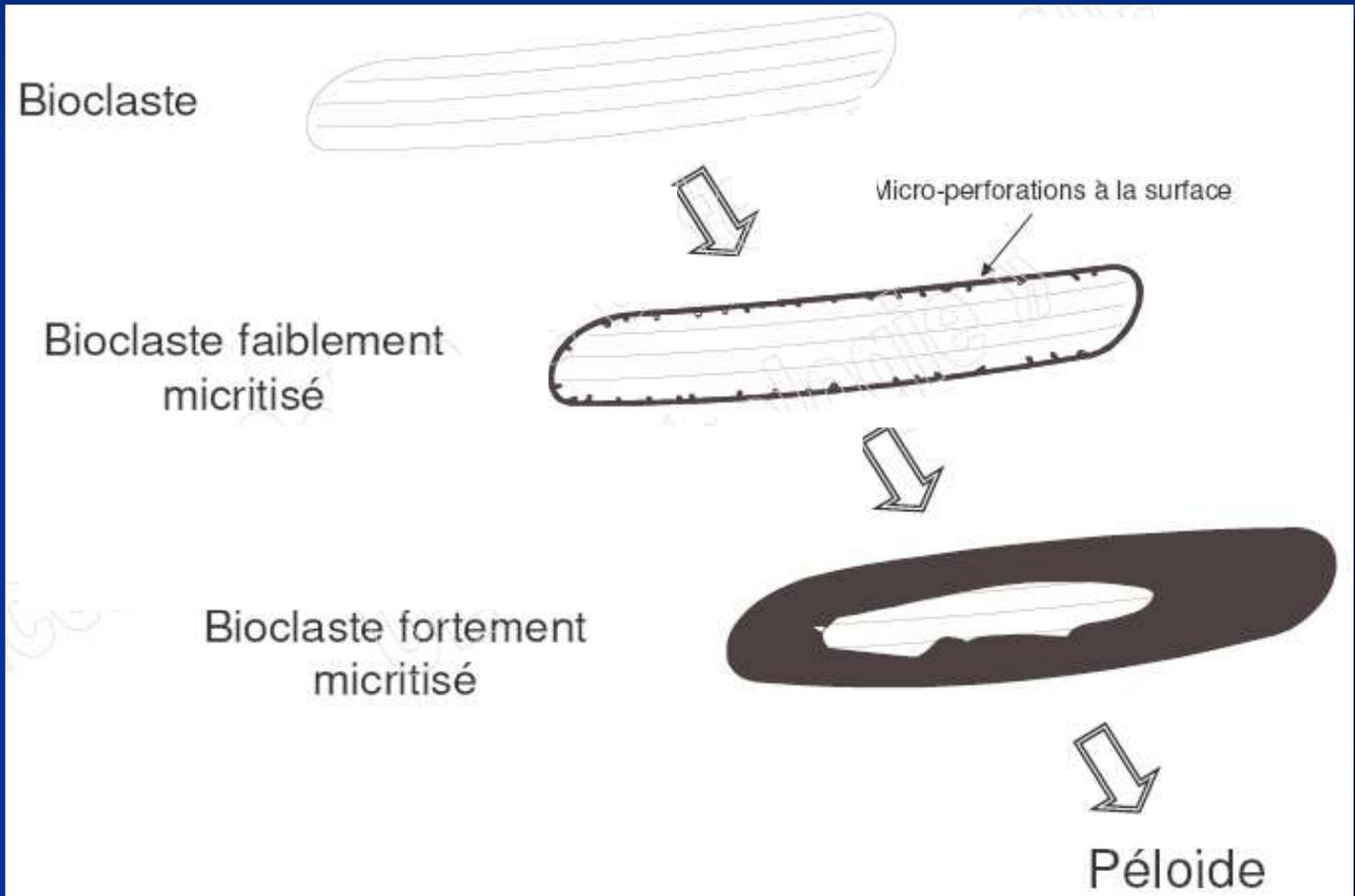
Cimentation: précipitation centripète de ciment carbonaté fibreux dans une cavité d'un calcaire.



Cimentation partielle d'un sable avec formation de "miches" de grès (flèches)

I. Les processus diagénétiques majeurs

2) Exemples de micritisation microbienne

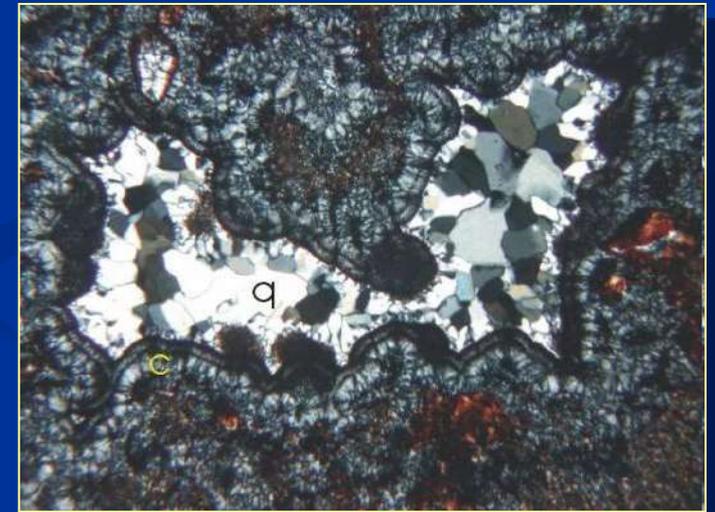
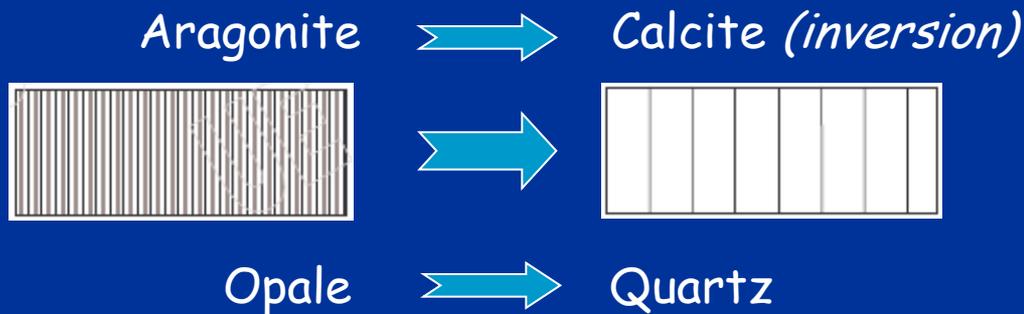


I. Les processus diagénétiques majeurs

3) La recristallisation

Remplacement et processus de recristallisation avec changements minéralogiques et/ou de fabrique.

Ex: Calcification: transformation d'aragonite/calcite en calcite par précipitation directe de la calcite secondaire (pas de fantôme de grain dissout et peut préserver les structures originelles).



Remplacement: silicification d'un calcaire.

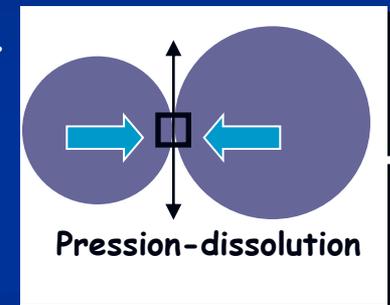
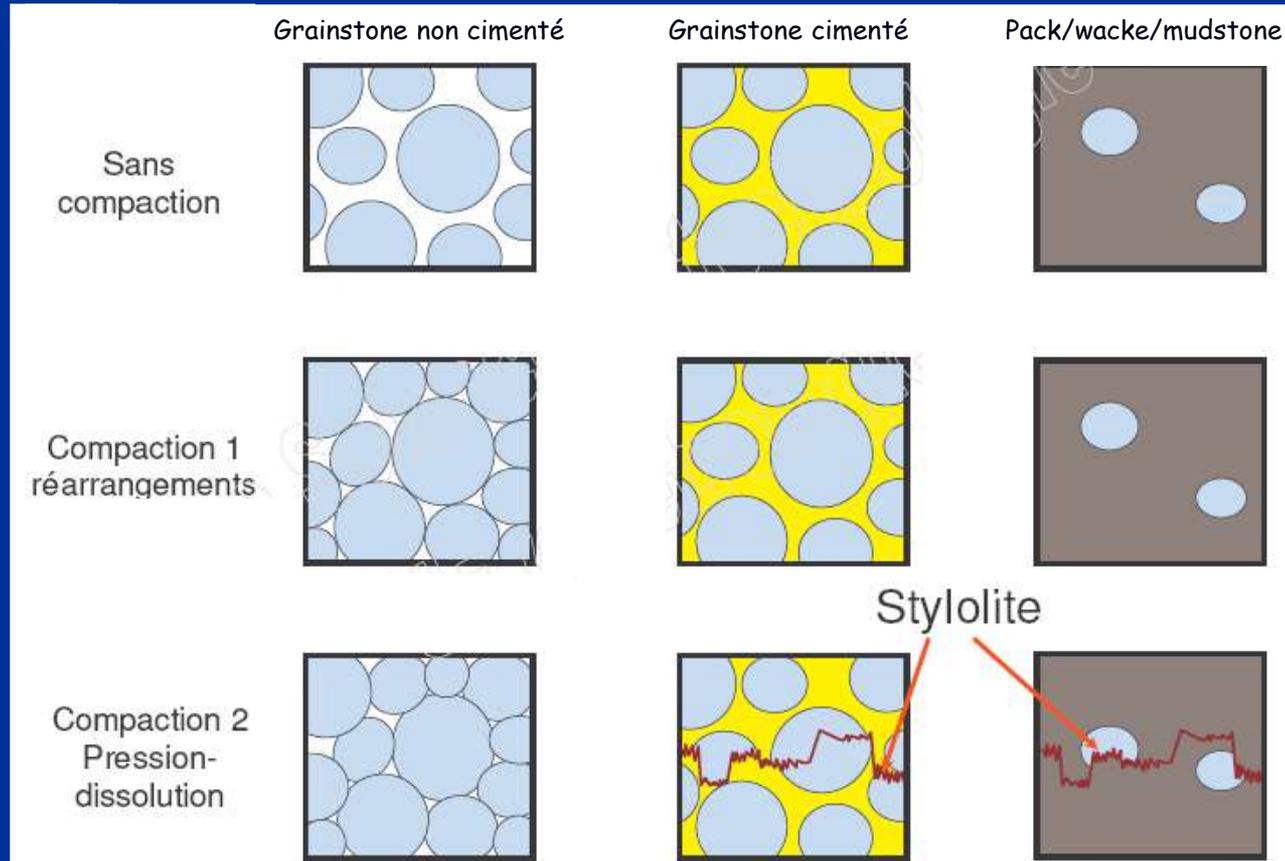
4) La dissolution

- Dissolution des calcaires pré-existants,
- Passage de fluides interstitiels sous-saturés en CaCO_3

I. Les processus diagénétiques majeurs

5) La compaction

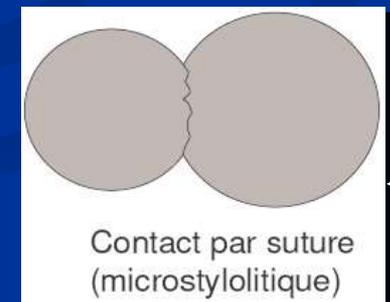
- ❑ Resserrement et déformation des grains associés à l'enfouissement des sédiments,
- ❑ Fracturation et dissolution éventuelle aux points de contact (contacts suturés ou concavo-convexes),
- ❑ Formation de stylolites si enfouissement > à 100 m de profondeur.



Pression-dissolution



Contact concavo-convexe



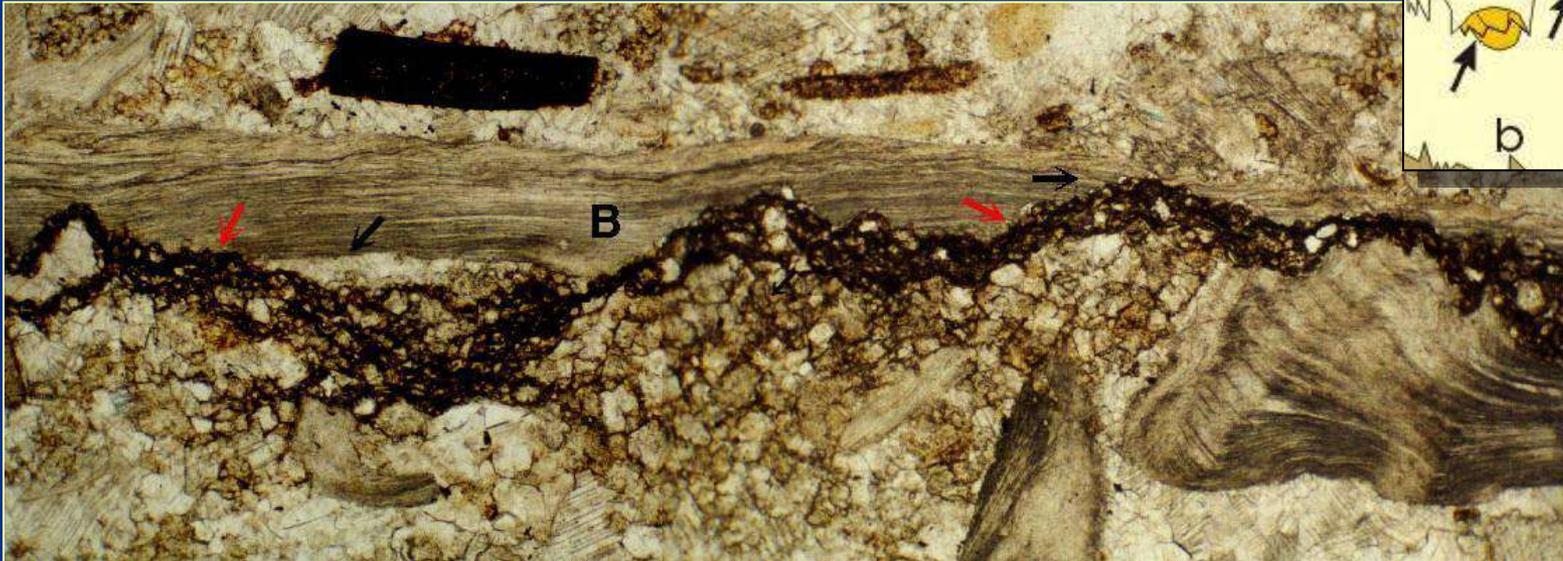
Contact par suture (microstylolitique)

I. Les processus diagénétiques majeurs

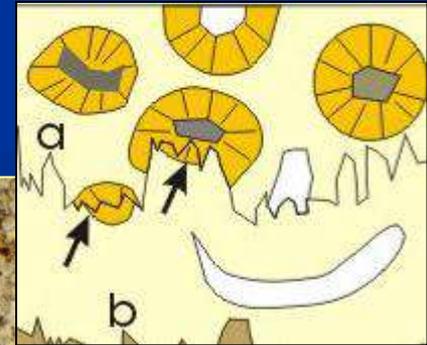
Exemple de compaction et de dissolution



Joints stylolitique (flèches rouges).



Joint de dissolution (flèches rouges) attaquant un claste de brachiopode dans un grainstone.

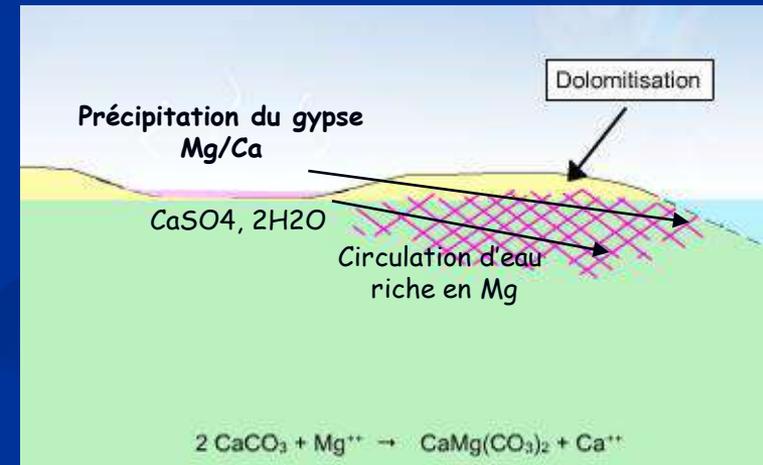
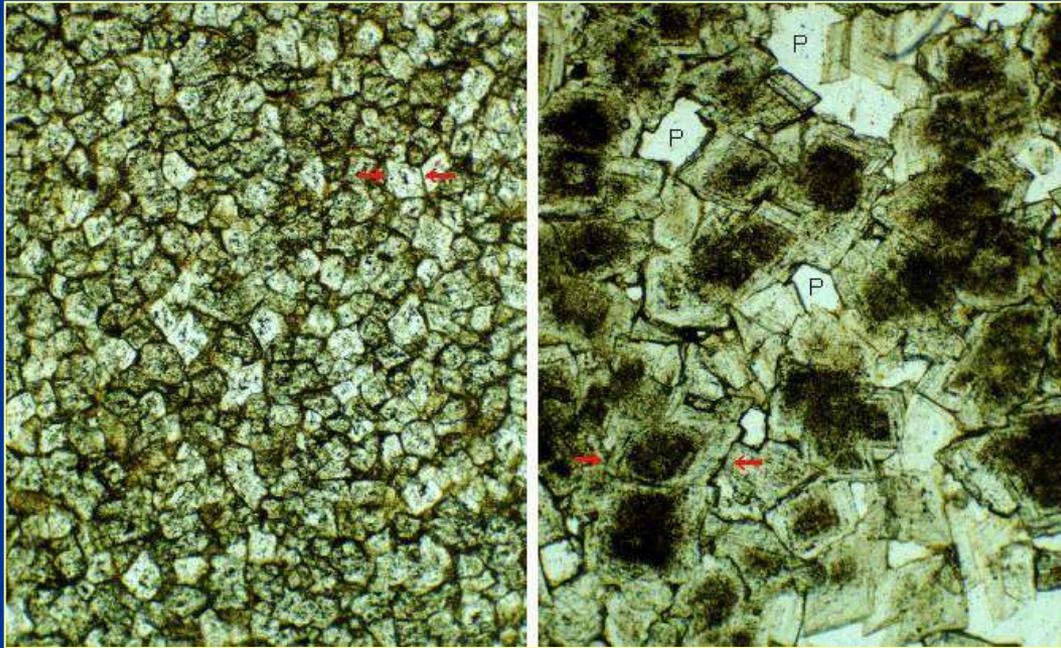


I. Les processus diagénétiques majeurs

6) La dolomitisation (phénomène de remplacement)

Précipitation de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

La dolomitisation est le phénomène par lequel la calcite ou l'aragonite (ainsi que des composés sulfuro-calciques) peuvent être partiellement remplacés par les composés magnésiques.



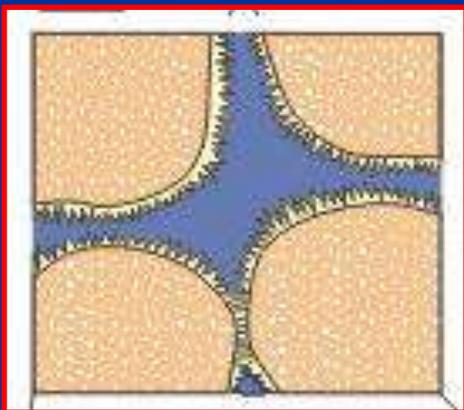
Grainstone à intraclastes (calcaire) qui a été dolomitisés.

La dolomite se développe généralement sous forme de cristaux rhombique

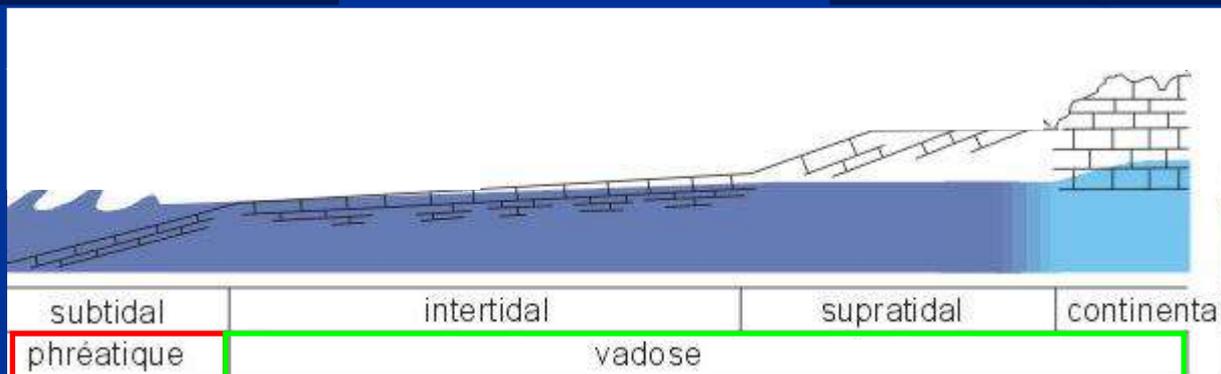
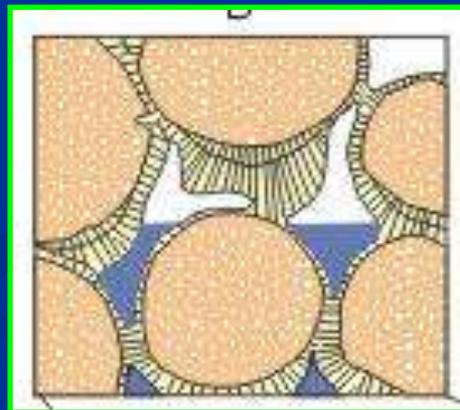
I. Les processus diagénétiques majeurs

7) Zone vadose vs zone phréatique

Zone phréatique:
Pores constamment remplis d'eau:
Ciments isopaques



Zone vadose:
Pores périodiquement remplis d'eau:
Ciments frangeants asymétriques (stalactitiques)
Ciments en ménisques



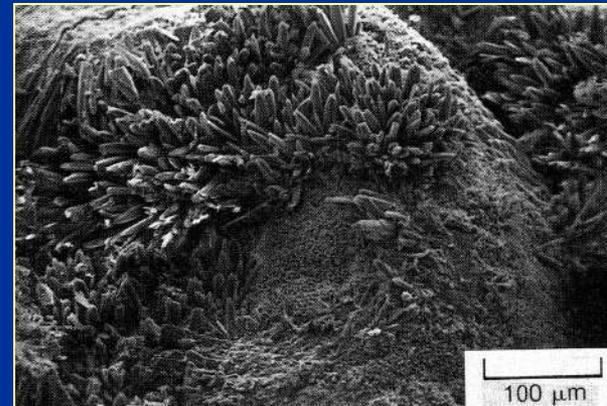
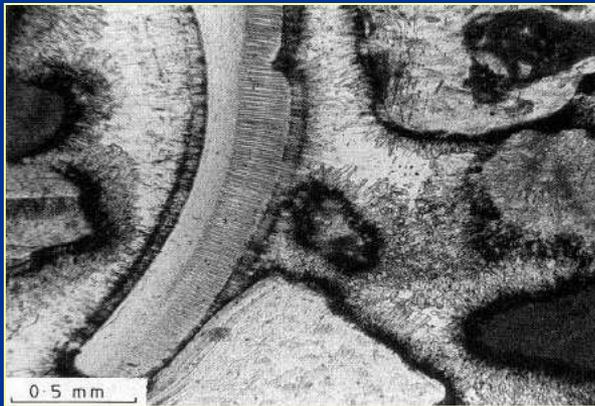
D'après Boulvain
(<http://www2.ulg.ac.be/geosed>)

II. Les ciments aragonitiques

- Ciments récents marins des zones supratidales, intertidales et subtidales
Enrichis en Sr ($> 10\,000$ ppm) et appauvris en Mg (≤ 1000 ppm)
Ex: beachrocks, récifs...

1) L'aragonite frangeante

- ❑ Cristaux en lame de couteau ($L/l > 6/1$ avec $l < 10\,\mu\text{m}$)
- ❑ Perpendiculaires à la surface des grains
- ❑ Souvent isopaques: 10-200 μm d'épaisseur
- ❑ Précipitation physicochimique (ex: évaporation)



2) L'aragonite botryoïde

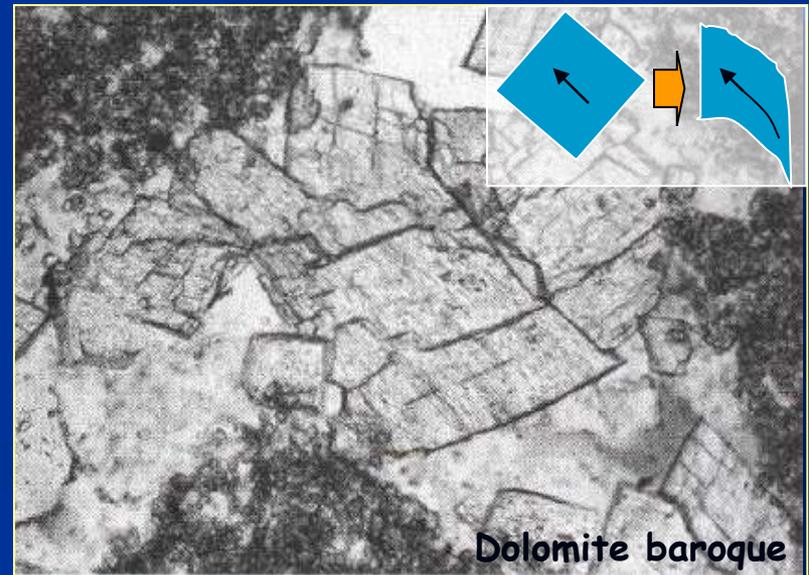
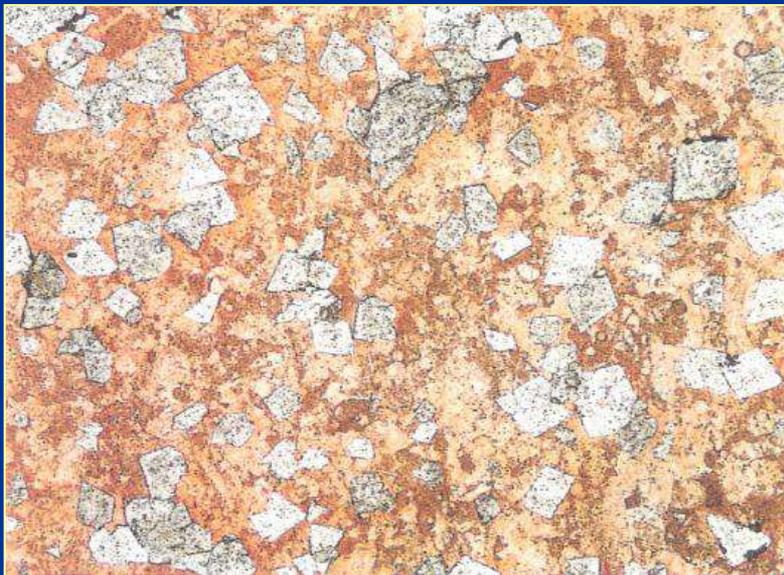
- ❑ Cristaux fibreux maclés,
- ❑ En grappes de raisin isolées ou coalescentes (peut atteindre 100 mm de diamètre)

III. Les ciments dolomitiques

Dolomite : carbonate de calcium et de magnésium $(Ca,Mg)(CO_3)_2$

- ❑ minéral rhomboédrique communément zoné ,
- ❑ généralement riche en fer ferreux,
- ❑ remplis les pores/cavités: cristaux en mosaïque et cristaux poecilithiques) ou remplace des minéraux calcitiques,
- ❑ Précipitation physicochimique.

➤ Ciment typique de la diagenèse précoce (dolomitisation syngénétique) et de la diagenèse d'enfouissement (dolomitisation épigénétique)



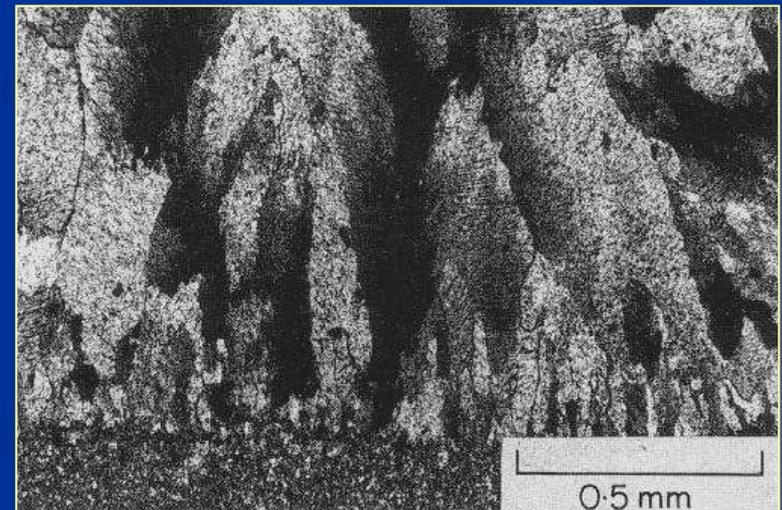
IV. Les ciments calcitiques

1) La calcite fortement magnésienne

- ❑ Ciment micritique sombre
 - Entoure les grains et remplit les pores/cavités
 - Peut être présent sous la forme de pellets (20-60 μm de diamètre)
 - Précipitation biochimique (action microbienne)
 - ❑ Ciments pâles frangeants (L:20-100 μm ; l:<10 μm)
- Ciments récents marins des zones supratidales, intertidales et subtidales (ex: beachrocks, récifs...)
Appauvri en Sr (~ 1000 ppm) et enrichi en Mg (14-19 moles% MgCO_3)

2) La calcite fibreuse

- ❑ Cristaux allongés (L/l ~ 6/1 avec l > 10 μm)
 - ❑ Perpendiculaires au substrat
 - ❑ Apparence nébuleuse/poussièreuse, présence d'inclusions
 - ❑ Précipitation physicochimique
 - ❑ Calcite à l'origine fortement magnésienne
- Ciment marin ancien (récifs...)



IV. Les ciments calcitiques

3) La calcite sparitique

- Cristaux équants, clairs, limpides, parfois zonés (variations des teneurs en Fe et Mn)
 - Peu d'inclusions,
- Limites inter-cristallines planes,
 - Remplis les pores/cavités,
 - Précipitation physicochimique.

Fabrique drusique

Taille croissante des cristaux depuis les grains ou la bordure de la cavité

Fabrique syntaxiale

En continuité optique avec les grains

Fabrique poecilitique

Larges cristaux (pls mm-cm) enveloppant plusieurs grains

- Ciment typique des environnements météoriques et d'enfouissement (> 10^{aïne} -100^{aïne} m)
Principal ciment des calcaires

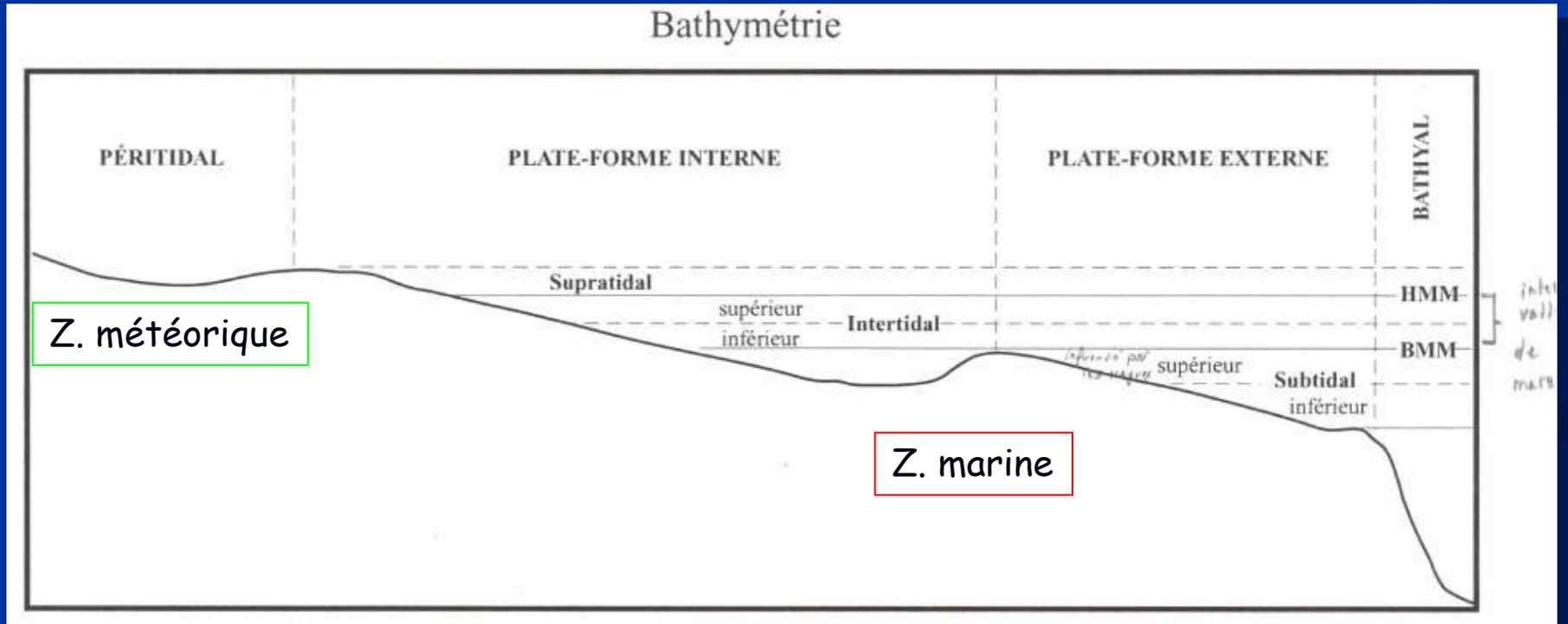
**DIAGENESE PRECOCE
ET
ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES**



DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

En termes de diagenèse, on peut définir trois environnements fondamentaux :

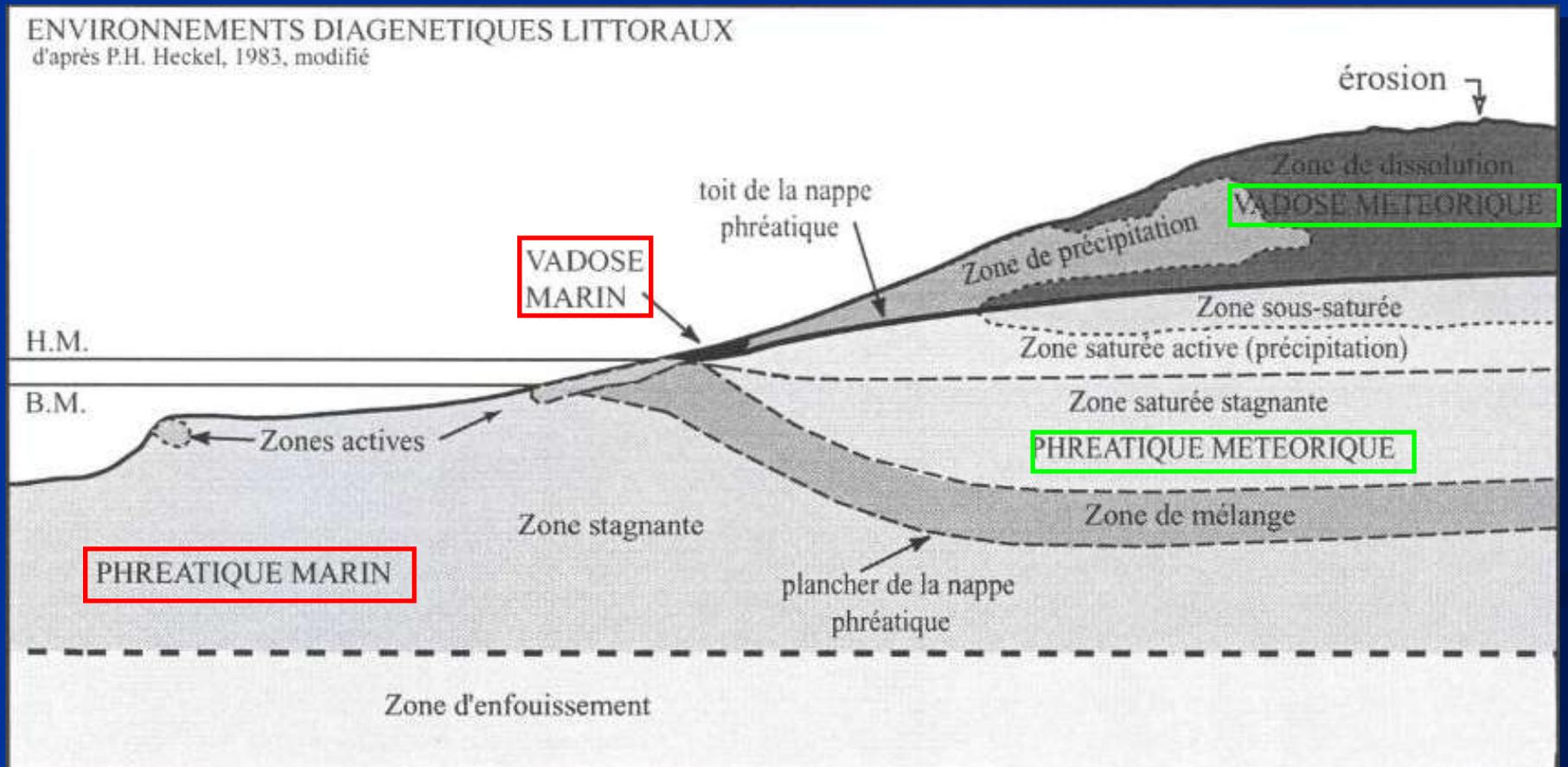
- Plate-forme externe (milieux marins)
 - infratidal (ou subtidal),
- Plate-forme interne (milieux marins)
 - intertidal,
 - supratidal,
- Milieu continental
 - péritidal.



DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Subdivision des milieux diagénétiques en deux zones :

- **zone phréatique** toujours noyée,
- et **zone vadose** au-dessus du plan d'eau.



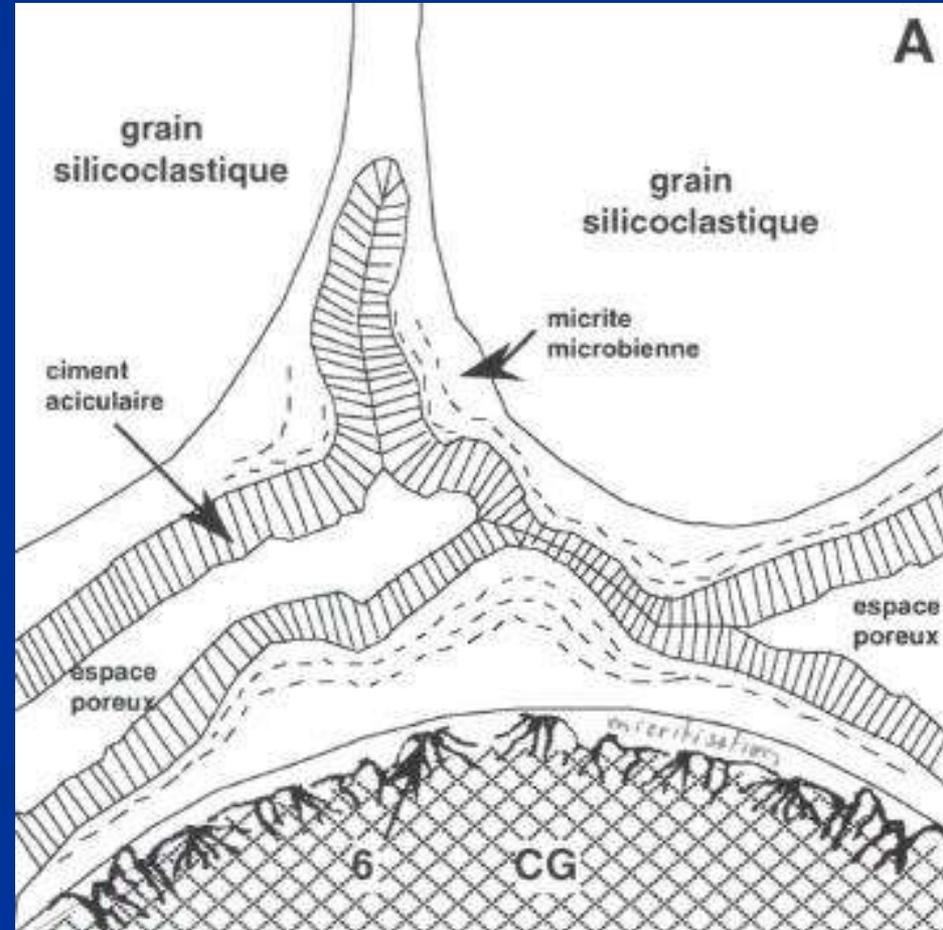
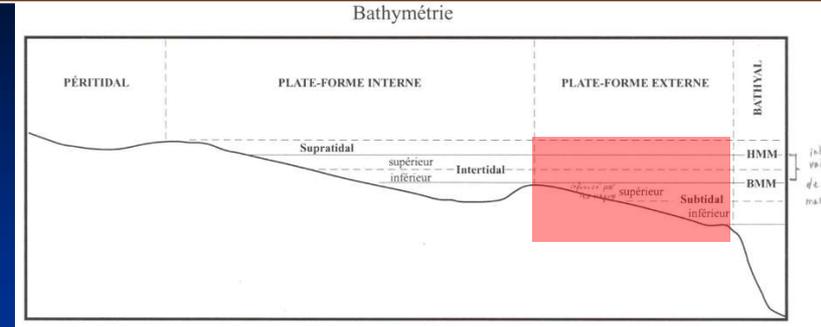
DIAGENÈSE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Microstructures

1) Zone subtidale (=zone phréatique marine)

Ciment aragonitique fibreux à disposition régulière :

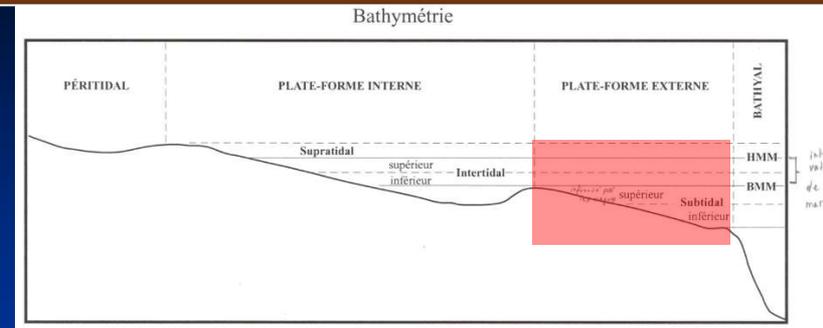
- ciments isopaques (épaisseur constante),
- pelliculage complet du grain en cristaux jointifs (ciments palissadiques),
- environnements phréatique (nappe souterraine saturée en eau de mer)



DIAGENÈSE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Microstructures

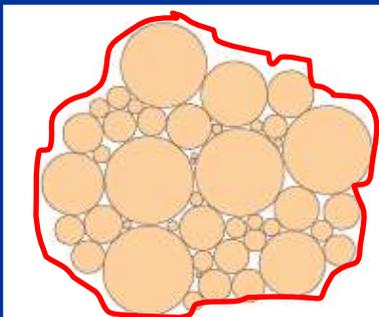
1) Zone subtidale (=zone phréatique marine)



Micritisation : grains micritisés ± poussée, action de filaments microbiens (action centripète).



Agrégats : grains composites micritiques avec des formes parfois digetées incluant des grains eux-mêmes micritisés.



Enveloppe
microbienne

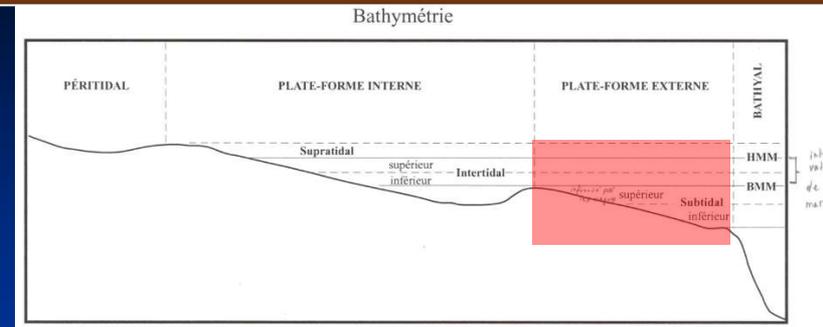
Caractéristique
d'environnements
chauds à
hydrodynamisme
modéré.



DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Microstructures

1) Zone subtidale (=zone phréatique marine)



Galets mous :

- grains micritiques le plus souvent aplatis, déformés par les autres grains périphériques,
- agglomérats de boue calcaire,
- indice d'un environnement calme affecté par une phase d'hydrodynamisme important.

Effet d'abris :

- préservation de particules fines (micrite) sous certains grains squelettiques (par ex. coquilles de bivalve, brachiopode),
- indice de variation de l'hydrodynamisme dans les milieux subtidaux

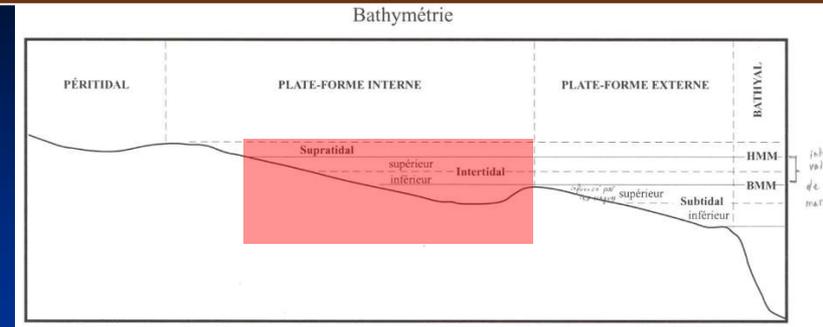
DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Microstructures

2) Zone intertidale

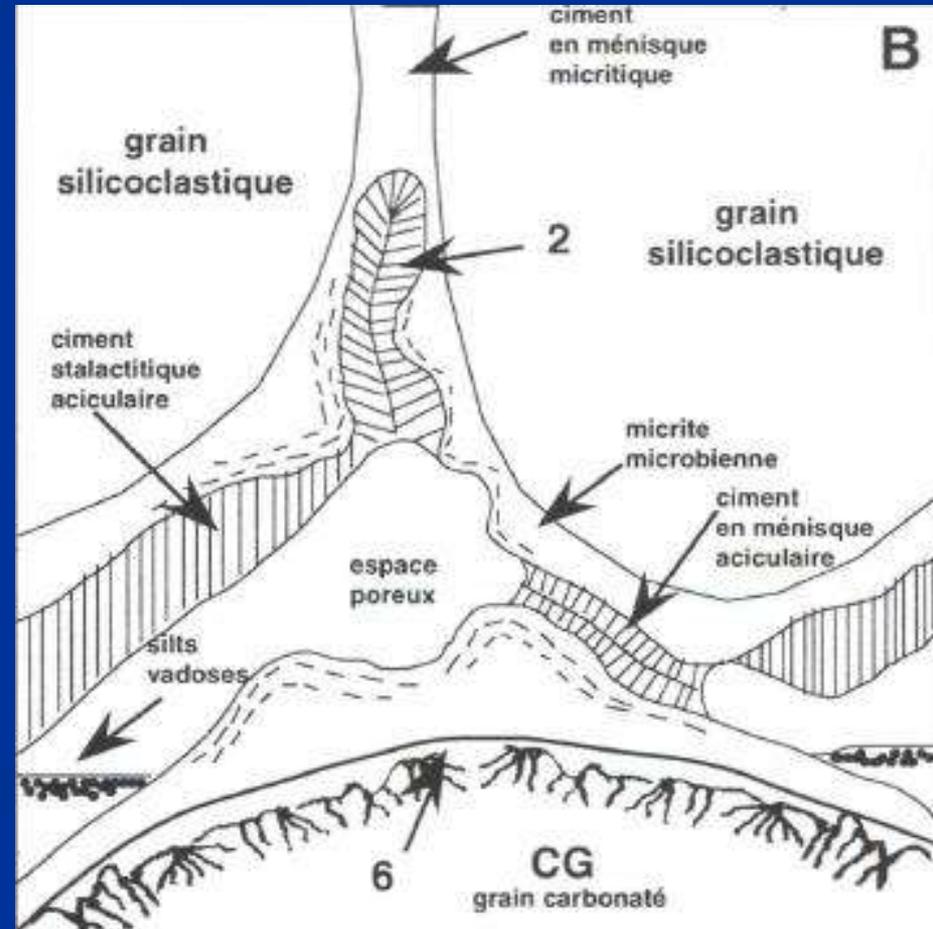
(=zone vadose marine)

3) Zone supratidale



Ciment aragonitique fibreux à tendance microstalactitique :

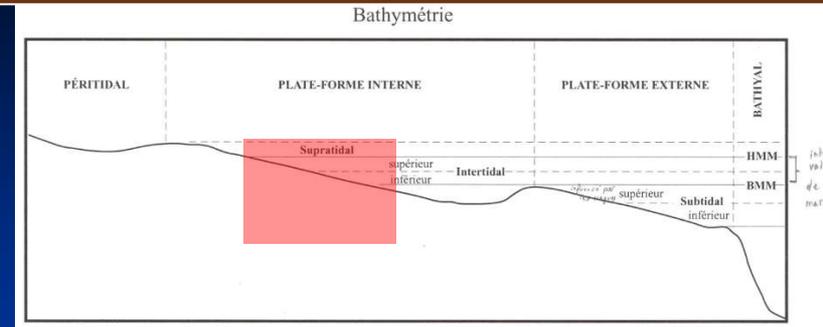
- ciments « pendants » (stalactites)
- et ciments en « ménisques » (entre les grains) caractéristiques de la zone inter- et supratidale (zone de balancement des marées).



DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Microstructures

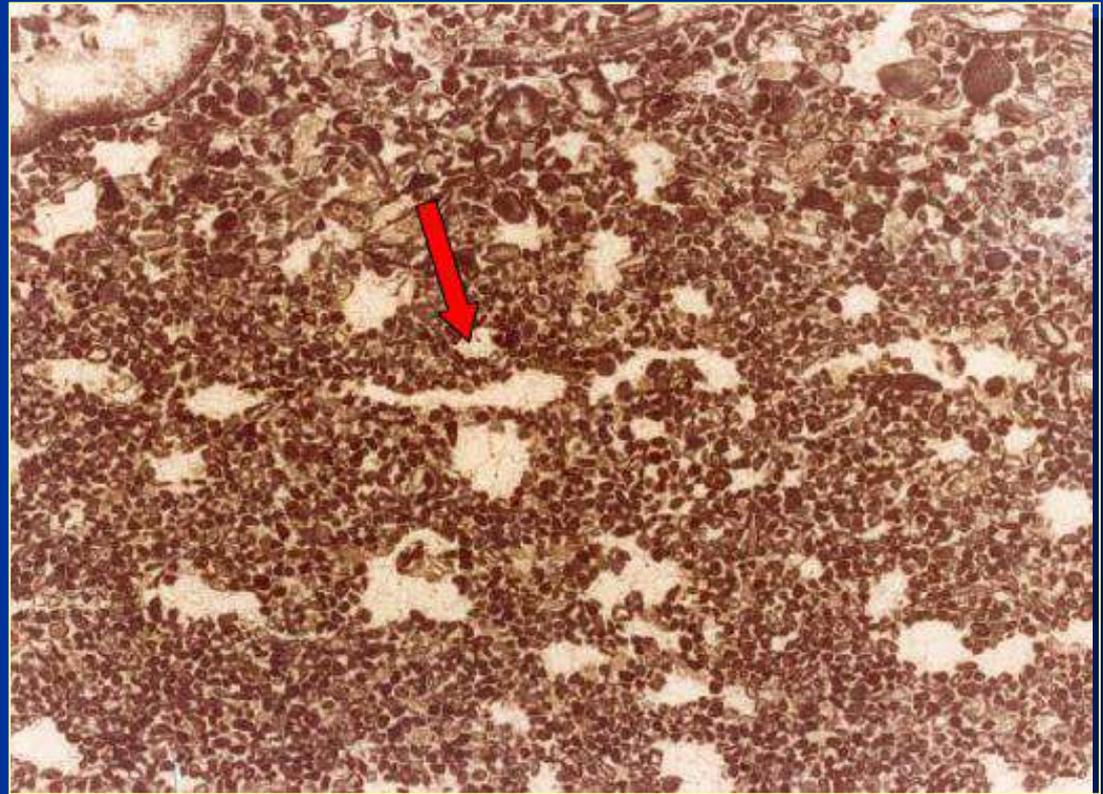
3) Zone supratidale (=zone vadose marine)



Keystone vugs (clé de voûte):

- bulles d'air (issus lors de la marée basse) piégées dans les grains => création d'un espace vacuolaire.
- implique une sédimentation grossière.

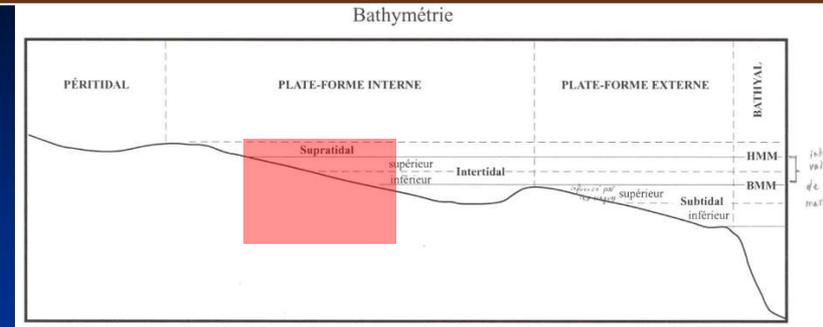
Les ciments en ménisque peuvent accompagner les Keystones



DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

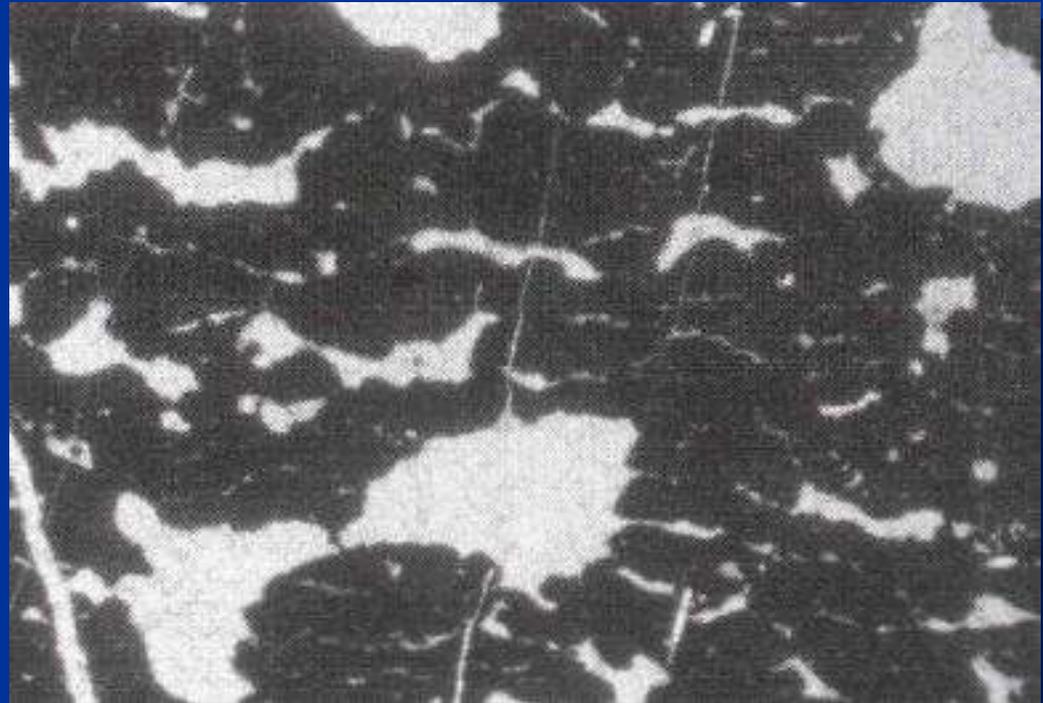
Microstructures

3) Zone supratidale (=zone vadose marine)

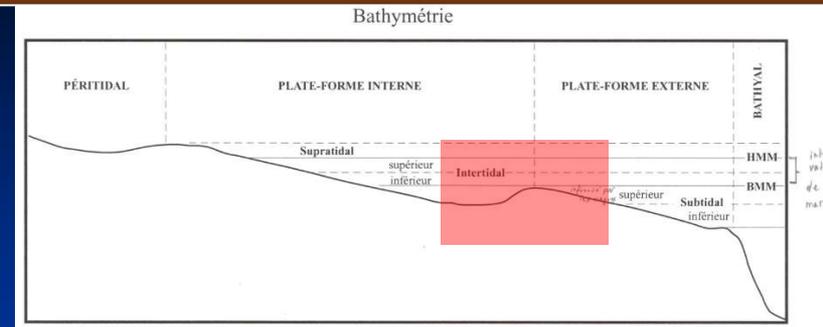


Birds eyes :

- vacuoles formées par les gaz de fermentation piégés dans un sédiment très fin,
- implique une sédimentation boueuse calcaire.



3) Zone supratidale

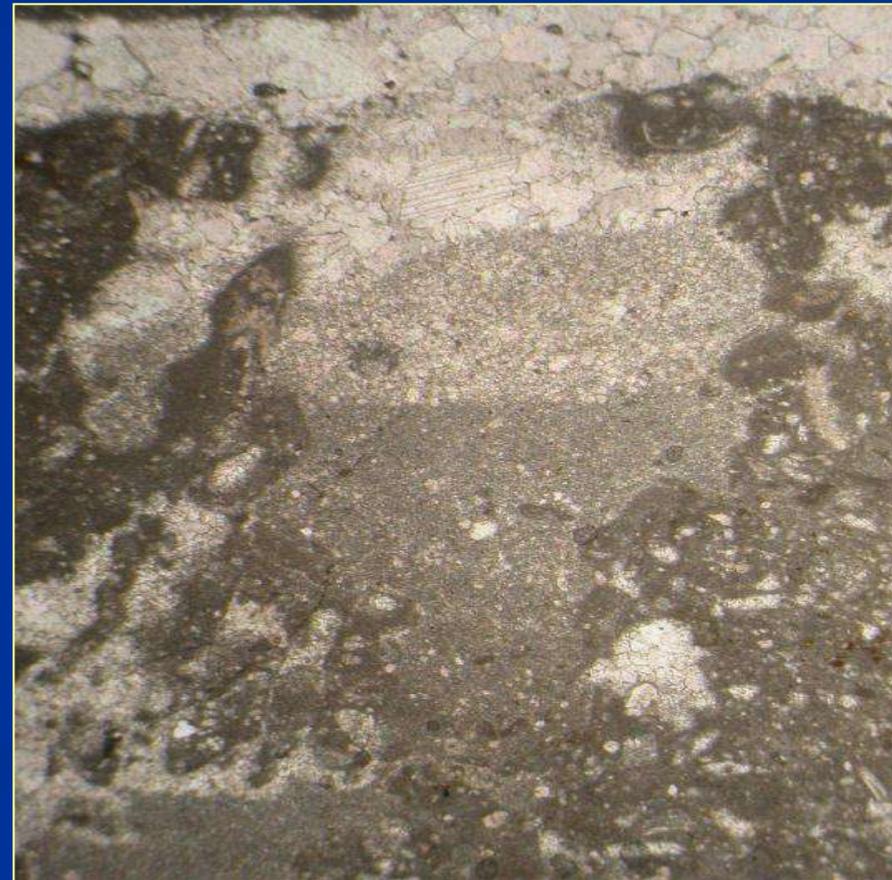


Silts vadose :

- Dépôts micritiques remplissant partiellement une vacuole avec un granoclassement inverse.
- Les eaux vadoses sont des eaux de percolation verticale.

Fente de dissolution à remplissage de bas en haut :

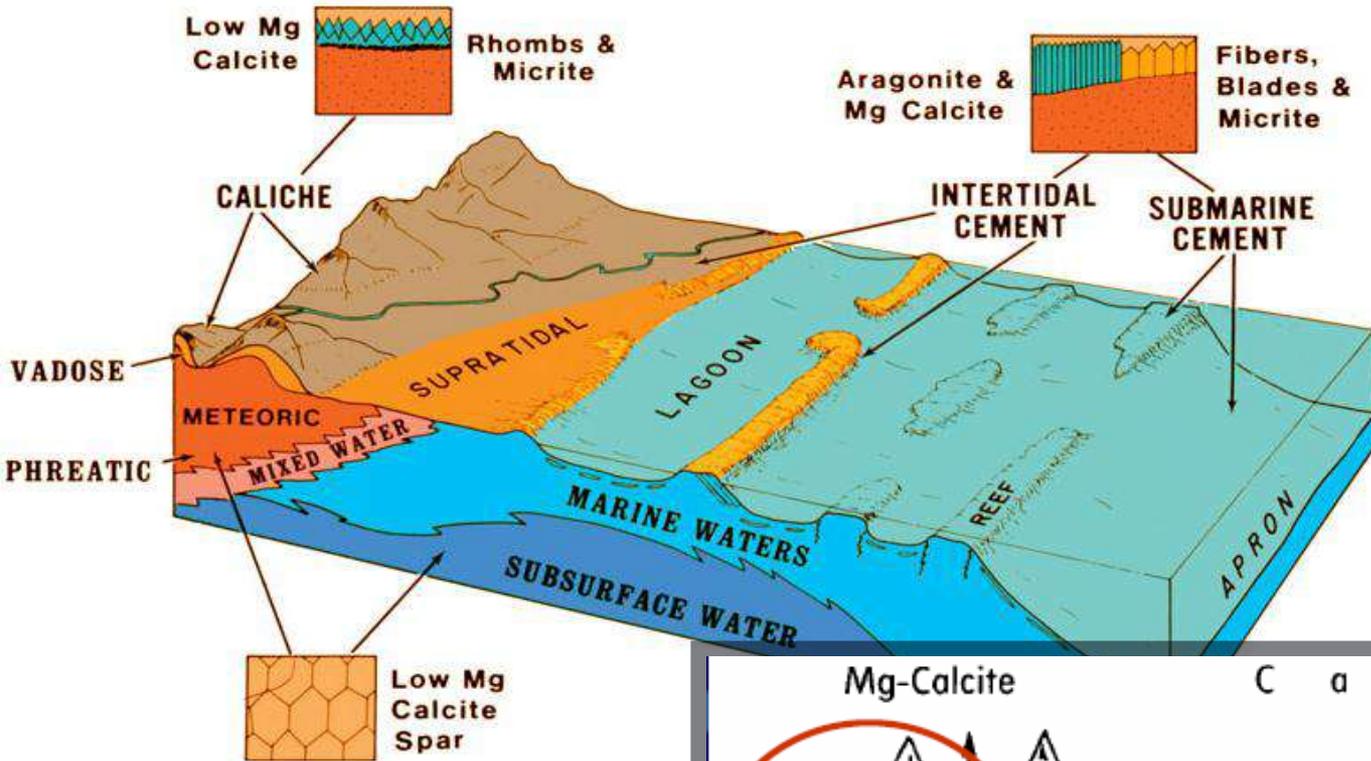
- micrite (météorique vadose),
 - microsparite,
 - sparite en mosaïque (météorique phréatique ?)
- (x15)



DIAGENÈSE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

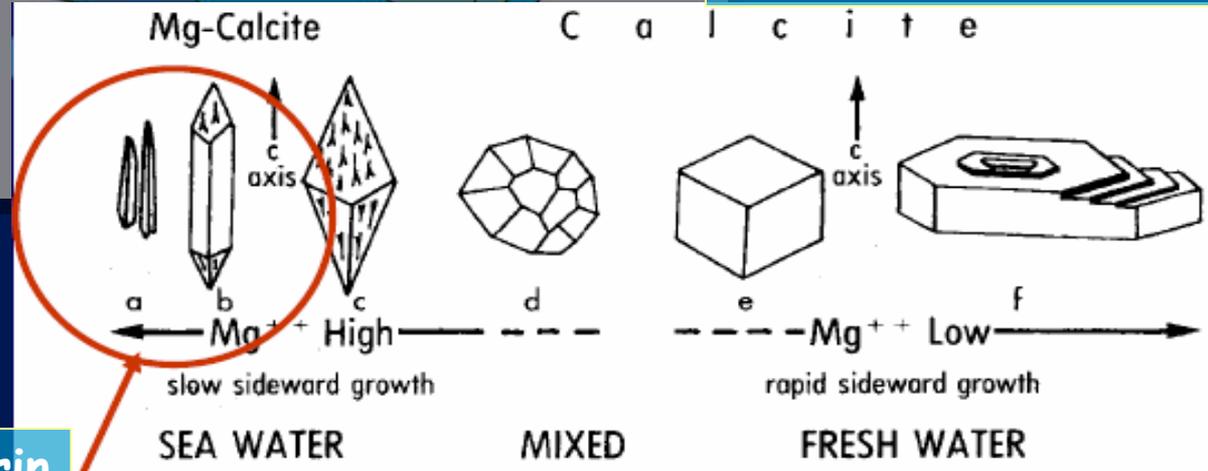
Microstructures

Holocene Calcium Carbonate Cementation



Transition
cimentation
carbonaté marin
→ continentale

Domaine continentale



Domaine marin

From Folk, 1974

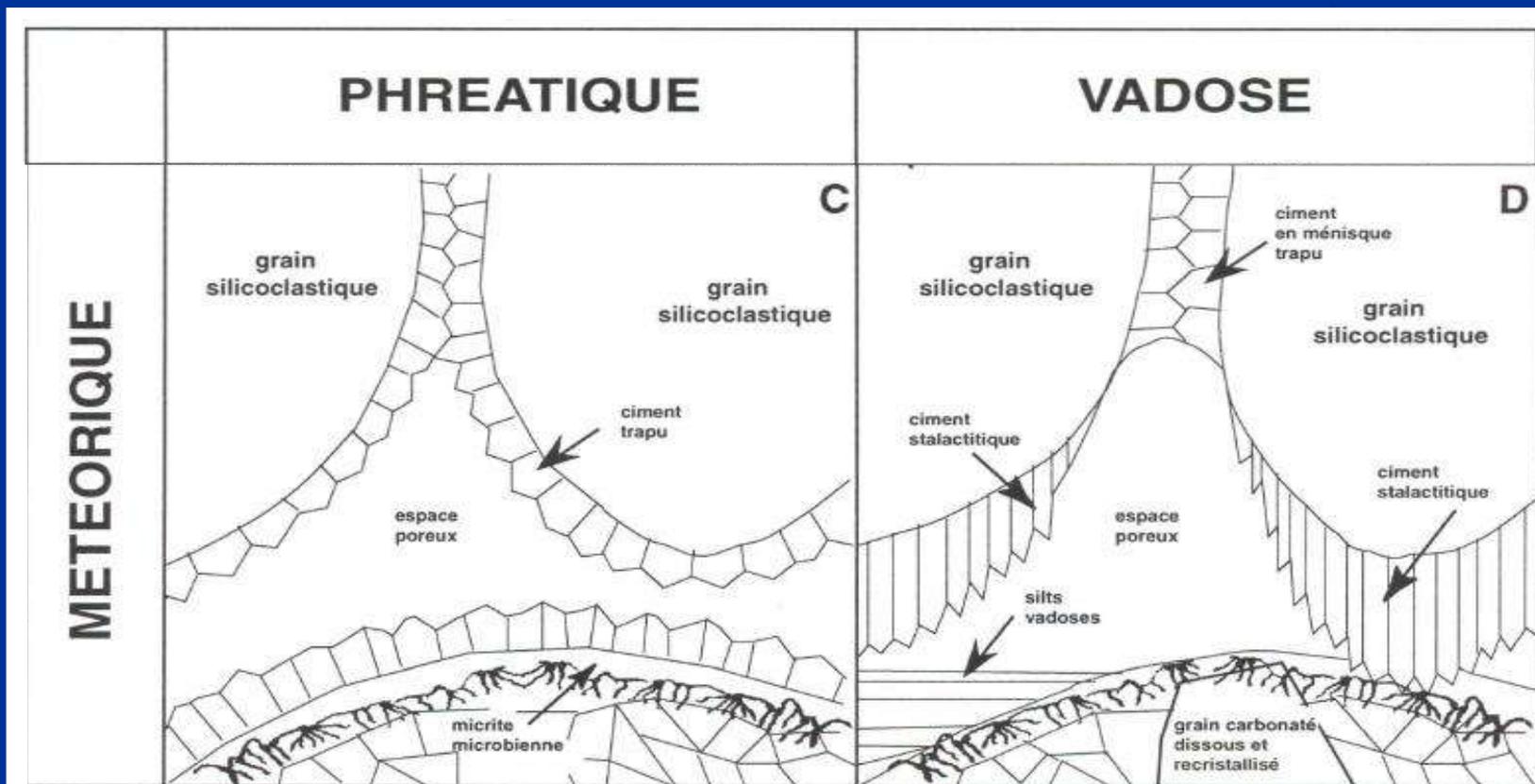
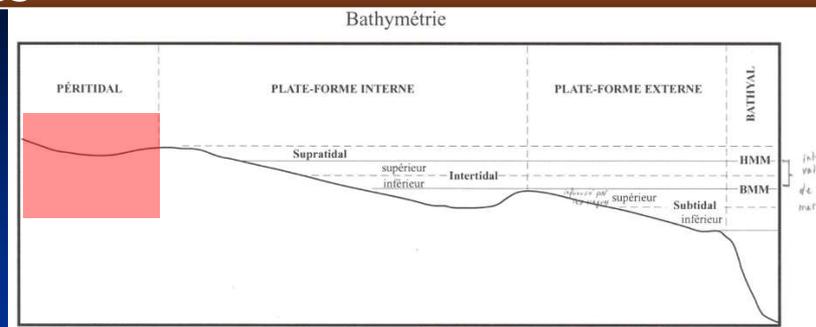
DIAGENESE PRECOCE ET ENVIRONNEMENTS DIAGENETIQUES

Microstructures

4) Zone péritidale

Calcite sparitique non magnésienne :

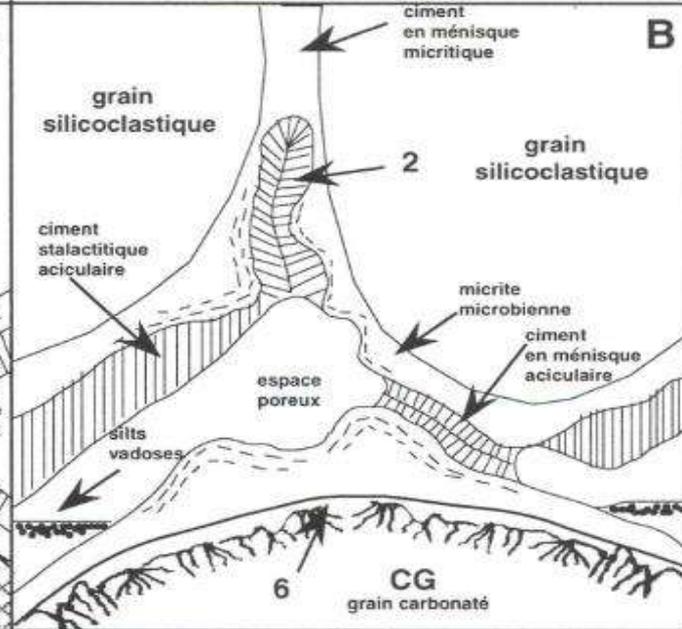
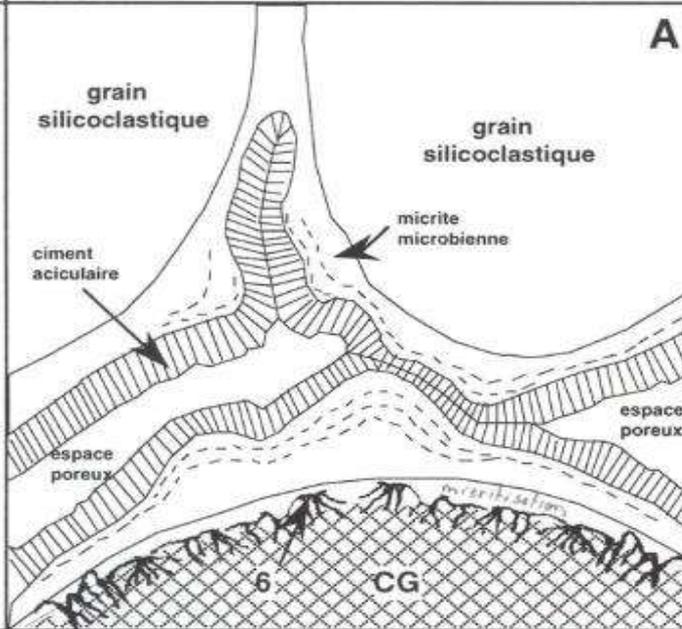
- ciments « trapu ou drusique », caractéristiques de la zone météorique => calcite dite en mosaïque.
- Grains entièrement pelliculés de cristaux de grandes tailles (50 μm)



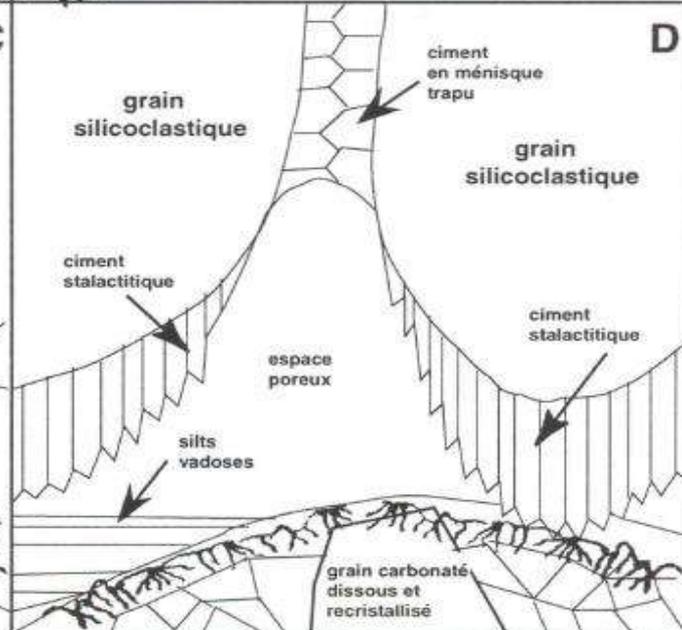
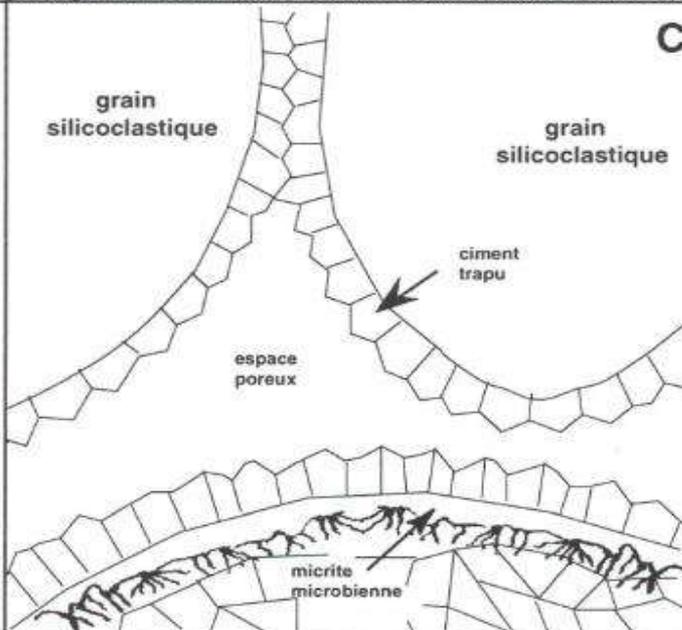
PHREATIQUE

VADOSE

MARIN



METEORIQUE



Quelques exemples...

Milieu infratidal (sous-marin)

Ce milieu, par définition, est toujours sous l'eau et le sédiment est en contact soit avec l'eau de mer, soit avec des solutions interstitielles marines de composition variable pouvant entraîner des dissolutions ou des précipitations.



Grainstone lithoclastique et bioclastique. La cimentation consiste en une frange fibreuse de 60 μm , en croûte isopaque. C'est une diagenèse précoce en zone phréatique marine.

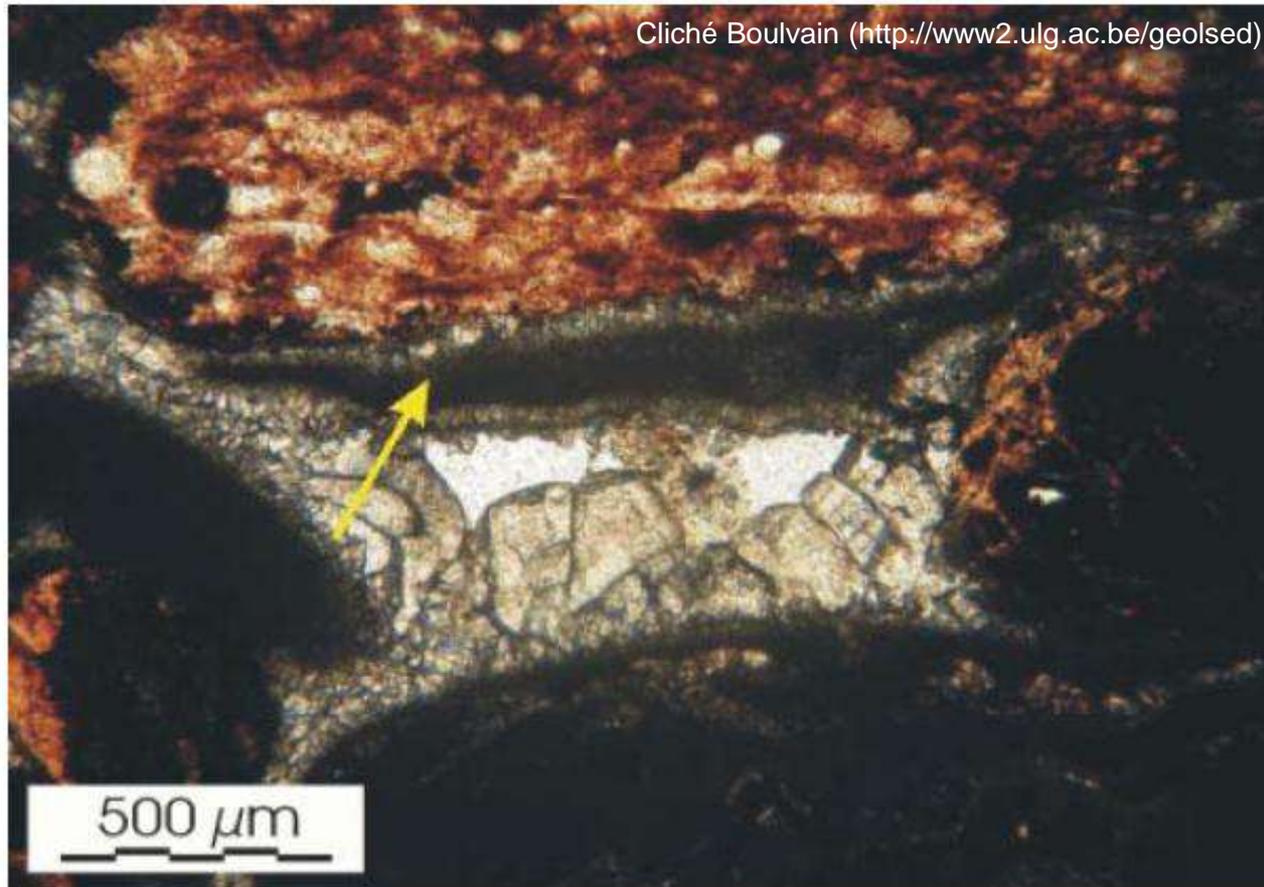
Cliché Boulvain (<http://www2.ulg.ac.be/geolsed>)



Gros-plan sur le ciment fibreux de la lame précédente.

Milieu inter- et supratidal

Dans la zone de battement des marées, les facteurs diagénétiques sont voisins de ceux du milieu sous-marin, au moins en ce qui concerne l'eau.

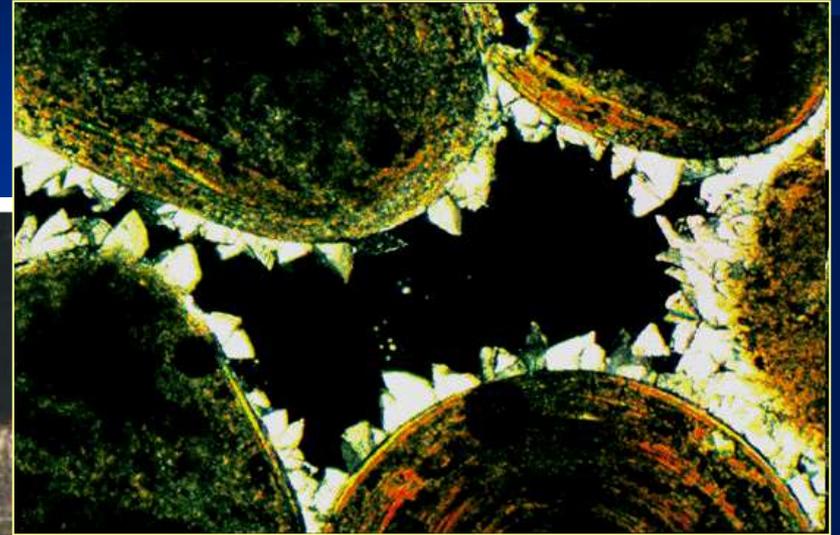
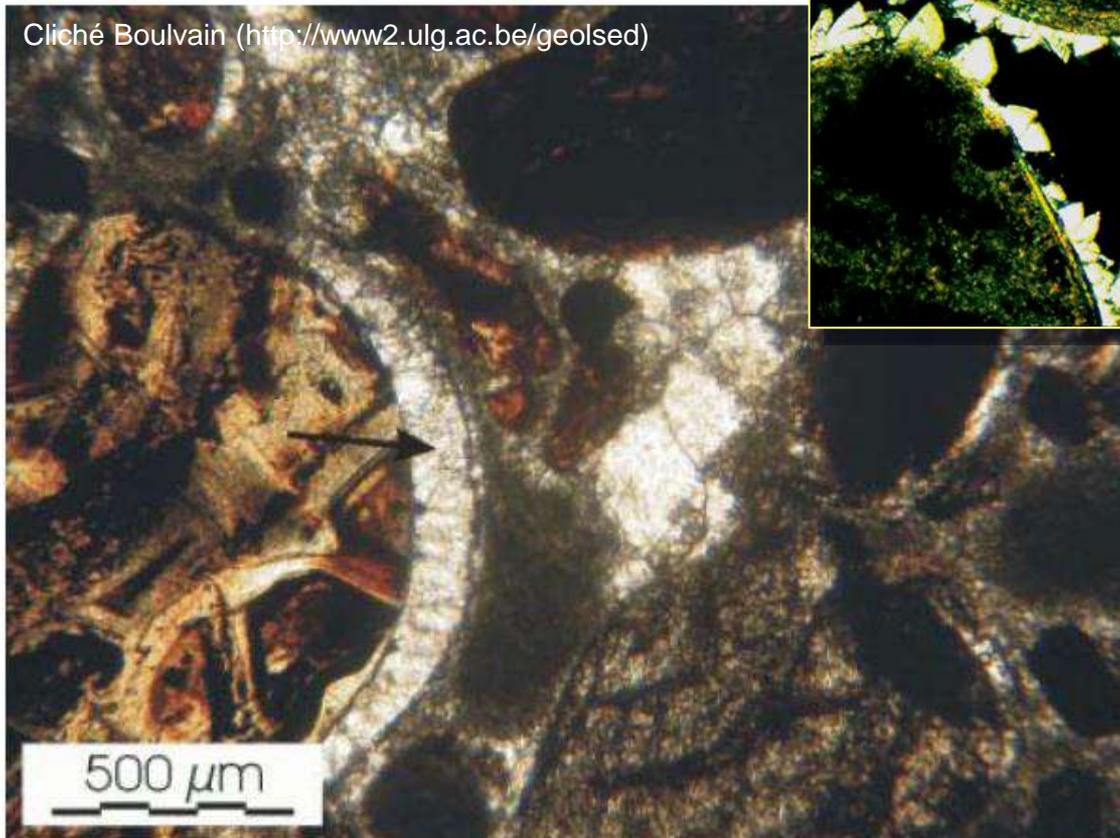


Ciment vadose marin microstalactitique (flèche) (alternance de micrite et de fibres trapues) dans un grainstone cénozoïque du Golfe Persique. Après cet épisode de cimentation, correspondant à la formation d'un beach rock, la lithification s'est poursuivie en milieu continental par la précipitation d'une calcite sparitique drusique.

Milieu continental

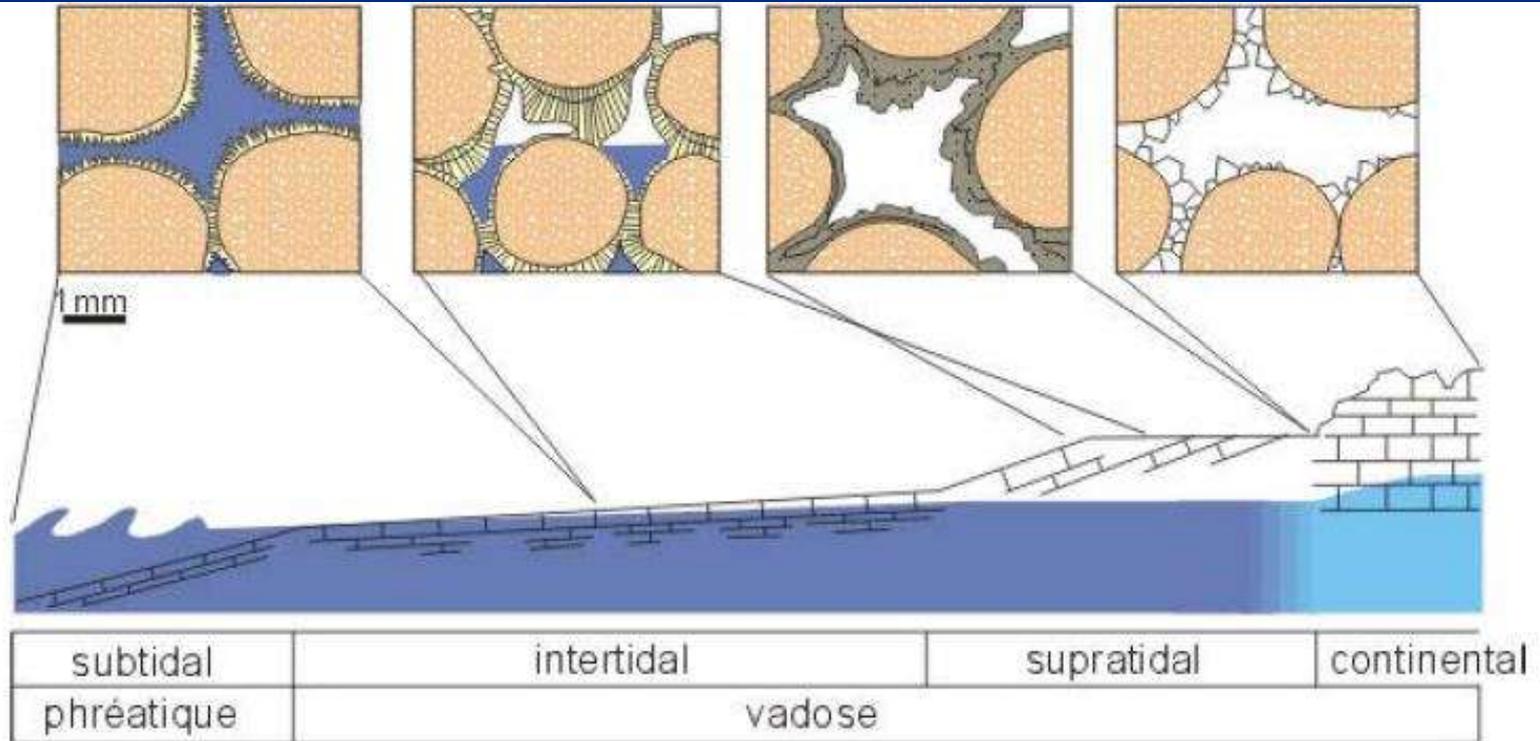
En milieu continental, les processus diagénetiques affectent particulièrement les sédiments dans les régions où la plaine côtière est bien développée.

Cliché Boulvain (<http://www2.ulg.ac.be/geolsed>)



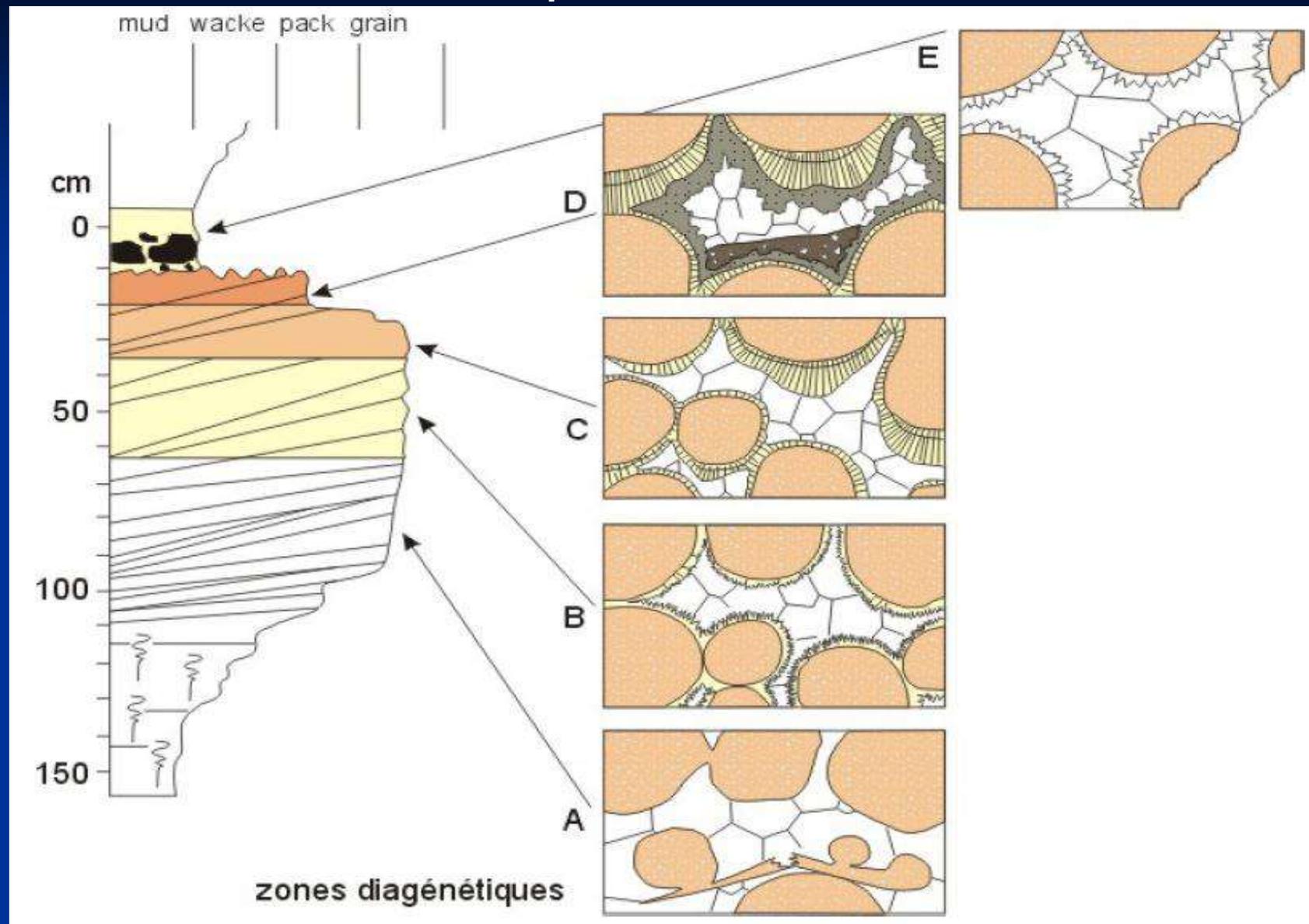
Ciment vadose météorique microstalactitique (flèche) dans un grainstone cénozoïque du Golfe Persique.

Profil localisant les types de ciments précoces et leur environnement de formation



D'après Boulvain (<http://www2.ulg.ac.be/geolsed>)

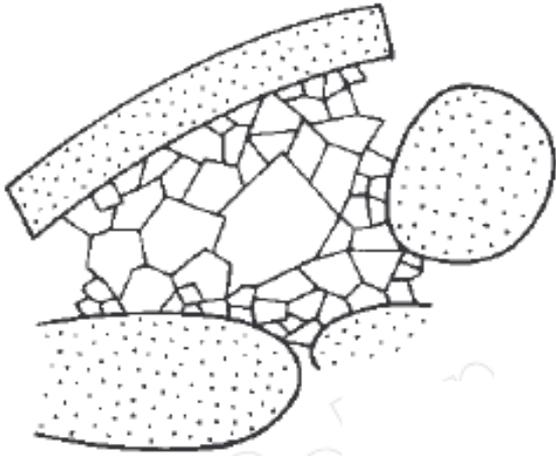
Utilisation des critères diagénétiques précoces dans l'interprétation des paléomilieus



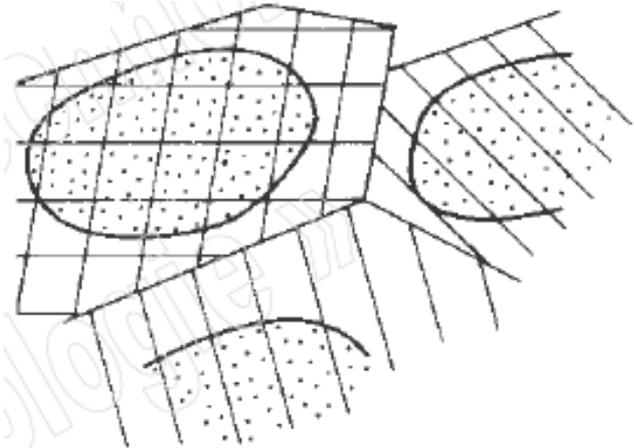
Séquence à cimentation régressive

Type de ciments carbonatés

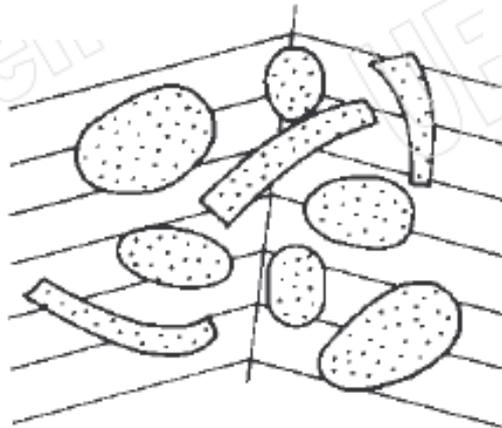
Drusique



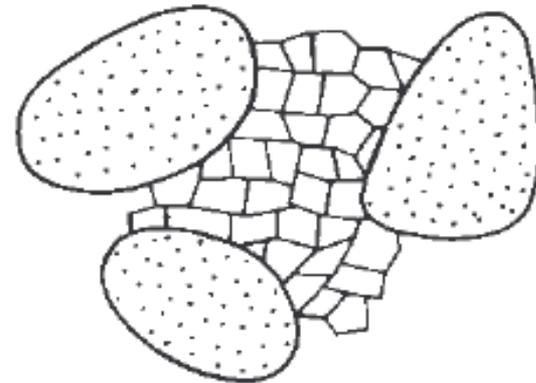
Syntaxial



Poecilitique



Equidimensionnel



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

