

Lapiés



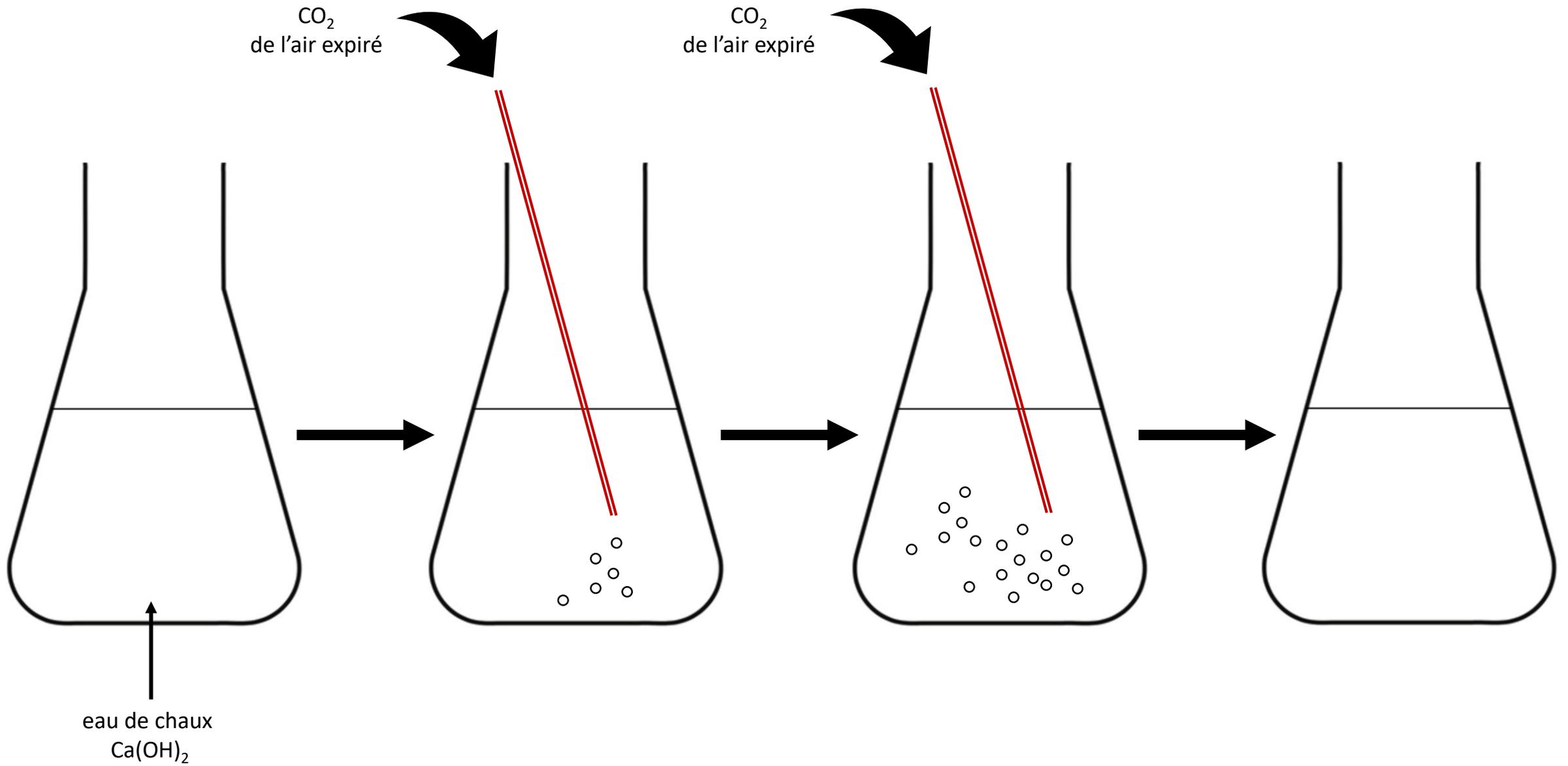
**Doline**





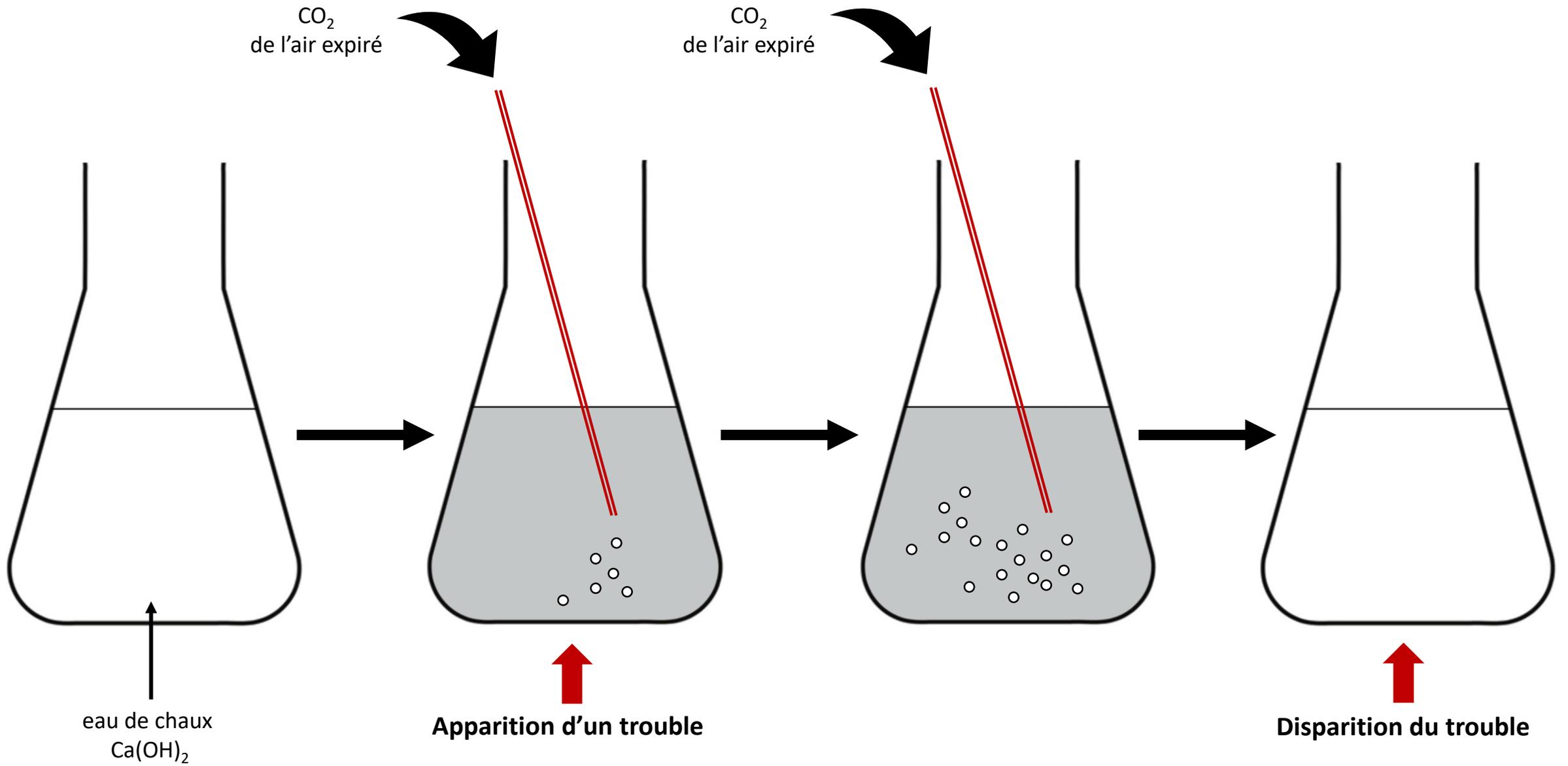
Fosse pédologique dans une doline

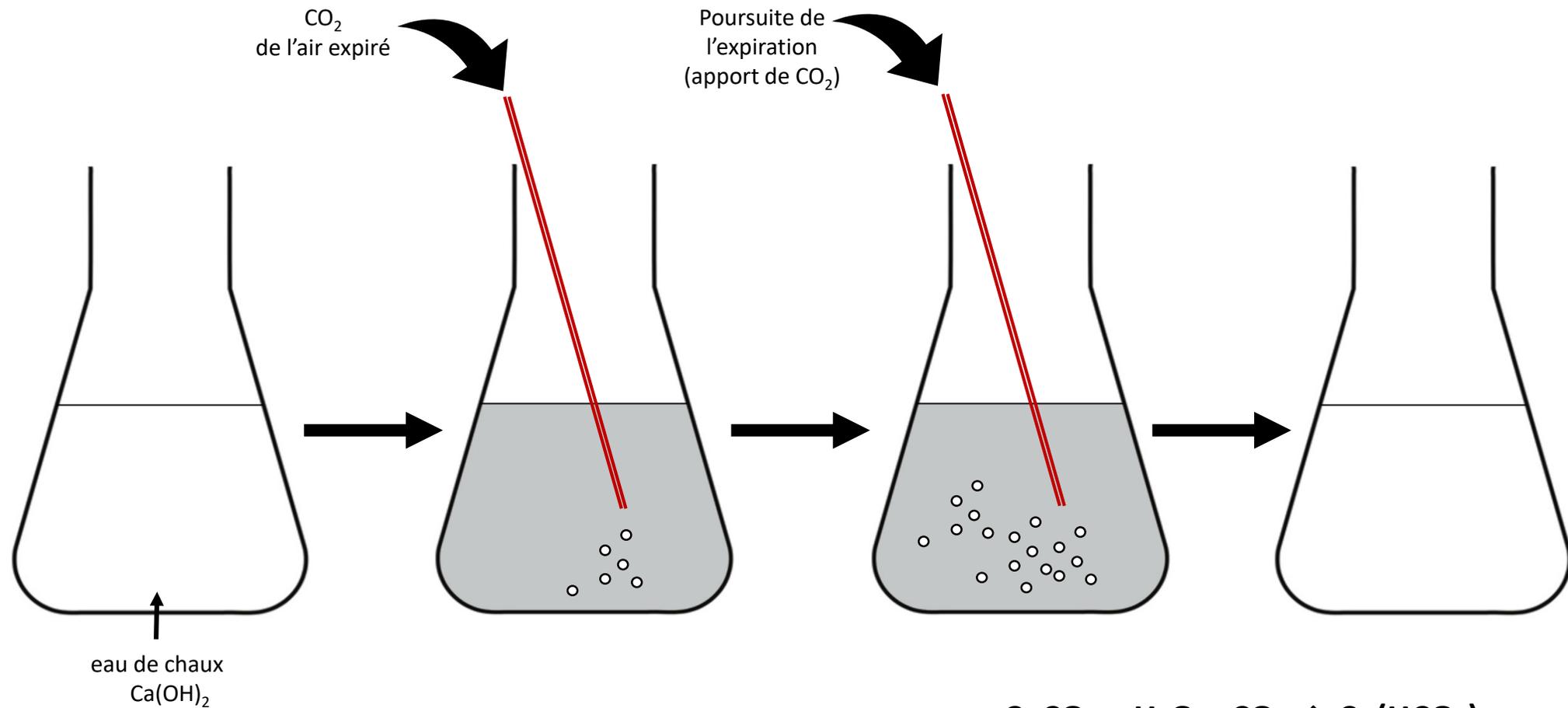
**Comment le calcaire s'altère-t-il ?**



Faire barboter de l'air riche en CO<sub>2</sub> dans de l'eau de chaux (eau saturée en hydroxyde de calcium Ca(OH)<sub>2</sub>) en expirant et observer.

Poursuivre l'expérience en continuant à expirer et observer.

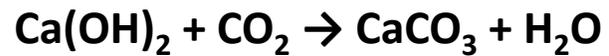




eau de chaux  
Ca(OH)<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>  
de l'air expiré

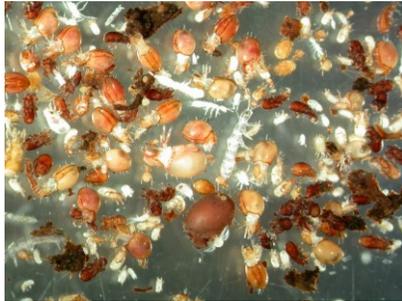
Poursuite de  
l'expiration  
(apport de CO<sub>2</sub>)



Le trouble de l'eau de chaux est dû à la formation d'un précipité de carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub>.  
⇒ **Le carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> est donc insoluble dans l'eau.**



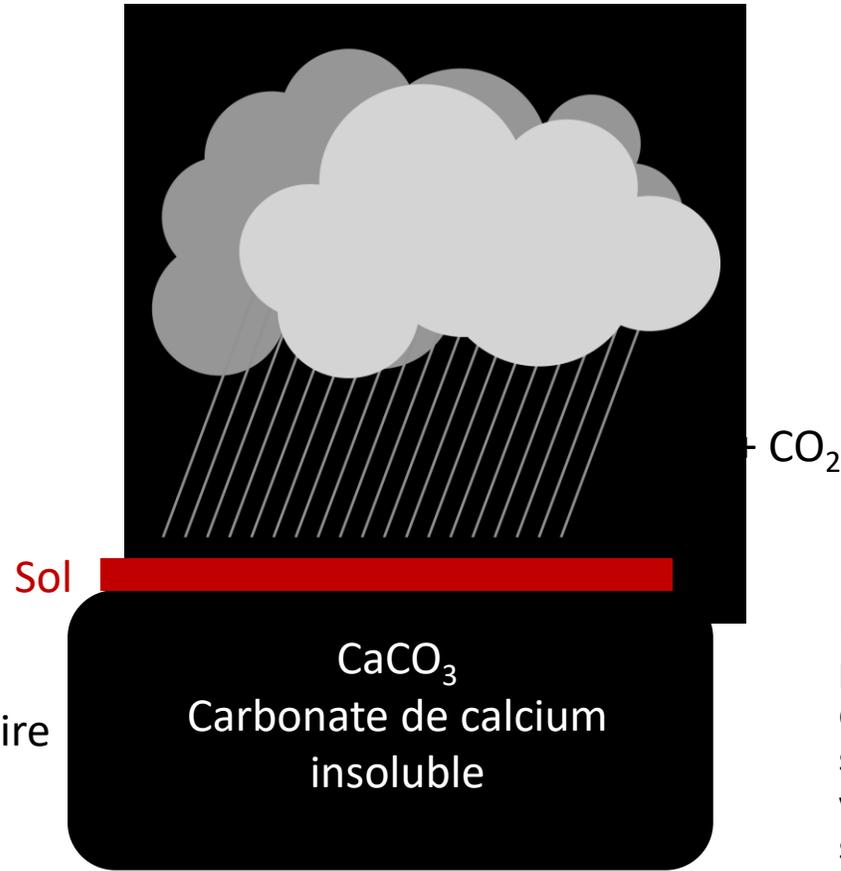
La disparition du trouble de l'eau de chaux est due à la disparition du carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> insoluble qui a réagi avec l'excès de CO<sub>2</sub>.  
Il s'est formé de l'hydrogénocarbonate de calcium Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> par simple réaction d'addition.  
⇒ **L'hydrogénocarbonate de calcium Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> est soluble dans l'eau.**



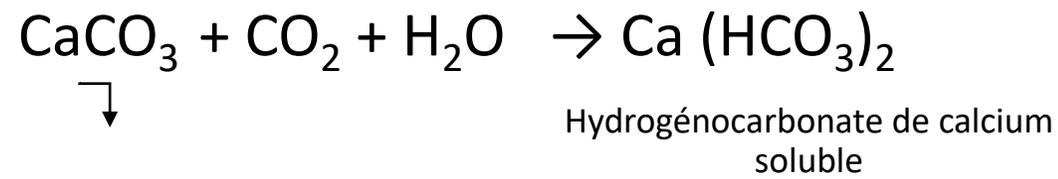
Mycélium du sol

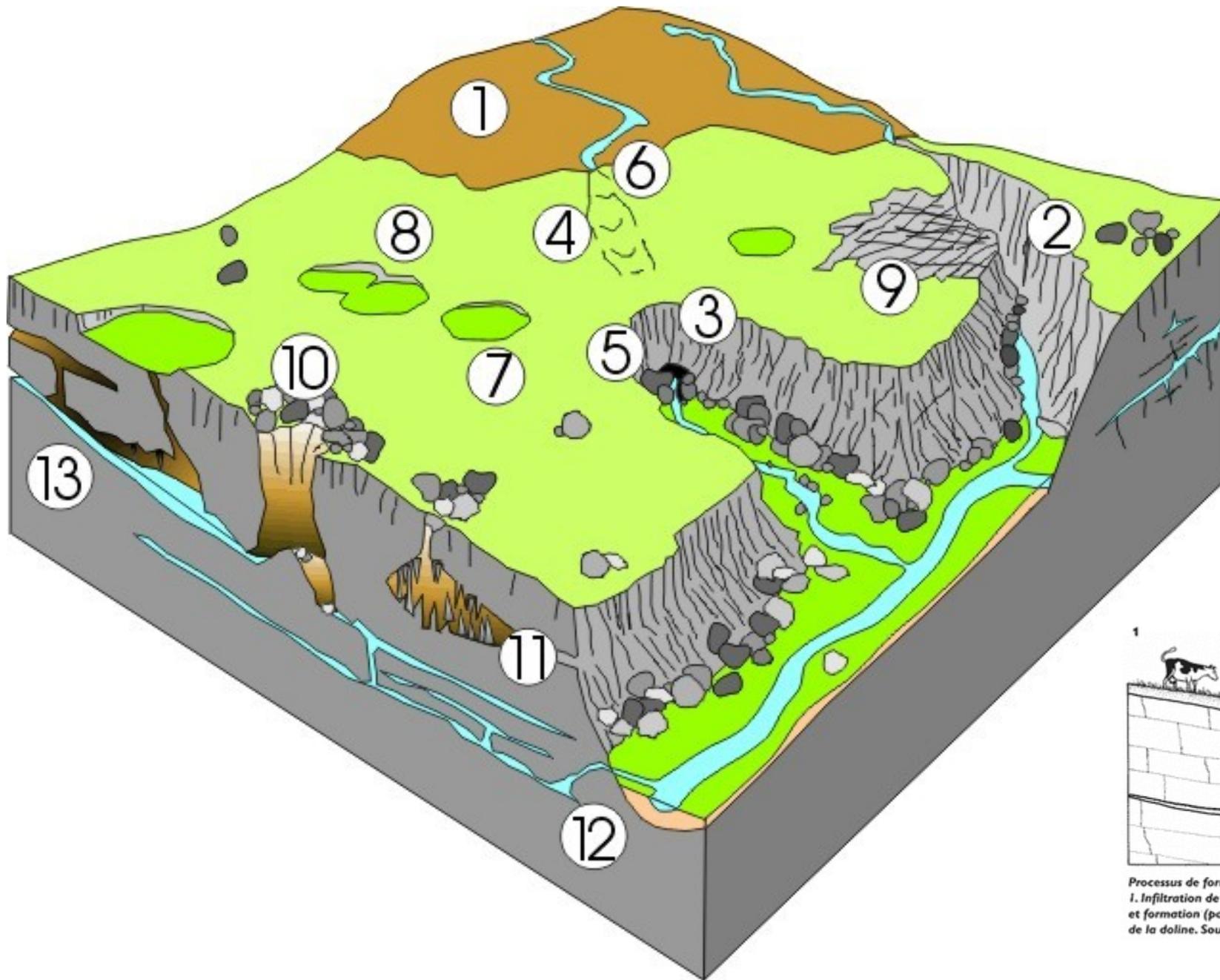
Microfaune du sol

Roche-mère calcaire

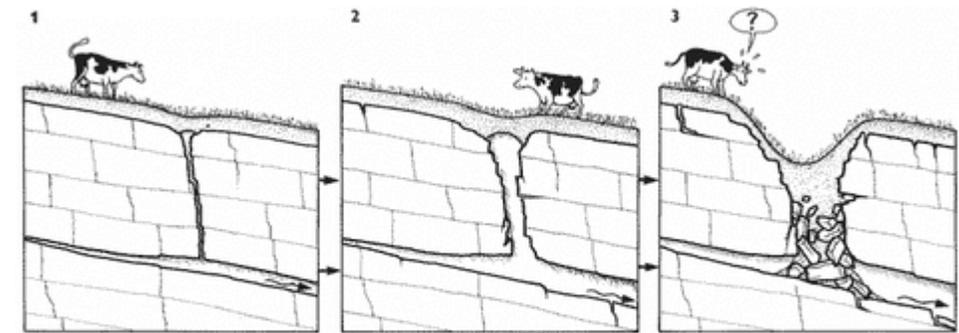


Dissolution chimique du carbonate de calcium par l'eau météoritique qui s'est chargée en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère puis par percolation dans le sol (CO<sub>2</sub> produit par la respiration des êtres vivants et par la décomposition de la MO du sol par fermentation).





- 1 : terrain non karstique (absence de roche calcaire)
- 2 : canyon calcaire
- 3 : reculée calcaire
- 4 : vallée sèche
- 5 : résurgence de rivière
- 6 : perte (ou ponor ou chantoire)
- 7 : doline
- 8 : ouvala (coalescence de dolines)
- 9 : lapiez
- 10 : aven
- 11 : grotte
- 12 : fontaine vauclusienne
- 13 : rivière souterraine



Processus de formation d'une doline.  
 1. Infiltration de l'eau dans les calcaires par de minces fissures. 2. Agrandissement progressif d'une des fissures et formation (possible) d'un pont. 3. Effondrement soudain ou progressif du terrain superficiel et développement de la doline. Source : Baumes et gouffres neuchâtelois, R. Hapka et R. Wenger, éditions Attinger, Hauterive, 1997.

## Spéléothèmes



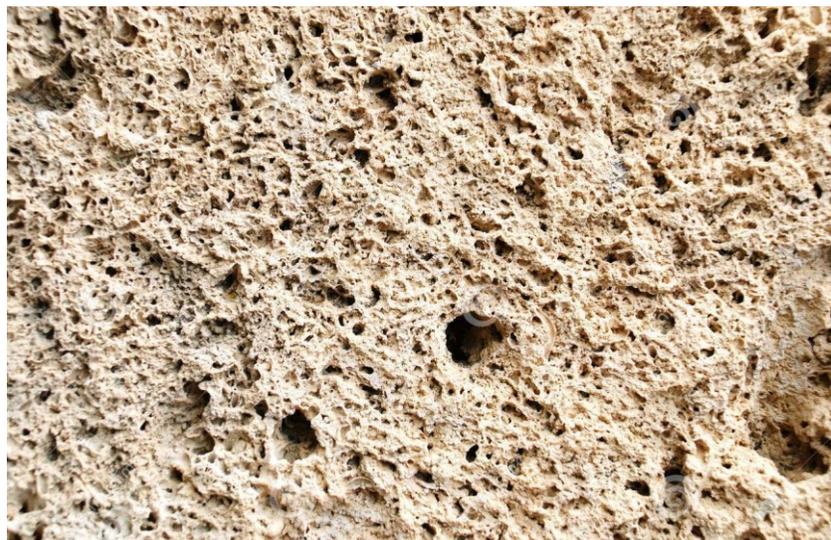
Stalactites et draperies, stalagmites, colonnes



« Perles de cavernes »



Gours



Tuf à structure alvéolaire



Travertin avec empreintes de feuilles et de tiges - Travertin rubané

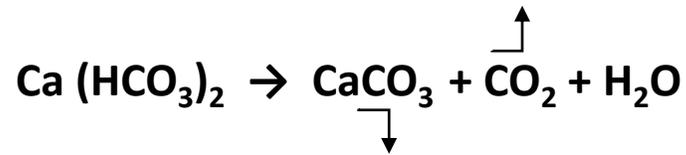


La distinction entre tuf et travertin fait débat. Schématiquement, ces deux roches ont même origine ; elles diffèrent uniquement par leur structure : le tuf est friable et le travertin plus compact.



### Précipitation

- par départ du  $\text{CO}_2$  (équilibre des pressions – détente)  $\Rightarrow$  spéléothèmes
- par départ du  $\text{CO}_2$  conséquence d'une activité biologique (photosynthèse)  $\Rightarrow$  tufs calcaires, travertins



$\text{CO}_2$

### Érosion, Transport

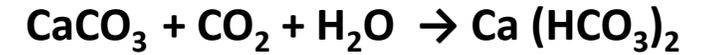


$\text{CaCO}_3$   
Carbonate de calcium  
insoluble

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
Hydrogénocarbonate  
de calcium soluble

### Altération chimique

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Dissolution chimique du carbonate de calcium par l'eau météoritique qui s'est chargée en  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère puis par percolation dans le sol ( $\text{CO}_2$  produit par la respiration des êtres vivants et par la décomposition de la MO du sol (fermentation anaérobie)).



# La karstification

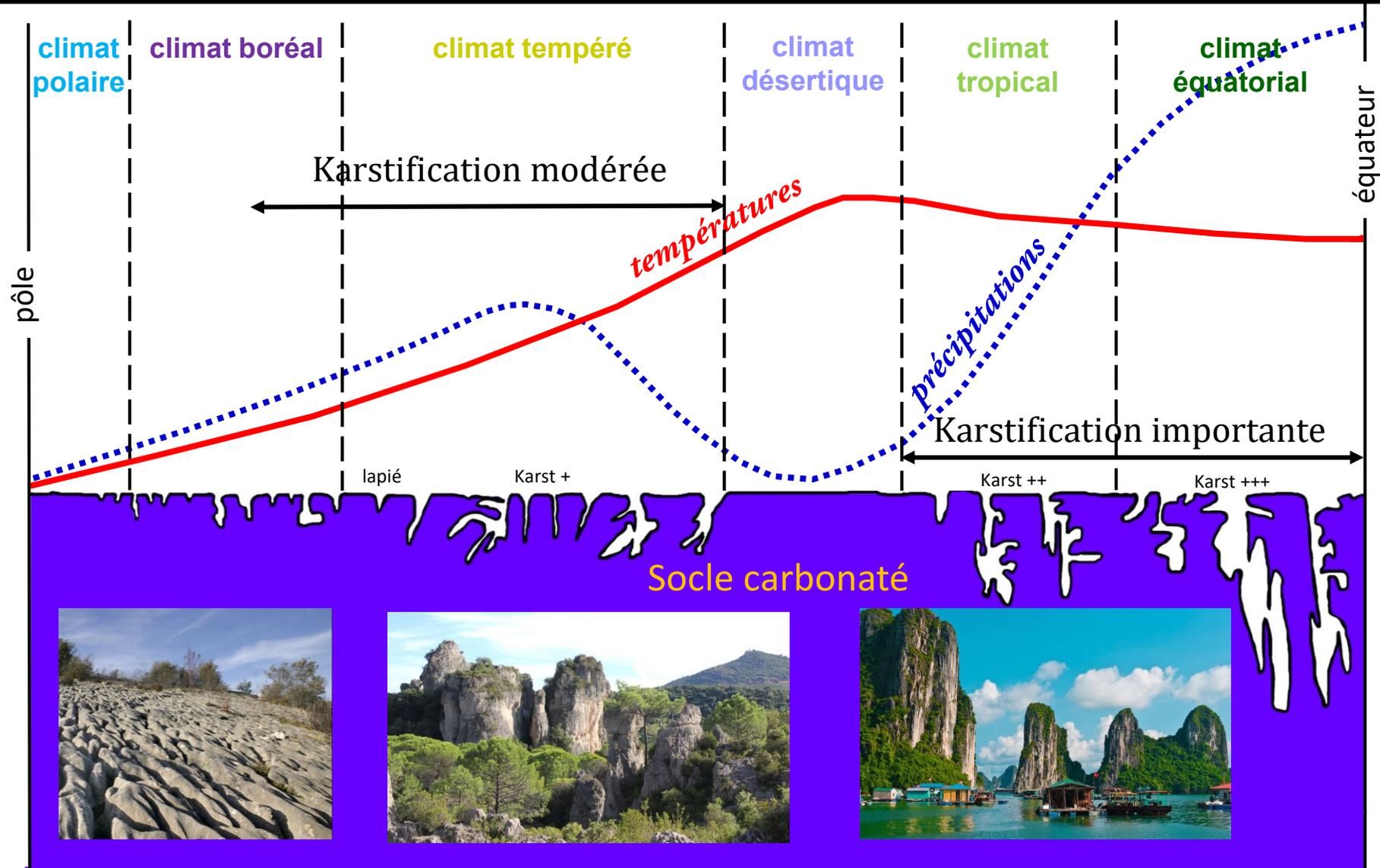


Pas de  
résidu  
solide

Altération des carbonates :

Carbonate  
de calcium  
insoluble

Hydrogénocarbonate  
de calcium soluble





**Karst – Chine du Sud**

## B. Transport

Transport à l'état dissous sous la forme d'hydrogénocarbonate de calcium → équation facile à écrire.

**Conclusion** : l'altération du calcaire est essentiellement chimique. Le calcaire est transporté sous la forme d'hydrogénocarbonate de calcium soluble. Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  sont dissouts dans l'eau.

## C. Sédimentation et diagenèse dans le bassin

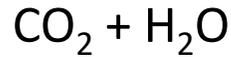
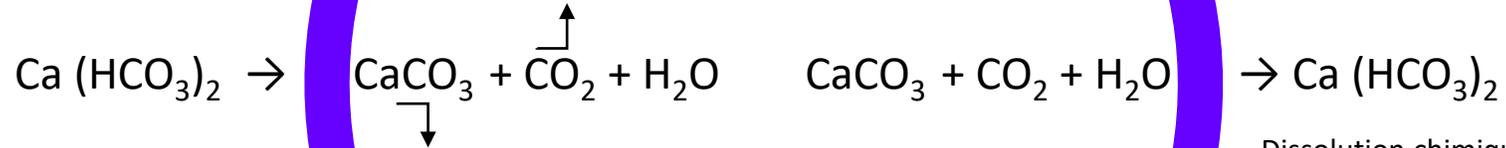
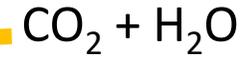
## Devenir du calcium dans le bassin

- il peut précipiter si l'eau de mer en est sursaturée (précipitation chimique de  $\text{CaCO}_3$ )
- il peut précipiter après départ du  $\text{CO}_2$  absorbé seul par les végétaux pratiquant la photosynthèse (Algues, Phanérogames comme les Zostères et Posidonies, Cyanobactéries)
- une grande partie est prise par les organismes vivants qui fabriquent un squelette, interne ou externe.



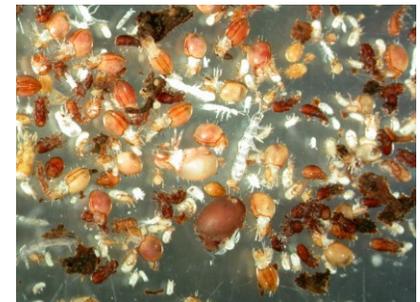
$\text{CaCO}_3$   
Carbonate de calcium  
insoluble

**Altération chimique**



Dissolution chimique du carbonate de calcium par l'eau météoritique qui s'est chargée en  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère puis par percolation dans le sol ( $\text{CO}_2$  produit par la respiration des êtres vivants et par la décomposition de la MO du sol (fermentation anaérobie)).

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
Hydrogénocarbonate  
de calcium soluble

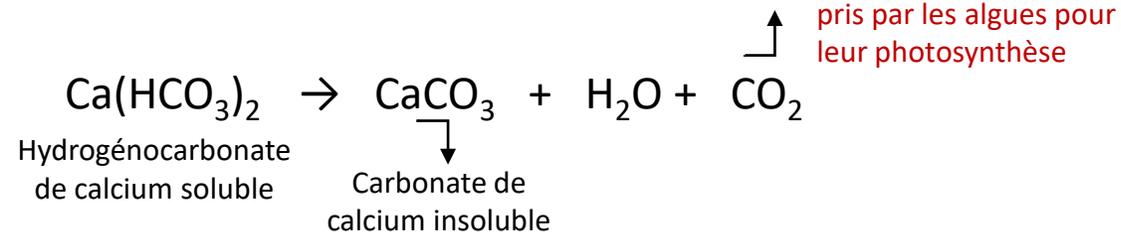


**Érosion, Transport**

1- Dans l'eau (lacs, mers, océans), le  $\text{CaCO}_3$ , s'il est excès, peut précipiter directement sous la forme d'une boue  $\Rightarrow$  après diagenèse, **calcaire d'origine chimique**

Un cas particulier est ce qui se passe dans les lagunes, les sebkas où par suite d'une importante évaporation de l'eau sous climat chaud et sec, le calcaire va précipiter en premier suivi du gypse, puis du sel gemme (halite) puis de la sylvinite  $\Rightarrow$  **calcaire d'origine évaporitique**

2- Pour leur photosynthèse, les Algues, les Zostères, les Posidonies, les Cyanobactéries, prélèvent dans l'eau le  $\text{CO}_2$  dont elles ont besoin. Plus précisément, elles vont le puiser dans l'hydrogénocarbonate de calcium soluble. Il va alors se produire la réaction déjà connue :



La précipitation du calcaire est par conséquent ici indirecte. Elle est la conséquence de l'absorption du  $\text{CO}_2$  par l'être phototrophe qui va le transformer, le réduire en glucide par tout un ensemble de réactions biochimiques.

**Ce calcaire sera donc d'origine biochimique.**

3- Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  peuvent enfin être directement prélevés par des animaux, des algues pour fabriquer leur squelette :

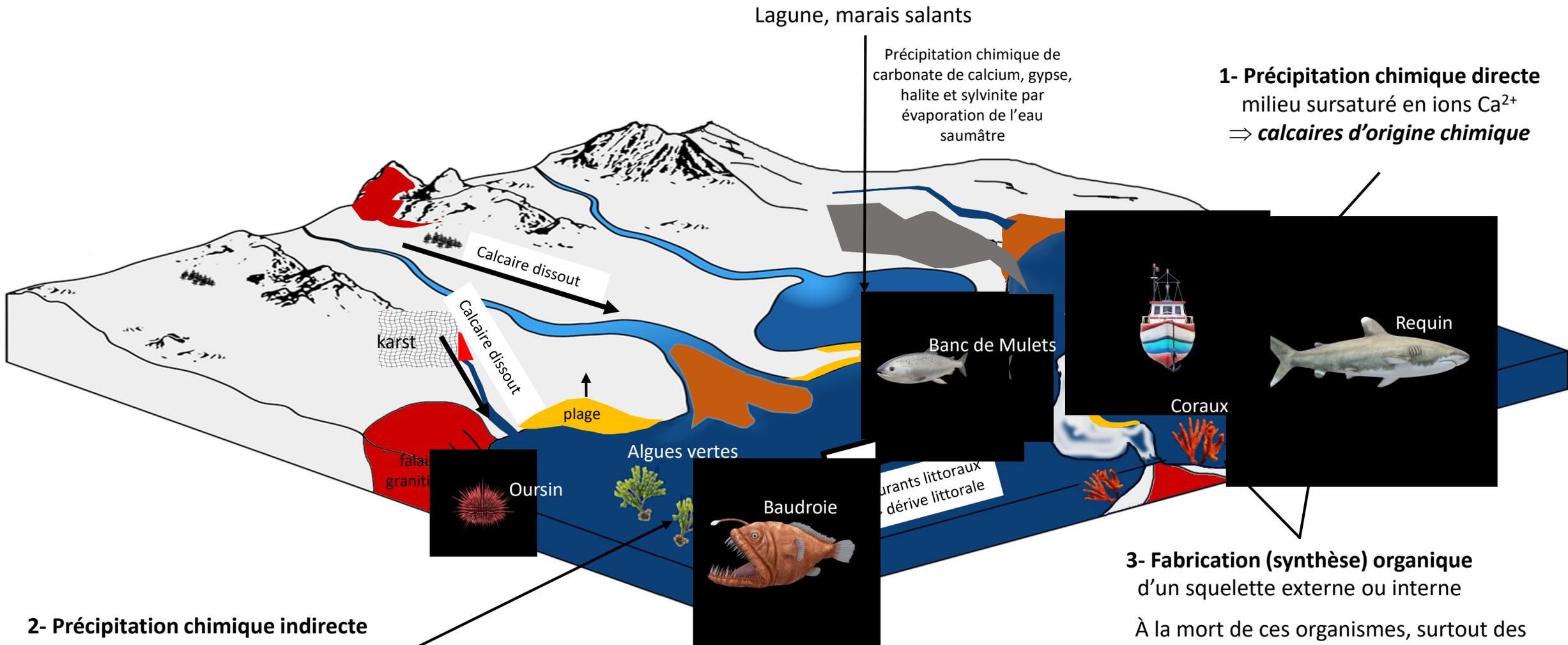
- squelette interne chez de rares Invertébrés comme la Seiche (Céphalopode) et en revanche chez tous les Vertébrés comme les « Poissons »,

- ou squelette externe chez de très nombreux Invertébrés comme les Foraminifères, les Coraux, les Bryozoaires, les Crustacés, les Mollusques, les Brachiopodes, les Echinodermes... et des algues calcaires comme les *Lithothamnions*.

Après leur mort, les coquilles, les carapaces, les os, les tests, les thalles de ces organismes animaux et végétaux vont alors s'accumuler sur le fond du bassin. Là, les vagues, la houle peuvent éventuellement les briser, les rouler. Bref, intacts ou usés, tous ces biomatériaux calcaires vont finalement être enrobés, cimentés par une boue calcaire d'origine chimique ou biochimique.

Les **calcaires ainsi formés, riches en fossiles, seront dits d'origine organique ...** bien qu'elle soit en réalité mixte !

**Les calcaires à coquilles brisées sont appelés calcaires bioclastiques. Les calcaires construits comme les récifs sont dits biogéniques.**

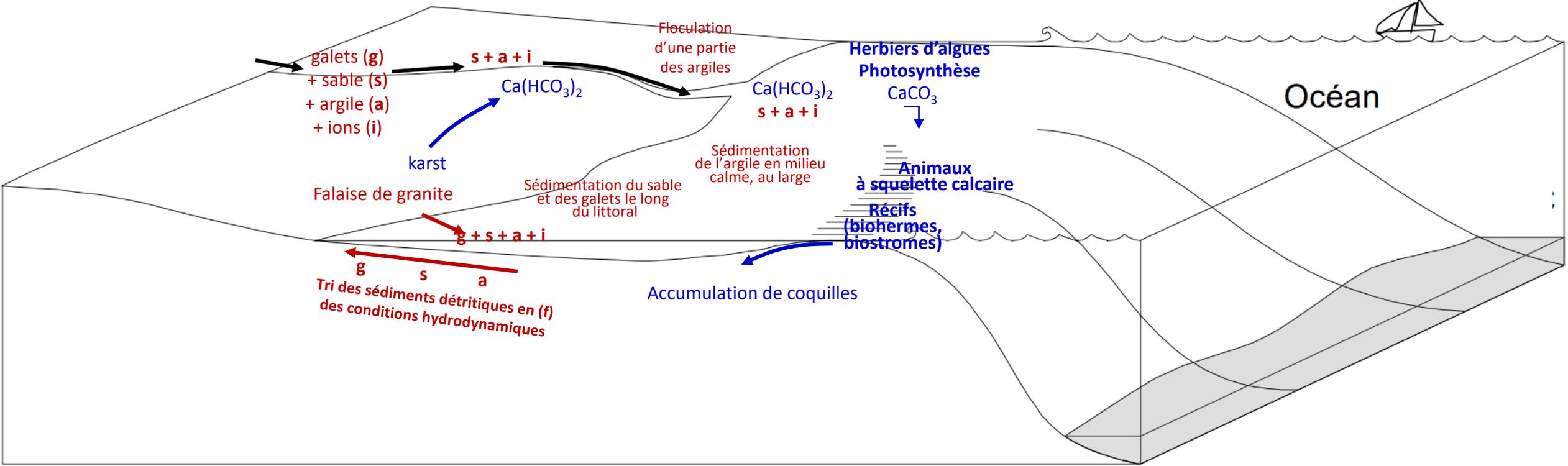
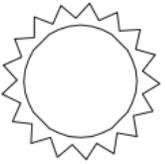


**1- Précipitation chimique directe**  
milieu sursaturé en ions  $\text{Ca}^{2+}$   
⇒ **calcaires d'origine chimique**

**2- Précipitation chimique indirecte**  
du fait des Végétaux et Bactéries  
photosynthétiques  
⇒ **calcaires d'origine biochimique**

**3- Fabrication (synthèse) organique**  
d'un squelette externe ou interne  
À la mort de ces organismes, surtout des  
Invertébrés, de loin les plus abondants, les  
coquilles s'accumulent sur le fond puis seront  
cimentés par un dépôt calcaire  
⇒ **4- Calcaires d'origine biologique ou organique**

## **Schéma-bilan global**



Et tout de suite, on peut imaginer que la classification des roches sédimentaires et surtout des calcaires va être compliquée !



- Les marnes

CaCO <sub>3</sub> (%)	10	33	66	90
Argile (%)	90	67	34	10

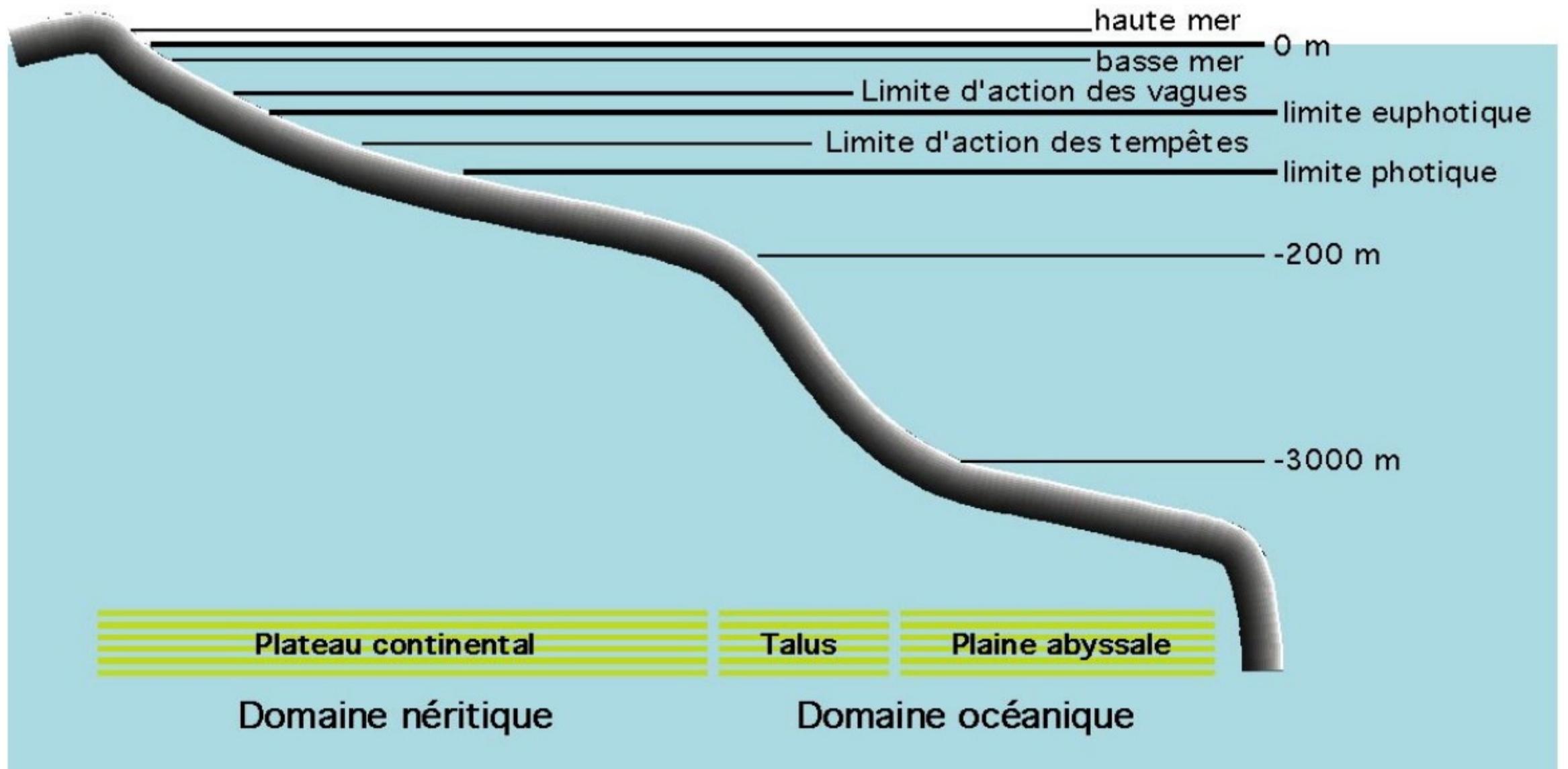
- Les grès calcaires

CaCO <sub>3</sub> (%)	10	50	90
Quartz (%)	90	50	10

Si des coquilles de calcaire ont été brisées puis les bris roulés par les vagues pour former des particules de la taille de grains de sable, et si ensuite ces grains sont unis par un ciment calcaire qui précipite, on obtiendra une **calcarénite** si l'on s'intéresse uniquement à la granulométrie des grains sans tenir compte de leur origine.

Mais on peut lui donner un autre nom ! Si l'on s'intéresse à la fois à l'origine des grains (ici biologique) et à la structure du ciment (micrite ou sparite), la calcarénite pourra être appelée **biomicrite** si le ciment est une micrite et **biosparite** s'il s'agit de sparite.

## VI- Reconstitution des paléoenvironnements

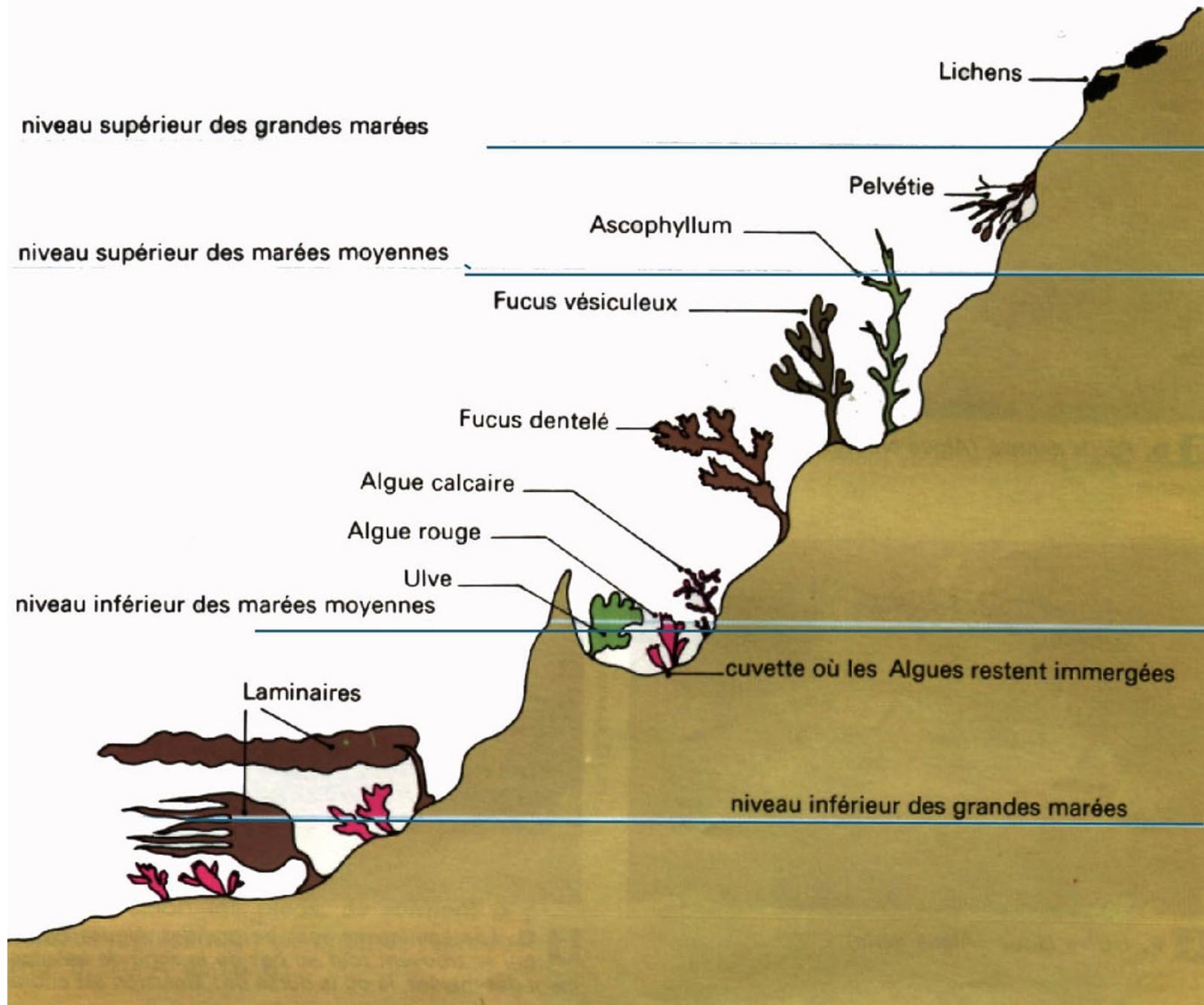


## **Le plateau continental est donc un milieu très complexe :**

- où vont donc se former une très grande variété de roches sédimentaires mais pas n'importe où,
- où foisonne la vie et ce pour différentes raisons, 3 essentiellement :
  1. la lumière qui permet la photosynthèse des végétaux chlorophylliens qui sont ensuite le point de départ de chaînes alimentaires,
  2. la richesse en nutriments apportés par les continents (rivières, fleuves) mais aussi par le large (up-wellings),
  3. Le plancton très dense pour les mêmes raisons
- par la multitude des biotopes que l'on peut y trouver et qui vont être occupés, colonisés, chacun, par des espèces animales ou végétales bien adaptées, bien spécifiques.

Un exemple classique sur nos côtes :

- l'étagement des algues
- la répartition des Gastéropodes voisins des Bigorneaux



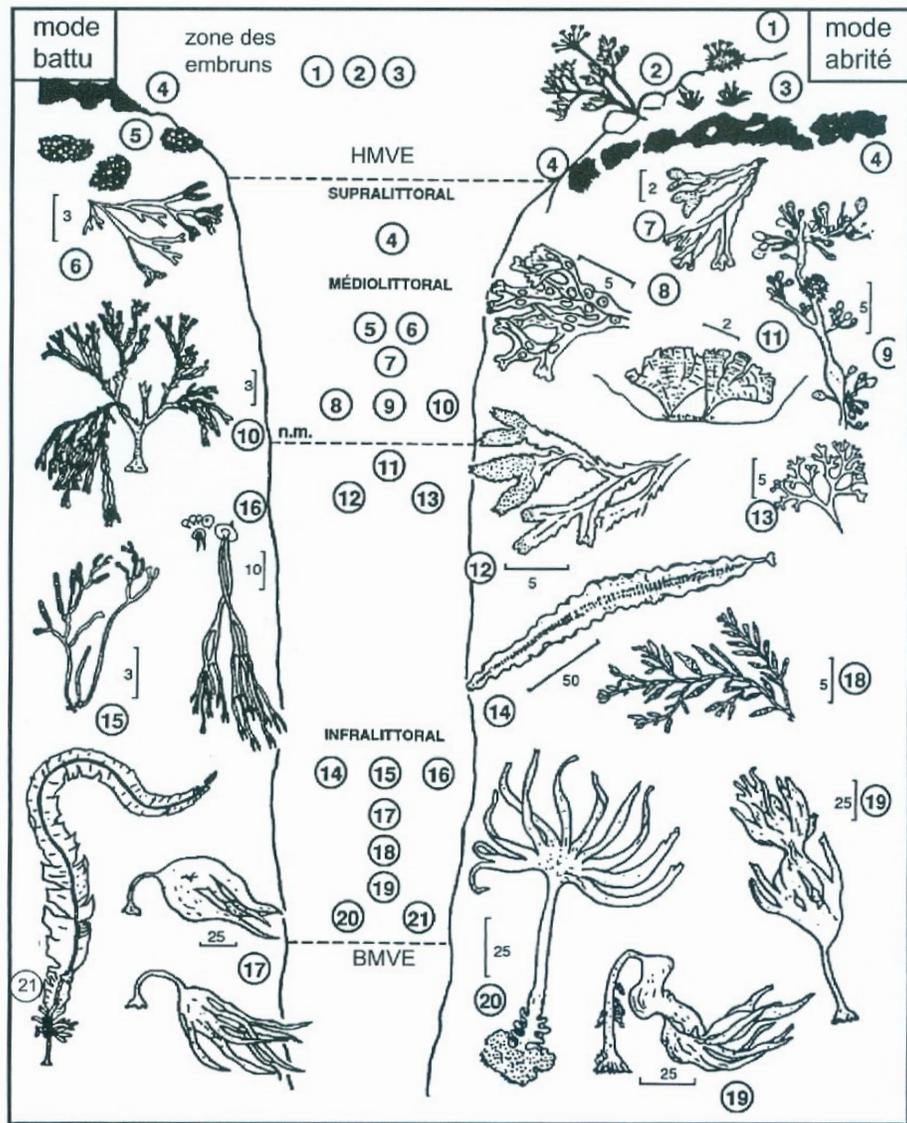


Fig. 59 - Principaux végétaux de la zone des marées (d'après Gruet, 1989). 1 : *Armeria maritima*. 2 : *Chrithmum maritimum*, la « casse-pierre ». 3 : lichens colorés. 4 : lichen noir encroûtant *Verrucaria*. 5 : *Lichina pygmaea*. 6 : *Pelvetia canaliculata*. 7 : *Fucus spiralis*. 8 : *Fucus vesiculosus*. 9 : *Ascophyllum nodosum*. 10 : *Fucus vesic. forme linearis*. 11 : *Padina pavonia*. 12 : *Fucus serratus*. 13 : *Chondrus crispus*. 14 : *Laminaria saccharina*. 15 : *Bifurcaria rotunda* (à l'île d'Yeu). 16 : *Himanthalia lorea* (à l'île d'Yeu). 17 : *Laminaria digitata* (au Pilier). 18 : *Halidrys siliquosa*. 19 : *Laminaria hyperborea*. 20 : *Saccorhiza polyschides*. 21 : *Alaria esculenta* (absente dans notre région, limite sud dans le Finistère). Les échelles sont en cm. HMVE = haute mer de vive-eau. BMVE = basse mer de vive-eau. n.m. = niveau moyen (dessins Y. Gruet, d'après nature).

Figures extraites de :

« Documents des Laboratoires de Géologie, LYON – Environnement littoral – Sédimentation et Biodiversité de l'Estran – Île de Noirmoutier (Vendée) – H.S. 10 – 2011 de Paul Bernier et Yves Gruet

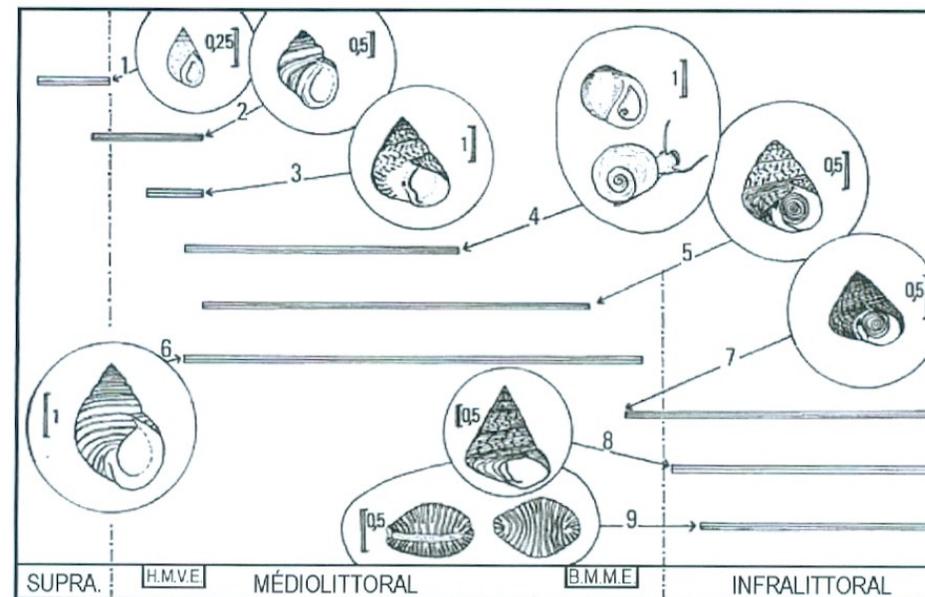


Fig. 60 - Distribution verticale de certains Mollusques Gastéropodes présents à Noirmoutier.

1 : *Melarhappe neritoides*. 2 : *Littorina saxatilis*. 3 : *Osilinus (Monodonta) lineatus*. 4 : *Littorina obtusata* (= *L. littoralis*). 5 : *Gibbula umbilicalis*. 6 : *Littorina littorea*, bigorneau noir comestible. 7 : *Gibbula cineraria*. 8 : *Calliostoma zyziphinum*. 9 : *Trivia (monacha et arctica)*.

Mais tout ce que l'on vient de dire depuis le début, en ce qui concerne le granite et le calcaire, la sédimentation sur le plateau continental etc... la diversité des biotopes, c'est ce que l'on constate actuellement mais ce qui est vrai pour le présent l'est aussi pour le passé, en tout cas, c'est l'hypothèse, le pari que font les géologues.

Ils appliquent en cela un grand principe de la géologie : le **Principe de l'Actualisme qui postule que les lois régissant les phénomènes géologiques ou biologiques actuels peuvent également s'appliquer dans le passé.**

**Ce principe permet donc d'imaginer comment les choses se passaient il y a des millions d'années, de reconstituer les paysages anciens et donc d'une certaine façon de remonter le temps.**

Par exemple, en ce qui concerne les caractères lithologiques des roches sédimentaires :

- une argile actuelle se dépose dans un milieu calme ; grâce au Principe de l'Actualisme, on supposera qu'il en était ainsi pour une marne riche en argile de 200 Ma,
- en revanche, un calcaire gréseux actuel indique un milieu plus agité, il y a du sable. On supposera qu'il en était de même pour un calcaire gréseux de l'Eocène.

Rien que par l'étude de la roche elle-même, on pourra ainsi apprécier l'hydrodynamisme du milieu (calme ou agité) et donc sa proximité ou son éloignement par rapport au rivage.

On pourra s'aider aussi des fossiles qu'elles renferment. Surtout les **fossiles dits de faciès** (par opposition aux fossiles stratigraphiques), en faisant toujours appel au sacro-saint **Principe de l'actualisme** selon lequel les animaux ou végétaux fossiles ont vécu dans les mêmes conditions que les animaux et végétaux actuels qui leur sont les plus proches, qui leur ressemblent le plus d'un point de vue anatomique, physiologique ....

Et comme ces derniers vivent dans des biotopes bien précis, ces fossiles de faciès qui leur sont apparentés vont apporter de précieuses indications sur le milieu comme la température de l'eau de mer, sa transparence, son oxygénation, ... , la profondeur puisque les animaux marins et les algues actuels présentent une répartition étagée en fonction de la bathymétrie.

Exemple des coraux de la Pointe du Chay (ou de la carrière de La Marbrière à La Villedé-d'Ardin) ou des calcaires oolithiques du Bajocien-Bathonien de Vilhonneur

## Les coraux de la Pointe du Chay



Les **Coraux** sont inféodés à un milieu de sédimentation strict.

La **lumière** est indispensable à la photosynthèse des Zooxanthelles symbiotiques, par conséquent les coraux seront présents majoritairement dans les **eaux peu profondes** (l'éclairement diminue avec la profondeur) et **transparentes** (diminution de la luminosité avec la charge de particules en suspension). Un excès d'éléments en suspension étouffe de plus les polypes.

**La température optimale pour le développement des coraux se situe entre 25 et 30 °C.** Si la température s'élève ou si l'intensité lumineuse est trop intense pendant une période trop longue, les coraux blanchissent. Le blanchissement des coraux est dû soit à une diminution de la teneur en pigments photosynthétiques des Zooxanthelles soit à l'expulsion de ces dernières par leur hôte.

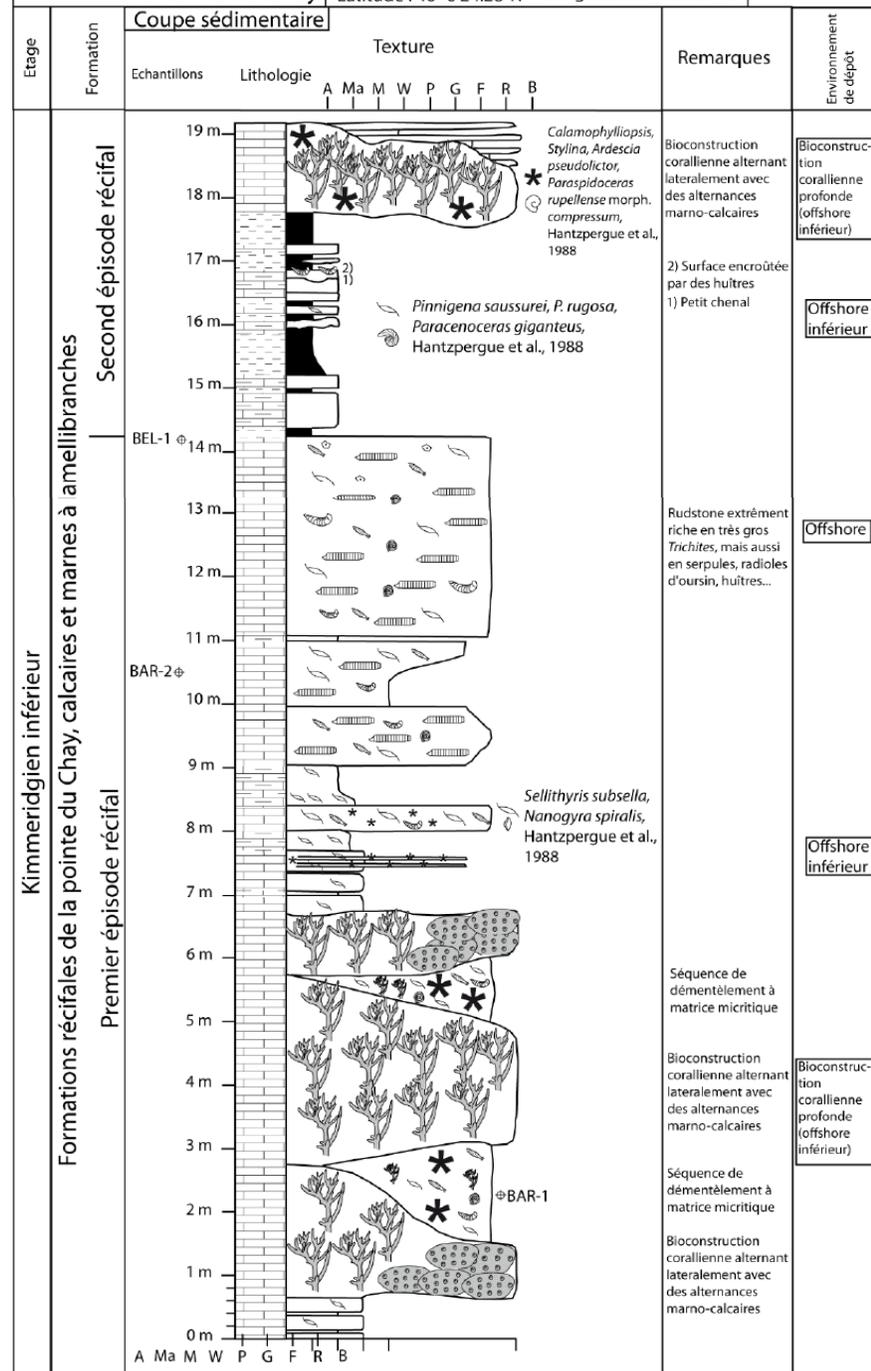
Enfin, les coraux ne supportent que très mal les écarts de salinité de l'eau de mer (35 à 40 ‰).



Corail fossile



Corail actuel



## Le calcaire oolithique de Vilhonneur



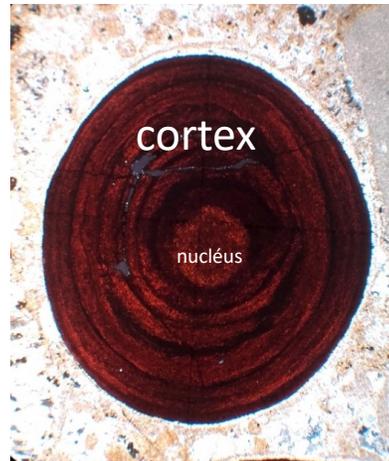
### Mode de formation des oolithes

Dans la nature actuelle, les oolithes se forment plutôt en milieu marin peu profond, dans une eau chaude sursaturée en  $\text{CaCO}_3$  et agitée (Bahamas, Côte des Pirates dans le Golfe Persique entre Iran et Qatar).

Elles restent en suspension permanente dans l'eau grâce au mouvement continu et alternatif des vagues de marées, tandis que les couches formant le cortex se mettent en place ; lorsque les oolithes deviennent trop lourdes, elles se déposent sur le fond marin et sédimentent.

L'origine purement minérale des oolithes est aujourd'hui sujette à débat dans la communauté des sédimentologues.

Les oolithes actuelles présentent en effet un micro-biofilm bactérien à leur surface qui pourrait aider à la précipitation carbonatée (aragonite). Il s'agirait alors de précipitation biochimique sur le modèle des Stromatolithes mais ici sur une structure en mouvement.

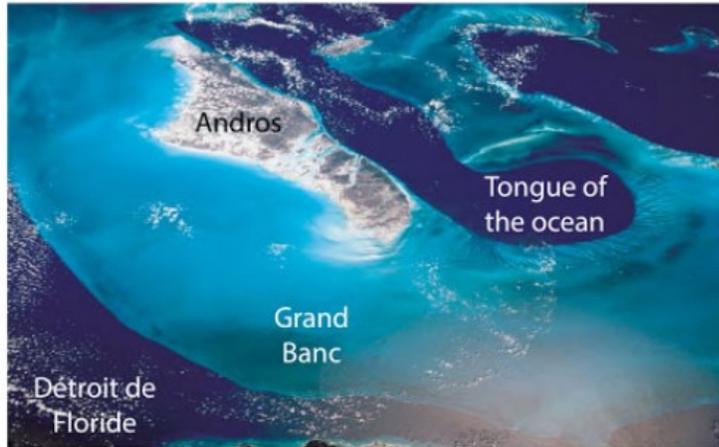


### Implication paléo-environnementale

Dans les séries anciennes, les oolithes sont des indicateurs fiables de paléoenvironnements peu profonds et agités (souvent moins de 3 m) et de climats chauds.

Les oolithes, dans le passé, ont constitué de grandes accumulations de plages, de bancs, de cordons etc...

Ces formations oolithiques peuvent être ensuite rapidement consolidées et constituer des barrières ou des hauts-fonds associés ou non à des récifs coralliens.



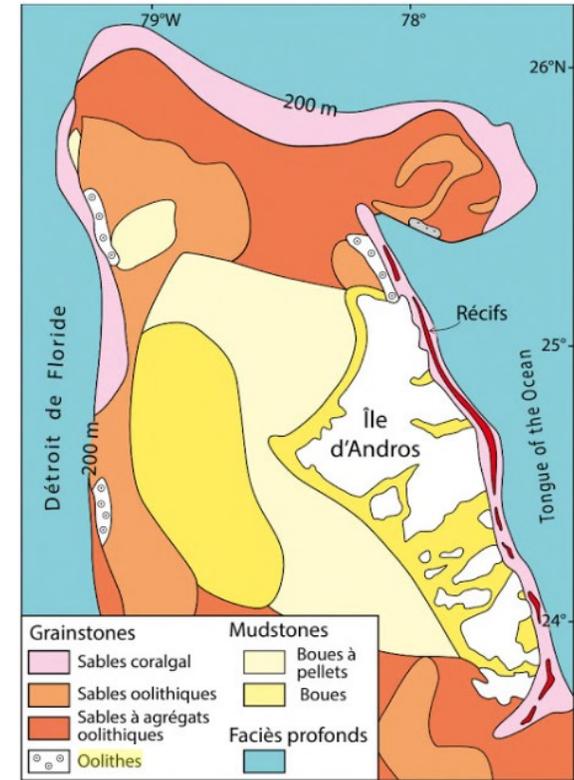
**Vue aérienne du Grand Banc (Bahamas)**

Le Grand Banc est une vaste zone de 96 000 km<sup>2</sup>, peu profonde (< à 6 m le plus souvent, couleur bleu clair), de sédimentation carbonatée. Le Grand Banc est limité par de failles très pentues (> à 60°) qui donnent accès à l'océan profond (couleur bleu foncé).

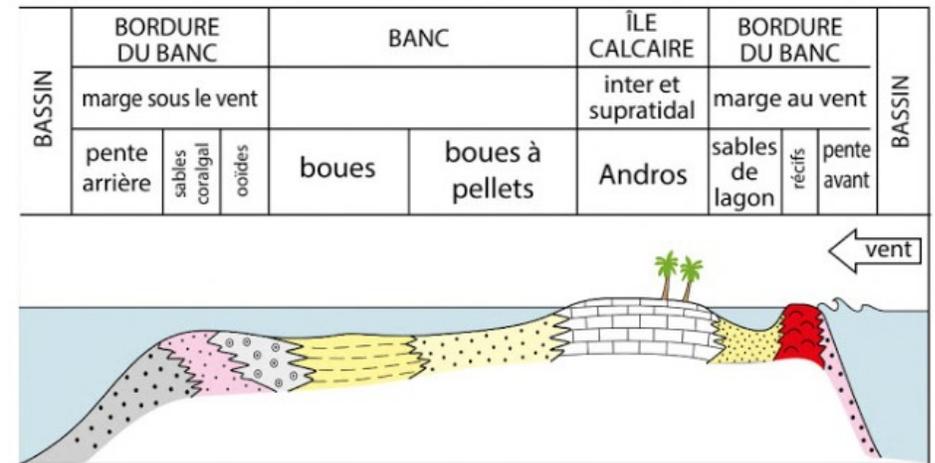
### Coupe transversale du Grand Banc

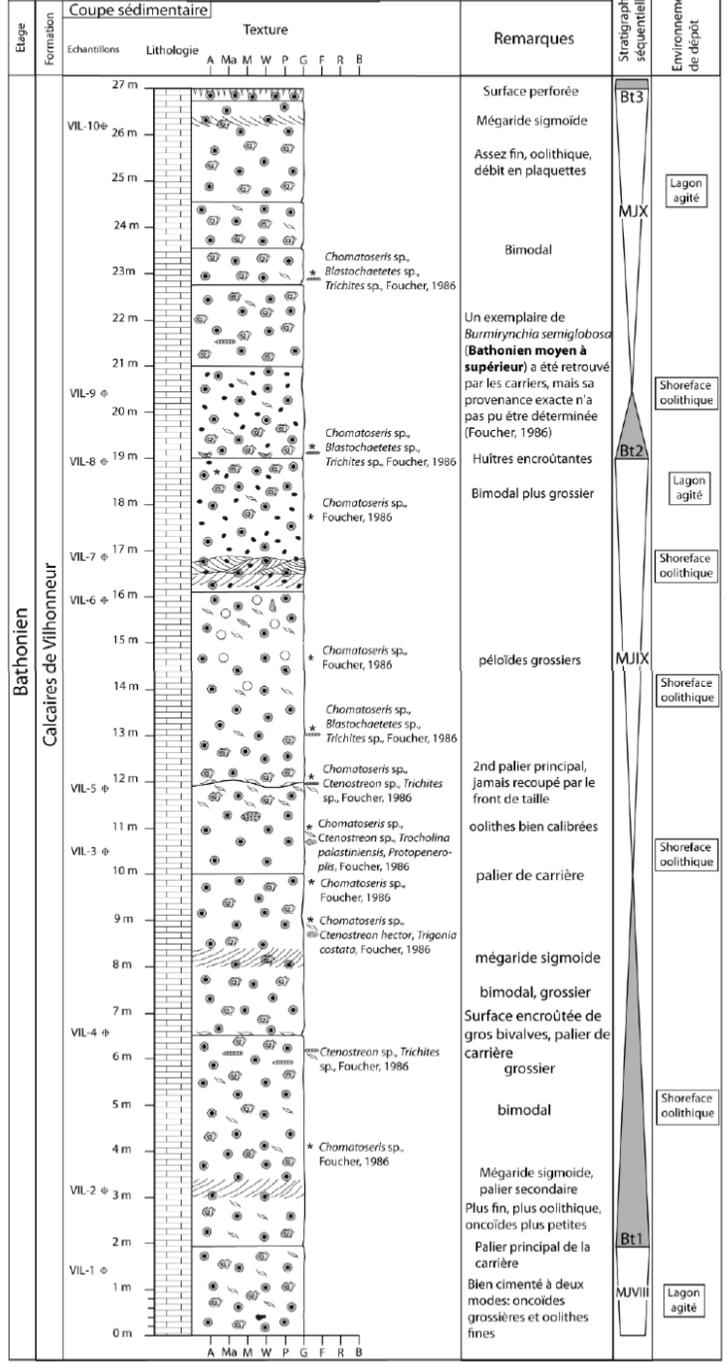
Les sédiments sont grossiers (grainstones, oolithes) à la périphérie (milieu de haute énergie du fait des vagues et marées) et fins (boues, mudstones) dans la partie centrale protégée.

Le dispositif est dissymétrique du fait de la présence de l'île d'Andros et du développement des récifs sur la façade au vent et de leur absence sur la façade sous le vent.



**Répartition des faciès dans le Grand Banc**





Pour connaître dans quel milieu s'est formée une roche, pour reconstituer son paléo-environnement, il va falloir étudier deux choses :

- les caractéristiques lithologiques de la roche c'est-à-dire ses propriétés physico-chimiques : son aspect à l'affleurement (épaisseur, fracturation, couleur, granoclassement ... de la strate qui la renferme), ses propriétés physiques (porosité, perméabilité, conductivité électrique...), sa composition chimique, minéralogique, la taille de ses grains...

⇒ en un mot, ce que l'on appelle son **lithofaciès**.

- et également ses caractéristiques biologiques c'est-à-dire la présence éventuelle de fossiles qu'il faudra rechercher et ensuite identifier.

⇒ ce que l'on appelle son **faciès paléontologique**.

**Définition : on appelle faciès l'ensemble des caractères lithologiques (lithofaciès) et biologiques (faciès paléontologique) d'un dépôt sédimentaire.**

**Mais pas que !!!!!**

Pour reconstituer un paléo-environnement, on pourra aussi s'aider, en plus des caractères lithologiques (lithofaciès) et biologiques (faciès paléontologique), **des figures et des structures de sédimentation** qui sont des marqueurs de l'hydrodynamisme et **des ichnites**.



# Hettangien inférieur

(Membre argilo-gréseux - Anse de la république)





## Hettangien moyen à supérieur

(Membre carbonaté entre l'Anse de la République et la Plage du Veillon)





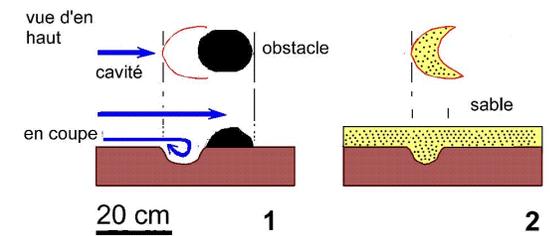
Pour reconstituer un paléo-environnement, on pourra donc s'aider également, en plus des caractères lithologiques (lithofaciès) et biologiques (faciès paléontologique), des figures et des structures de sédimentation qui sont des marqueurs de l'hydrodynamisme.



Ripple-marks



Mégaride de courant



Formation d'un CROISSANT DE COURANT

<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours-sed/sed-4.htm>

Crescent mark ou comet mark



# Hettangien supérieur silicifié

(Anse Saint-Nicolas)





# Contact Hettangien - Pliensbachien

(Rive Est de l'estuaire du Payré)





# Falaise Domérien - Toarcien

(Pointe Nord de l'Anse Saint-Nicolas)



Phlyseogrammoceras  
dispansum



Toarcien supérieur - Zone à *Phlyseogrammoceras dispansum* -  
Sous-zone à *Gruneria Gruneri*

**Toarcien - Aalénien**  
(Milieu de l'estran de l'Anse Saint-Nicolas)



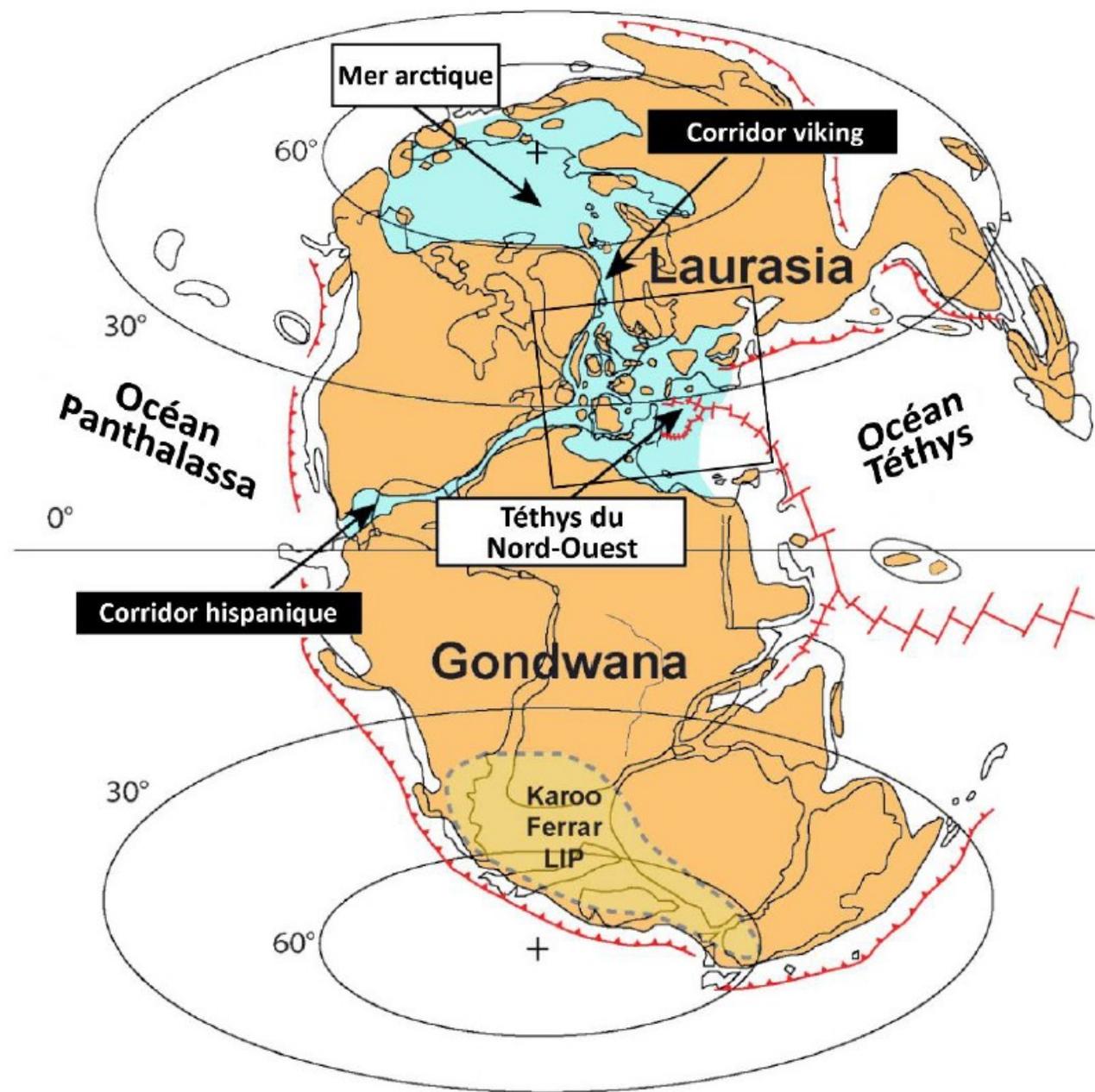


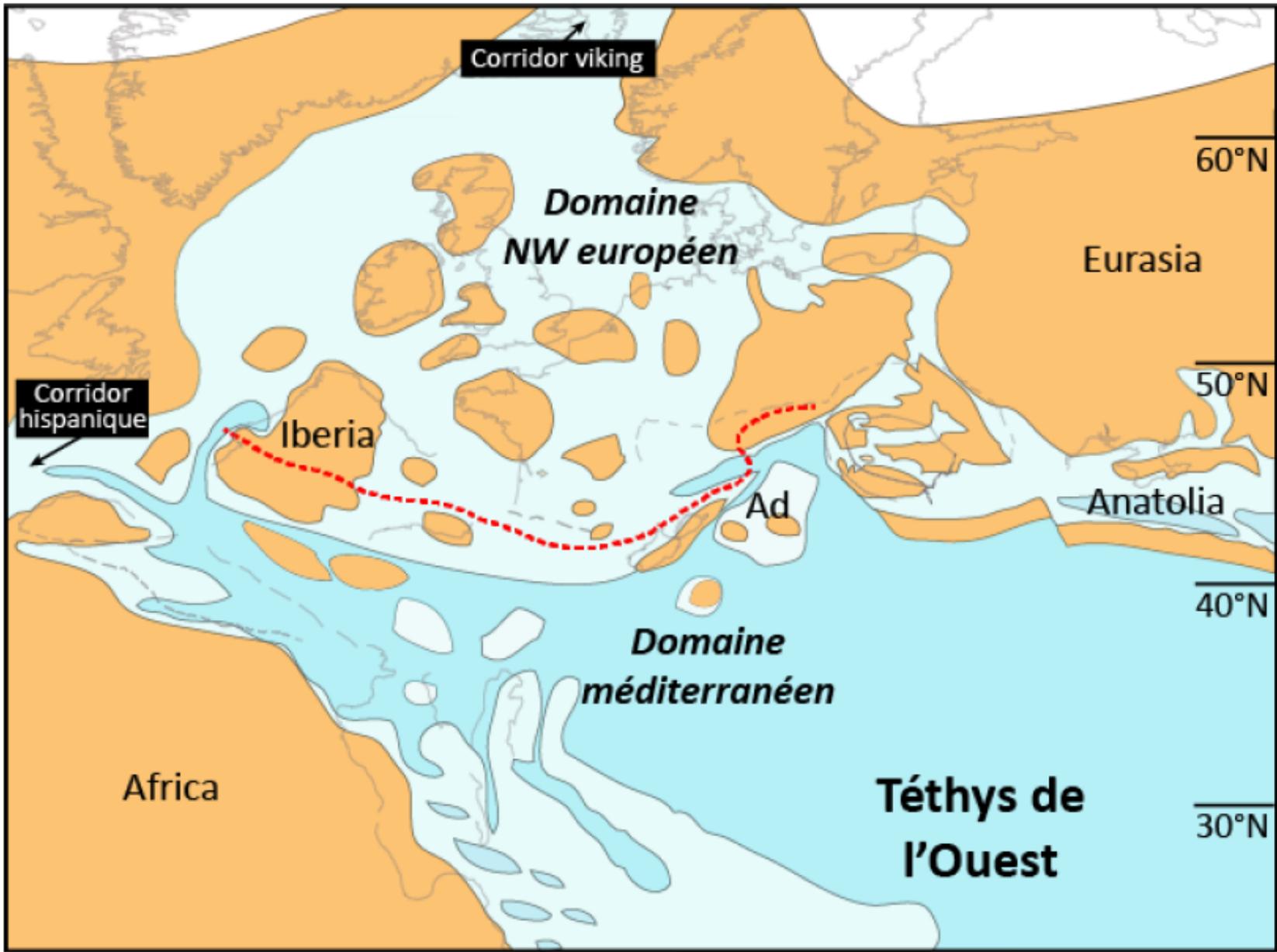
# Bajocien inférieur et supérieur

(Pointe Sud de l'Anse Saint-Nicolas)



Reconstitution  
paléogéographique  
des continents au  
Jurassique inférieur





■ Bassins profonds

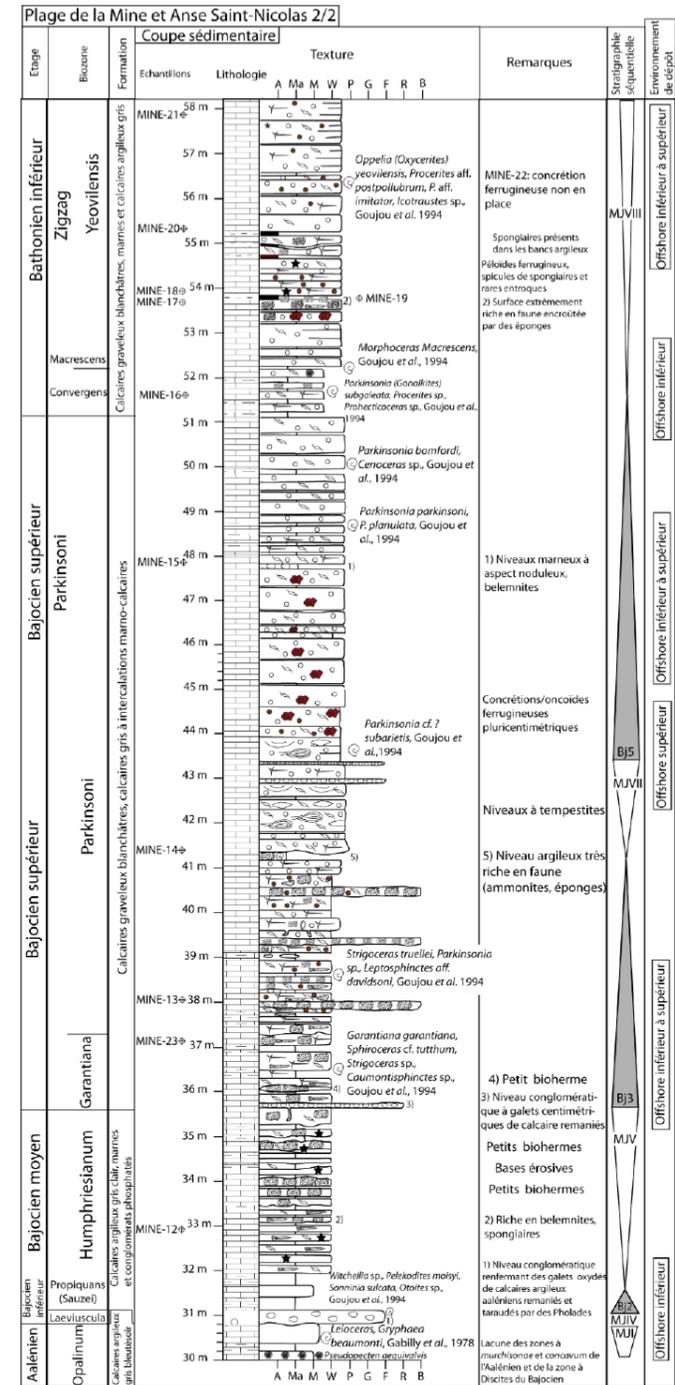
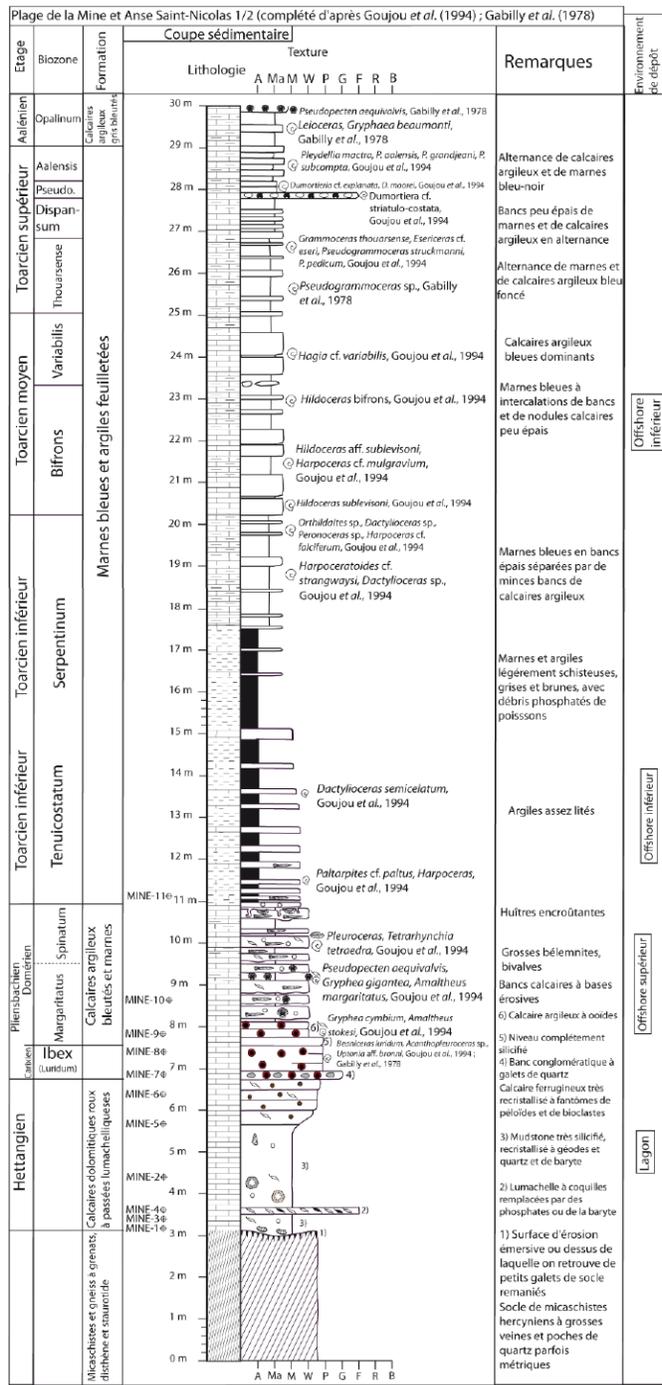
■ Mers épicontinentales

■ Terres émergées

..... Barrière biogéographique

### Reconstitution paléogéographique de la Téthys de l'Ouest au Carixien

Ad = bloc adriatique, dépendance du bloc africain



# Genèse de quelques roches sédimentaires

# La bauxite de Bédarieux

# Étude de la ROCHE 3

1. Décrire la roche à l'œil nu.
2. Déterminer sa nature chimique.

Pour cela, vous avez à votre disposition :

- un flacon d'HCl dilué,
- votre langue !

Pour une étude plus précise de cette composition chimique, on vous propose de réaliser l'expérience décrite dans le **document 1** joint.

Réaliser la manipulation en suivant rigoureusement les différentes étapes du protocole.

3. Expliquer alors la teinte particulière de la roche.
4. Exploiter judicieusement l'**ensemble documentaire 2** pour préciser les causes et les mécanismes de formation de la bauxite en milieu tropical (Côte d'Ivoire) à partir d'un granite du Craton Ouest-Africain.

Pour vous faciliter le travail, répondre aux différents QCM.

Le **document 3** représente une coupe de l'isthme durancien à l'Albien, il y a environ 130 Ma. Il émerge à cette époque et restera émergé pendant tout le Crétacé supérieur.

Aujourd'hui, les bassins de Bédarioux et de Saint-Chinian situés de part et d'autre de ce bombement montrent un paléo-karst établi sur la dolomie et rempli de bauxite renfermant des fragments de schistes et de quartzites.

5. À partir de la coupe du **document 3**, reconstituer l'histoire de la région.

# Document 1

## Donnée

Si on ajoute quelques gouttes d'une solution de soude NaOH dans un tube à essais contenant une solution de chlorure de fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ), il se forme un précipité de couleur rouille.

## Expérience

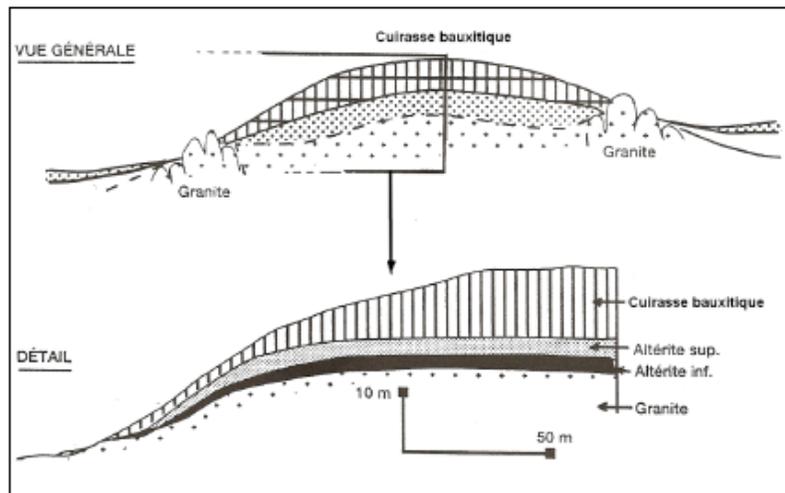
1. Ecraser un tout petit fragment de la roche dans un mortier.
2. En prélever un peu de poudre et la dissoudre autant que possible dans l'eau d'un tube à essai.
3. Laisser reposer quelques minutes.
4. Puis ajouter quelques gouttes de soude.
5. Observer.
6. Conclure.

## Ensemble documentaire 2

**Donnée** : la roche étudiée peut se former par altération de roches diverses : calcaires, granites, schistes... mais dans tous les cas, exclusivement sous climat de type tropical humide.

La bauxite est un minerai d'aluminium constitué principalement de gibbsite et de kaolinite, argile alumineuse.

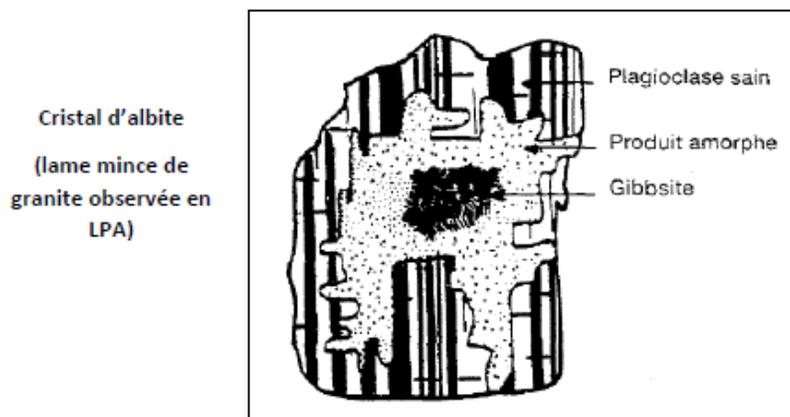
En Côte-d'Ivoire, dans une zone tropicale avec alternance de saison sèche et de saison humide, on relève au Mont Tato une belle formation bauxitique avec une puissante cuirasse développée sur un substrat granitique (= roche mère).



Coupe synthétique du Mont Tato

Des microanalyses, effectuées à la microsonde, permettent de suivre dans les formations bauxitiques, les étapes de l'altération d'un feldspath plagioclase sodique, l'albite, minéral très commun du granite.

Le schéma ci-dessous représente un cristal d'albite en voie d'altération et les tableaux 1 et 2 suivants renseignent sur les résultats obtenus à la microsonde. Ces résultats sont exprimés en oxydes.



1. Le schéma de la lame mince ci-dessus et le tableau 1 ci-dessous montrent-ils que la gibbsite est :

- A – issue de l'altération physique (= mécanique) de l'albite ?
- B – issue de l'altération chimique de l'albite ?
- C – un minéral qui se forme à partir de la déshydratation de l'albite ?
- D – un minéral plus hydraté que l'albite, son minéral d'origine ?
- E – un minéral concentrant l'ion  $Al^{3+}$  suite au lessivage des autres ions du minéral d'origine, l'albite ?
- F – un minéral issu du lessivage de l'ion  $Al^{3+}$  de l'albite ?
- G – un minéral qui se forme au sein de l'albite par métamorphisme lié aux conditions du climat tropical ?
- H – un minéral qui ne contient plus d'ions  $Na^+$  ?

Choisir la ou les bonnes réponses.

	Albite saine $Si_3AlO_8Na$	Gibbsite $Al(OH)_3$	Zone amorphe ( sans minéraux particuliers )
$SiO_2$	64	2	54
$Al_2O_3$	23	98	44
$Na_2O$	13	0	2

Tableau 1

2. Le tableau 2 ci-après montre-t-il que la bauxite provient :

- A – de la disparition des trois minéraux du granite (quartz, feldspaths et micas) remplacés par de la goéthite, gibbsite et kaolinite ?
- B – du lessivage important de l'Aluminium de tous les minéraux du granite ?
- C – de la concentration sur place des ions  $Si^{4+}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  et  $K^+$  contenus dans les minéraux du granite initial ?
- D – du lessivage important des ions  $Al^{3+}$  contenus dans les minéraux de quartz du granite initial ?

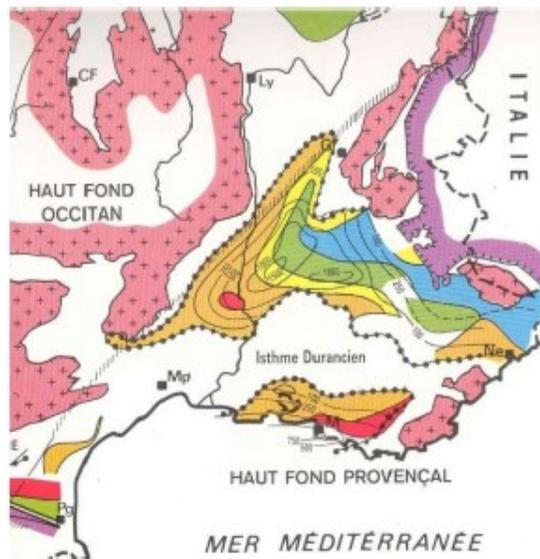
Choisir la ou les bonnes réponses.

	Quartz	Feldspath	Mica	Argile alumineuse = kaolinite	Oxyde d'aluminium = gibbsite	Oxyde de fer = goethite
Cuirasse	0	0	0	7	93	13
Altérites	10	1	1	46	42	6
Granite	30	65	5	0	0	0

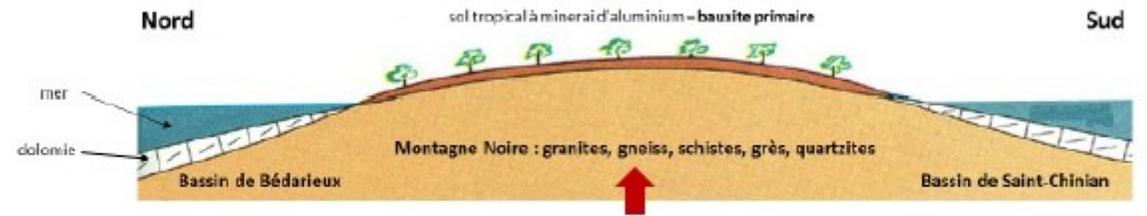
Quartz	$\text{SiO}_2$
Feldspath potassique (orthose)	$\text{Si}_2\text{AlO}_8\text{K}$
Feldspaths plagioclases ex :	$\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Na}$ (Albite) - $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Ca}$ (Anorthite)
Biotite	$(\text{Si}_3\text{AlO}_{10}) (\text{Fe}, \text{Mg})_3 \text{K}(\text{OH})_2$
Muscovite	$(\text{Si}_3\text{AlO}_{10}) \text{Al}_2 \text{K}(\text{OH})_2$
Argiles ex : kaolinite	$\text{Si}_2\text{O}_5\text{Al}_2 (\text{OH})_2$
Gibbsite	$\text{Al}(\text{OH})_3$
Goethite	$\text{FeO}(\text{OH})$

Tableau 2

### Document 3



Localisation de l'isthme durancien



Coupe de l'isthme durancien à la latitude de Béziers  
(75 km à l'Est de Montpellier – Mp sur la carte précédente)



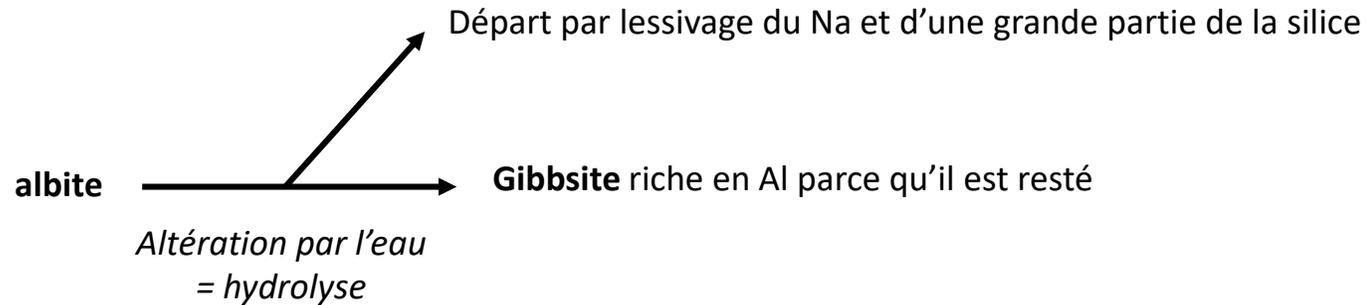
## Correction rapide

1. A non - B oui - C non - D oui

Conclusion : la gibbsite provient de l'altération chimique de l'albite par hydratation

E oui (le Na et le Si sont partis par lessivage) - F non - G non ! H oui

Conclusion :



2. A oui - B non - C non - D non

Quand on passe du granite aux altérites, on constate que ce sont surtout les feldspaths qui sont altérés puis dans l'ordre les micas et le quartz. On obtient surtout de la kaolinite et de la gibbsite, peu de fer qui provient exclusivement de la biotite.

Rapport Si/Al dans la kaolinite = 1 . On parle de monosiallisation.

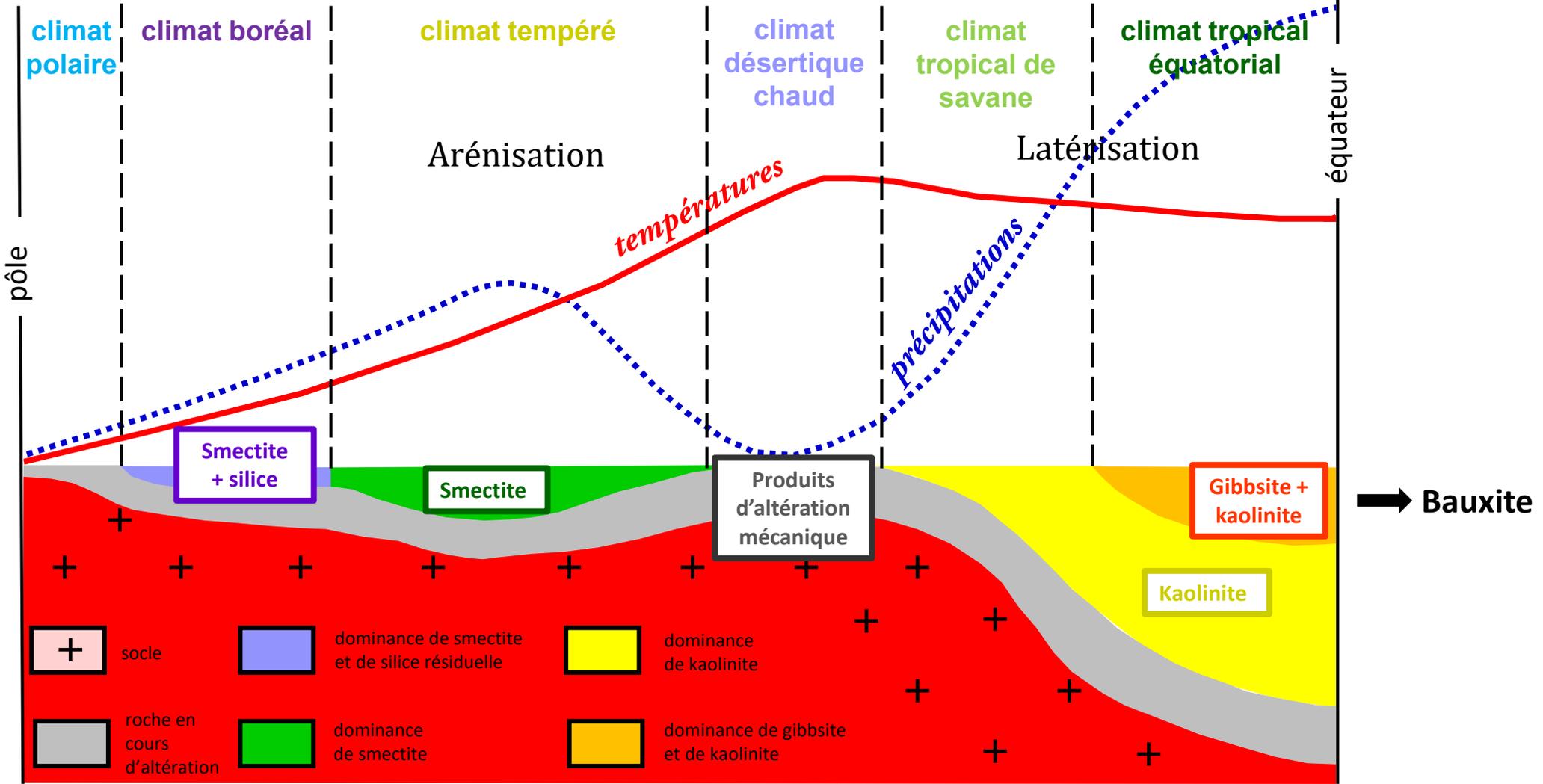
Et quand on passe des altérites à la cuirasse, la kaolinite disparaît, la gibbsite devient dominante donc on peut supposer une transformation de la kaolinite en gibbsite et le fer devient plus concentré parce que non lessivé. Le quartz, la silice a été complètement lessivée.

Rapport Si/Al dans la gibbsite = 0 . On parle d'allitisation.

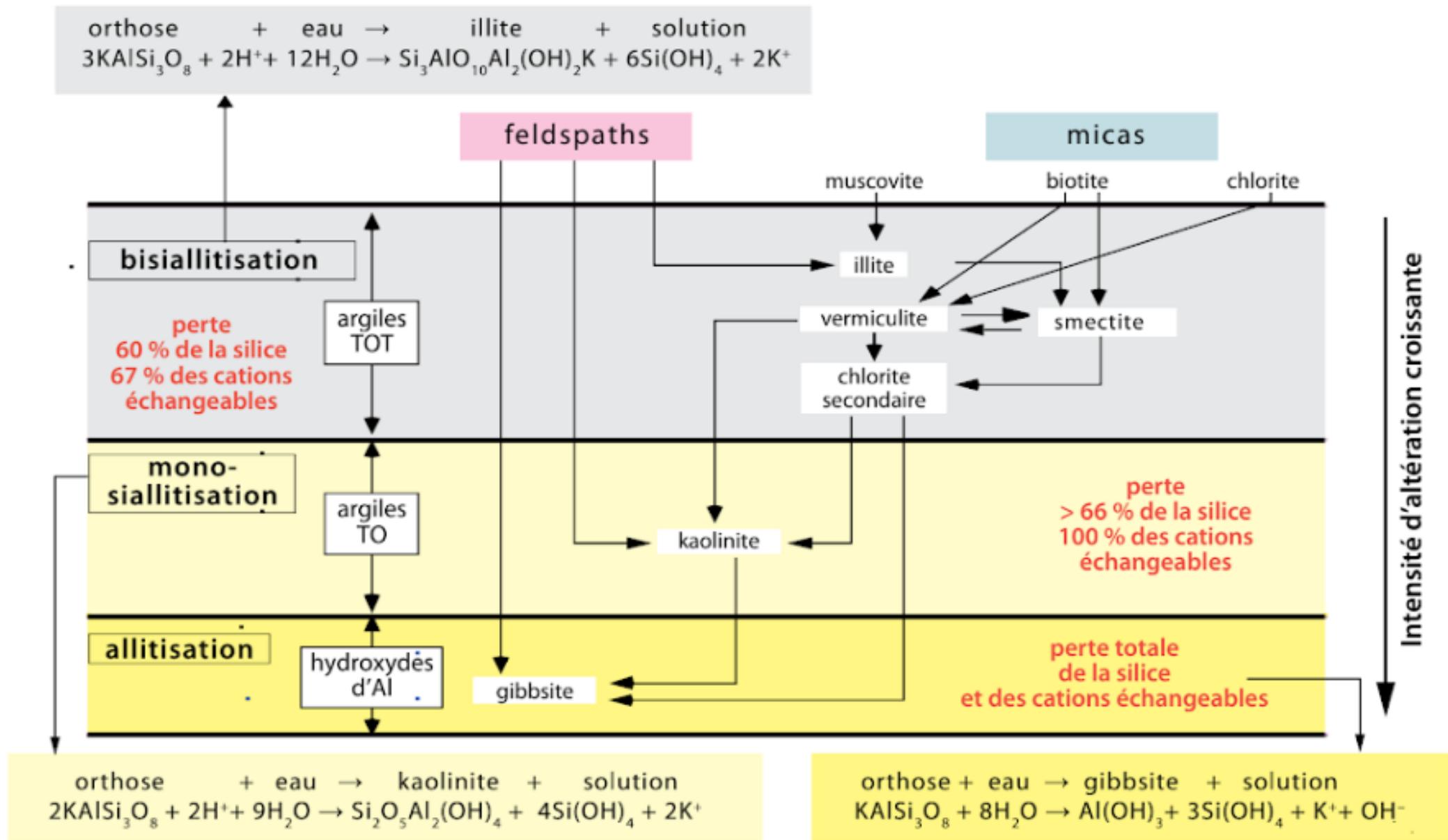
La bauxite est riche en Al et en Fe.

Podzolisation    Bisiallisation    Altération mécanique    Allitisation

Monosiallisation

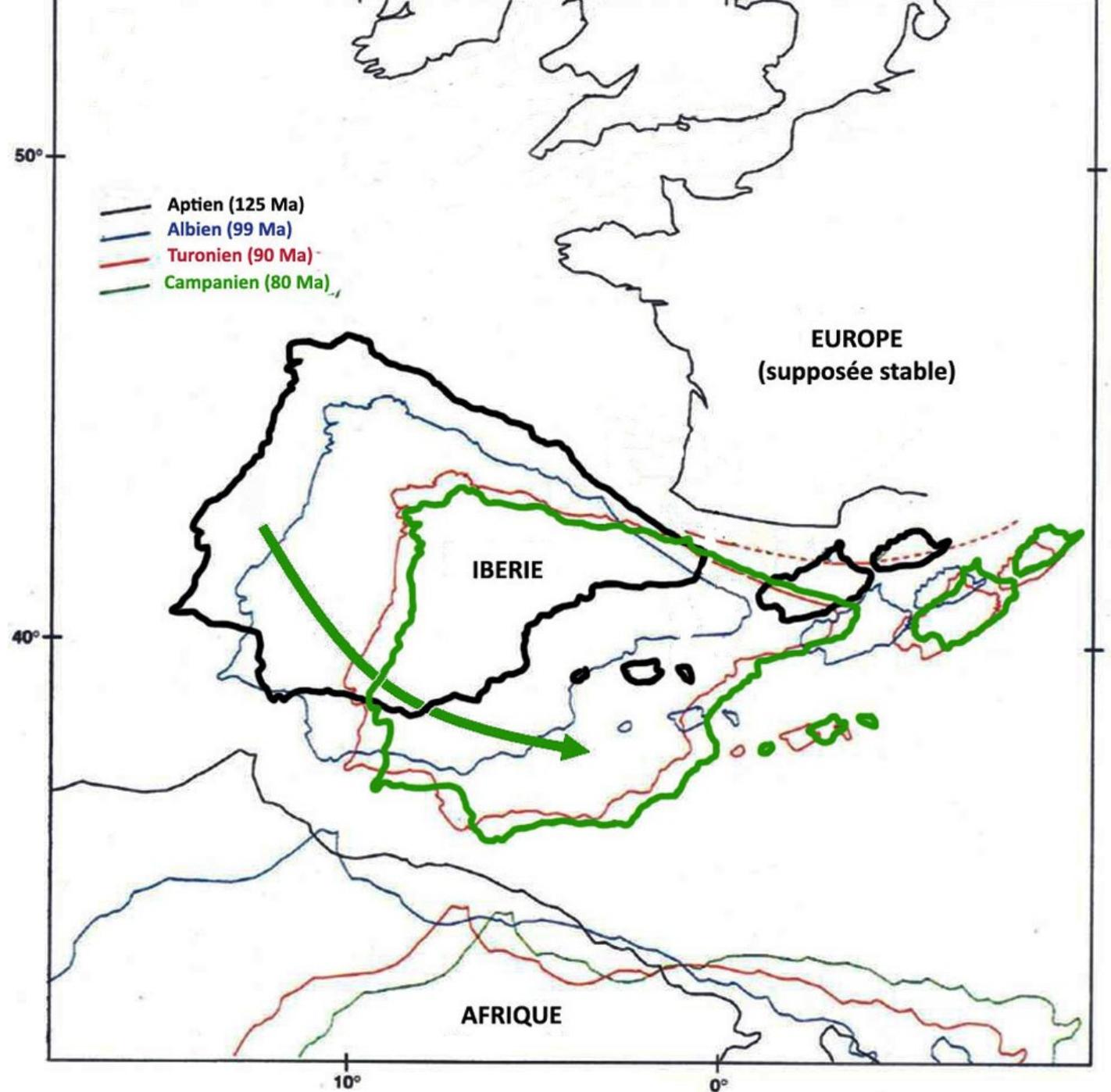


d'après Yann Hauteville



Dans le Sud du Vaucluse, l'Albo-Cénomanién montre déjà des signes d'émersion. Cette émersion fut complète par la suite pendant tout le Crétacé supérieur dans tout le Sud de la Provence, du Languedoc...

Cette émersion est due à une surrection régionale globale, à relier au fonctionnement au Crétacé supérieur de la faille transformante séparant l'Europe de la microplaque ibérico-corso-sarde, émersion qui voit se former les « bauxites de Provence » un peu plus au Sud de Roussillon.



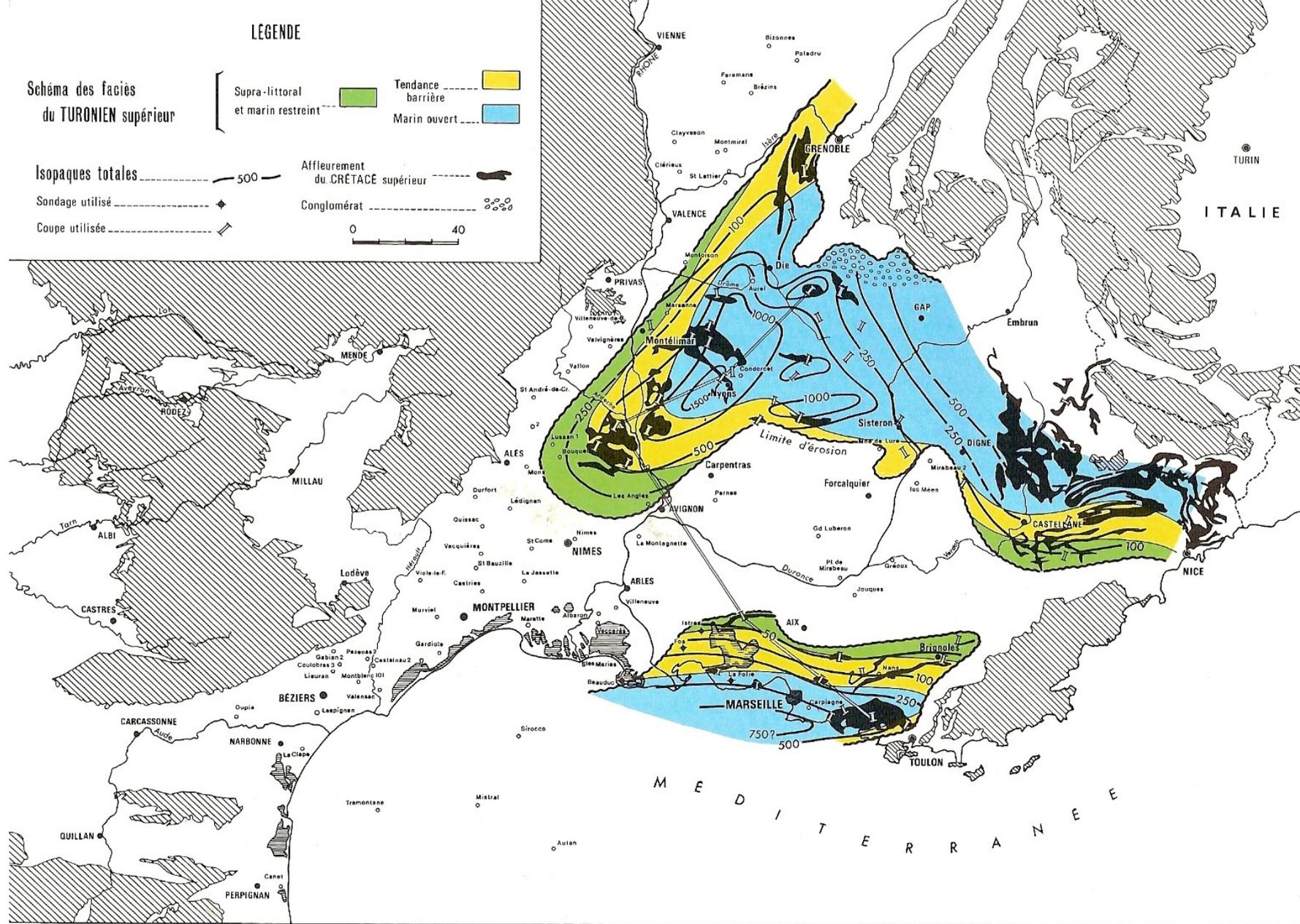
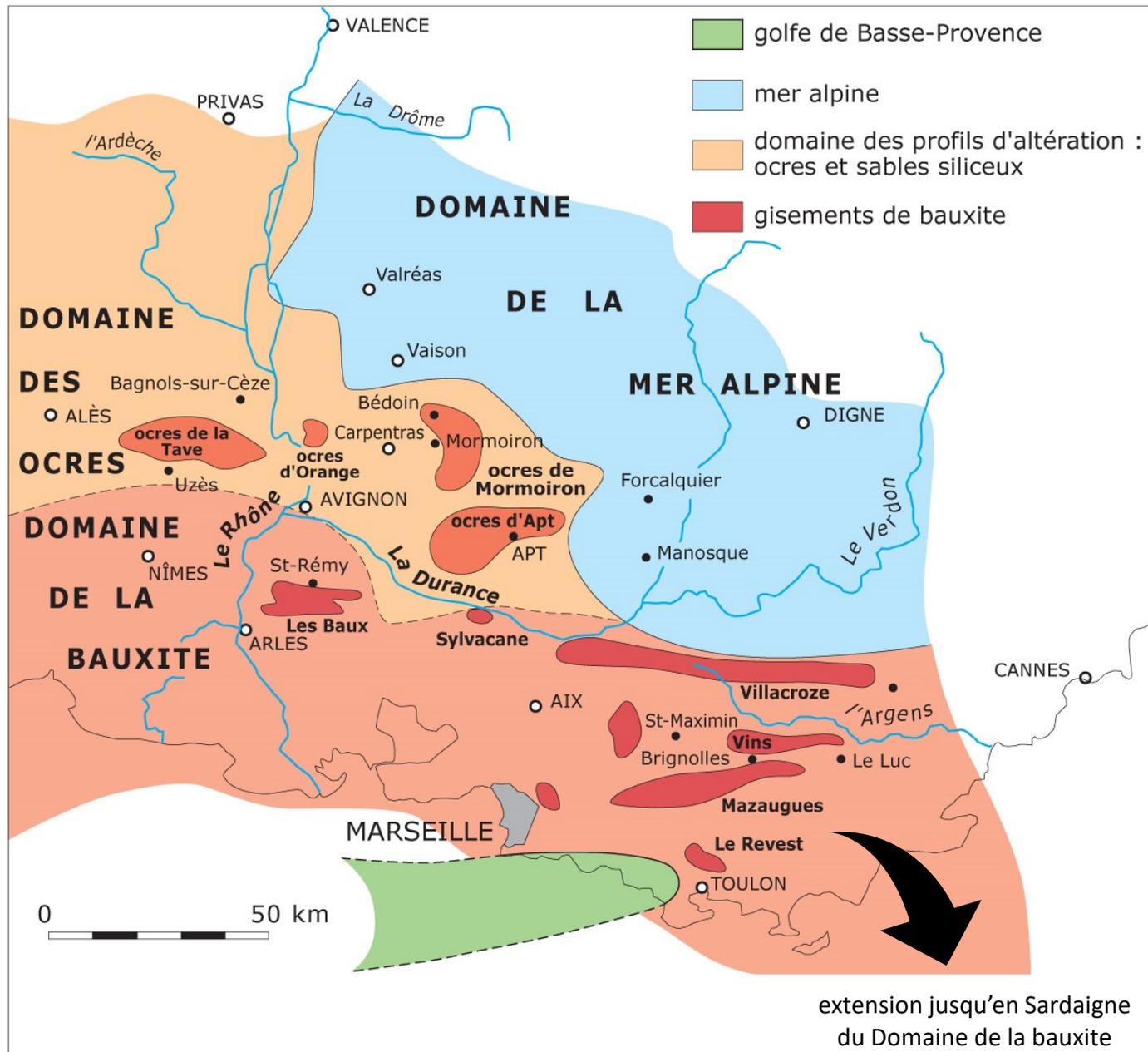


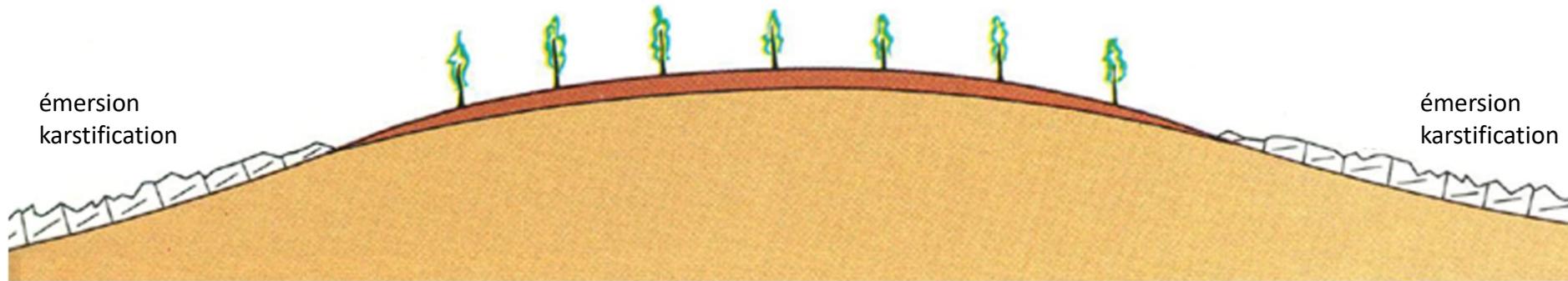
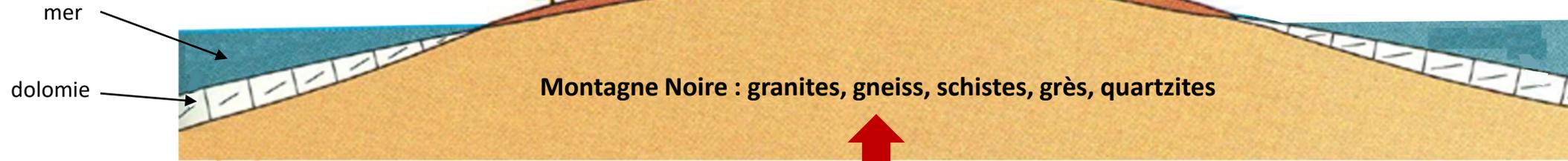
FIGURE 21 (Ensemble Crétacé supérieur anté-Campanien)  
 Carte d'isopaques et d'environnement sédimentaire  
*Isopach map and sedimentary environment*



Nord

sol tropical à minerais d'aluminium = bauxite primaire

Sud



# Le grès de Sauveterre

# Étude de la ROCHE 2

1. Décrire la roche à l'œil nu.
2. Déterminer la nature chimique de ses deux principaux composants.

Pour cela, vous avez à votre disposition :

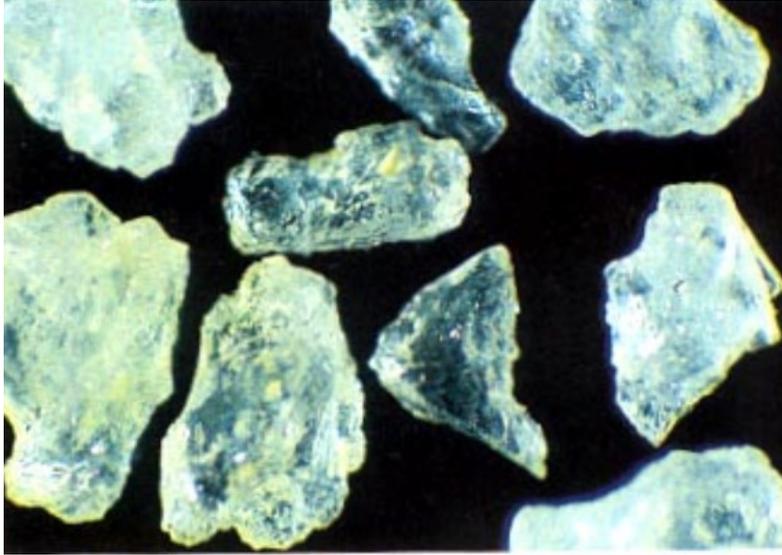
- une lame de verre,
  - un flacon d'acide chlorhydrique (HCl) dilué,
  - une aiguille lancéolée et une pince pour le prélèvement de l'un de ses deux composants.
3. Observer à la loupe binoculaire au moins 5 grains que vous avez détachés de la roche. Les décrire.
  4. Par comparaison avec les grains du **document 1** joint, conclure sur le dernier mode de transport de ces grains.

Le **document 2** représente une photo-montage de l'affleurement où a été prélevé l'échantillon de roche.

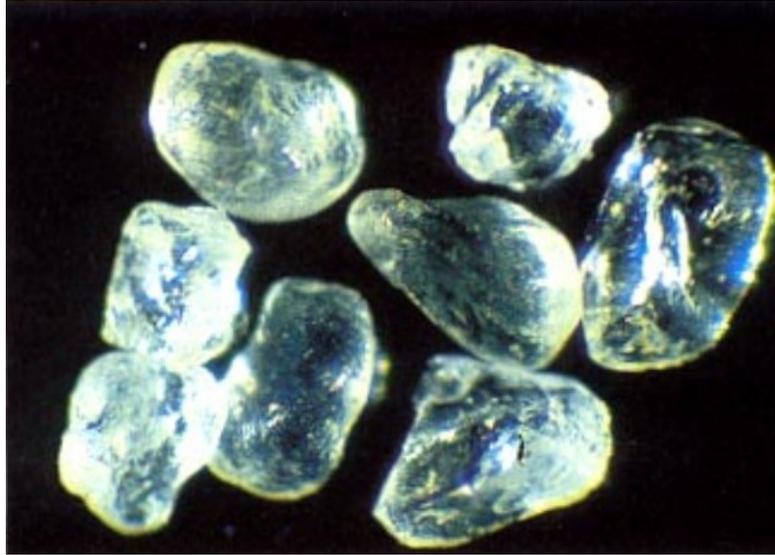
Le schiste de la base de la micro-falaise s'est formé, par métamorphisme, à partir d'un sédiment très argileux. Il a été daté du Cambrien (entre -540 et -490 Ma).

Le sable de la dune en haut de falaise est riche en débris de coquilles calcaires. Son âge est quaternaire, il a été « poussé » vers le continent par la dernière transgression dite « flandrienne ».

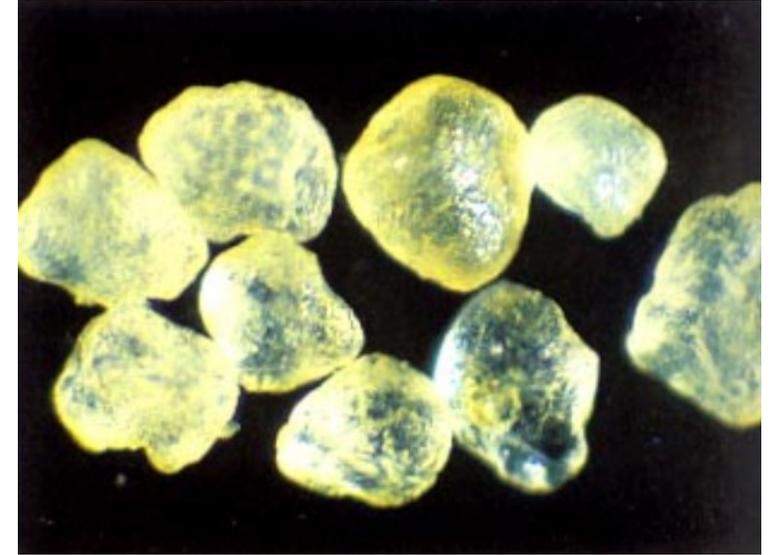
5. En exploitant les **documents 1 et 2**, essayer de reconstituer l'histoire de la formation de la roche.



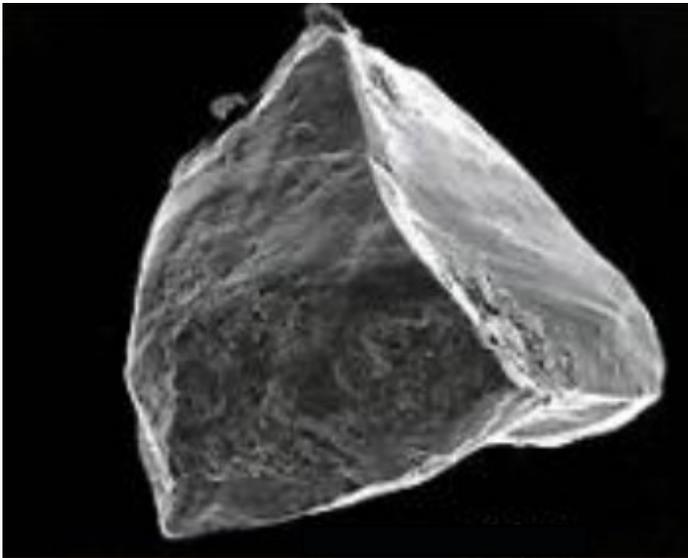
Sable de rivière observé à la loupe binoculaire



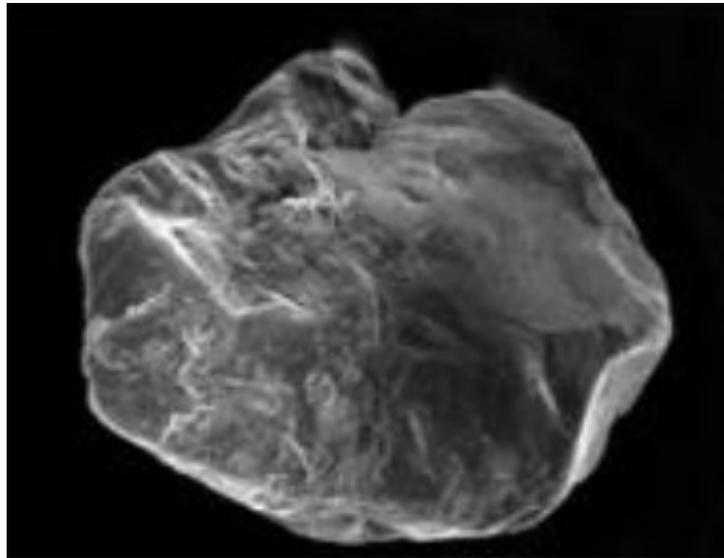
Sable de plage observé à la loupe binoculaire



Sable de dune observé à la loupe binoculaire



Grain de sable de rivière observé au microscope électronique à balayage (MEB)



Grain de sable de plage observé au MEB



Grain de sable de dune observé au MEB



sable de dune

roche étudiée

schistes

## Correction rapide

1. et 2. La roche est un grès à ciment calcaire.

3. et 4. Les grains de sable constituant ce grès sont en grande majorité des E.L. donc des grains de sable de plage mais il y a aussi une forte proportion de R.M. donc de grains de sable de dune. Pour eux, le dernier mode de transport a été le vent. Ce sont les chocs entre les grains qui sont responsables de l'aspect mat acquis ; leur surface est en effet ponctuée de nombreux petits impacts en creux. On parle de grains picotés.

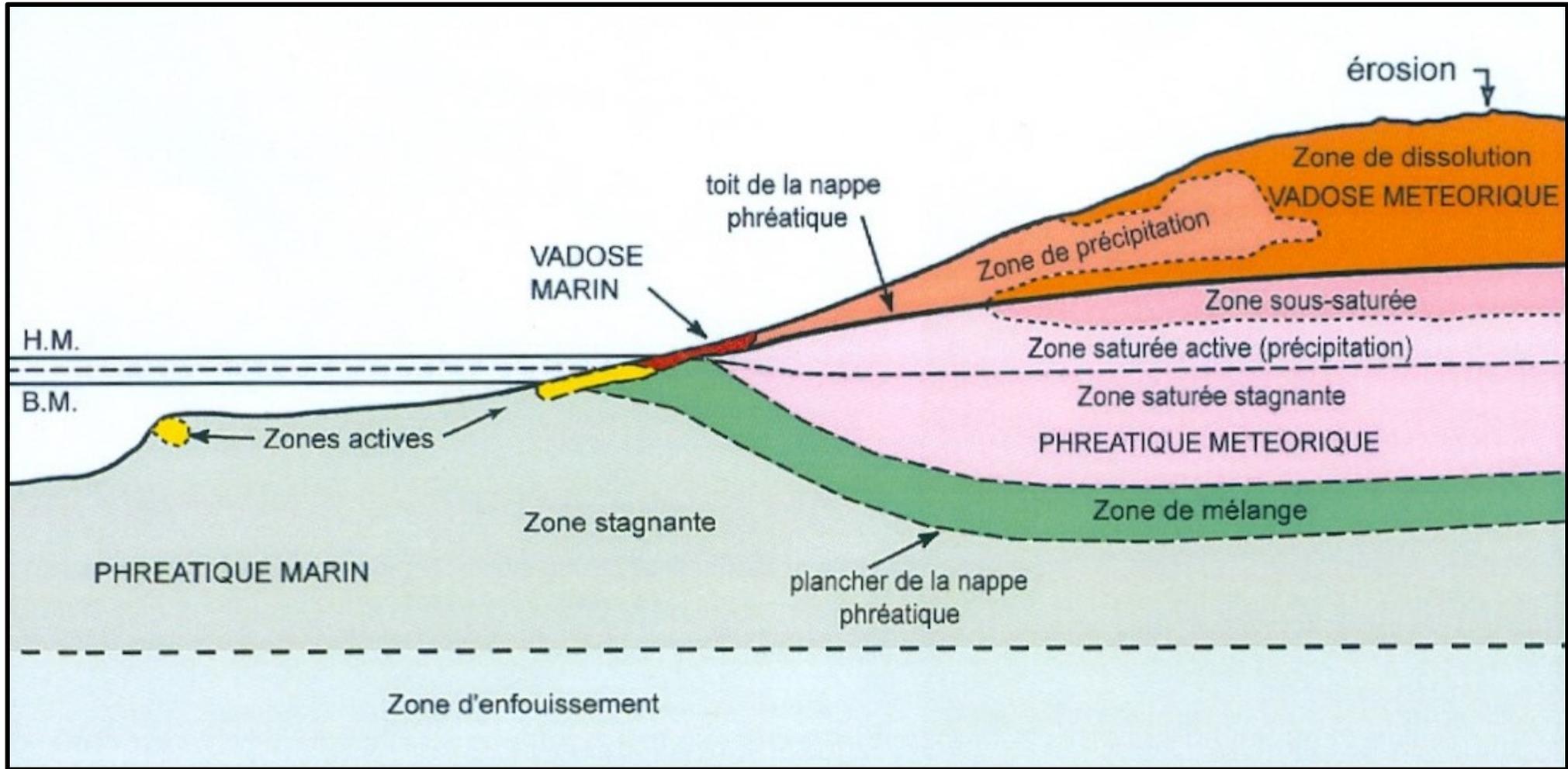
5. L'eau de pluie dissout le calcaire des coquilles. Le schiste de dessous étant imperméable à l'eau, une nappe phréatique se développe au-dessus de lui. L'eau de cette nappe s'enrichit ainsi en calcaire.

Si la concentration de ce dernier devient importante, l'été par exemple suite à l'évaporation d'une partie de l'eau de la nappe, il précipite et soude les grains de sable pour former le grès.

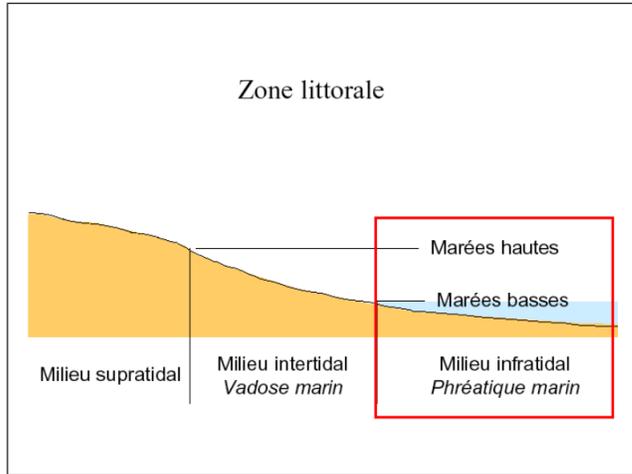
En fait, ce grès est très certainement les restes d'un beach-rock. L'affleurement de grès a aujourd'hui complètement disparu.

Et sa genèse est plus complexe !!! Le problème est alors de savoir s'il s'est formé en domaine phréatique marin, en domaine vadose marin ou en domaine phréatique ou vadose continental.

Seules les observations de ce grès en lame mince pourra donner l'explication (voir diapos suivantes).

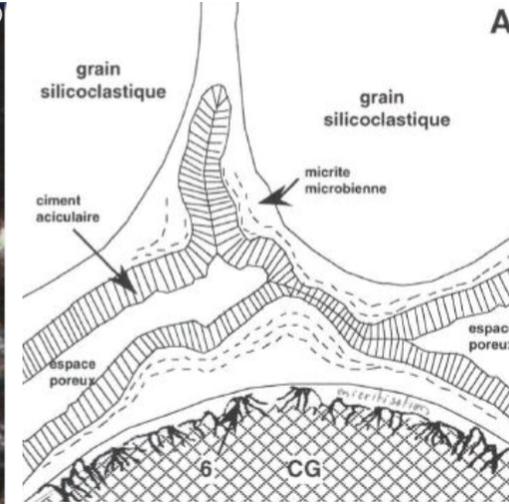
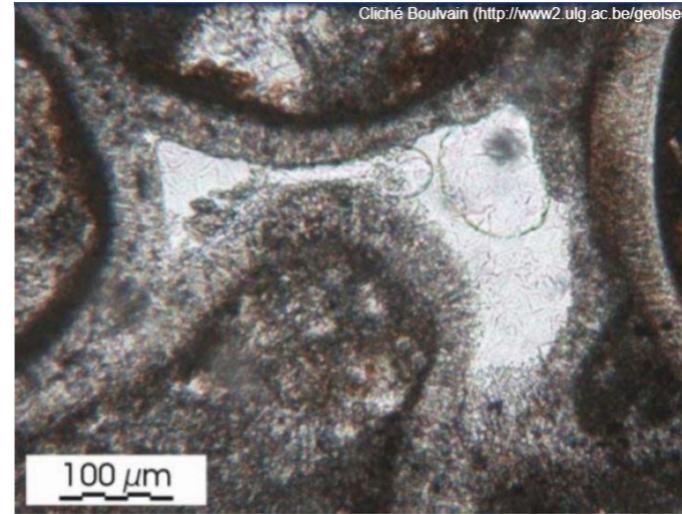
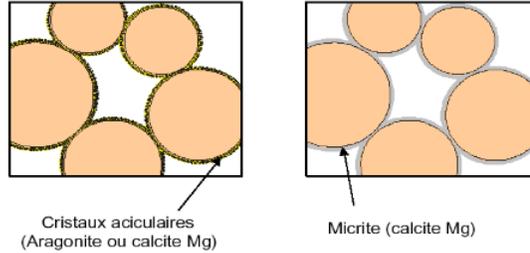


Environnements diagénétiques littoraux



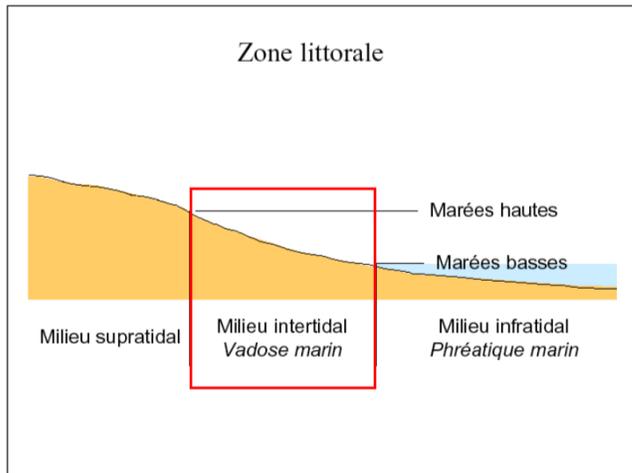
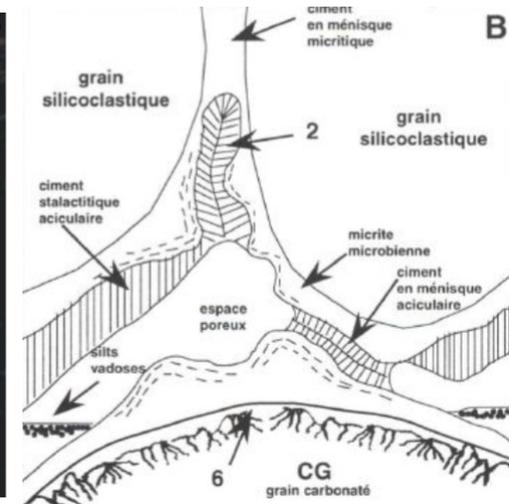
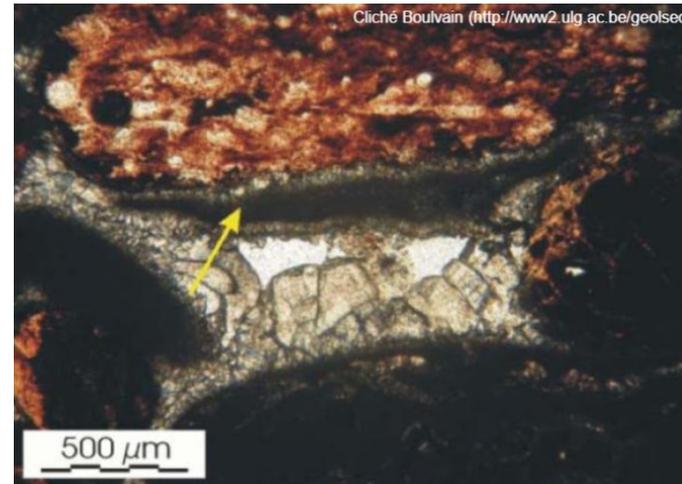
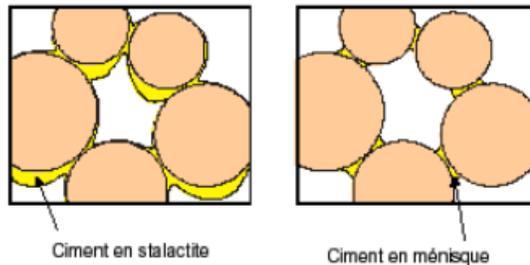
### Milieu phréatique marin

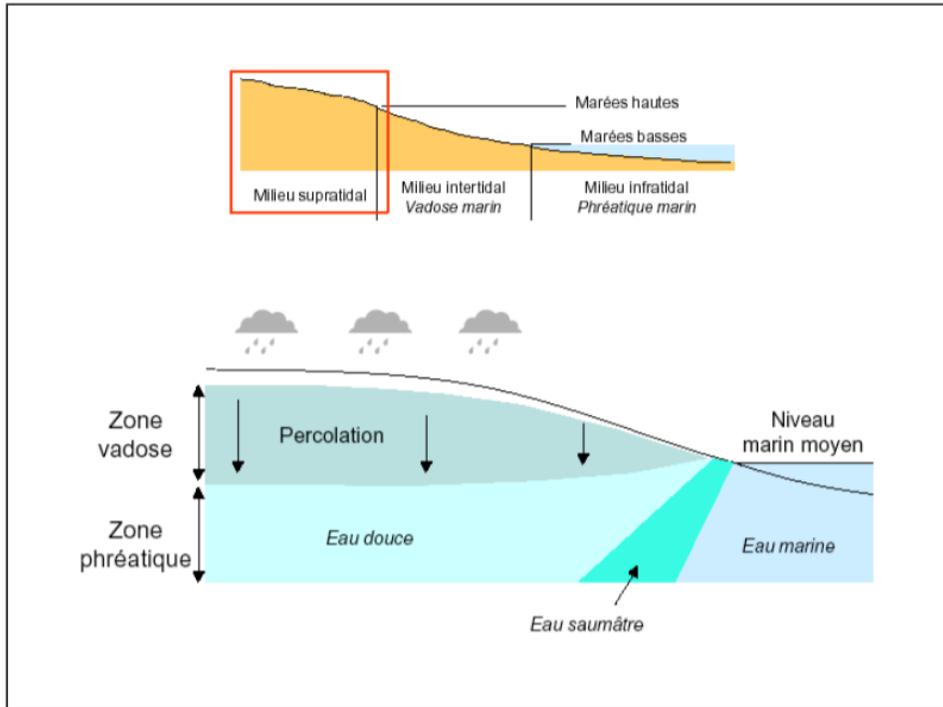
- la cimentation est le processus dominant dans la diagenèse marine (saturation des eaux marines en carbonates)
- le ciment est de l'aragonite et de la calcite magnésienne (milieu riche en Mg et Na)
- disposition régulière autour des grains
- ciment fibreux ou palissadique



### Milieu vadose marin

- le milieu est sous-saturé en eaux marines (milieu vadose)
- le ciment est de l'aragonite et de la calcite magnésienne (milieu riche en Mg et Na)
- précipitation dans la zone vadose :
  - 1) franges asymétriques épaisses sur la face inférieure des grains (ciment gravitaire = ciment microstalactitique)
  - 2) ciments en ménisque concentrés au niveau des contacts des grains



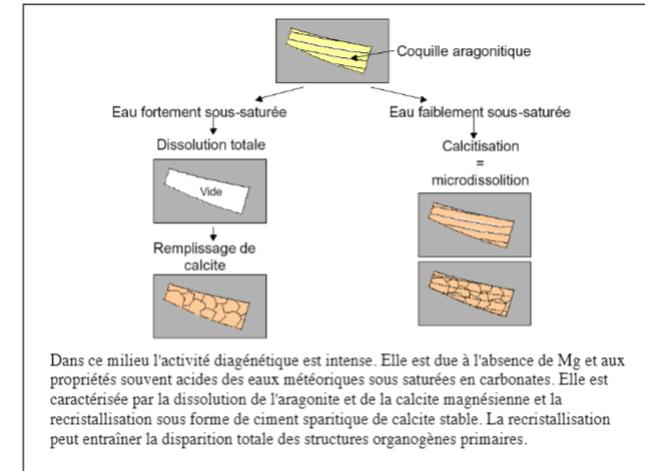


## Milieu continental vadose

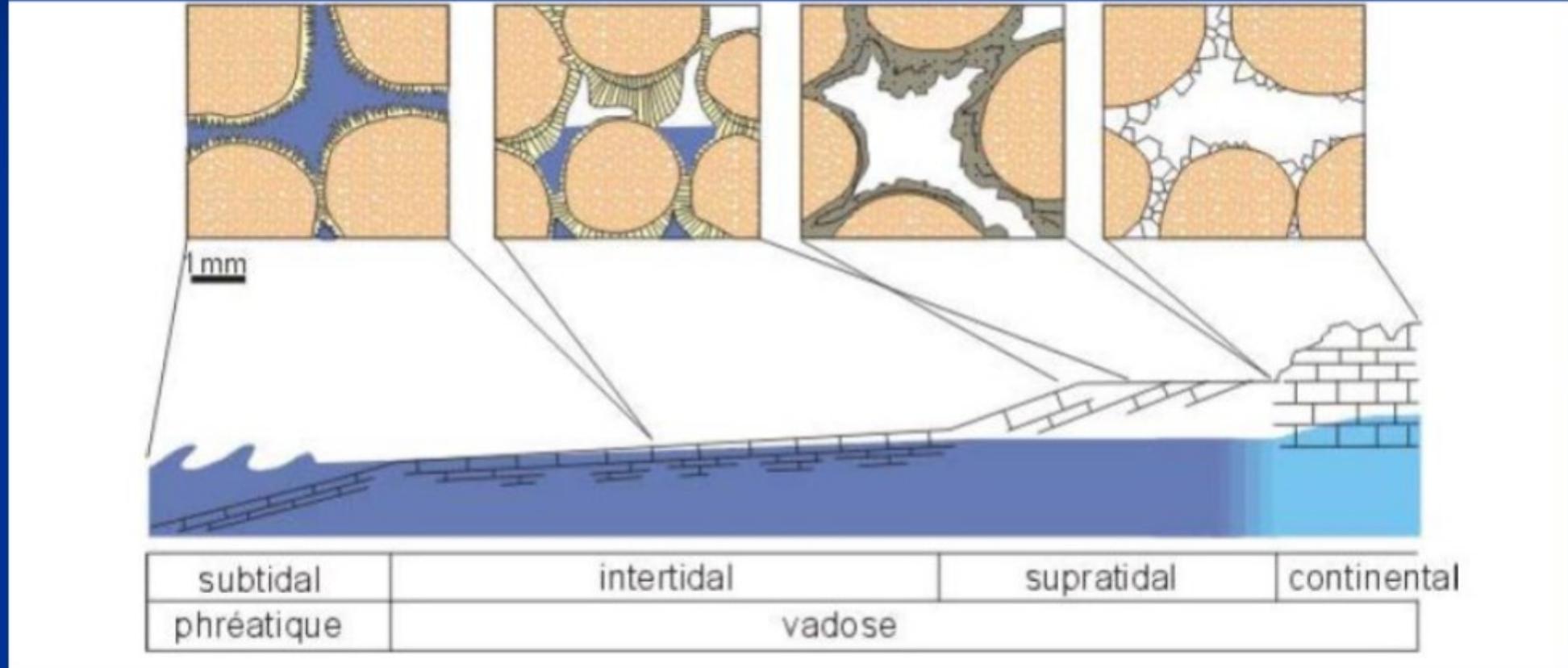
- Les mêmes processus diagénétiques affectant le milieu marin vadose peuvent affecter le milieu continental vadose
- Dissolution plus accentuée (sédiments carbonatés marins une fois placés dans le milieu continental)
- Précipitation de calcite faiblement magnésienne (LCM) (eaux douces pauvres en Mg et Na)
- Ciments à disposition irrégulière et asymétriques (en ménisque ou stalactitique) et micritiques ou cristallins
- Cimentation en milieu continental  $\Rightarrow$  concrétions (pisolithes) et calcrêtes.

## Milieu continental phréatique

- une forte cimentation : les eaux phréatiques se chargent en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$  provenant de la zone vadose (dissolution)
- précipitation de la calcite faiblement magnésienne (LMC)
- Ciments sous forme de cristaux sparitiques à structure granulaire ou drusique (cristaux de grande taille)



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



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

# Les marnes de Bidart

# Étude de la ROCHE 1

1. Décrire la roche à l'œil nu.
2. Déterminer sa nature chimique.

Pour cela, vous avez à votre disposition :

- un flacon d'acide chlorhydrique (HCl) dilué,
- et votre langue !

Pour une étude plus précise du faciès de cette roche, on vous propose la manipulation décrite dans le **document 1** joint.

3. Réaliser la manipulation en suivant rigoureusement les différentes étapes du protocole.
4. Observer à la loupe binoculaire (ou au microscope) le résidu du dernier lavage.
5. En vous aidant du **document 2**, identifier rapidement quelques microfossiles récoltés.
6. Le **document 3** renseigne sur quelques aspects de la biologie de ces Foraminifères.

Exploiter ce document pour donner les caractéristiques du milieu qui ont présidé à la formation de la roche.

# DOCUMENT 1

1. Ecraser délicatement le morceau de roche à l'aide d'un pilon dans le mortier après avoir ajouté 2 à 3 cm<sup>3</sup> (= mL) d'eau.
2. Rajouter si nécessaire un peu d'eau et laisser reposer 1 à 2 minutes.
3. Vider le surnageant contenant les particules d'argile colorées **sans laisser partir ce qui reste au fond du mortier.**
4. Recommencer ce lavage 3 fois.
5. Monter un peu de résidu dans une goutte d'eau sur lame de verre pour observation.

## DOCUMENT 2

Planche de détermination de quelques Foraminifères : Globotruncanidés, Globigérinidés et Hétérohélicidés

Famille des Globotruncanidés

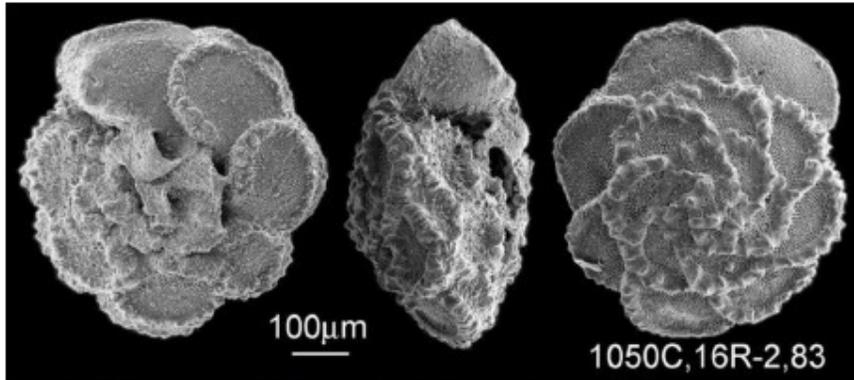


*Globotruncana*  
observé à la loupe  
binoculaire

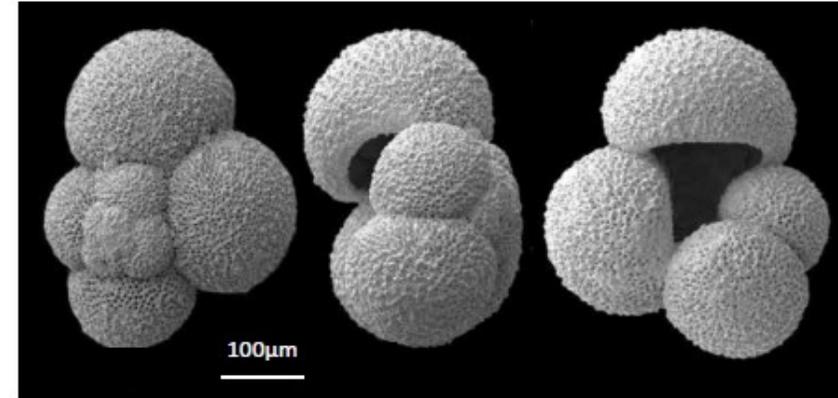
Famille des Globigérinidés



*Globigerina*  
observé à la loupe  
binoculaire



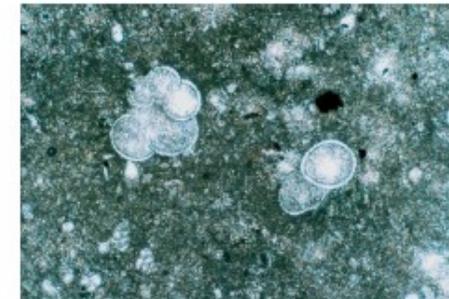
*Globotruncana* observé au microscope électronique à balayage (M.E.B)



*Globigerina* observé au microscope électronique à balayage (M.E.B)



Coupe  
transversale d'un  
*Globotruncana*  
Observation au  
microscope  
optique  
(lame mince)

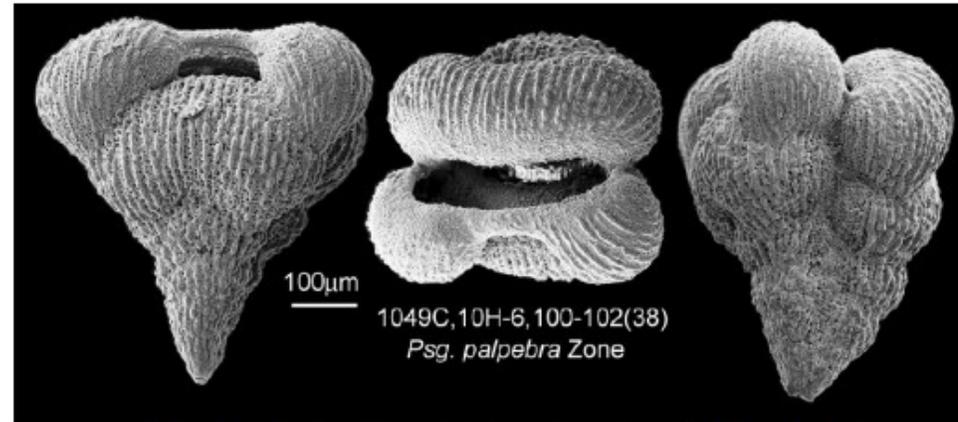


Coupe transversale  
de 2 *Globigerina*  
Observation  
au microscope  
optique  
(lame mince)

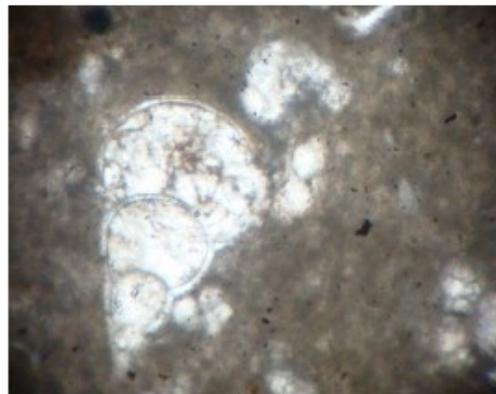
Famille des Hétérohélicidés



*Heterohelix*  
observé à la loupe  
binoculaire



*Pseudotextularia* observé au microscope électronique à balayage (M.E.B)



Coupe transversale  
de *Pseudotextularia*  
Observation au  
microscope optique  
(lame mince)

# DOCUMENT 3

Les *Globotruncana*, *Globigerina*, *Heterohelix* et *Pseudotextularia* sont des espèces planctoniques. Elles prospèrent dans les eaux superficielles.

Ces microfossiles sont bien adaptés à la flottaison :

- certains comme *Globigerina* et *Heterohelix* possèdent un test petit, lisse, globuleux et à paroi mince. Ils mènent une vie pélagique sur la plateforme avant de s'enfoncer ensuite à plusieurs dizaines ou centaines de mètres de profondeur.
- d'autres comme *Globotruncana* compensent leur grande taille et leur test à paroi épaisse par la possession d'une ou de deux carènes améliorant leur flottabilité.

Tous possèdent, de plus, des inclusions cytoplasmiques graisseuses et des capsules gazeuses diminuant leur densité.

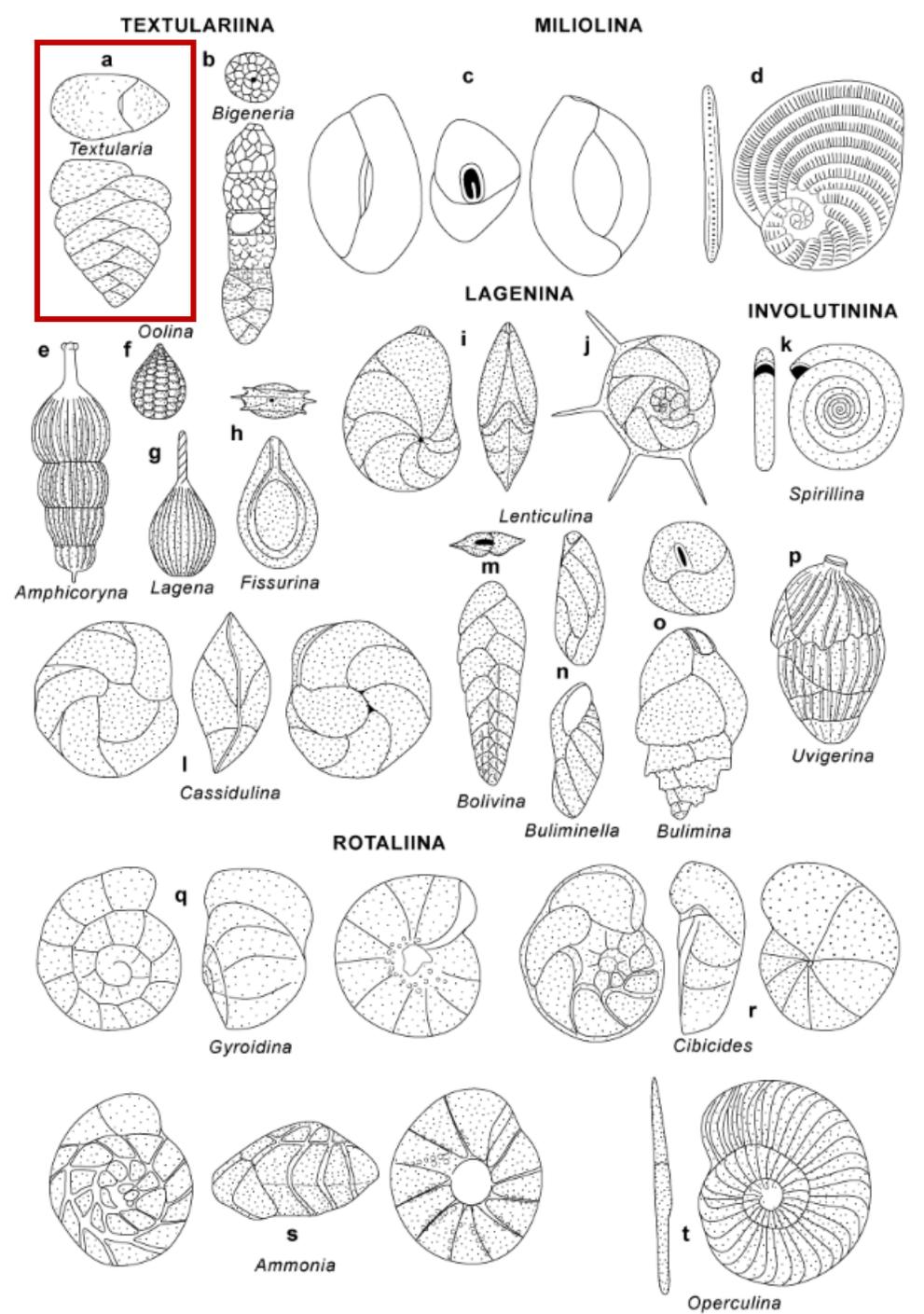
Les Foraminifères planctoniques exigent des conditions physico-chimiques stables et ne supportent pas, en particulier, les nuisances liées aux eaux continentales (turbidité, baisse de salinité, etc...).

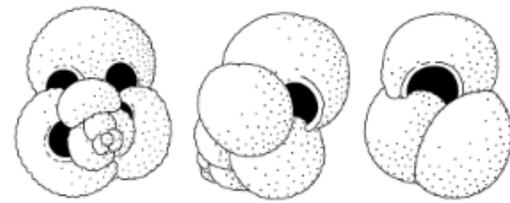
Associés à ces Foraminifères planctoniques, il a été signalé la présence de *Textularia globifera*, Foraminifère benthique. Les représentants de cette espèce se rencontrent en très petit nombre dans les vases et les sables vaseux fins terrigènes déposés dans les milieux circalittoraux.

On a trouvé également, entiers ou en débris :

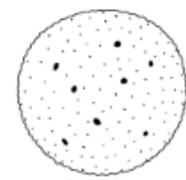
- des Ammonites (*Parapachydiscus neubergicus*, *P. jacquoti*, *Baculites anceps*, *Discoscaphites constrictus*),
- des Lamellibranches tels *Inoceramus*, cf. *cripsi*, espèce indicatrice de milieux profonds,
- des Échinides fouisseurs comme *Stegaster bouillei*, *S. heberti*, etc...
- et de belles traces d'activité ou ichnofossiles dénommées *Cancellophycus* (= *Zoophycos*) et interprétées comme ayant été laissées par des organismes limnivores fouisseurs inconnus (Crustacés, Annélides ?). La présence de ces traces indiquerait une bathymétrie située entre 200 et 1000 mètres.

# Quelques Foraminifères benthiques actuels

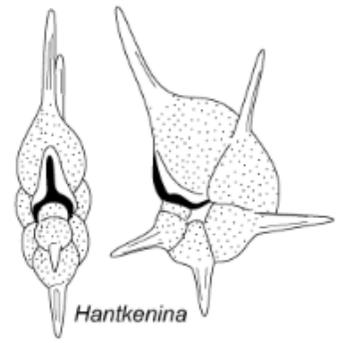




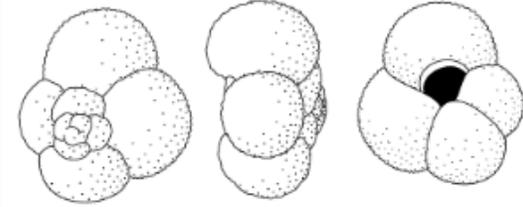
*Globigerinoides*



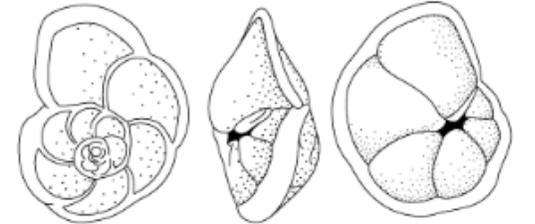
*Orbulina*



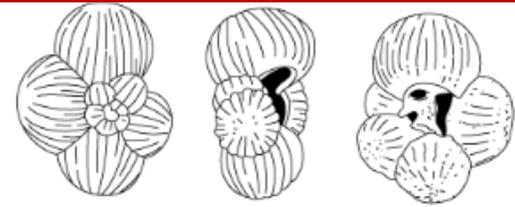
*Hantkenina*



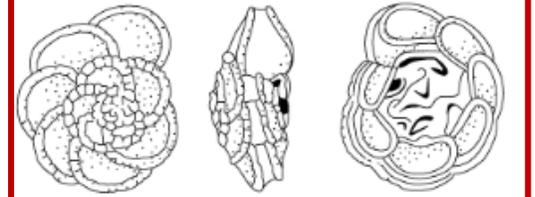
*Globigerina*



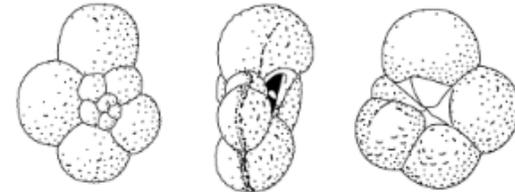
*Globorotalia*



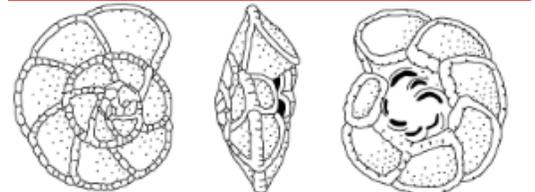
*Rugoglobigerina*



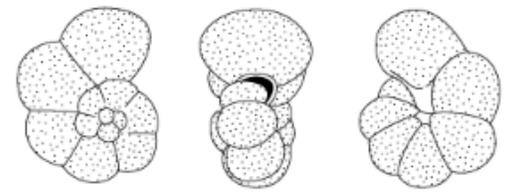
*Globotruncana*



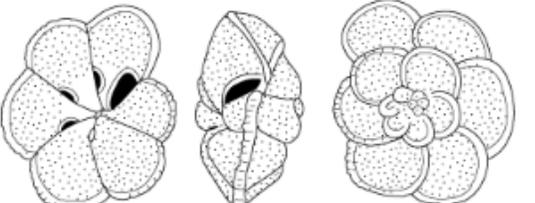
*Archaeoglobigerina*



*Globotruncanita*

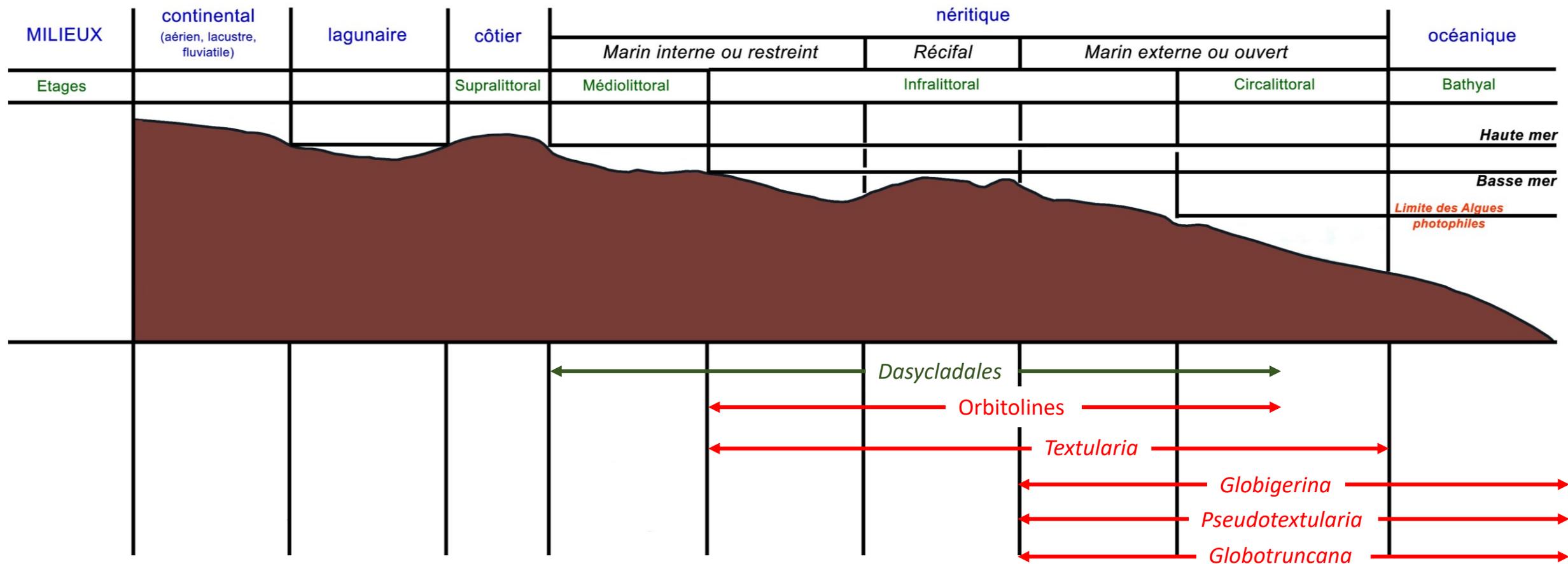


*Hedbergella*



*Rotalipora*

## Quelques Foraminifères planctoniques actuels



Distribution écologique de quelques microfossiles

## Correction rapide

Les Foraminifères récoltés sont pélagiques. Leurs représentants actuels, les Globigérines et les *Globotruncana* abondent dans les domaines circalittoral et bathyal donc en limite externe de la plate-forme continentale et au-dessus du talus.

Le fait qu'ils soient mélangés avec des Foraminifères benthiques plus côtiers comme les *Textularia* ou des Inocérames de faciès plus profonds ne fait que confirmer leur mode de vie pélagique ; ils se laissent transporter au gré des courants.

Les deux seules données intéressantes sont qu'on les trouve associés à des Inocérames et parfois à des pistes d'organismes limnivores fouisseurs inconnus tracées dans le sédiment donc immobiles, fixes comme le sont les récifs d'Inocérames.

La présence de ces traces indiquant une bathymétrie située entre 200 et 1000 mètres, on peut en conclure que ces Foraminifères se trouvaient au-dessus du talus juste avant leur mort.

