

Géologie

ST-E. Le phénomène sédimentaire

ST-E2 La sédimentation des particules et des solutés + ST-E3- La diagenèse

Partie 3 : Les bassins sédimentaires et la diagenèse

La sédimentation s'opère dans des bassins sédimentaires dont la géométrie est conditionnée par le contexte géodynamique. Dans un bassin sédimentaire, la répartition des sédiments dépend de l'espace potentiellement disponible (accommodation) entre le niveau de la mer et le fond du bassin. La variation du niveau marin absolu (eustatisme) ou du niveau de base (substitut du niveau marin en domaine continental) gère les variations d'espace disponible pour la sédimentation, en lien avec les effets de la subsidence et du flux sédimentaire.

- Exploiter des données montrant le lien entre le contexte géodynamique et le type de bassin.
- Exploiter des données issues de documents complémentaires (cartes, données géophysiques et sédimentologiques) permettant de comprendre l'origine et l'histoire géodynamique (subsidence) d'un bassin sédimentaire intracratonique (le Bassin parisien).

Les bassins sédimentaires se développent dans des environnements géodynamiques subsidents ce qui entraîne l'enfouissement des sédiments. **Fig1**

Au cours de cet enfouissement, les sédiments sont transformés en roches sédimentaires (diagenèse).

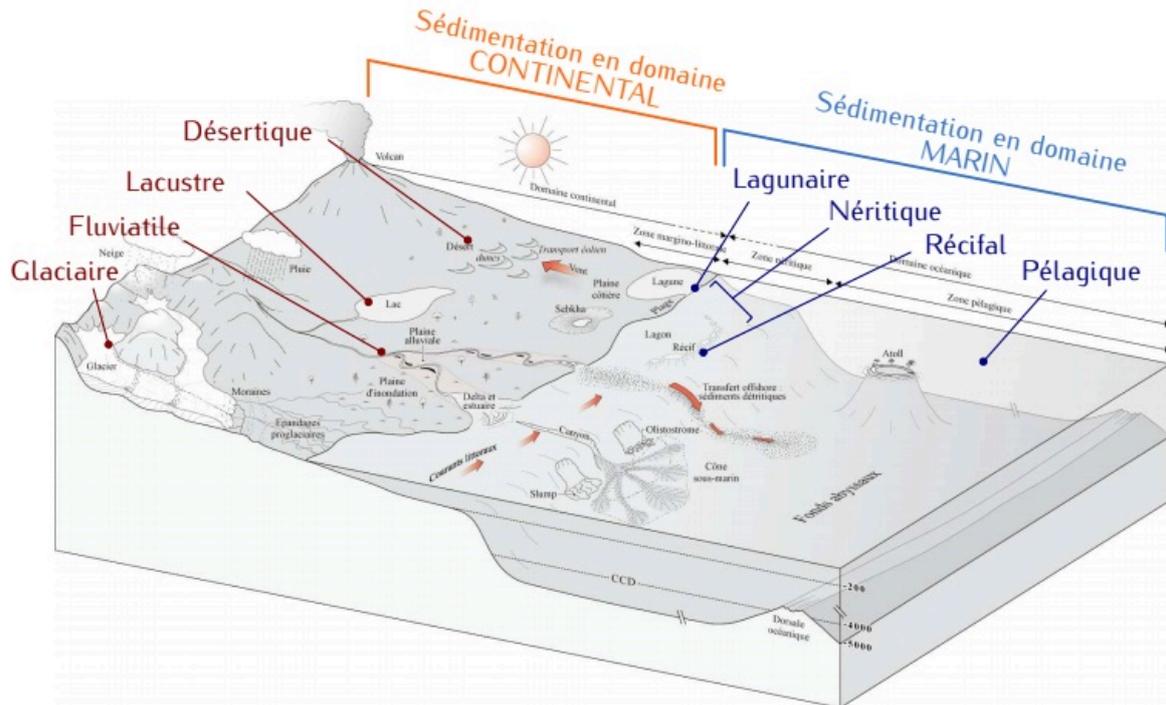
Quelle est la nature des transformations ? Quels sont les facteurs de la diagenèse ? Quels sont les mécanismes ?

La nature et l'organisation des dépôts dépendent des conditions du bassin sédimentaire. L'étude de la nature et de la géométrie des corps sédimentaires permet de reconstituer les conditions et la dynamique des bassins sédimentaires passés.

- Quelles méthodes d'étude ?

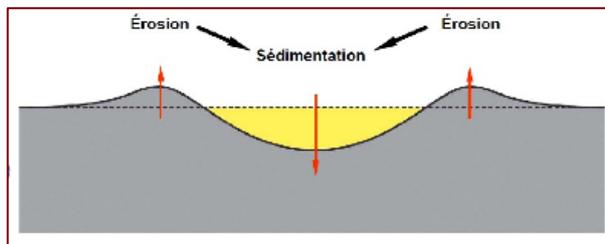
- Quel apport à la compréhension de l'histoire et de la dynamique des bassins ?

III. Les bassins sédimentaires : des environnements subsidents



A) Les caractéristiques d'un bassin sédimentaire

Un bassin sédimentaire est donc une zone d'accumulation de sédiments. Deux conditions sont nécessaires à leur formation :



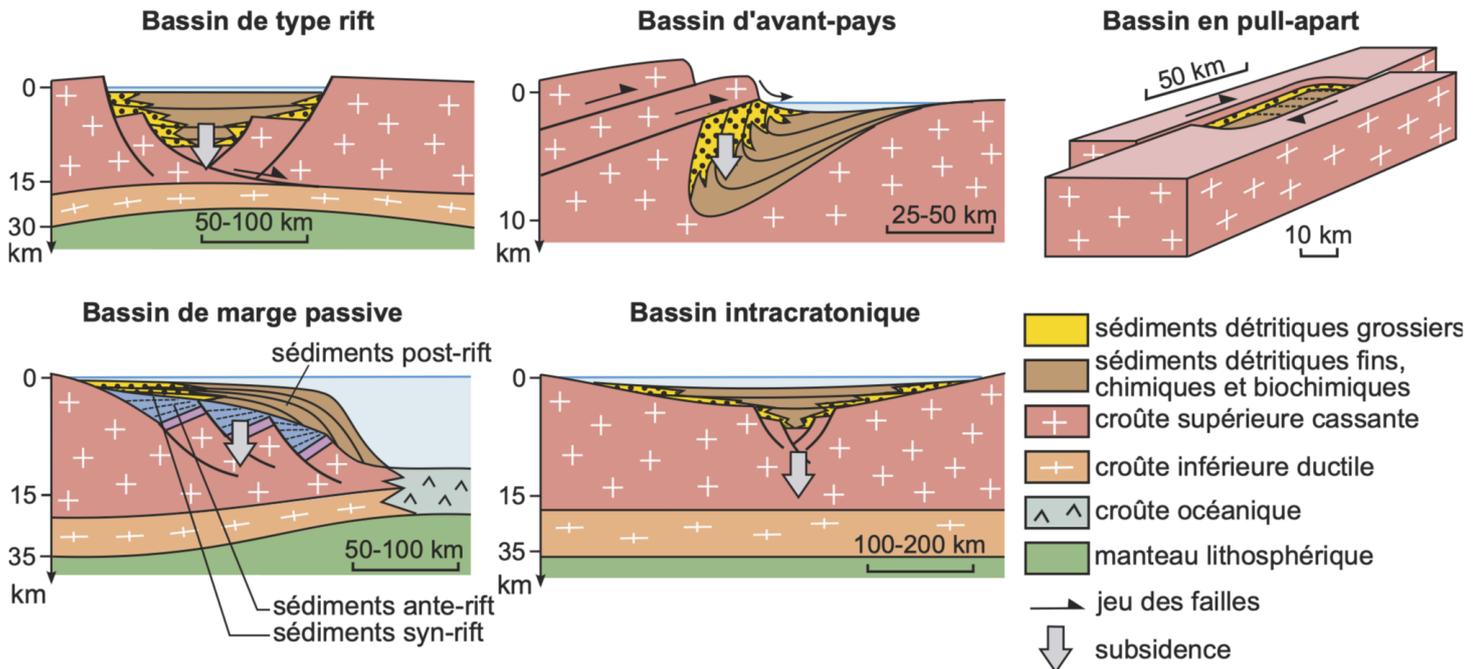
-un **piège à sédiments** : caractérisé par sa géométrie (structure) et par l'histoire de son creusement → création d'espace disponible

- une **source de matériaux sédimentaires** : dépend de la géométrie (structure) du bassin et sa situation (relief adjacent, climat).

Bassin sédimentaire = zone d'accumulation des sédiments de quelques centaines à quelques milliers de mètres d'épaisseur et sur une grande superficie (plusieurs centaines à plusieurs milliers de km²).

B) Les principaux types de bassins sédimentaires

Schéma Quelques exemples de bassins sédimentaires.



C) Les facteurs contrôlant la sédimentation au sein du bassin

L'accumulation dans un bassin sédimentaire dépend de l'espace potentiellement disponible pour les sédiments, ce qui définit l'accommodation.

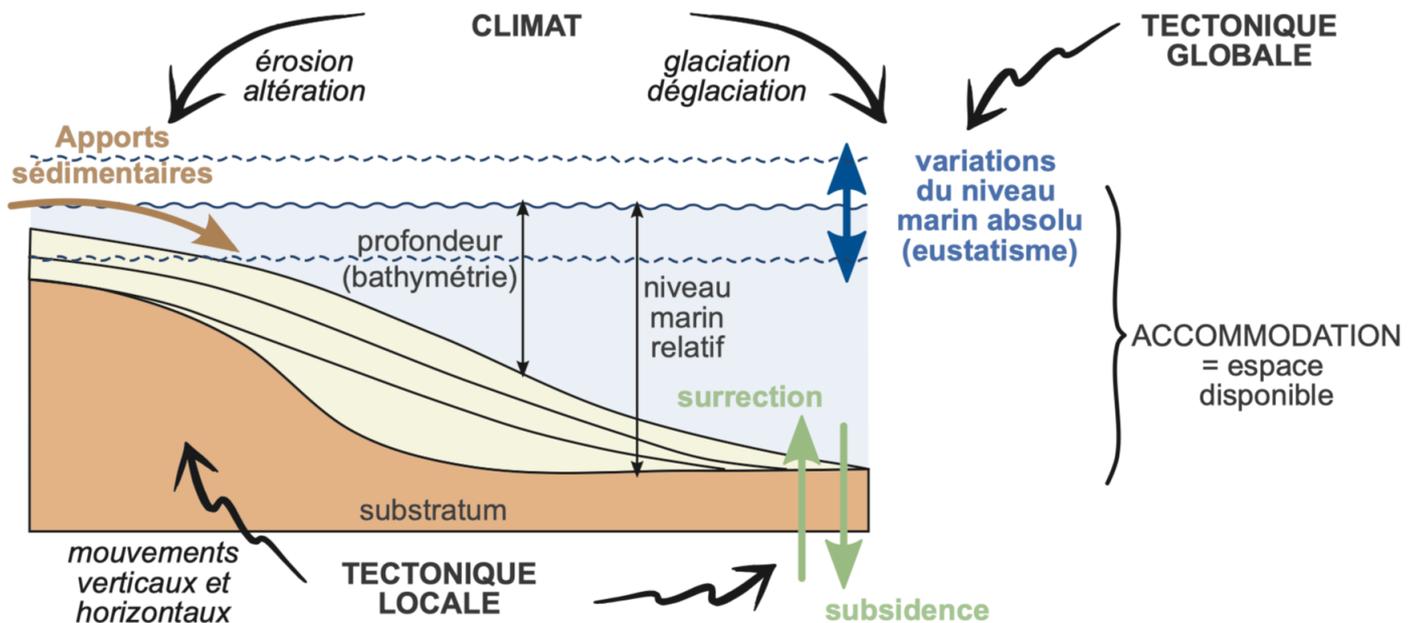
Cet espace disponible, et donc le remplissage du bassin, dépend de trois facteurs :

- La subsidence du bassin qui correspond à l'enfoncement du substratum et est soumise à un équilibre des masses par réajustement isostatique. Elle peut être initiée par des facteurs tectoniques (comme un amincissement crustal) ou des facteurs thermiques (comme le refroidissement de la lithosphère). L'affaissement du substratum peut ensuite être amplifié par des facteurs de charge liés au poids des sédiments qui s'accumulent. En règle générale, 40 % de la subsidence globale est expliquée par les composantes thermomécaniques et 60 % par la composante sédimentaire.

- Le niveau de base qui correspond au niveau (altitude) du réservoir dans lequel se jette le cours d'eau transportant les sédiments (autre cours d'eau plus important, lac, mer...). Dans le cas d'un bassin océanique, il s'agit de l'eustatisme : variations du niveau marin global (ou absolu) selon l'importance des calottes glaciaires continentales (glacio-eustatisme) ou, à une échelle de temps plus longue, selon l'activité des dorsales (tectono-eustatisme) qui modifie la profondeur moyenne des océans.

- Les apports sédimentaires qui dépendent de la nature et de l'ampleur des processus d'érosion affectant les reliefs qui bordent le bassin. Ces processus sont principalement contrôlés par l'altitude des reliefs et le climat.

Schéma : Différents facteurs influençant l'accumulation de sédiments dans un bassin (cas d'un bassin océanique de type marge passive).



D) La subsidence des bassins sédimentaires

Application 1 : Subsidence sédimentaire et subsidence thermomécanique en Mer du Nord

adapté d'après Géologie tout-en-un, ed. Dunod

Le bassin de la mer du Nord s'est formé au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque suite à un épisode de dislocation partielle d'une portion de la Pangée, à l'image du Bassin Parisien. La Figure 3 en présente quelques caractéristiques au niveau de la région centrale, déduites de l'analyse de profils de sismique-réflexion et des données de forages. L'échelle verticale en temps double a été convertie en profondeur sur le forage lui-même grâce aux informations diagaphiques.

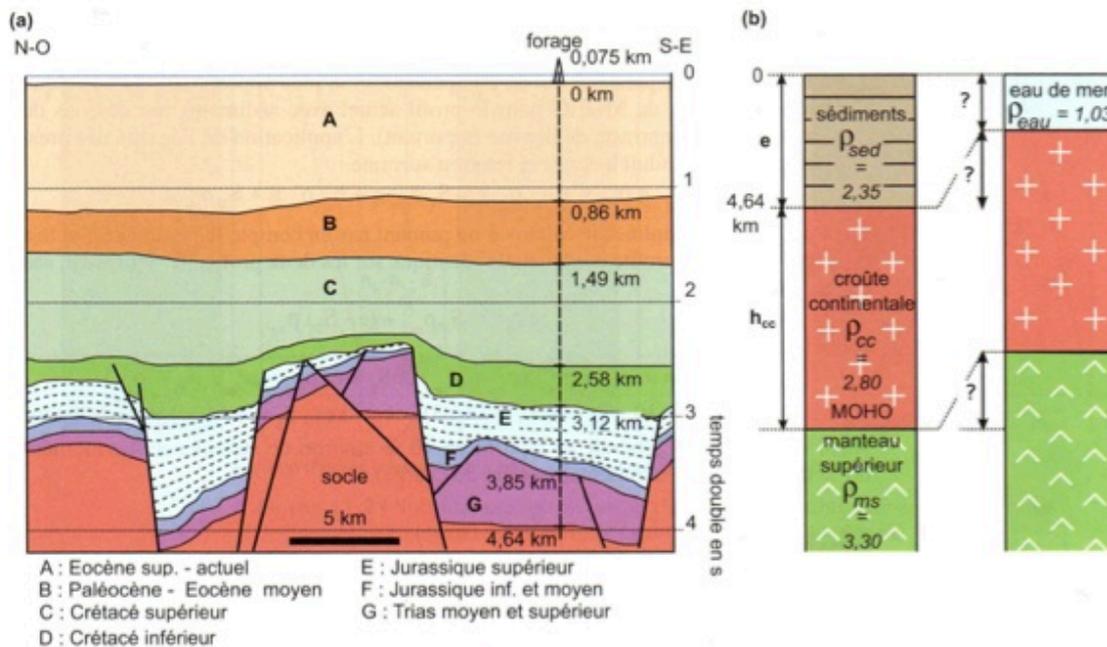


Figure 1 - (a) Architecture de la portion centrale de la mer du Nord déduite d'une ligne sismique ; (b) principe d'isostasie appliqué au calcul des composantes de la subsidence (*Géologie tout-en-un, ed. Dunod*).

- 1) À partir de l'analyse de l'architecture de ce bassin et en utilisant les principes de stratigraphie, retracez les principales étapes de son histoire.

A partir du Trias, l'extension commence entraînant une sédimentation hétérogène (sédimentation plus importante au SE qu'au NO). Les failles normales jouent jusqu'au Jurassique supérieur au SE voire jusqu'au Crétacé inférieur au NO. Les failles recoupent ces terrains, elles sont postérieures à ces terrains. Les sédiments à partir du Crétacé inférieur recoupent les failles, ils se sont déposés après la fin de la période d'extension. Tous les sédiments C, B et A se sont déposés successivement jusqu'à l'actuel.

Dans les bassins intracratoniques deux subsidences jouent sur la création d'espace d'accommodation. Une subsidence qualifiée d'initiale liée à l'extension régionale à l'origine des failles normales puis une subsidence liée à la charge du poids des sédiments. Afin d'évaluer l'ordre de grandeur des deux composantes de la subsidence, sédimentaire S_s et thermomécanique S_T , le principe d'isostasie est appliqué à la situation actuelle au niveau du site de forage et à la même colonne lithosphérique avant comblement sédimentaire. La tranche d'eau figurée correspond alors à l'espace disponible engendré par l'amincissement lithosphérique.

- 2) Sur la colonne de droite, associez les distances indiquées d'un "?" à l'enfoncement lié à la subsidence sédimentaire (S_s) et à celui lié à la subsidence thermomécanique (S_T).

- 3) En postulant que les deux colonnes sont à l'équilibre isostatique, déterminez la relation entre les masses volumiques indiquées, l'épaisseur de sédiment et les distances S_s et S_T .

Par soucis de simplification, il ne sera pas tenu compte de l'effet progressif de la compaction sur la masse volumique des sédiments lors de leur enfouissement, la masse volumique proposée tenant compte de façon approchée de cet effet.

- 4) Quantifiez la part de la subsidence sédimentaire et celle de la subsidence thermomécanique par rapport à la subsidence totale du bassin. Que pouvez-vous en conclure sur l'origine et le devenir d'un bassin intra-cratonique ?

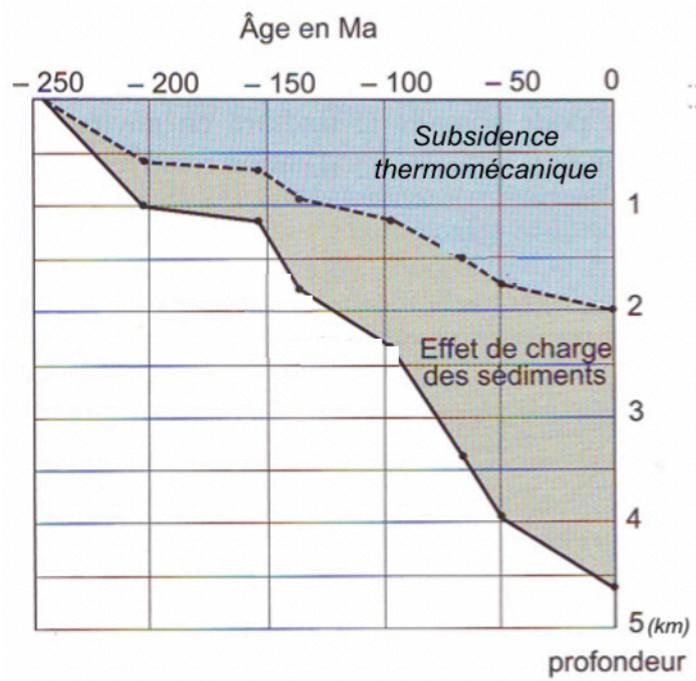
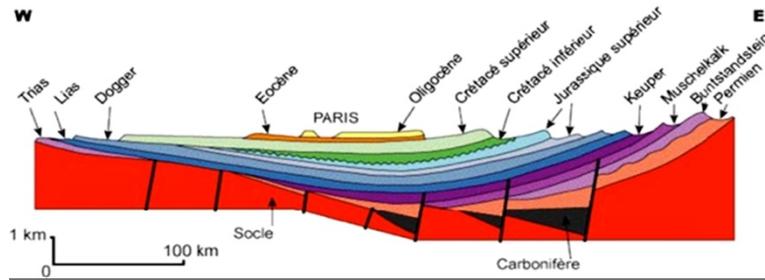
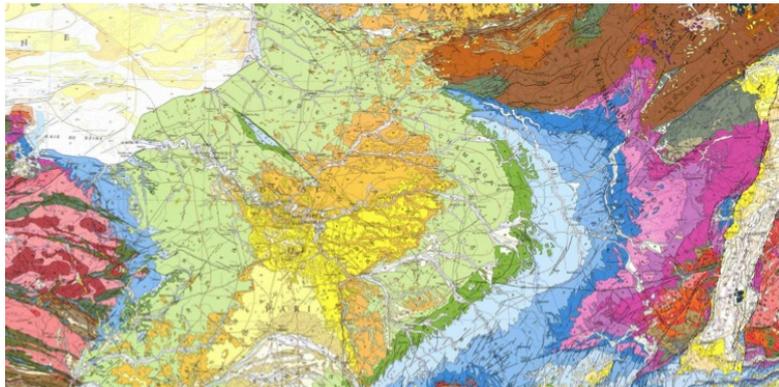


Figure 3 : Histoire de la subsidence du bassin de la Mer du Nord

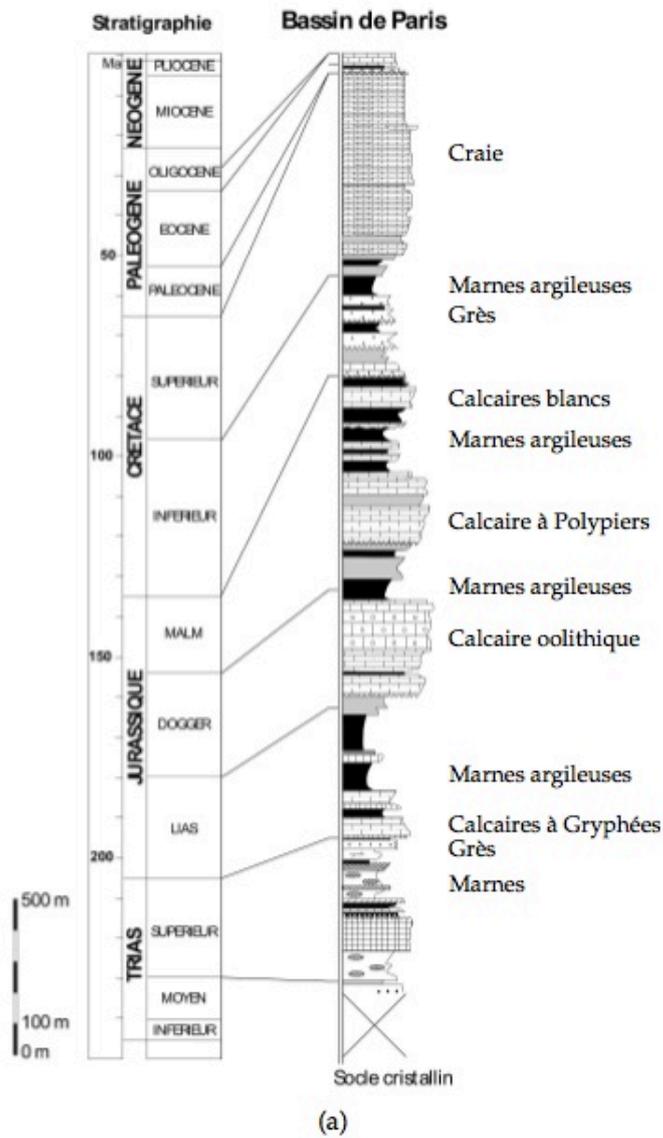
Ligne pleine : SS + ST ; Ligne en pointillés : ST.

5) Commentez la Figure 3.

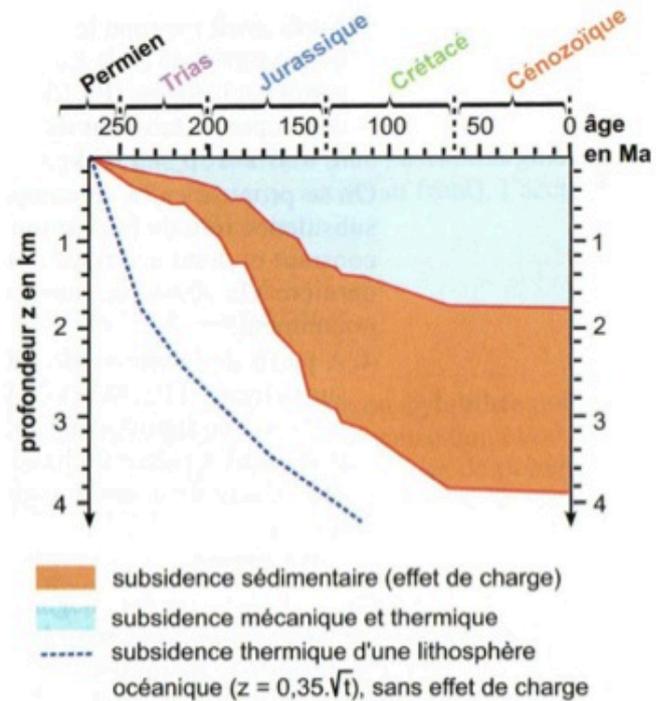
Application n°2: Étude du Bassin Parisien



Extrait de la carte de France au 10⁻⁶.



(a)



(b)

Fig 1 (a) Lithologie déduite d'un forage au niveau de la zone centrale du bassin parisien (Guillocheau et al., 2000). (b) Courbe de subsidence de la zone centrale du Bassin parisien (modifié d'après Géologie tout-en-un, ed. Dunod).

ST-E-3 La diagenèse	
Au cours de l'enfouissement, les sédiments sont transformés en roches sédimentaires (diagenèse). Ces transformations sont marquées par des mécanismes physiques de compaction et par des mécanismes chimiques de précipitation.	- Exploiter des observations pétrologiques (roches et photographies de lames minces) et des données relatives aux transformations diagenétiques (cimentation).
Précisions et limites : On se limite aux phénomènes de cimentation dans les carbonates, en montrant la différence entre sparite et micrite. La dolomitisation est hors programme.	

IV. Du sédiment à la roche : la diagenèse

Les bassins sédimentaires se développent dans des environnements géodynamiques subsidents ce qui entraîne l'enfouissement des sédiments.

Au cours de cet enfouissement, les sédiments sont transformés en roches sédimentaires (diagenèse).

Définition :

Diagenèse = Ensemble des processus physiques et chimiques qui entraînent la transformation d'un sédiment en roche sédimentaire

Quelle est la nature des transformations ? Quels sont les facteurs de la diagenèse ? Quels sont les mécanismes ?

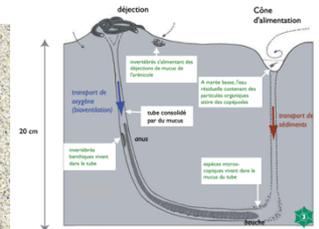
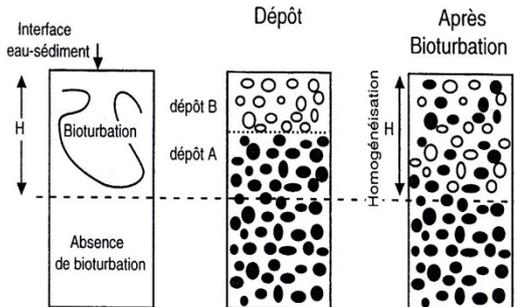
A) Les processus impliqués dans la diagenèse

1. Les bioturbations peuvent accompagner la diagenèse

-> Remaniements des sédiments par les organismes qui se trouvent proches de la surface de dépôt : les

bioturbations.

représentation schématique de l'homogénéisation par les organismes vivants



A : homogénéisation de la distribution des particules et des liquides interstitiels par les bioturbations.

Figure Bioturbation dans un sédiment actuel par un Nématode, l'Arénicole

Figure : Bioturbation fossilisée dans une roche sédimentaire, flysch cénozoïque alpin



2. Lors de la diagenèse, les sédiments sont marqués par des transformations physiques : la compaction

→ Expulsion de l'eau et réorientation des minéraux perpendiculairement au plan de contrainte maximale (σ_1)



Avant compaction



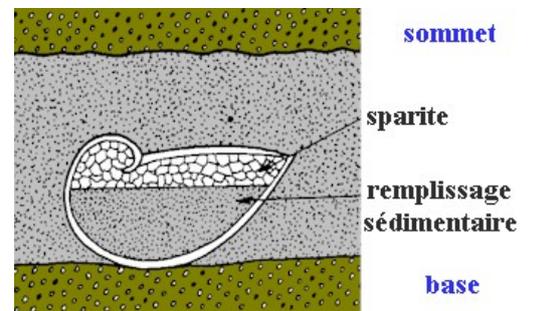
Après compaction

3. Lors de la diagenèse, les sédiments sont marqués par des transformations chimiques :

a) Précipitation d'un ciment

- **Précipitation d'un ciment carbonaté** → lors de la diagenèse, du carbonate de calcium peut précipiter dans les pores du sédiment → ciment sparitique = sparite
- **Précipitation d'un ciment siliceux** → lors de la diagenèse de la silice peut précipiter dans les pores du sédiment

Remarque : Certaines particularités du remplissage des coquilles comme celles des brachiopodes fournissent de bons indices. La boue qui pénètre dans ces coquilles laisse fréquemment un vide à la partie supérieure convexe. Ce vide est, au cours de la diagenèse, le siège de précipitation d'une forme de calcite, la sparite.

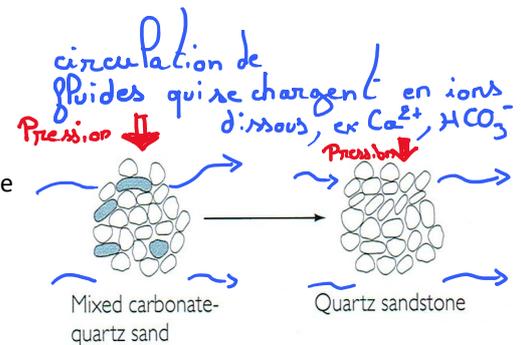


Remplissage d'une coquille fossile et polarité

b) Les dissolutions au cours de la diagenèse

- **Dissolution différentielle** suivant la solubilité des minéraux

La dissolution de certains minéraux au cours de la diagenèse peut conduire à une **porosité secondaire**.



*L'augmentation de pression due à l'enfouissement, la compaction
* favorise la dissolution de certains minéraux
c'est le cas des carbonates de calcium
des*



** favorise la précipitation de certains minéraux ou
la conservation de certains minéraux en place*

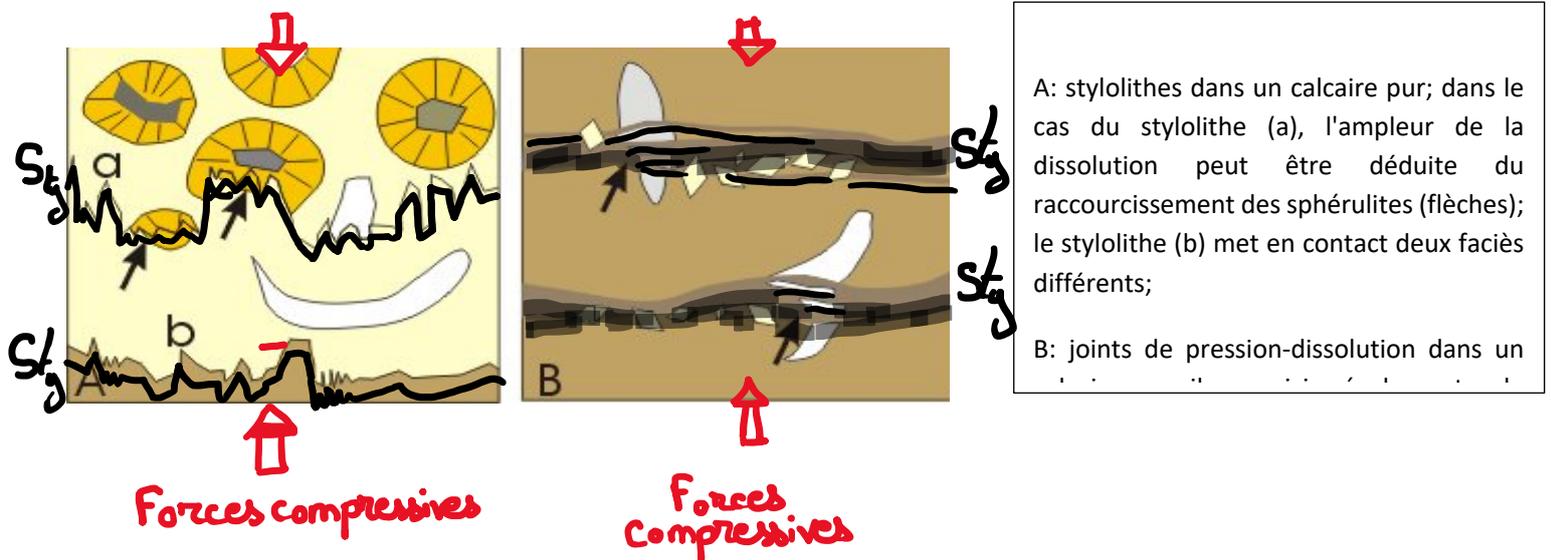
c'est le cas de la silice SiO₂

selon les comportements des ions prévus par le Diagramme de Goldschmidt.

▪ **Dissolution orientée suivant la pression et formation de stylolithes**

Définition

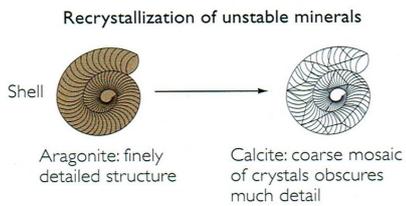
Stylolithe : structure en forme de colonnettes s'interpénétrant au sein de roches calcaires ou marno-calcaires en dessinant des joints irréguliers, généralement soulignés par une surface noirâtre ou brunâtre. Ces figures correspondent à des surfaces de dissolution sous pression, et permettent de déterminer la direction de la compression qui leur a donné naissance et qui est parallèle à l'allongement des colonnettes.



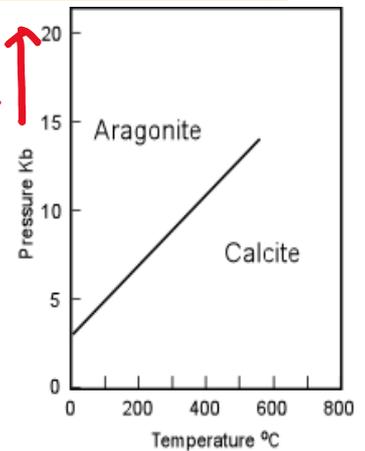
c) **Les recristallisations au cours de la diagenèse**

Au cours de l'enfouissement sous d'autres sédiments, la pression et la température augmentent favorisant la dissolution de minéraux qui recristalliseront à la faveur de nouvelles conditions du milieu

▪ **Recristallisation calcite/aragonite**



sens de l'approfondissement de l'enfouissement ↑ de pression

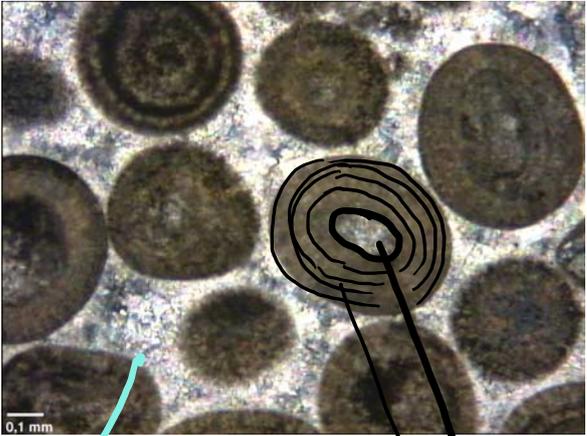
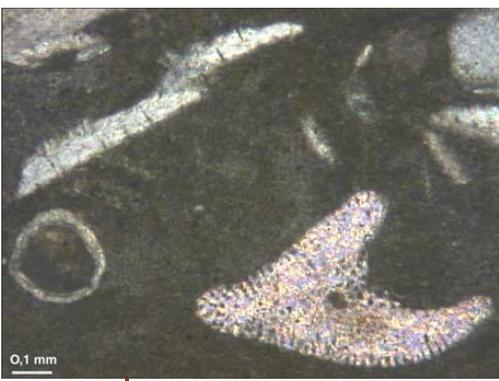


Domaines de stabilité T,P de la calcite et de l'aragonite

- **Recristallisation des argiles** : Les sédiments argileux présentent, avec l'augmentation de la profondeur d'enfouissement, une allure de plus en plus orientée. Réarrangement accompagné d'une diminution notable du volume des pores et d'une transformation de la smectite en illite.

Exercice 1 : Sparite ou micrite ?

Échantillons provenant de la lithothèque de Normandie

<p>Échantillon 1</p>  <p>0,1 mm</p> <p>aspect très clair en LPR ⇒ Sparite</p> <p>noyau couches concentriques un oolithe</p>	<p>Type de roche :</p> <ul style="list-style-type: none"> * les éléments figurés sont * l'absence de boue (micrite) entre les grains indique un hydrodynamisme <p>.....</p> <p>→ nom de la roche dans la classification de Dunham :</p> <p>Bilan chronologique :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Formation d'oolithes dans un milieu de haute énergie, dans des eaux de températures élevées et de faible profondeur, 2). Sédimentation d'un sable oolithique sans particules fines, sans boue, donc dans un milieu qui est toujours de haute énergie, 3). Cimentation de ce sable par précipitation de calcite cristalline de type sparite (diagenèse)
<p>Échantillon 2</p>  <p>0,1 mm</p> <p>matrice micritique, aspect sombre en LPR</p> <p>élément figé: fragment de tests.</p>	<p>Annotez la photographie</p> <p>Déterminez le nom dans la roche</p> <p>dans la classification de Dunham :</p> <p>Bilan chronologique :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Formation d'éléments figurés grossiers dans un milieu de relativement haute énergie, 2) Dissolution partielle, 3) Sédimentation des grains figurés au sein d'une boue carbonatée cryptocristalline, 4) Diagenèse : consolidation du sédiment, perte d'eau, compaction..