

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

CHAPITRE 3 :

DIAGENESE DES CARBONATES

1 - Généralités

La relative instabilité des solutions saturées en ions Ca^{++} qui imprègnent les sédiments calcaires les rend particulièrement sensibles à une diagenèse précoce :

- En domaine marin, des variations physico-chimiques (T, pH, salinité, []) des eaux à la superficie du sédiment ou immédiatement en dessous, liées à des actions hydrodynamiques ou biologiques (bactéries, métabolismes végétal) peuvent créer des conditions favorables à une telle diagenèse (fond durci, hard-ground).

- A la limite entre le domaine marin et le domaine continental, le contact entre l'eau de mer et l'eau douce peut aussi créer des conditions favorables à ce type de diagenèse (grès de plage, beach-rock).

La compaction des sédiments fins expulse une eau très fortement saturée en ion Ca^{++} qui tend à précipiter du CaCO_3 dans les sédiments plus grossiers en formant un ciment.

La solubilité des carbonates dans l'eau interstitielle les rend particulièrement sensibles aux phénomènes de mise en solution par pression suivie de précipitation. Ils semblent se produire même sous un enfouissement modéré. La fréquence des stylolites dans les calcaires montre l'importance des mises en solution sous l'effet des contraintes mécaniques.

Par sa précocité et son intensité, la diagenèse joue ainsi un rôle considérable dans la formation des roches calcaires. Elle est particulièrement importante en ce qui concerne la nature et la répartition des caractéristiques pétrophysiques (porosité et perméabilité).

2 - Les principaux phénomènes diagénétiques (voir TP)

La diagenèse des carbonates se traduit par deux types de transformations :

2 - 1 - les transformations texturales, telles que la dissolution, la cimentation, la recristallisation, la compaction,

- la cimentation (remplissage des vides, Fig. 7 et 8),
- la dissolution (changement du milieu),
- la recristallisation (changement de taille),
- la compaction (pression) : stylolites, aplatissement, fracturation, imbrication, ...).

2 - 2 - les transformations minéralogiques (remplacement : voir TP), telles que la calcitisation de l'aragonite, la dolomitisation de la calcite, etc.

3 - Les principaux "environnements" diagénétiques des roches carbonatées (syndiagénèse)

D'après les propriétés chimiques des eaux, on distingue les eaux marines (basiques, Mg, Sr, etc.) et les eaux continentales météoriques (acides, peu ou pas de Mg et de Sr, ...).

D'après le degré de saturation par les eaux marines et les eaux continentales, on distingue une zone phréatique et une zone vadose. La zone phréatique représente la zone noyée par la nappe aquifère (saturation totale) ; alors que la zone vadose représente la zone d'aération au dessus de la nappe aquifère (saturation partielle où H₂O transite seulement).

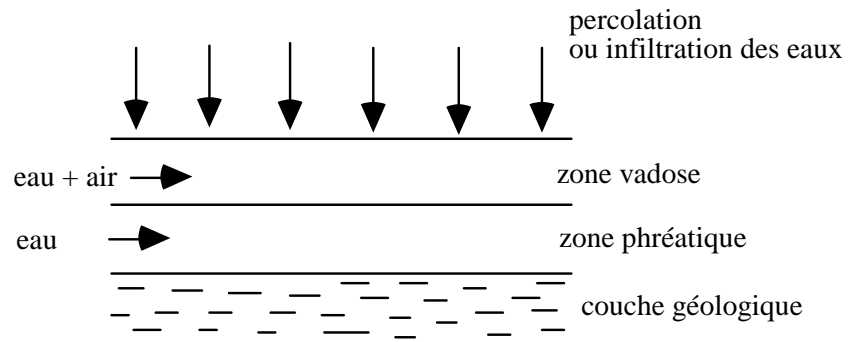


Fig. 5 : Présentation des zones vadose et phréatique.

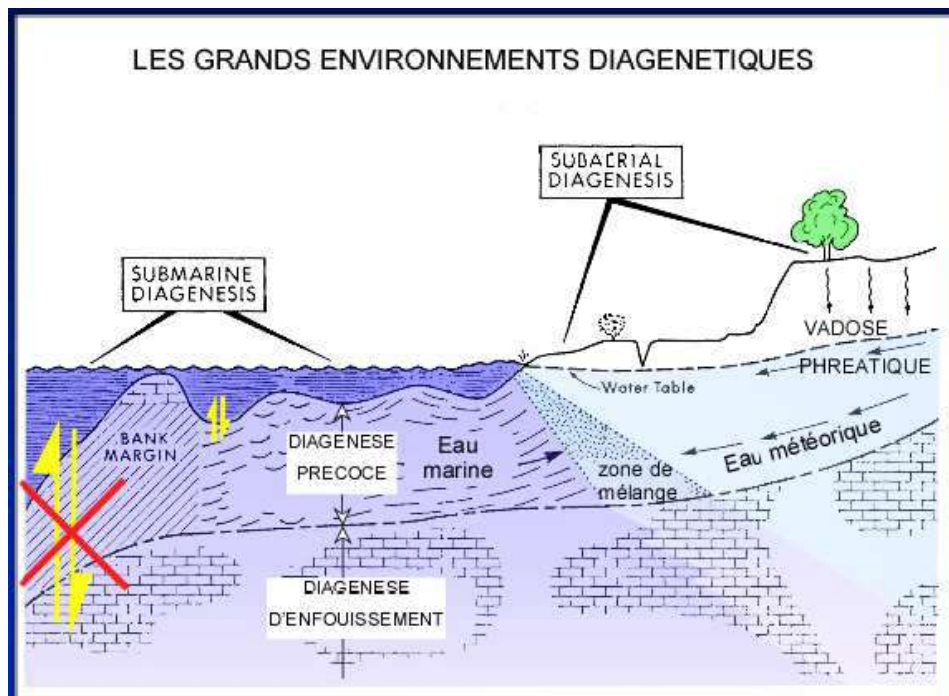


Fig. 6 : Les grands environnements diagénétiques (Walls R. A. et Burrowes G., 1985).

En fonction des propriétés chimiques des eaux et de leur degré de saturation, on distingue donc quatre environnements diagénétiques (Fig. 5 et 6) : marin phréatique, marin vadose, continentale phréatique et continentale vadose.

3 - 1 - Diagénèse dans le milieu continental

Dans ce milieu l'activité diagénétique est intense. Elle est due à l'absence de Mg et aux propriétés souvent acides des eaux météoriques sous saturées en carbonates. Elle est caractérisée par la dissolution de l'aragonite et de la calcite magnésienne et la recristallisation sous forme de ciment sparitique de calcite stable. La recristallisation peut entraîner la disparition totale des structures organogènes primaires (voir TP).

Dans la zone vadose superficielle, les ciments issus de percolations verticales sont irréguliers et asymétriques. Dans la zone phréatique, la cimentation, régulière et relativement rapide, conduit à des cristaux de grande taille et d'aspect comparable (isopaques) (Fig. 7 et 8).

Les cimentations calcaires strictement continentales se caractérisent également par développement d'une croûte pédologique sur roches calcaires, stalactites, stalagmites, pisolites, tufs et travertins de précipitation.

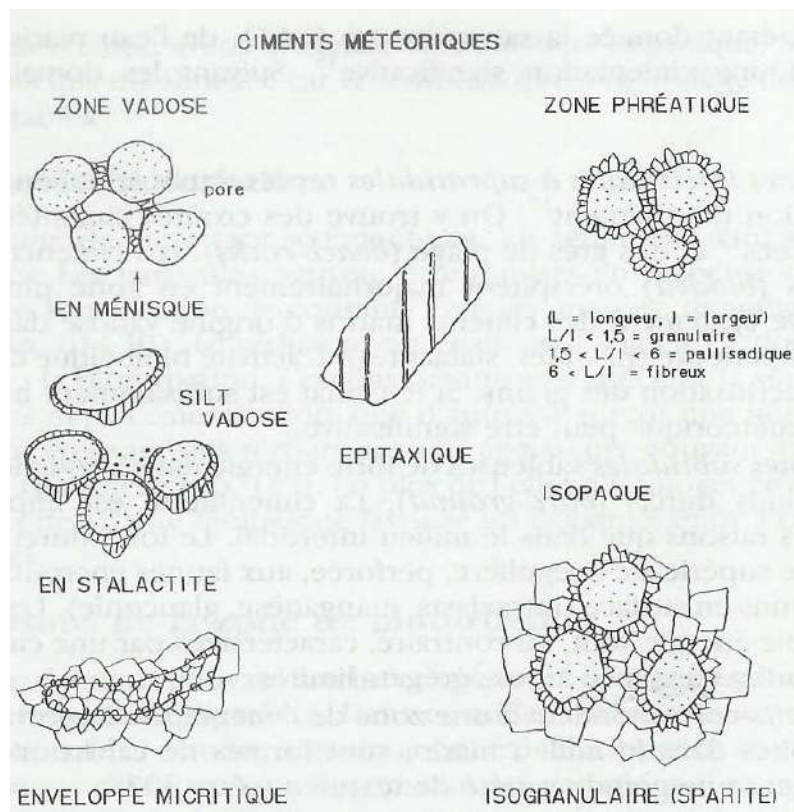


Fig. 7 : Illustration des différents types de ciments précipités dans les zones vadose et phréatique. Les cas d'épitaixie sur débris d'échinodermes peuvent se produire dans l'un ou l'autre milieu. (D'après Cojan & Renard, 1999).

A. CIMENTATIONS	B. RECRISTALLISATIONS
fibres ou aiguilles isopaques	calcitisation de squelette aragonitique
sparite drusique	calcite fibreuse développée sur carbonate aciculaire
ciment syntaxial	microsparitisation de calcilutite
ciment microgranulaire	néomorphisme de dégradation
Z. VADOSE ciment gravitaire en stalactite ou en ménisque	Z. PHRÉATIQUE ciment isopaque

Fig. 8 : Principaux types de ciments (A) et de recristallisation (B) carbonatés, observés au microscope optique (Tucker, 1982).

3 – 2 - Diagenèse dans le milieu de balancement de marées = inter et supratidal

Dans ce milieu, la diagenèse est plus dynamique et plus variée. Ainsi, l'augmentation de la T°C, l'évaporation et l'apport d'eau douce entraînent l'évolution des eaux interstitielles. Le principal phénomène diagenétique est la lithification des sables de plages (grès de plage ou beach rock) qui se développent sous faible recouvrement sédimentaire (qlques dizaines de cm) par cimentation d'aragonite aciculaire ou de calcite très magnésienne micritique (Fig. 9 et 10). Ce phénomène est commun dans les régions tropicales à sub-tropicales (latitudes : 0 et 45°). On peut citer également la présence occasionnelle de ciments asymétriques et de cavités (structures fenestrae ou bird-eyes), la destruction de films algaires ou l'existence de figures de retrait (fentes de dessiccation).

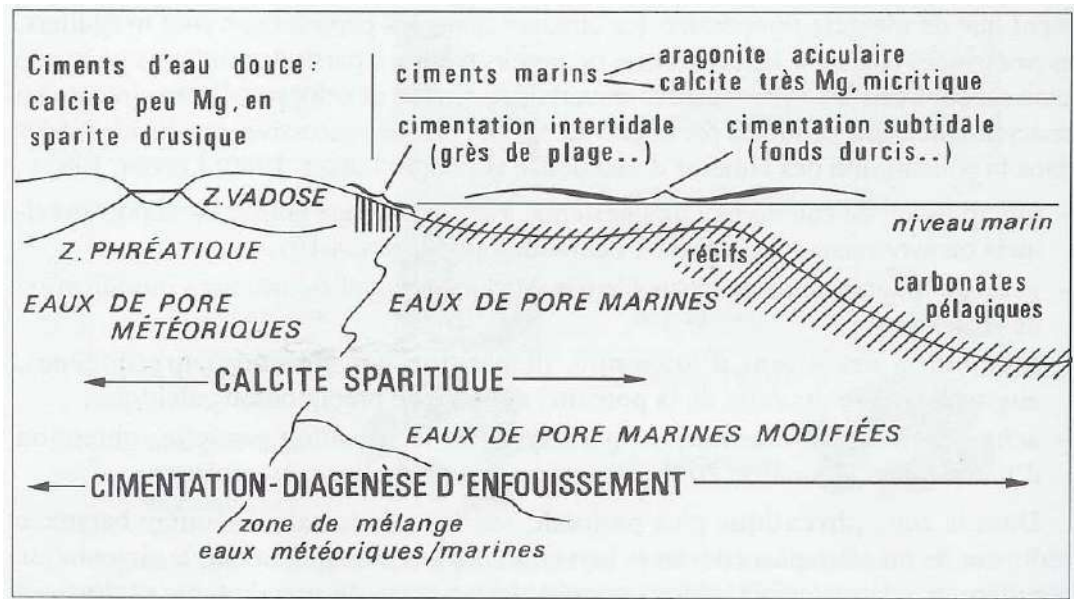


Fig. 9 : Principaux milieux de cimentation carbonatée (Tucker, 1982).

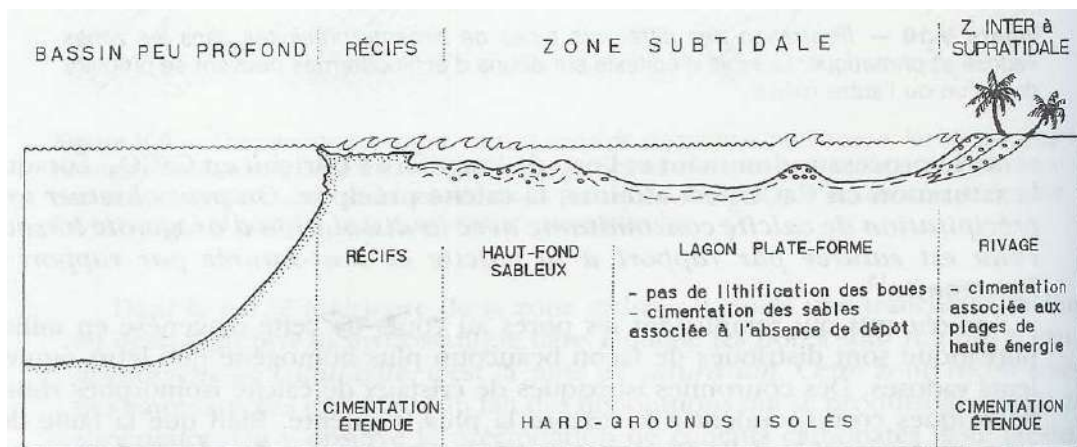


Fig. 10 : Processus diagénétiques associés aux milieux marins de faible profondeur. (D'après Cojan & Renard, 1999).

3 - 3 - Diagénèse dans le milieu sous-marin infratidal

Dans ce milieu, les eaux interstitielles sont les mêmes que les eaux marines. Les transformations minéralogiques sont absentes. La diagénèse est caractérisée par la cimentation aragonitique et de calcite magnésienne qui détermine la formation d'agrégats, de fonds durcis ou hard-grounds (surtout sur les hauts-fonds), ainsi que la consolidation des ensembles récifaux (Fig. 9 et 10). Toutefois dans le Golfe Persique, au large de Qatar par exemple, la lithification est active sur la plate-forme entre 20 et 40m de profondeur, là où les eaux marines, modérément agitées sont sursaturées en carbonates, et les sables sont peu mobiles.

3 - 4 - Diagénèse en eau marine profonde

Elle se manifeste parfois par des cimentations carbonatées micritiques, particulièrement lorsque le dépôt est très lent et que les eaux de fond sont relativement chaudes et salées, comme dans les fosses de Méditerranée orientale ou en Mer Rouge. Des croûtes calcaires et des nodules de calcite très magnésienne, d'aragonite, voire de protodolomite, peuvent ainsi, englober par cimentation des débris sédimentaires variés, jusque vers 3500 m de profondeur, et présenter d'importantes variations locale, de taille, d'épaisseur, de fabrique et de composition chimique.

4 - Quelques intérêts de l'étude de la diagenèse

- Identification des paléorivages (Transgression, Régression).
- Estimation de l'épaisseur de la zone vadose et par conséquent de leur surélévation (relief).
- Détermination de la profondeur de la nappe phréatique (relief et climat : Exemple : climats arides et semi-arides --> les nappes sont \pm profondes).

5 - Conditions de la dolomitisation

L'intérêt de l'étude des dolomies dérive non seulement de la curiosité scientifique, mais aussi du fait que les dolomies sont d'un intérêt économique capital comme des réservoirs d'hydrocarbures ou d'eau ou encore comme des pièges de minéralisations.

La formation de la dolomite correspond à la croissance d'un réseau cristallin dont les plans réticulaires magnésiens et calciques alternent très régulièrement. Ceci ne peut se produire que par cristallisation très lente d'une solution diluée ou, plus rapidement, à partir d'une solution concentrée à rapport Mg/Ca élevé.

L'eau de mer, bien que sursaturée vis-à-vis de la dolomite, ne correspond pas à ces conditions et, de ce fait, ne permet presque jamais la précipitation directe du minéral. La précipitation de la dolomite s'effectue essentiellement de manière directe dans les conditions de la géodynamique externe.

Lors de la diagenèse précoce, il s'agit surtout d'une précipitation secondaire de protodolomite peu ordonnée, localement décrite dans les milieux côtiers, ainsi que sur les marges continentales à sédimentation relativement lente ($<50\text{cm}/1000\text{ans}$) et riche en matière organique ($>0,5\% \text{ C. org.}$).

Au cours de la diagenèse plus tardive, la dolomitisation est pratiquement indépendante des lithofaciès et recoupe les unités sédimentaires. Elle est massive ou localisée, peut se développer le long des discontinuités sédimentaires et peut être parfois guidée par les structures tectoniques. Suivant les auteurs, différents modèles de dolomitisation ont été proposés (Fig. 11) :

5 - 1 - Le schéma d'infiltration - reflux suppose la migration d'eau de mer dans les sédiments intertidaux sous l'influence des flots de marée et de la capillarité, puis la concentration relative de Mg par évaporation et enfin la dolomitisation au moment du reflux des eaux à marée basse (Fig. 11A).

5 - 2 - Le schéma de pompage par évaporation, également applicable aux milieux côtiers est proposé pour les sebkhas du Golfe Persique. Il réside dans un appel continu d'eau de mer à travers le sédiment, par suite de l'évaporation excessive des lagunes littorales. La précipitation d'aragonite et de gypse provoque une concentration relative des eaux en Mg, qui peut participer à son tour à la précipitation minérale en dolomitisant le sédiment (Fig. 11B).

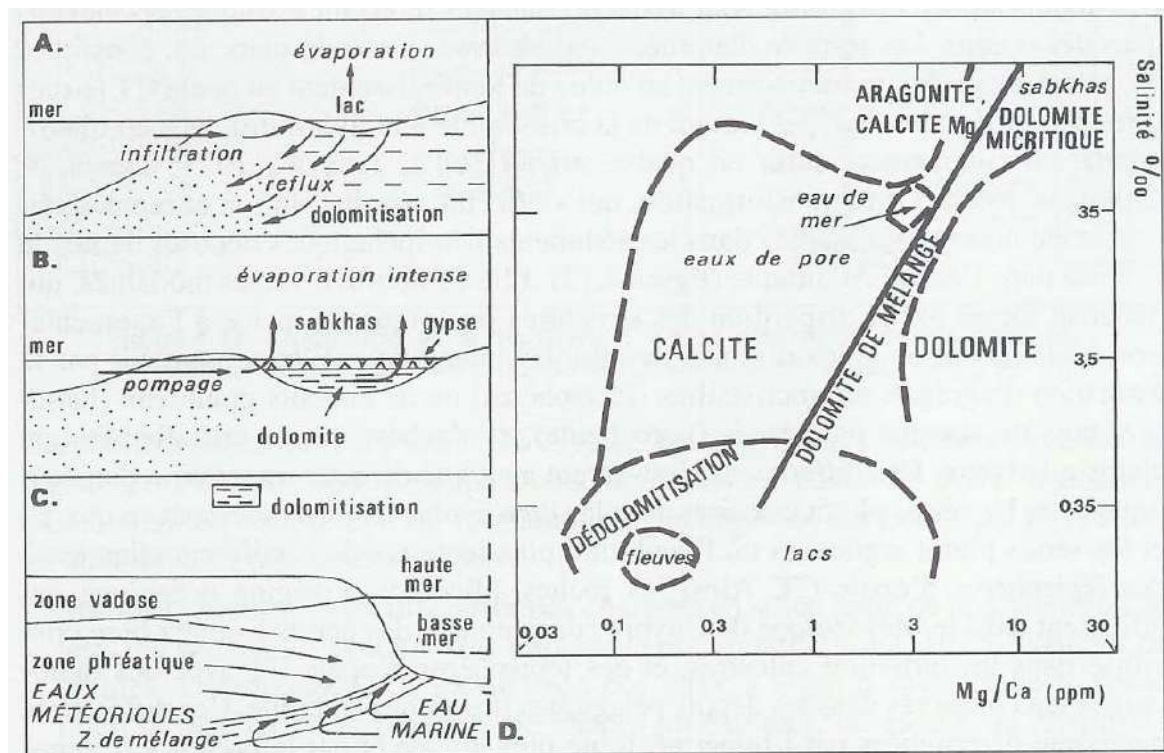


Fig. 11 : Quelques mécanismes de dolomitisation. A : Infiltration - reflux. B : Pompage par évaporation. C : Mélange d'eaux interstitielles continentales et marines peu concentrée. D : Champs de précipitation des principaux carbonates en fonction de la salinité et du rapport Mg / Ca (d'après Folk & Land, 1975, Amer. Ass. Petr. Geol. Bull. : 60).

5 - 3 - Modèle de zone de mélange eau douce eau salée ou Modèle de "DORAG" (Fig. 11C) modèle très critiqué.

Dans les dépôts non émergés, comme les récifs ou les carbonates infratidaux, la dolomitisation paraît résulter d'une cristallisation lente à partir de solutions interstitielles peu concentrées, imbibant la roche calcaire.

Le calcul montre qu'un mélange d'eau d'origine continentale avec 5 à 30 % d'eau de mer est à la fois sous-saturé en calcite et sursaturé en dolomite. Dans ce même mélange, le rapport Mg/Ca demeure

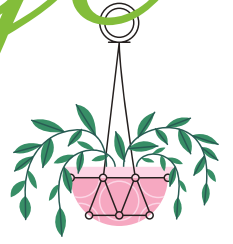
élevé, et très voisin de l'eau de mer initiale. Ces conditions sont favorables à la précipitation de dolomite. C'est le modèle du mélange de deux eaux interstitielles de composition chimique différente, qui paraît adapté à de nombreux cas de dolomitisation récente et ancienne (Fig. 11C et D). La cristallisation lente permise par le mélange d'eaux interstitielles de natures différentes conduit à une dolomite limpide, à cristaux sparitiques bien formés.

5 - 4 - Modèle de dolomitisation en cours d'enfouissement : le modèle de dolomitisation ou ankéritisation diagénétique tardive (ankérite = dolomite ferrifère), par transfert de Mg libéré par la calcite magnésienne ou par les minéraux argileux (ex. transformation de smectite en illite), paraît s'appliquer au calcaires ± argileux ayant subi un enfouissement important.

NB : Dans le sens contraire, on peut avoir également dédolomitisation lorsque les calcaires dolomitiques sont parcourus d'eaux météoriques riches en SO_4^{2-} , issues par exemple du lessivage d'évaporites sulfatées (cas des cargneules) ou des marnes pyriteuses oxydées.

5 - 5 - Conclusion : les différents modèles de dolomitisation précités montrent que les dolomies peuvent se former dans des milieux très diversifiés à un stade aussi bien précoce que tardif. Toutefois, aucun de ces modèles ne peut expliquer, à lui seul, toutes les masses dolomitiques anciennes.

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

