

B. Géodynamique terrestre

2. Géodynamique externe

La Géodynamique externe

**est le résultat de l'interaction
entre l'hydrosphère,
l'atmosphère, la biosphère et la
surface de la lithosphère**

Les minéraux des roches formées en profondeur ne sont pas stables dans les conditions P, T de la surface continentale

X Les figures marquées d'1
croix rouge sont à savoir

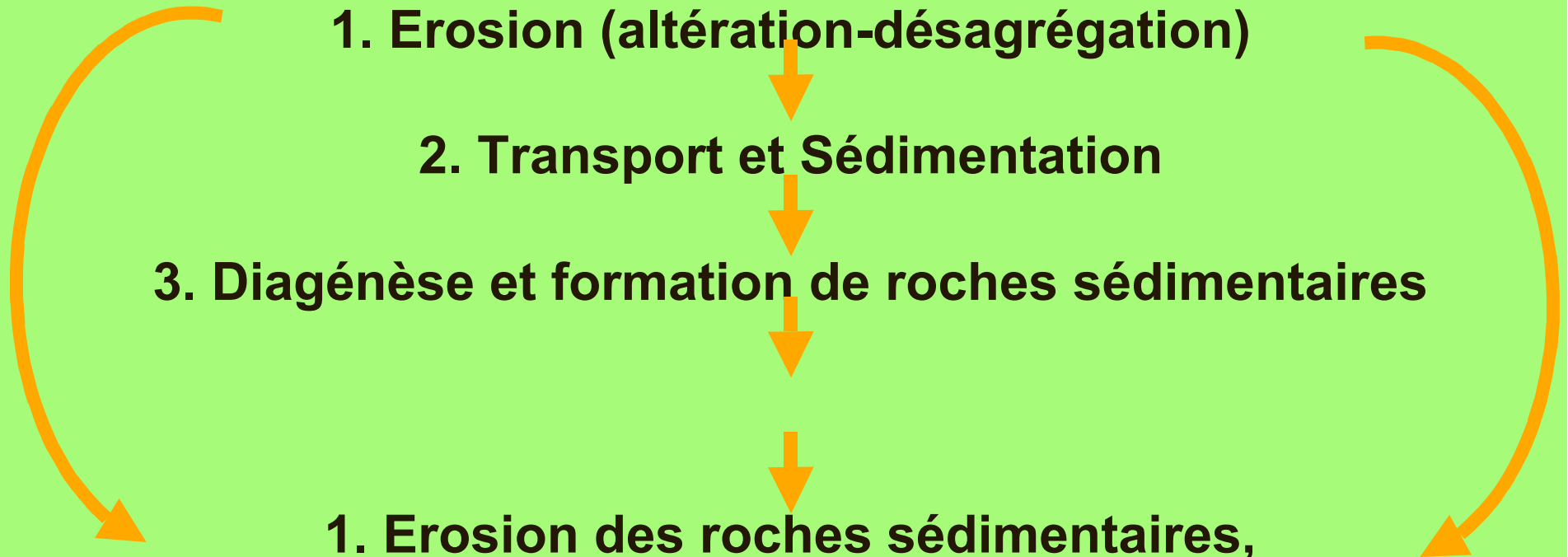
Le cycle Géodynamique Externe

1. Erosion (altération-désagrégation)

2. Transport et Sédimentation

3. Diagenèse et formation de roches sédimentaires

**1. Erosion des roches sédimentaires,
magmatiques et métamorphiques**



MOTEURS de l'érosion, du transport, du dépôt

des éléments de la lithosphère mobilisés par les processus de désagrégation et d'altération :

la pesanteur (gravité) et l'énergie solaire.

AGENTS de l'érosion, du transport, du dépôt :
la glace, le vent, les eaux courantes

2.1. L'altération des continents

Les processus phys, chim, biol. qui conduisent de la roche saine à ses produits de décomposition sont appelés :

ALTERATION

Mobilisation sur place : PEDOGENESE : LES SOLS

Mobilisation à distance : EROSION

2.1.1. Les processus d'altération

a. Désagrégation physique

2.1.1.a. Désagrégation physique

- *Variation de température :*

thermoclastie et cryoclastie

Débit « en frites » d'origine cryoclastique (cycles gel-degel)



Chaleur le jour : dilatation des minéraux

Chute de température la nuit : contraction des minéraux

-Prismation des coulées de laves

***-Circulations interstitielles :variations
de
volume des minéraux par dessiccation-
réhydratation***

-Action des impacts

2.1.1.b. Altération chimique et biochimique : les agents de l'altération:

- *l'eau (dissolution, hydrolyse)***
- *L'oxygène (oxydation, sulfatation)***
- *Le gaz carbonique***
- *Les acides***
- *Les plantes supérieures***
- *Le facteur thermique***
- *Conditions de drainage et de circulation des
eaux***

Les effets de l'eau et de l'oxygène

* Dans les roches sédimentaires :

Dissolution par l'eau de pluie, les eaux de ruissellement...

Décarbonatation



Remarque : la dissolution des roches calcaires ou inversement la précipitation des carbonates dissous se produisent facilement dans nos conditions environnementales

Oxydation par l'oxygène de l'air



Décarbonatation par dissolution des calcaires : les Karsts

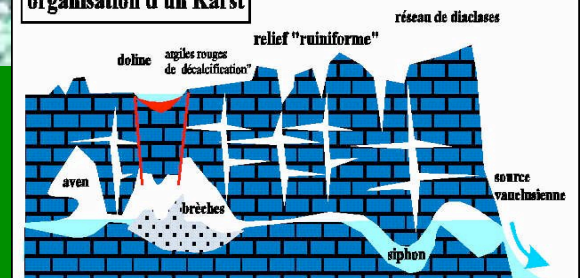
organisation d'un Karst



Altération des calcaires dans un karst donnant des argiles rouges



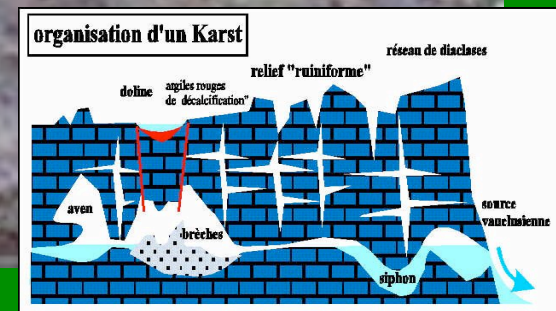
organisation d'un Karst



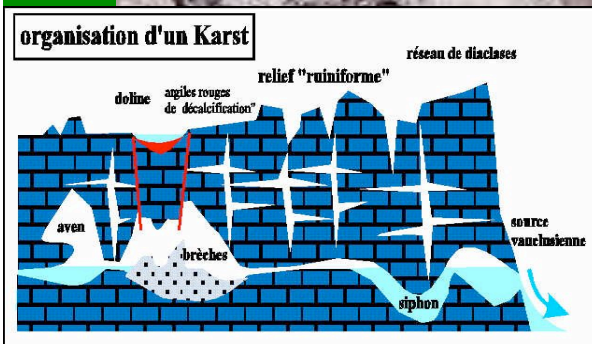
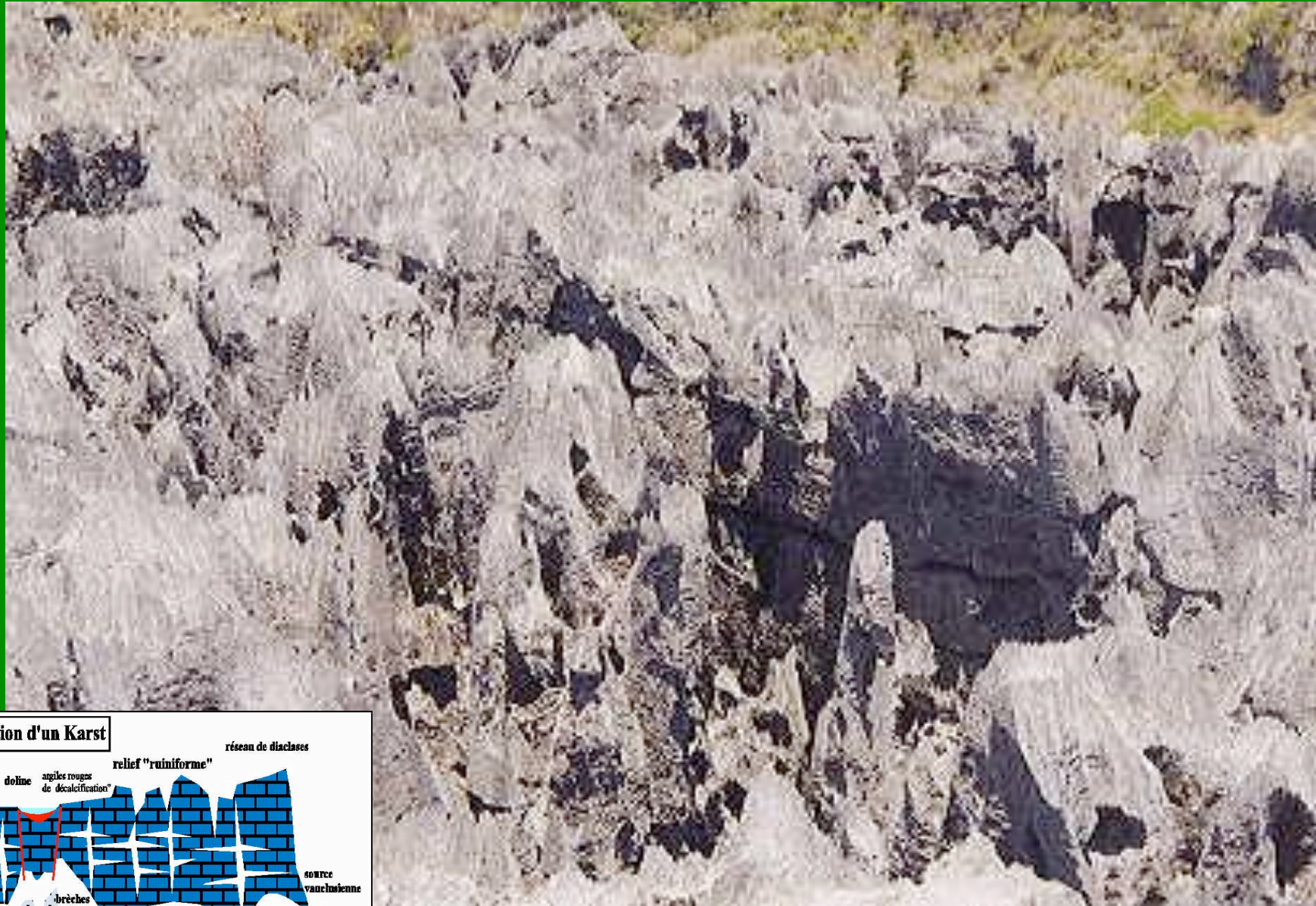
Doline « en entonnoir » dans un domaine karstique



Fente (diacalse) sujette à de la dissolution dans un calcaire



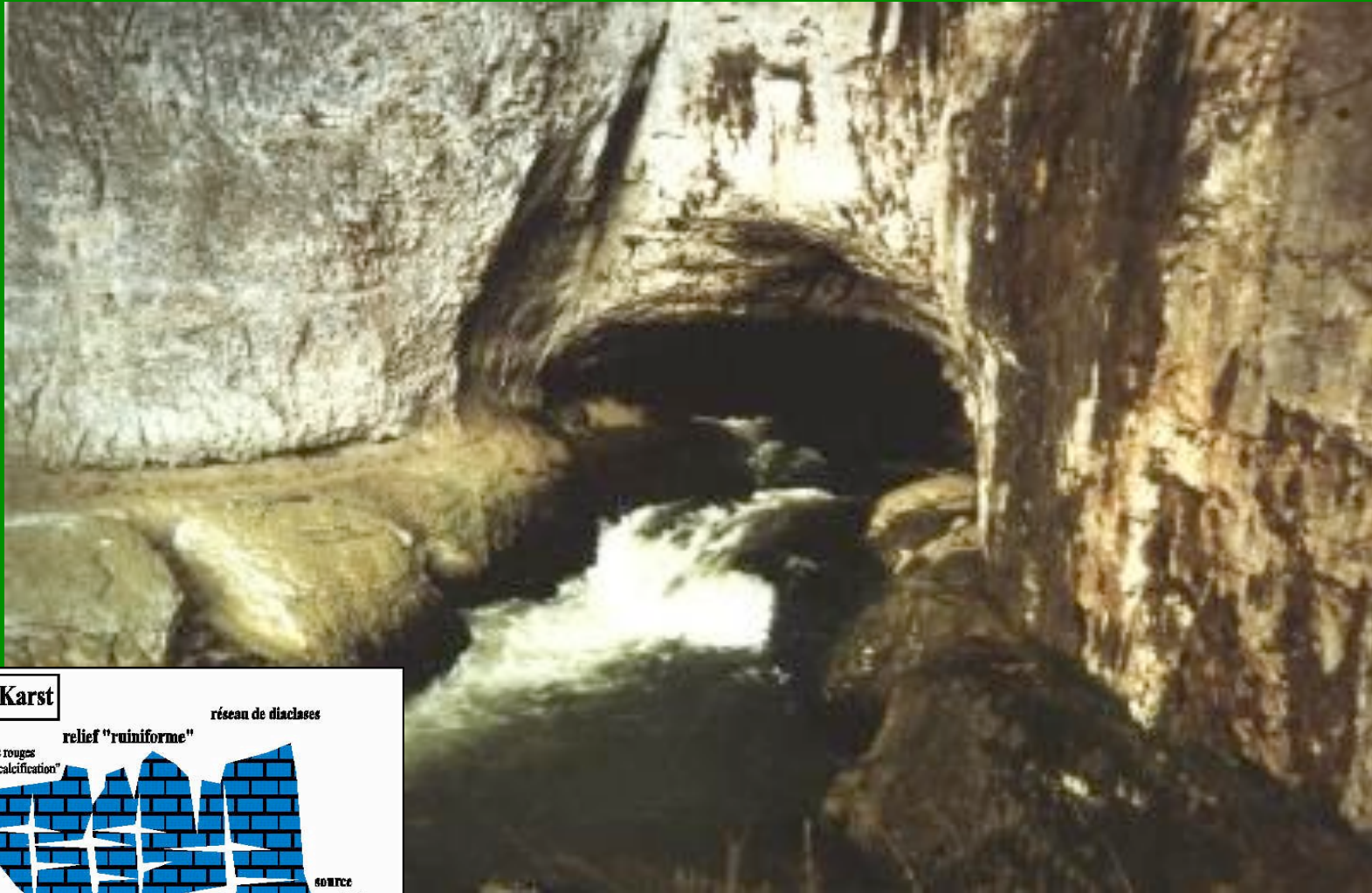
Altération de surface : Lapiaz, lapies, lapiez



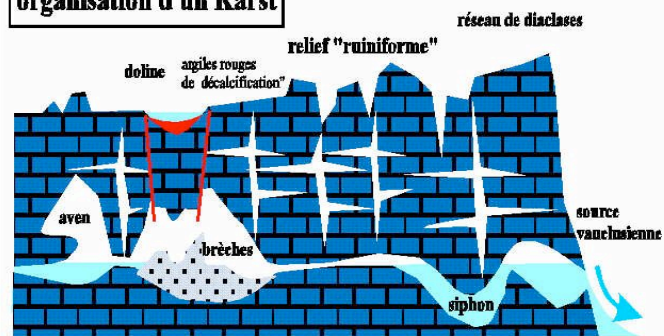
**karst dolomitique de
Mourèze (Hérault)
(cas particulier de lapiez)**



« rivière » souterraine dans un karst

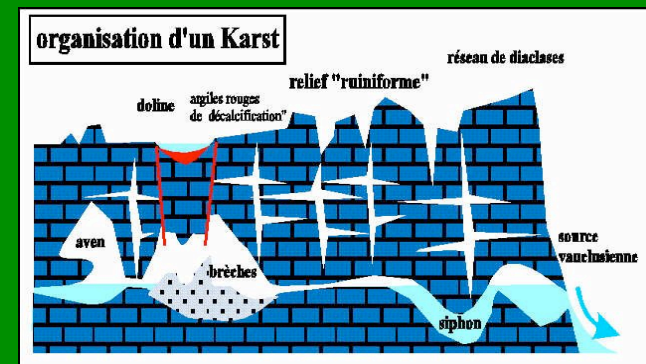


organisation d'un Karst





Résurgence « vaclusienne » dans un karst .





**« marmites de géant »
dans un domaine karstique**

2.1. L'altération des continents

**2.1.1.b. Altération chimique et biochimique
: les agents de l'altération:**

l'eau (dissolution, hydrolyse), l'oxygène

*** Dans les roches magmatiques et
métamorphiques :**

- Hydrolyse des silicates

**destruction directe des silicates par
l'eau due au moment dipolaire de la
molécule d'eau.**

- Oxydation

De la roche mère à la roche sédimentaire :
exemple des granites des Cévennes





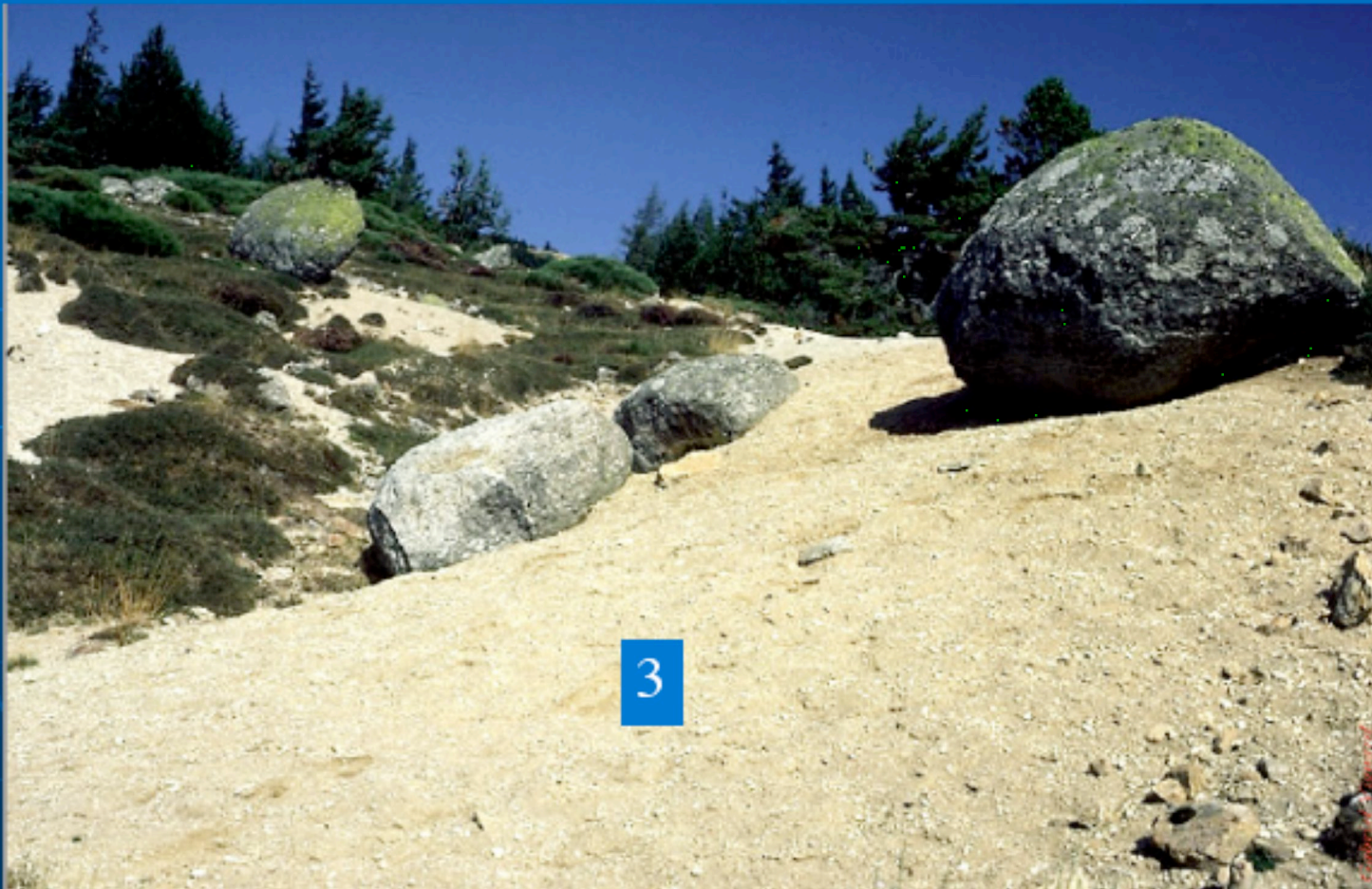
**début d 'arénisation dans
un granite**

2 . L'eau s'infiltré dans les fractures et« lessive : hydrolyse » les silicates à la surface de la roche. Le granite prend un aspect de boules



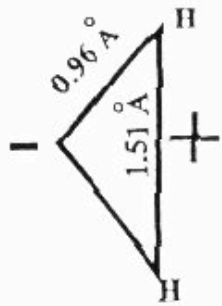
Résultat

3. L'argile qui remplace les feldspaths est friable, ainsi que les oxydes de fer qui remplacent la biotite, le granite perd sa cohérence.
On obtient un sable grossier : Une « Arène » granitique dont les éléments sont entraînés par les eaux de pluie.



HYDROLYSE des SILICATES

le moment dipolaire de la molécule d'eau



→ déchaussement des atomes de la bordure du silicate

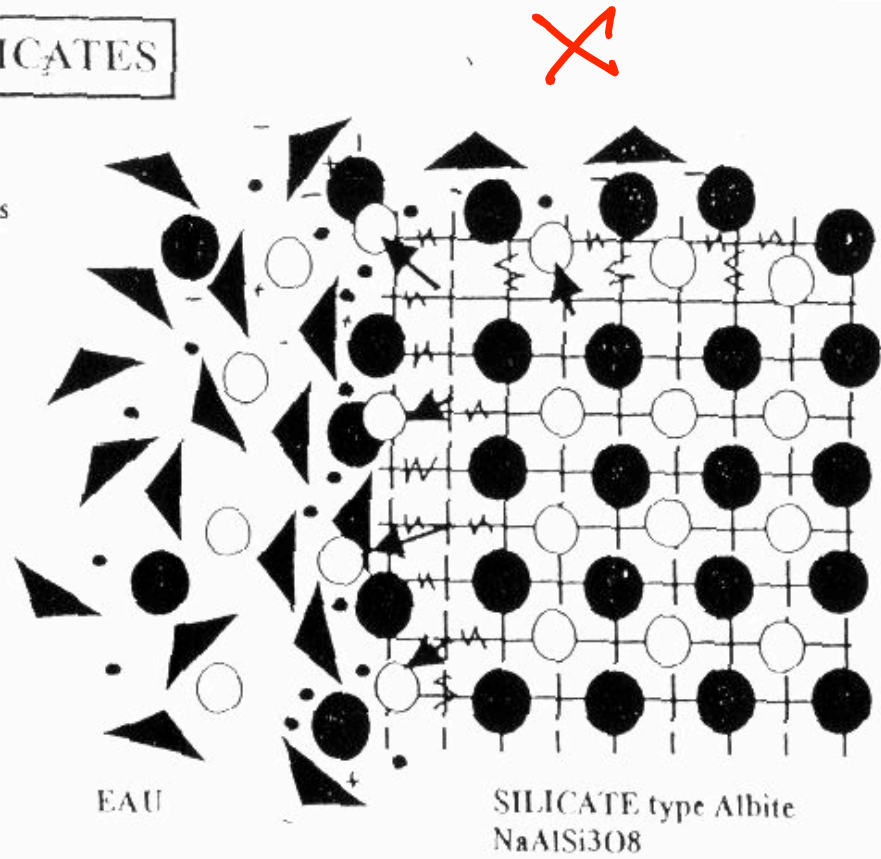
-▲+ Molécule d'H₂O

• Proton H⁺

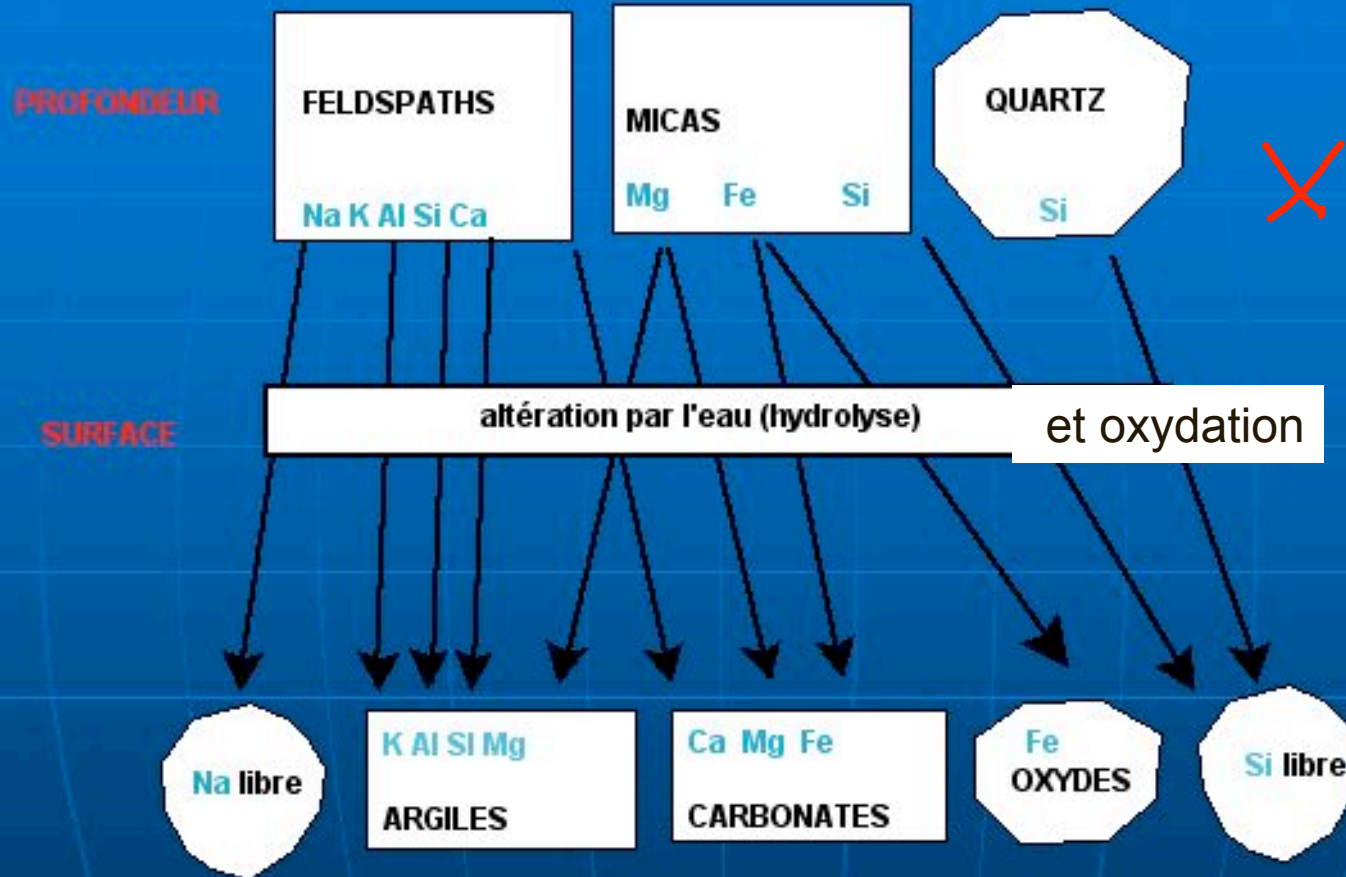
● Oxygène

○ Sodium

■ réseau du silicate

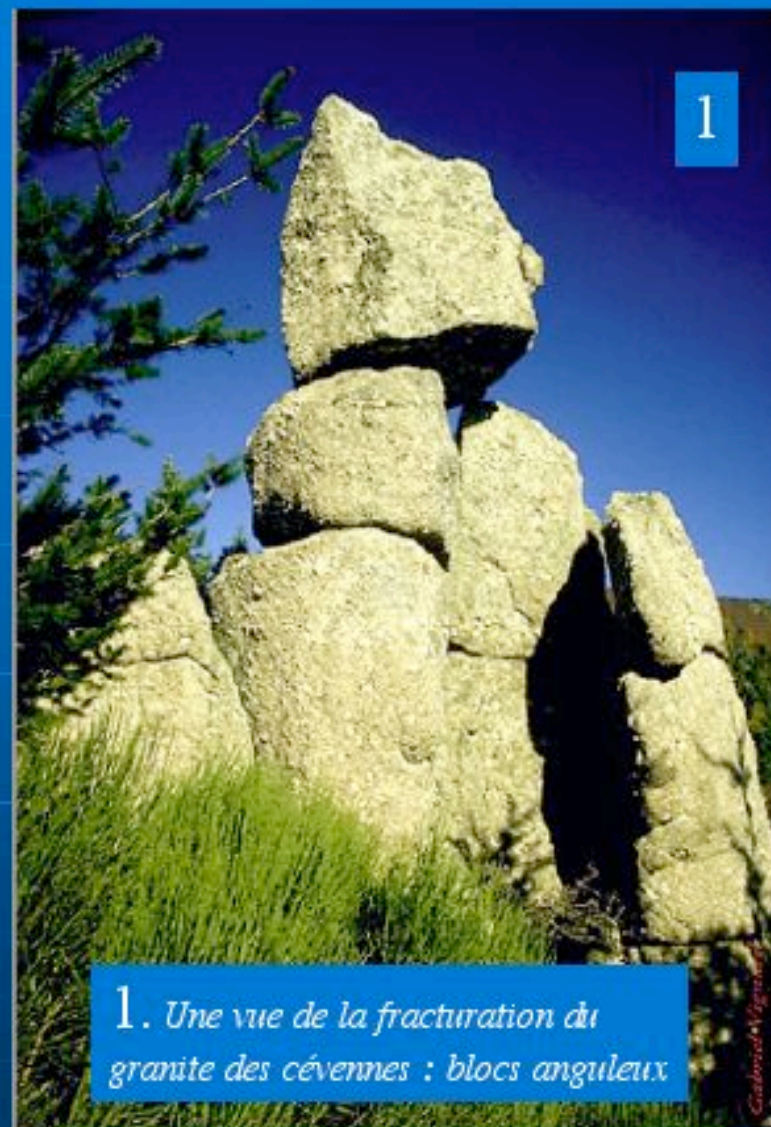
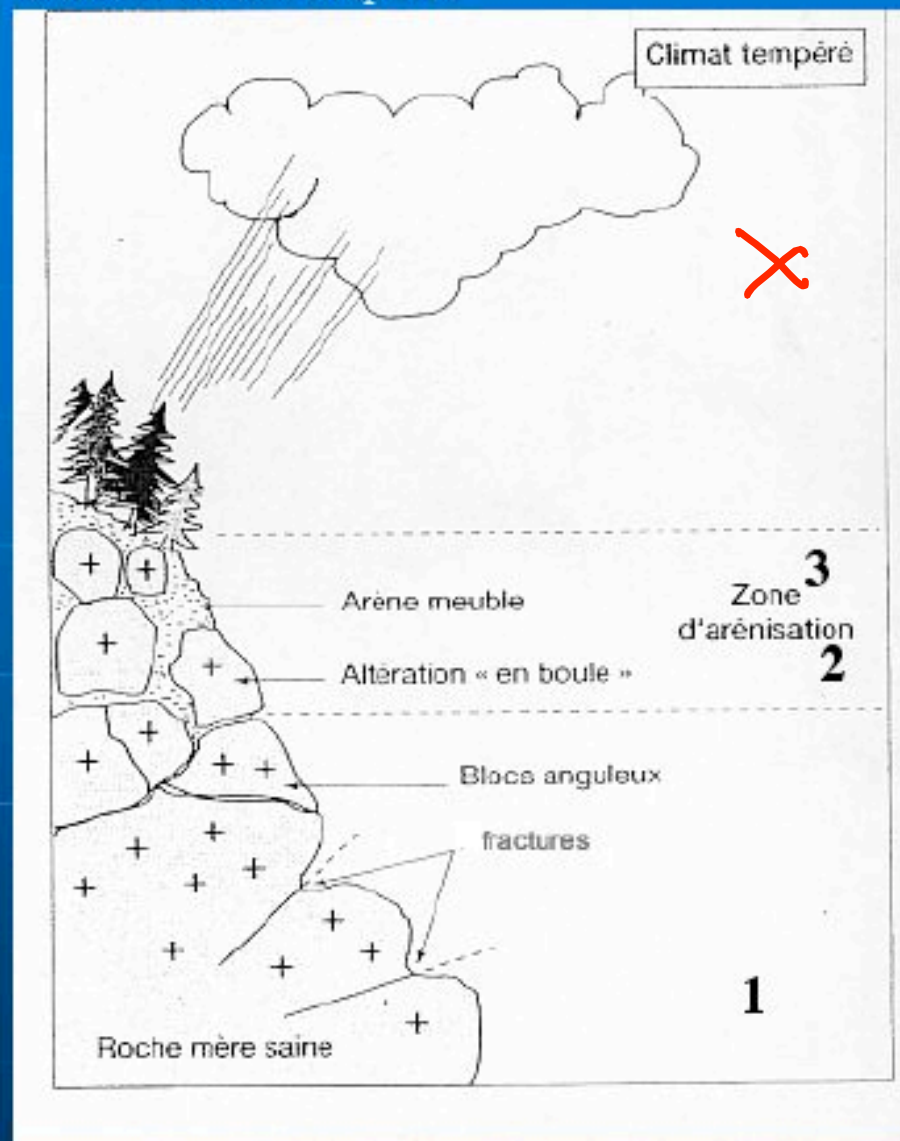


L'altération des granites



En particulier, dans le cas du granite des Cévennes,
une partie des feldspaths se transforme in situ en argile blanche : la kaolinite

*Schéma de l'altération des granites
sous nos climats tempérés*



Les minéraux sont plus ou moins stables sous climat tempéré

Le cycle Géodynamique Externe

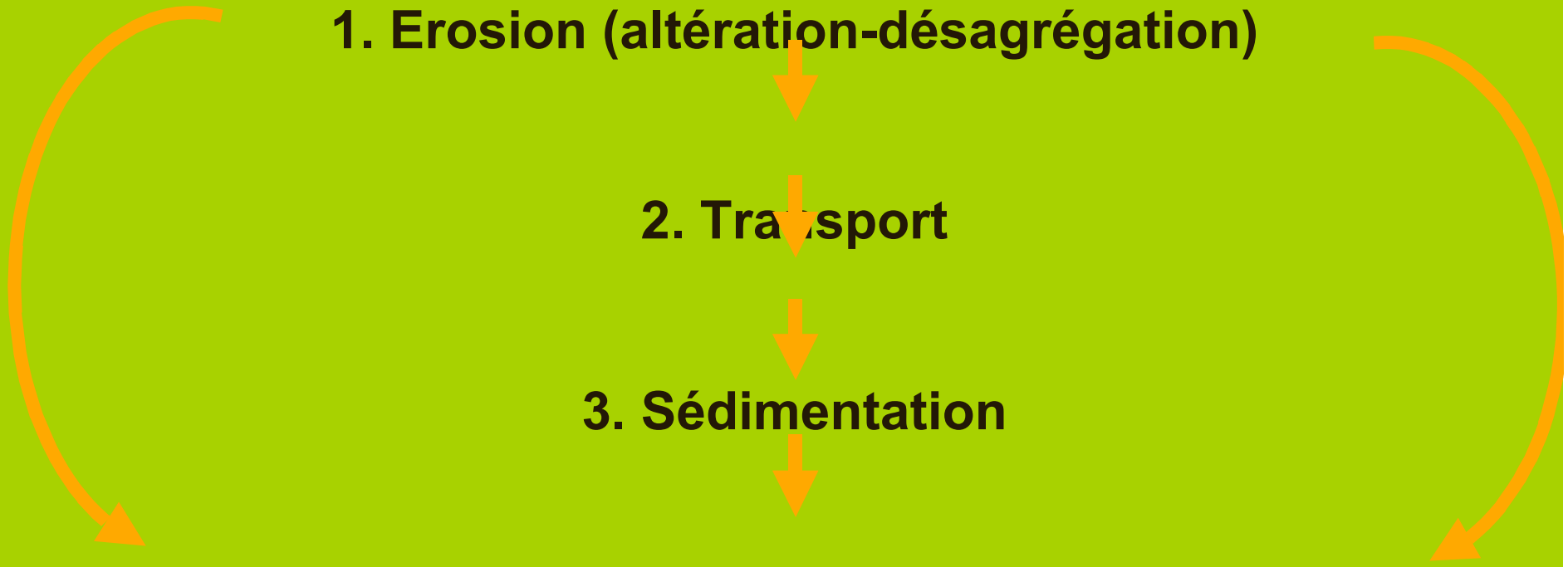
1. Erosion (altération-désagrégation)

2. Transport

3. Sédimentation

4. Diagenèse et formation de roches sédimentaires

Erosion des roches sédimentaires,
magmatiques et métamorphiques



2.2. Le transport :

2.2.1. Eboulis, éboulements, Glissements de terrain

2.2.2. Le transport hydraulique

2. 2. 2.1. Glaciers

2.2.2.2 Cours d'eau

2. 2.2. 3.Courants marins, vagues, houle

2.2.3. Le transport aérien

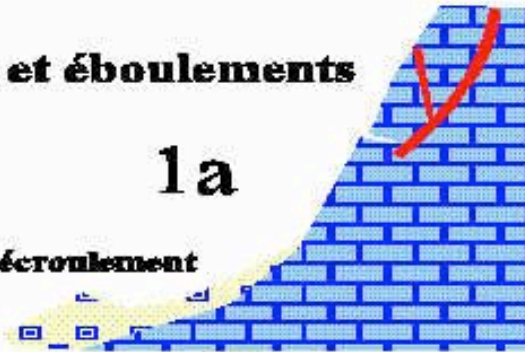
2.2.1. Eboulis, éboulements, Glissements de terrain Mouvements brutaux



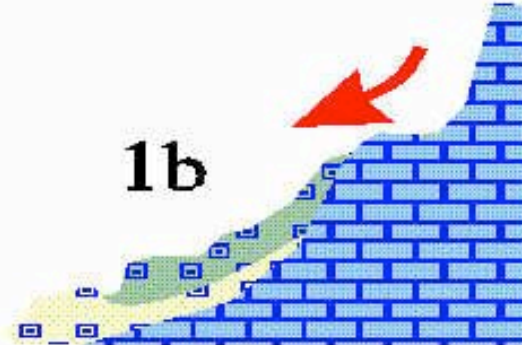
Eboulis et éboulements

1a

brèches d'éroulement

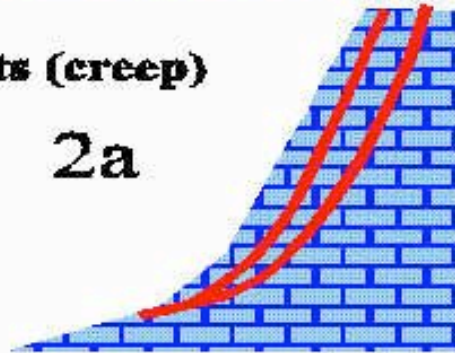


1b

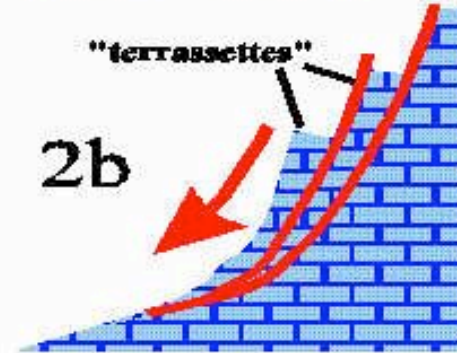


Glissements (creep)

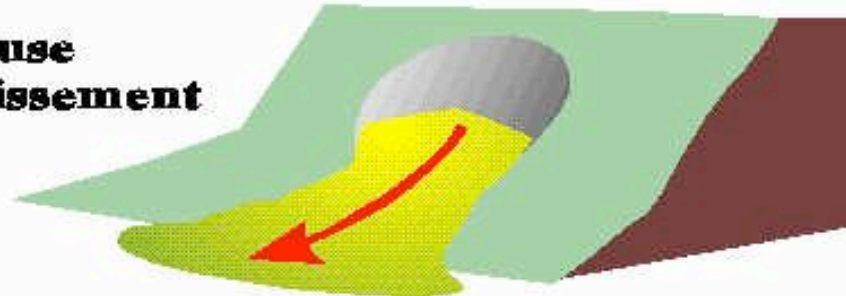
2a



2b



3 coulée boueuse
nappe de glissement



1. Éboulis de pente



2. Glissement (collapse) du bord d'une falaise (Etretat)



3. glissement gravitaire d'un permafrost (Argentera)



2.2.2. Le transport hydraulique

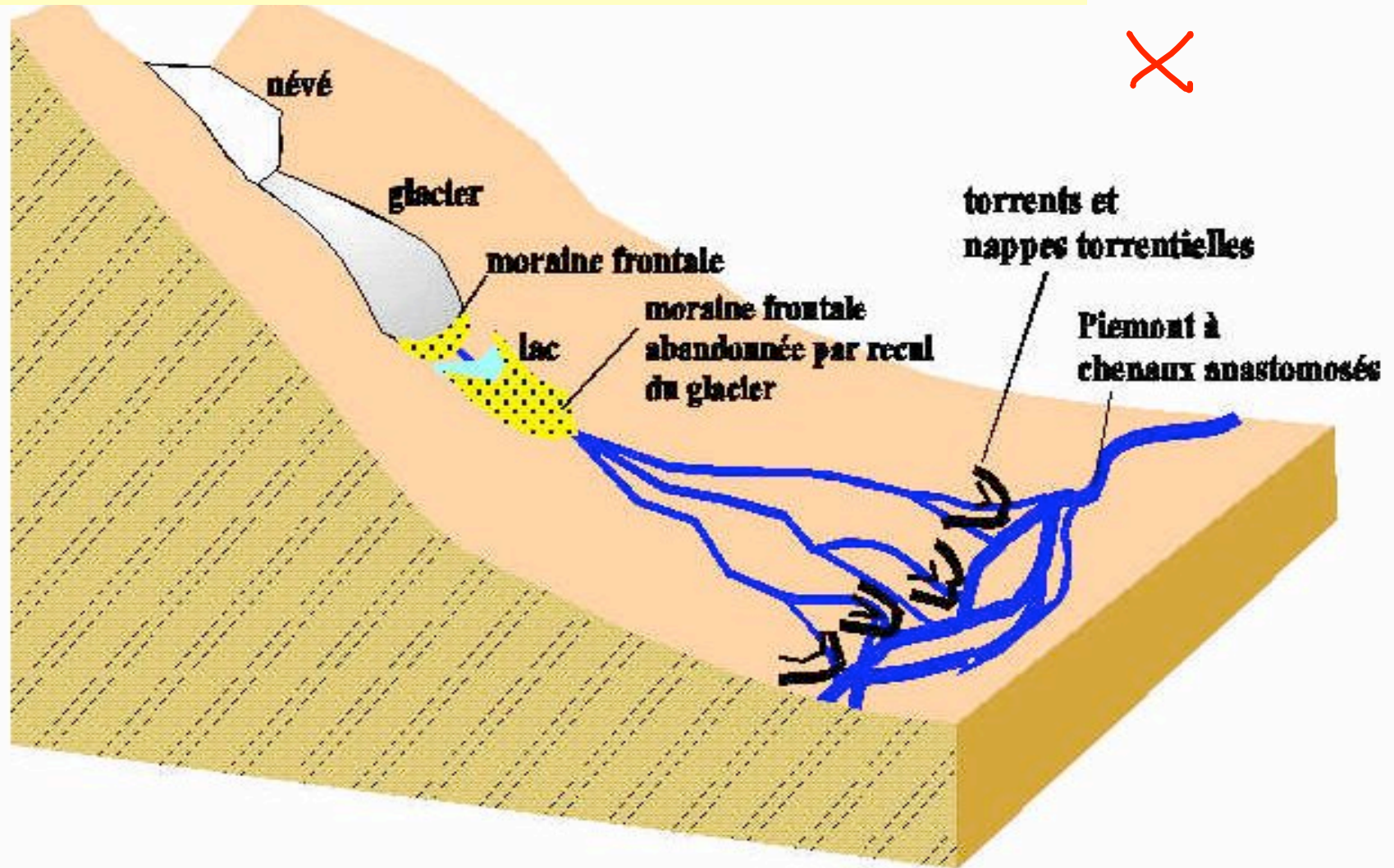
2. 2.1. Glaciers

a. Caractéristiques

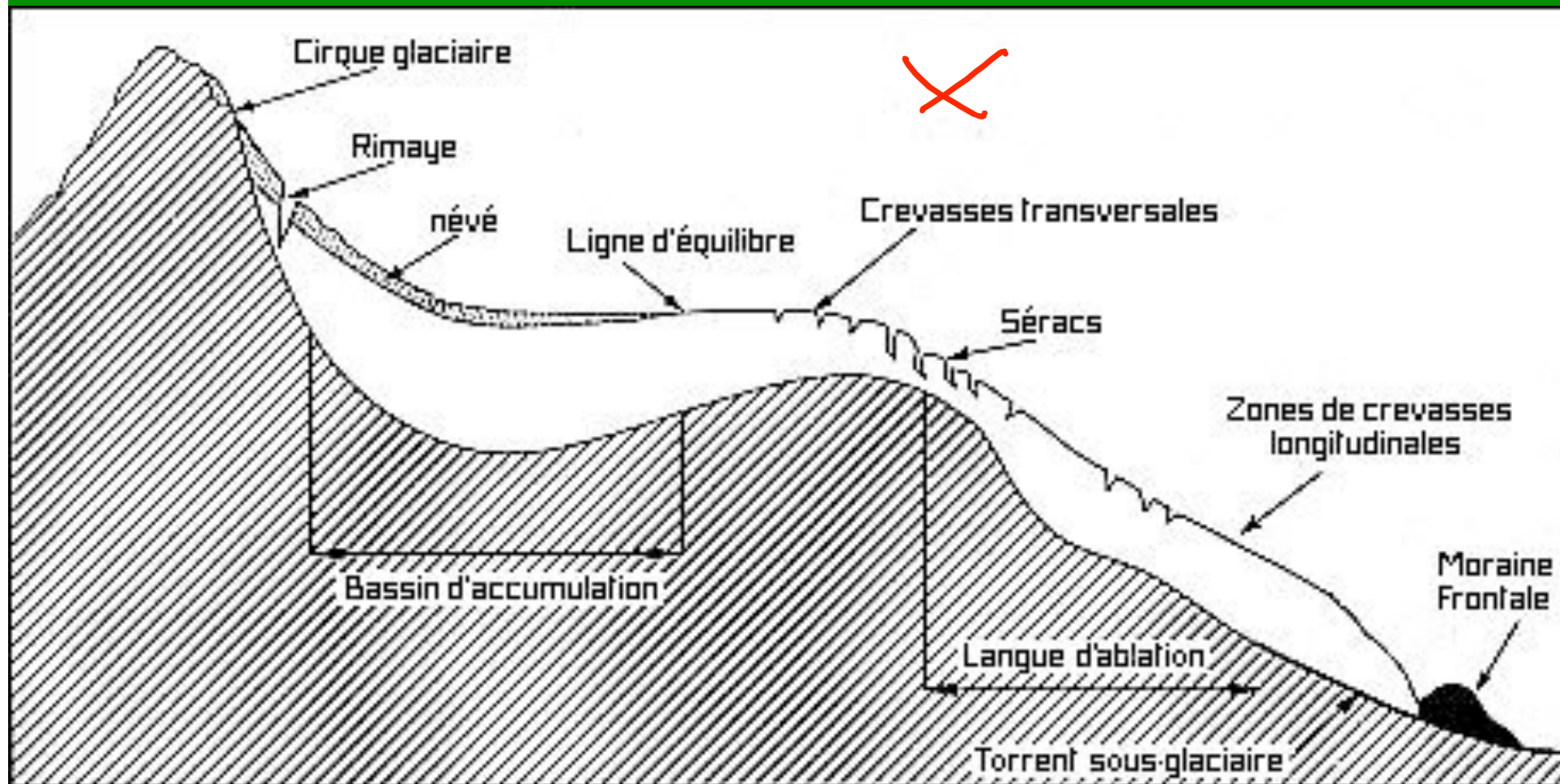
b. La glace

c. Le transport des matériaux – la sédimentation

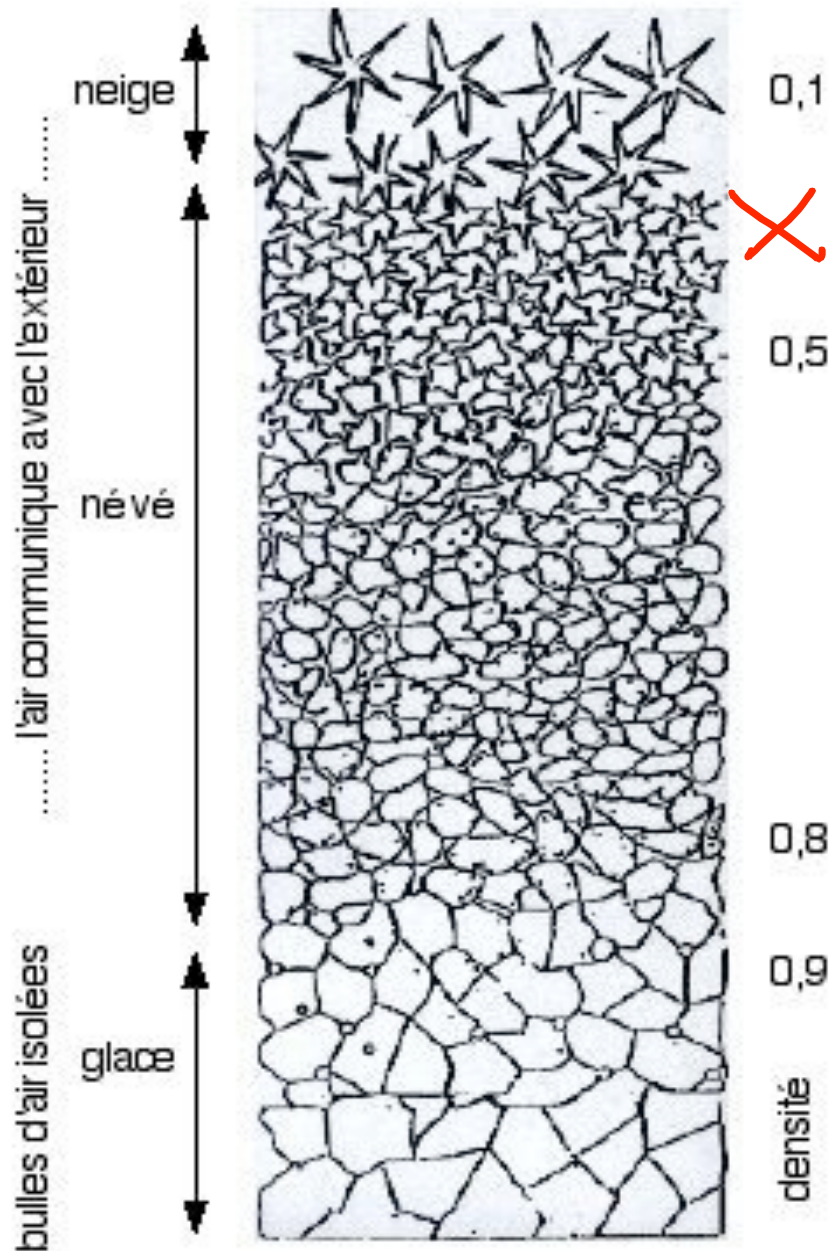
a. Les caractéristiques des glaciers : du glacier au Piémont



Coupe schématique d'un glacier de vallée



b. La glace



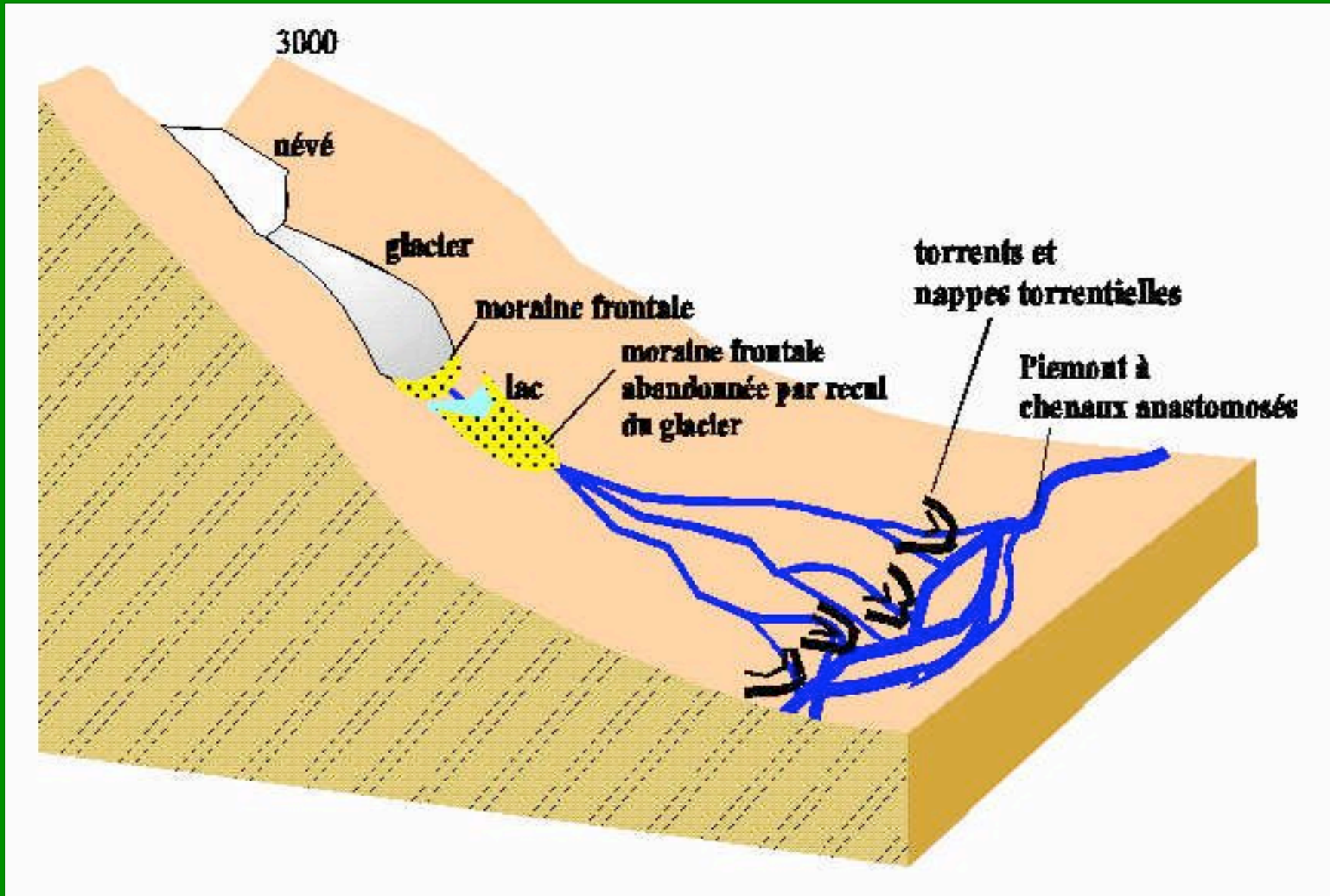
La neige : mélange de petits cristaux de glace mm, d'eau liquide et de vapeur

Les cristaux de glace croissent en s'agglomérant de qqs cm en qqs siècles jusqu'à 10 cm en 1000 ans

*Temps de formation de la glace :
Au pôle sud, un millier d'années
vers 100 mètres de profondeur
température moyenne -50°C .
Dans les glaciers des Alpes, Col
du Midi (Massif du Mont Blanc), à
3500 mètres d'altitude, 30 mètres
de profondeur, à 0°C , 5 ans
environ.*

2.2.1. Glaciers

c. le transport des matériaux-la sédimentation



Moraines frontales d'un glacier



deux glaciers avec moraines latérales



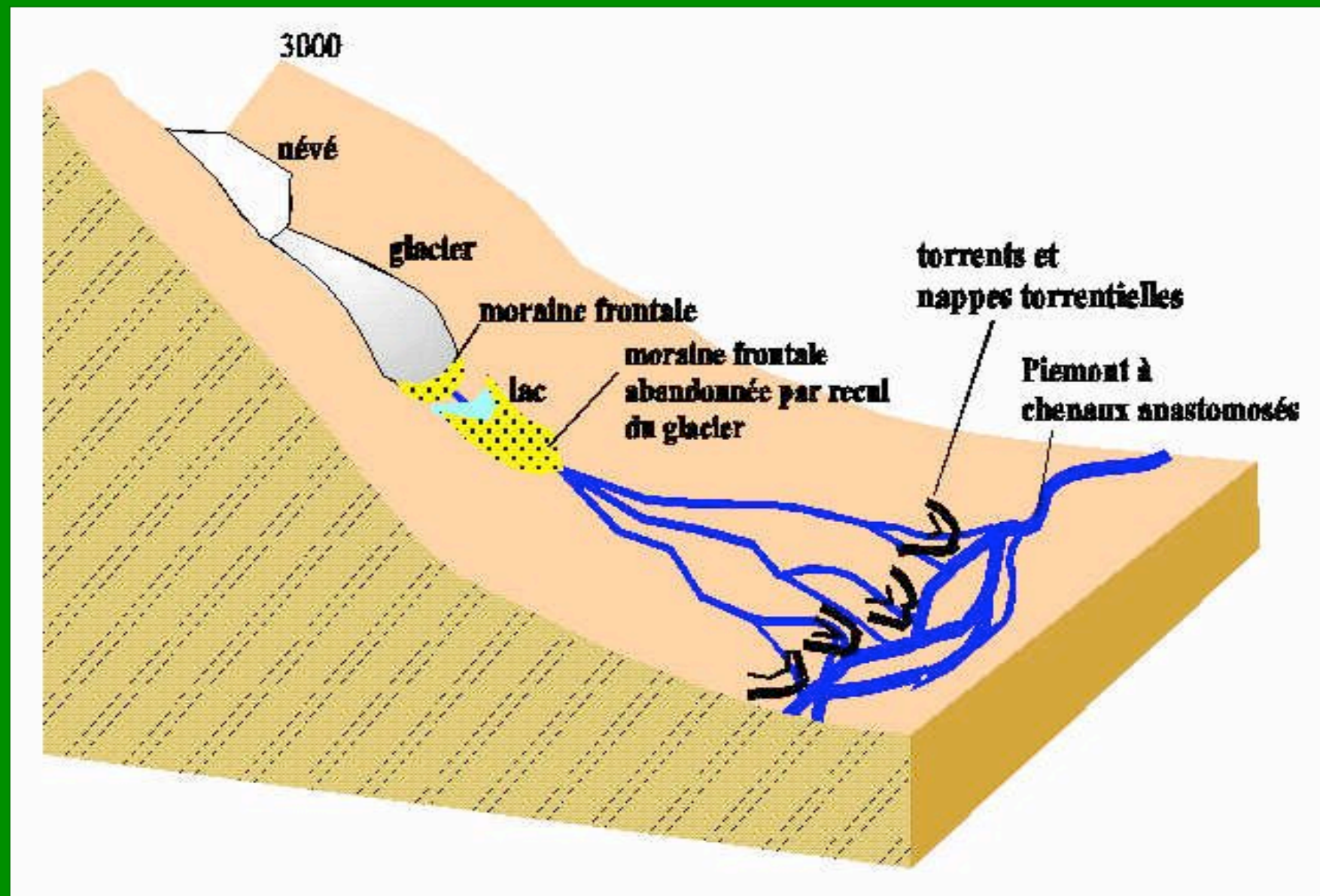
Vitesse de la glace sur la Mer de Glace : 125 m/an

Taille exceptionnelle d'un bloc exotique d'une moraine



Stries dues au passage des moraines d'un glacier





2.2. Le transport hydraulique

2.2.2. Cours d'eau

a. Introduction : La destinée de l'eau de pluie

b. Caractéristiques de la source à la mer

c. Le transport des matériaux – la sédimentation

a. La destinée de l'eau de pluie

120 000 Km³/an

dont 440 pour la France :

dont : 60% s'évaporent, 24% s'infiltrent, 6% ruissellent « eaux sauvages »

L'action des eaux sauvages : agent le plus actif de l'érosion des continents

1. L'érosion pluviale, le « SPLASH », l'érodimètre
2. Le ruissellement. A partir de quel moment l'eau ruisselle?
 - sols argileux : le martèlement crée une croûte
 - sols sableux : l'eau imprègne le sol jusqu'à saturation puis ruisselle
 - rocher : l'eau ruisselle et pénètre dans les fractures

Les effets du ruissellement :

1. Création d'un réseau hydrographique
2. arrachage et transport des roches

b. Caractéristiques de la source à la mer :

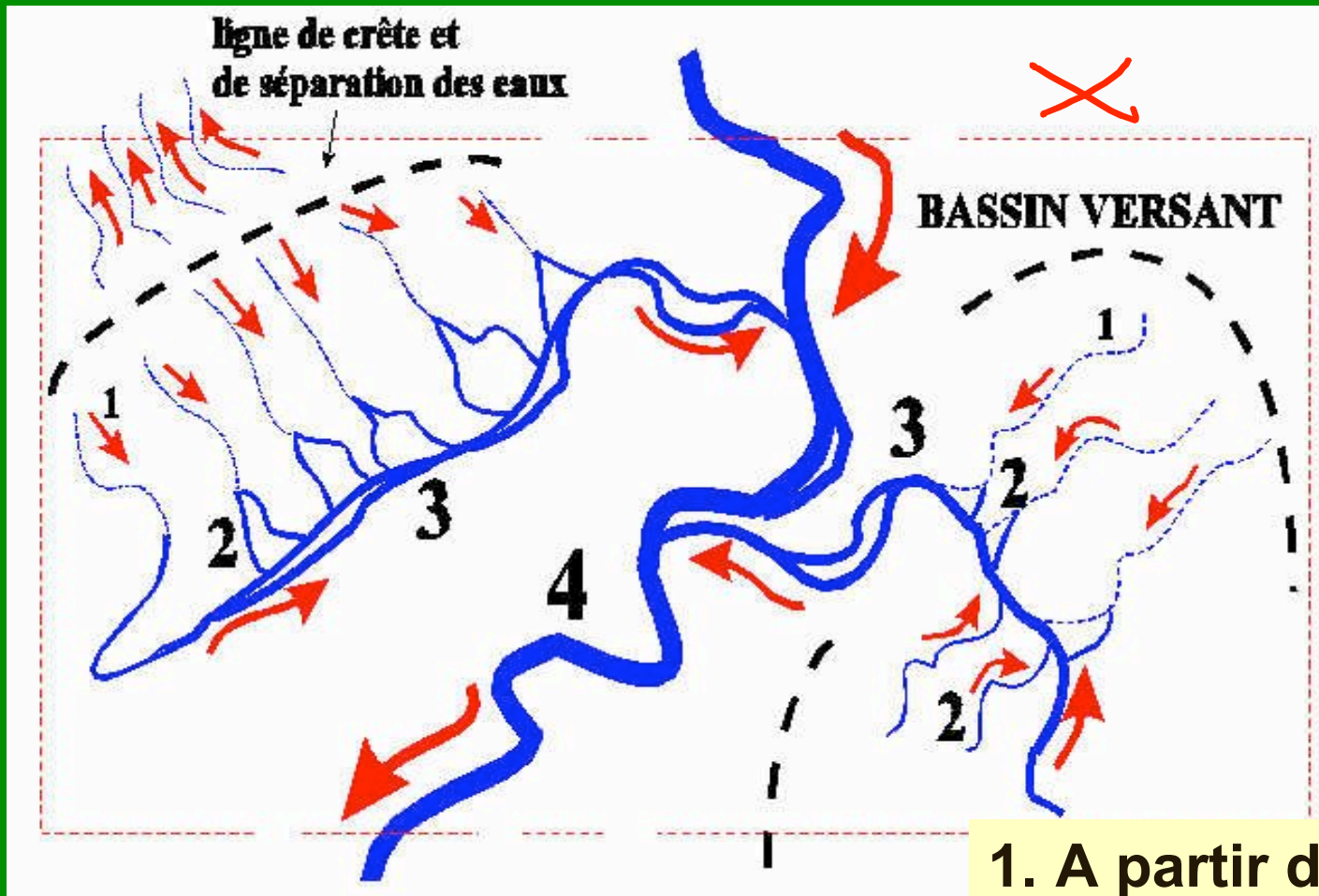


Le réseau hydrographique

- L'eau d'une rivière (ou d'un fleuve) vient de sa source, de tous ses affluents, des nappes alluviales et, lorsqu'il pleut, de tout le ruissellement qu'elle reçoit directement.
- Le bassin versant d'une rivière, à un endroit donné de son cours, c'est le territoire sur lequel une goutte d'eau qui tombe et ruisselle finit par rejoindre la rivière en question

**Bassin versant de
l'Amazone :
6 millions de km²
bassin versant du
Rhône :
100 000 km²**

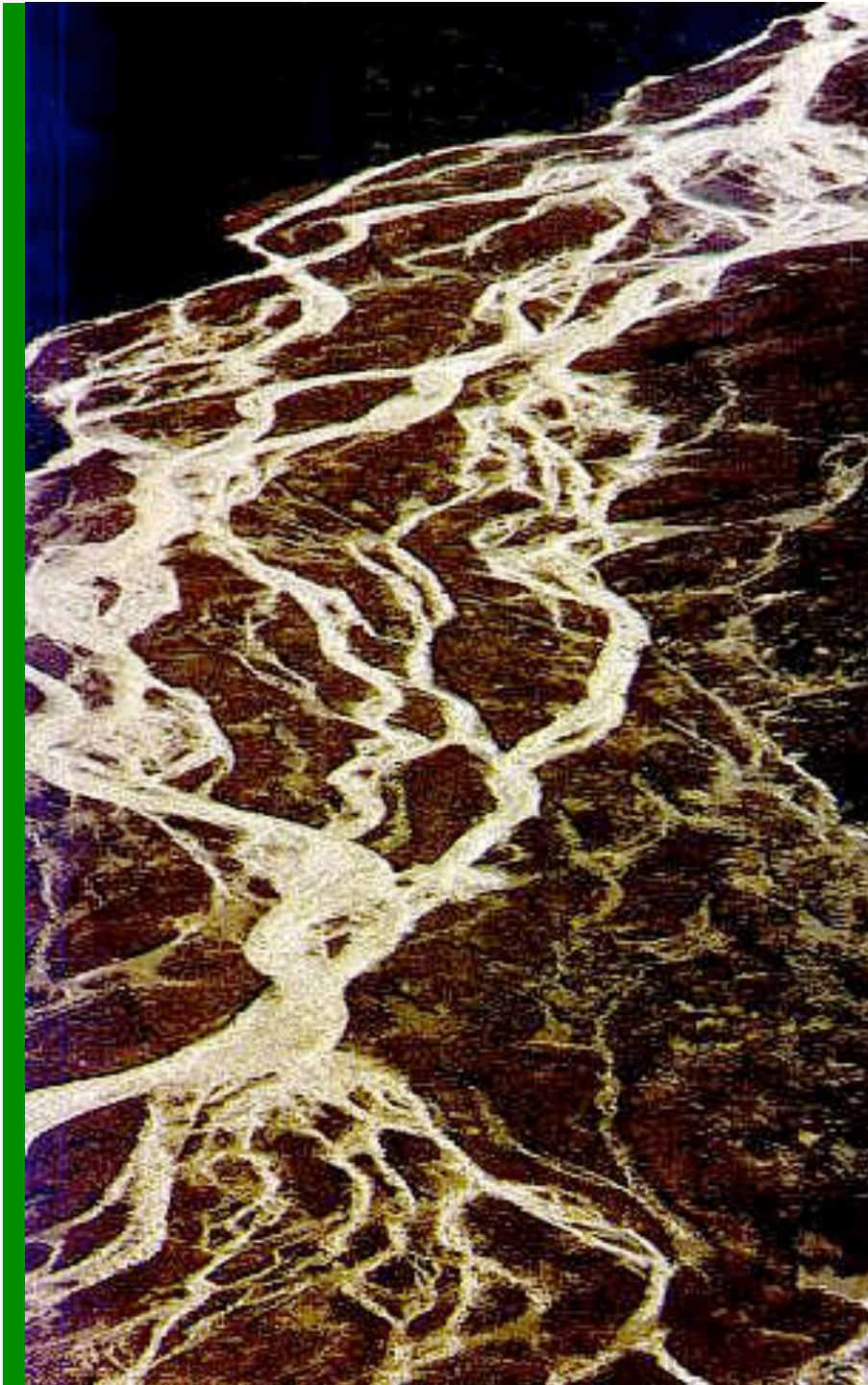
La hiérarchisation des réseaux hydrographiques



1. A partir de la source
2. Collecteur de niveaux 1
3. Arrive au fleuve
4. Fleuve arrive à la mer

Niveau 1. Torrent glaciaire dans des moraines frontales abandonnées





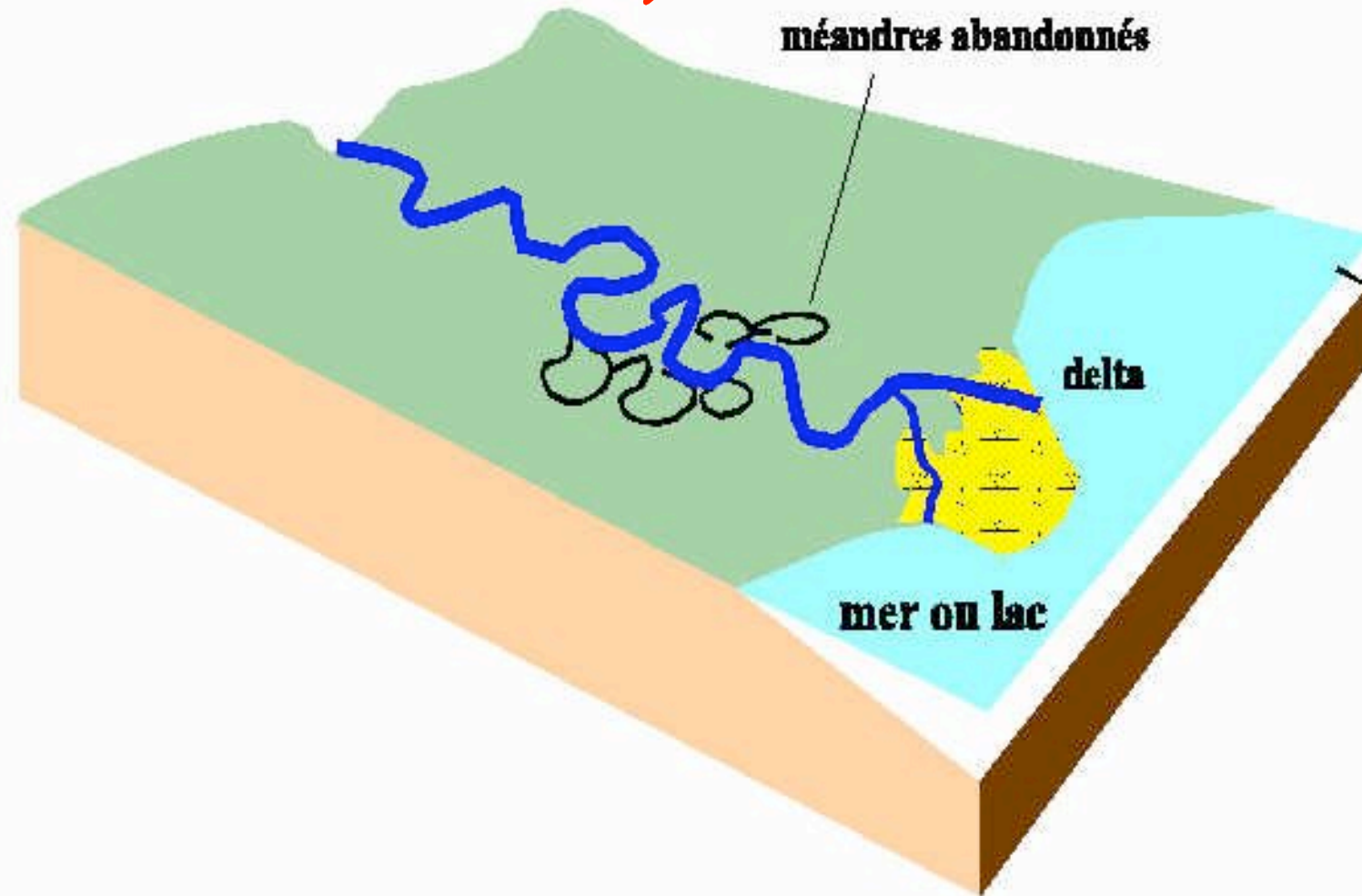
**Torrents périglaciaires
en réseaux de chenaux
Anastomosés :
réseau hydrographique
de niveau 1**

Niveau 1. nappe torrentielle créée par le ruissellement de la pluie



Niveau 2,3 et 4 pente faible Du piémont à la mer

la plaine à méandres



La plaine à méandres (quand elle existe...)



évolution des méandres



1



2



3



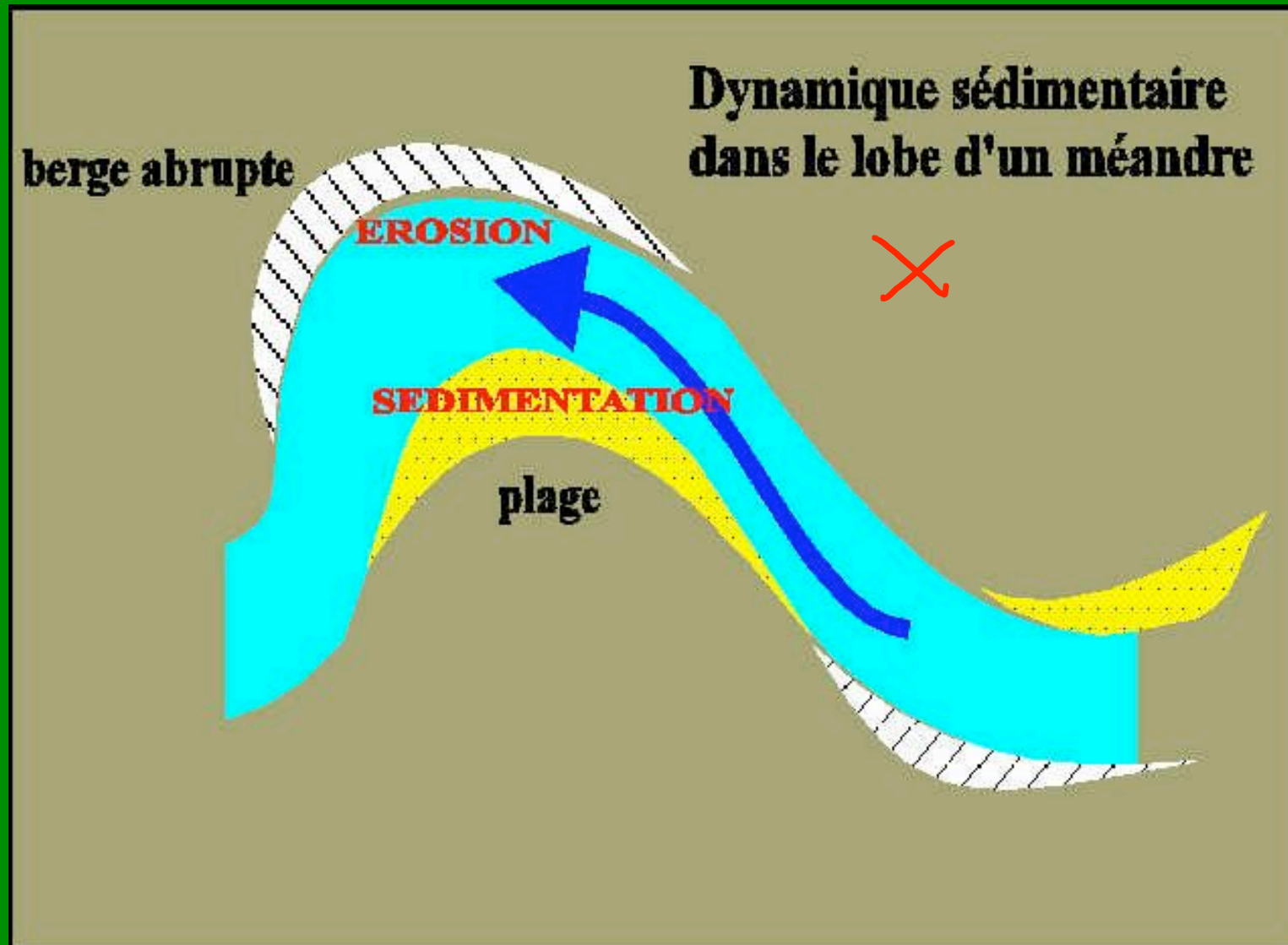
4

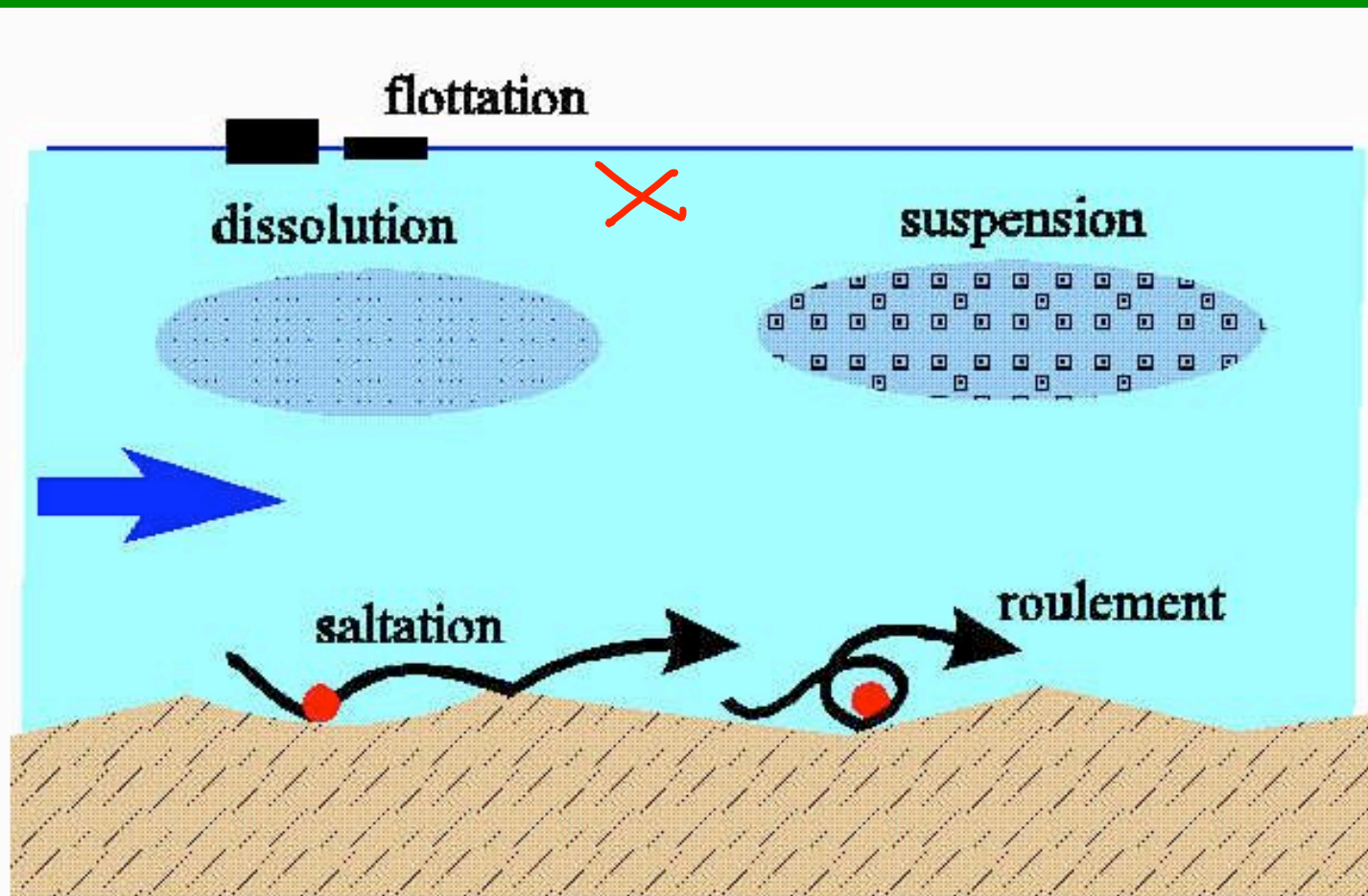
Méandre abandonné de la Vis au « Cirque » de Navacelles (Hérault)



2.2.2.2. Cours d'eau

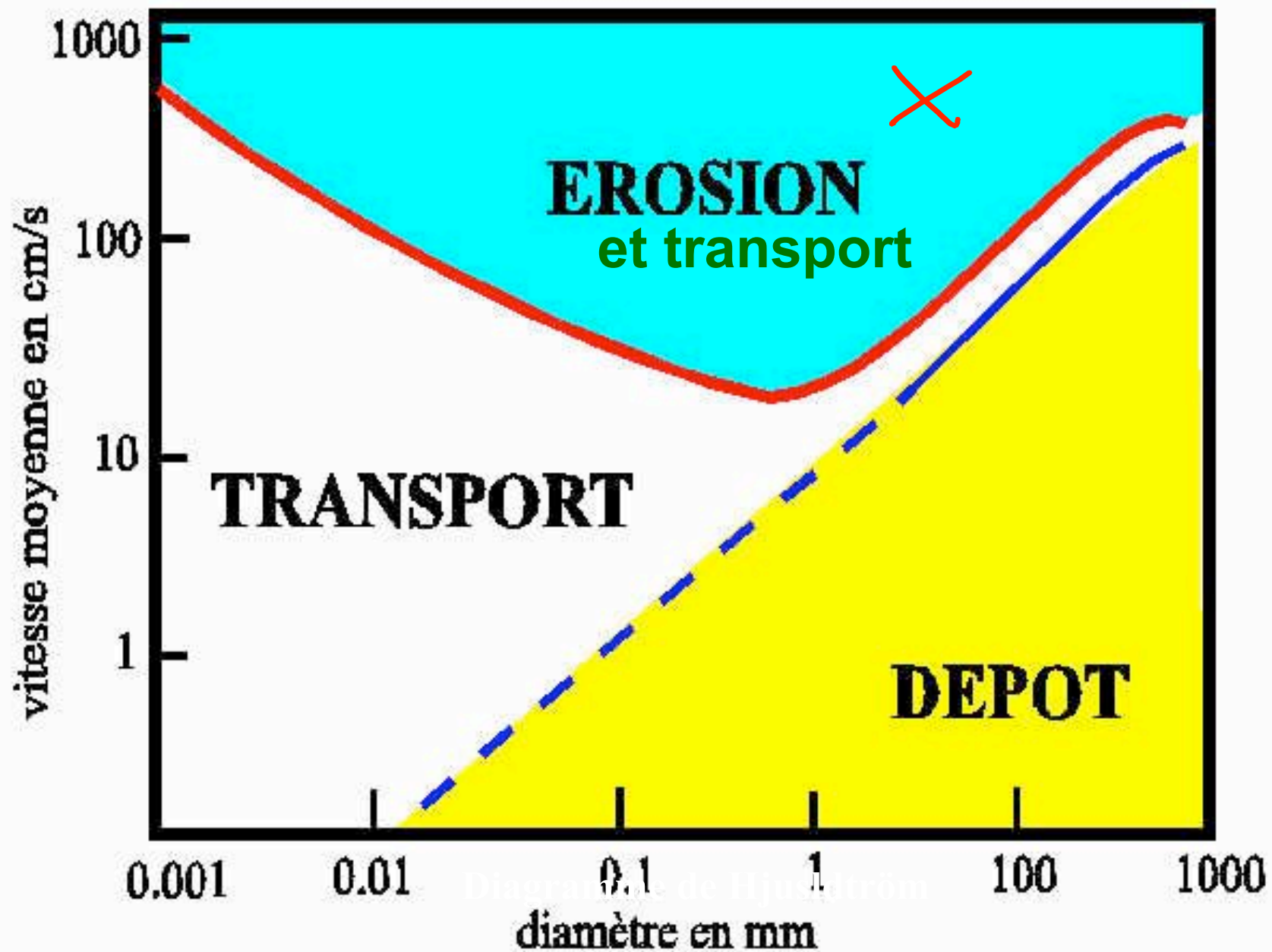
b. Le transport des matériaux – la sédimentation

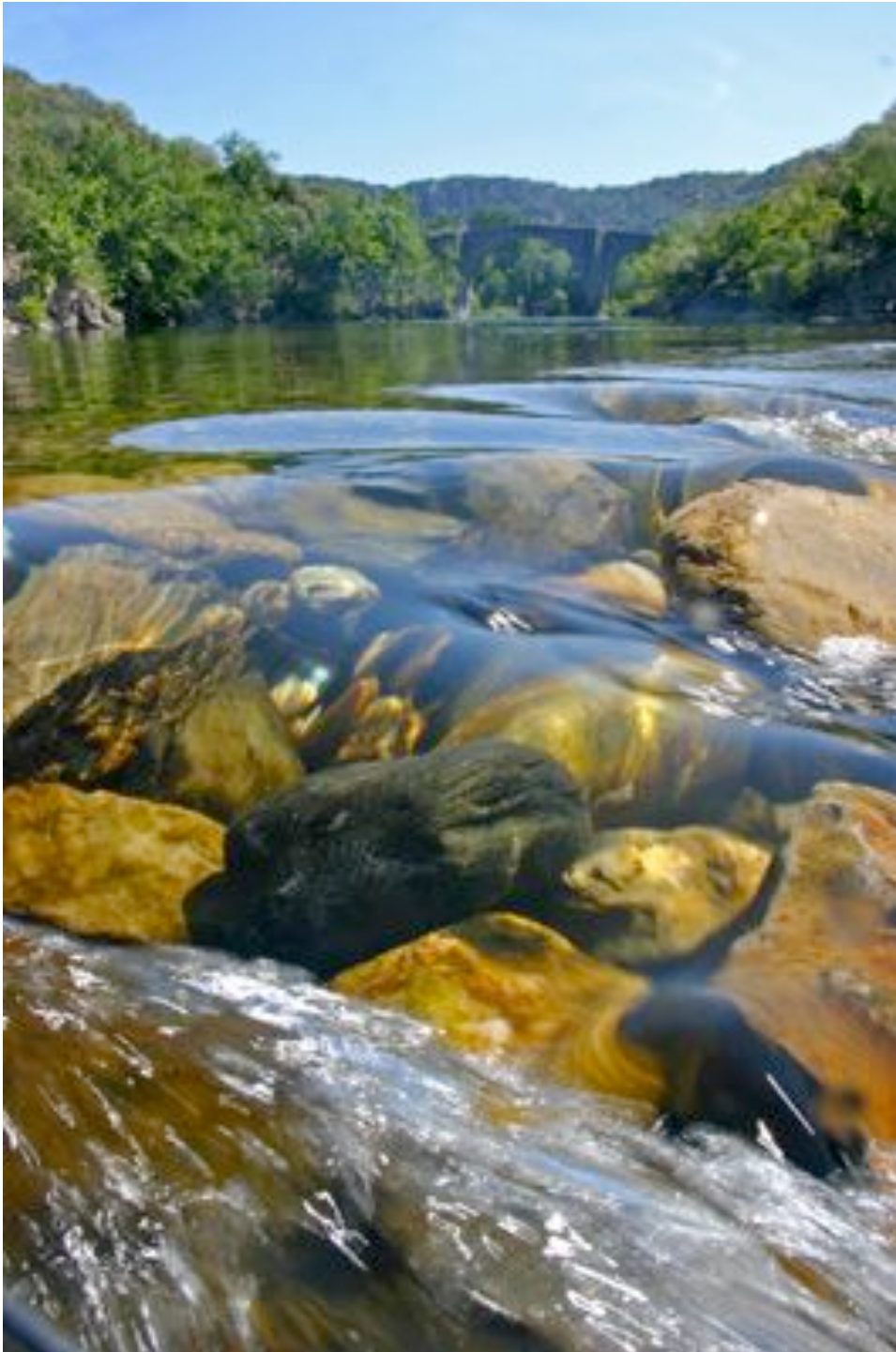




**mode de transport de la charge
(dissoute et tractée)**

- débit = surface (m²) x vitesse (m/sec)





Exemple de l'Hérault

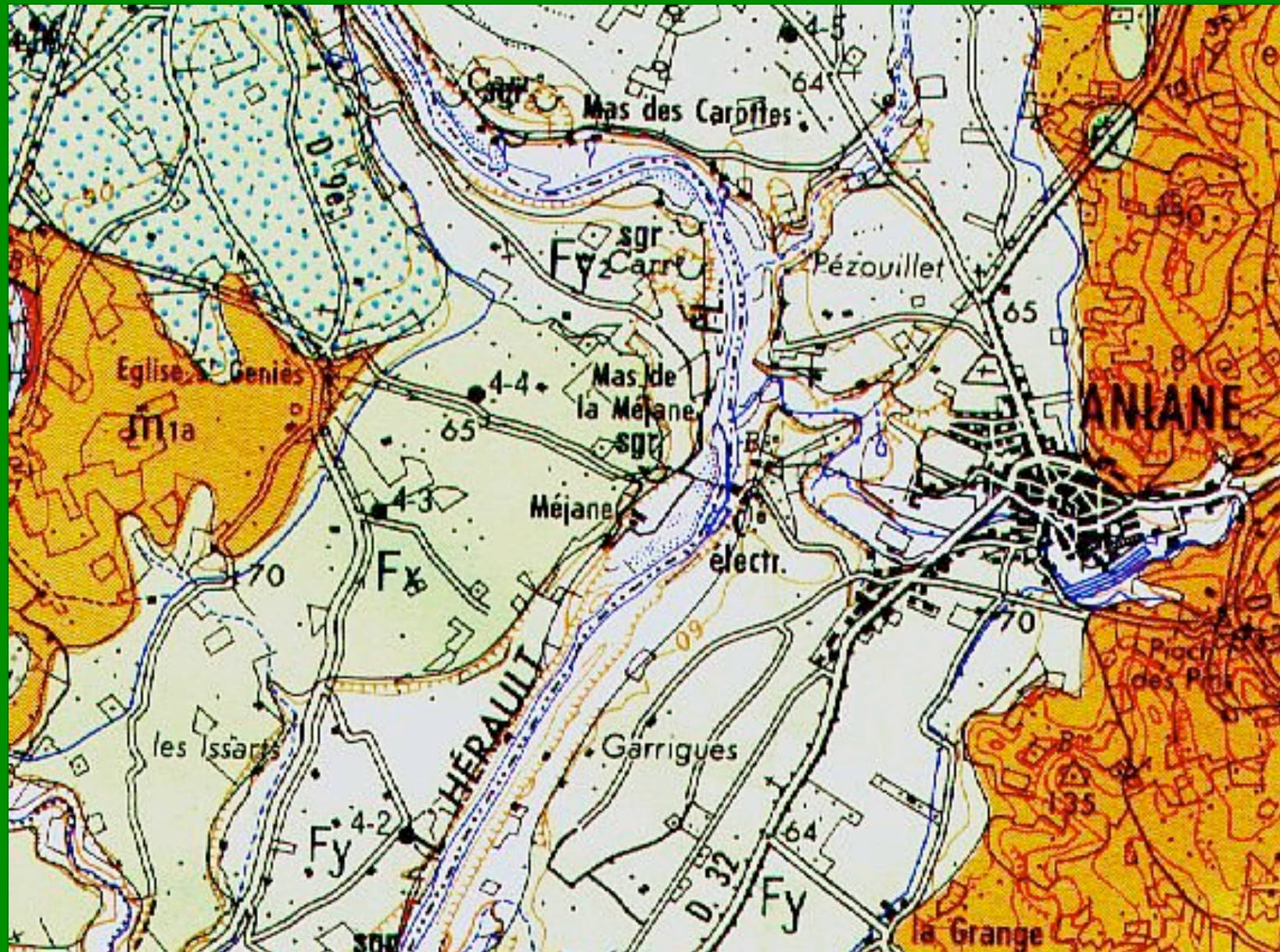
La source de l'Hérault est située à 1400 m d'altitude, au coeur des Cévennes. Le jeune torrent impétueux dévale alors plus de 1000 mètres de dénivellé dans ses 10 premiers kilomètres. Arrivé à Valleraugues la pente est beaucoup plus faible, le fleuve se calme

(et devient progressivement navigable)





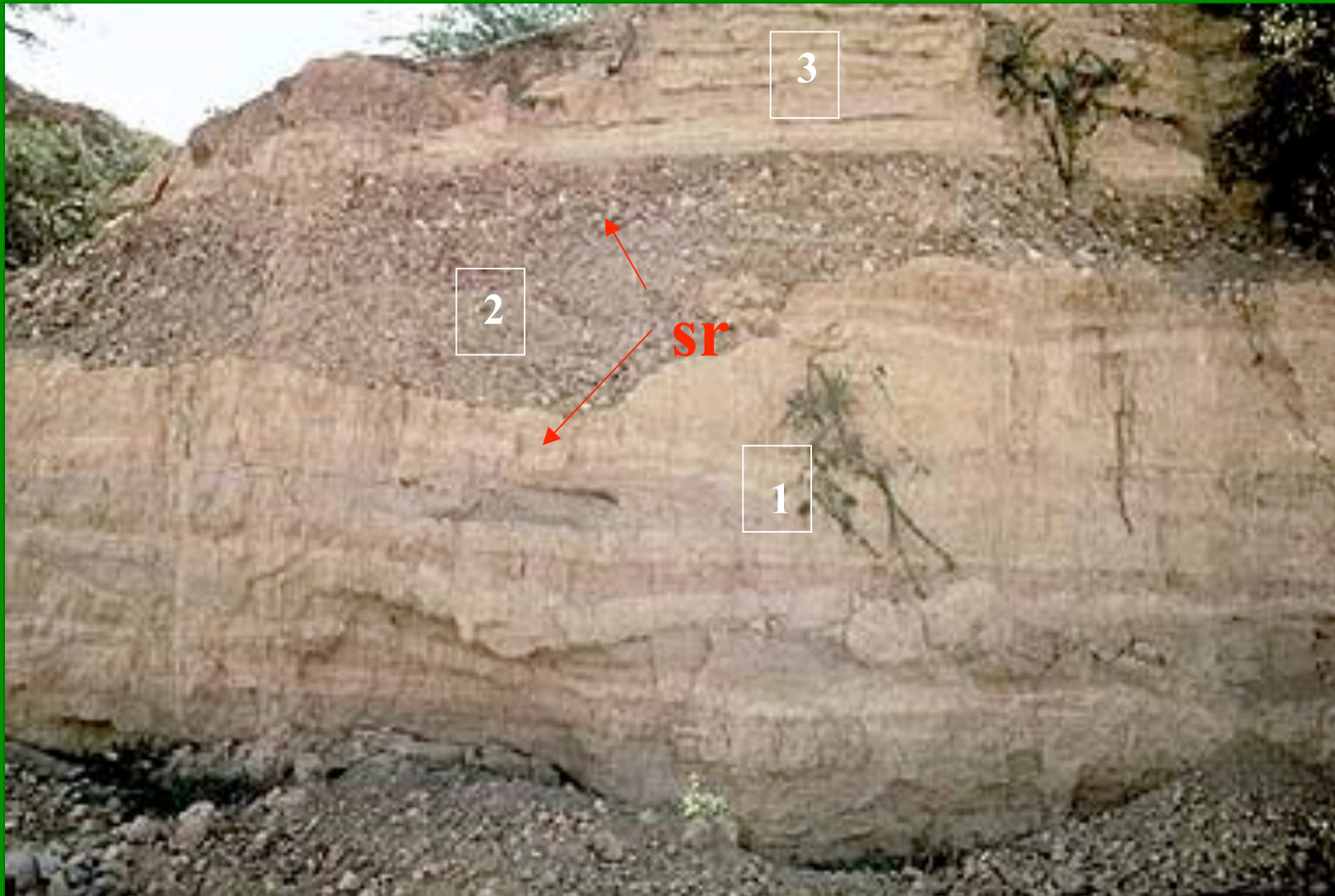
Terrasses de l'Hérault près d'Aniane



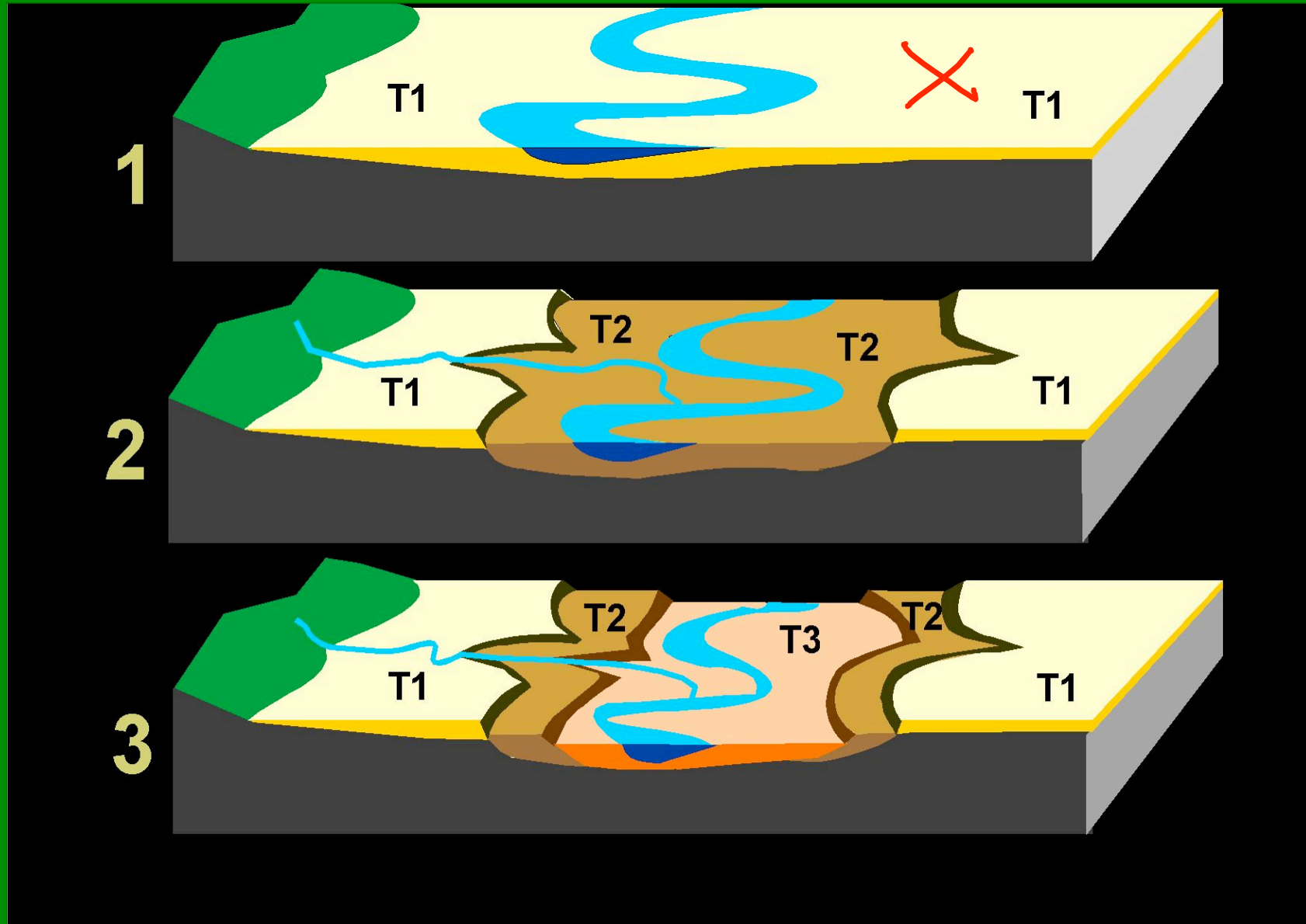
Coupe géologique de dépôts fluviaux (terrasse)

Ici remblaiement : terrasses superposées

sr = surface de ravinement



les terrasses fluviales ou alluviales
Ici creusement : terrasses emboîtées



on a formation de terrasses étagées ou emboîtées (Fig. III.4). La terrasse la plus basse est toujours la plus récente.

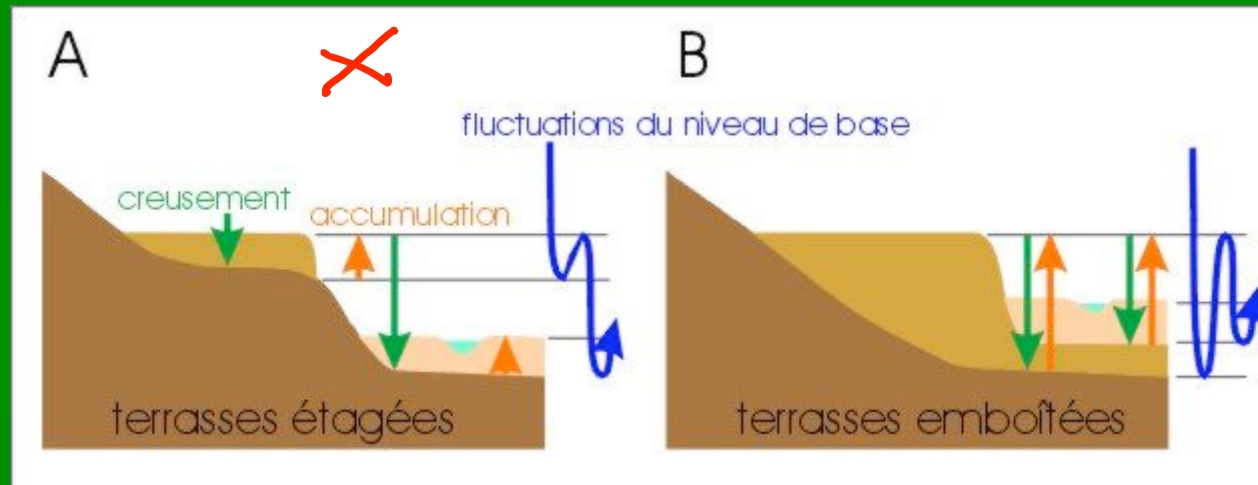
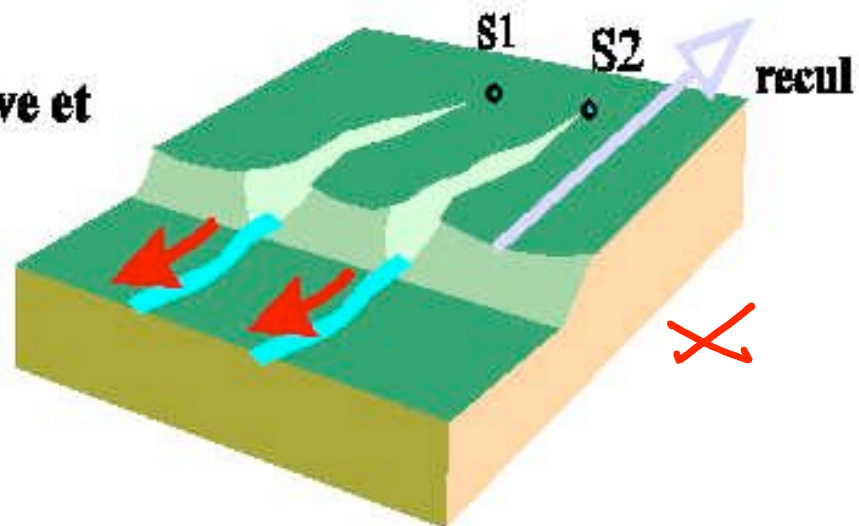


Fig. III.4: terrasses étagées et terrasses emboîtées. A: les chutes du niveau de base provoquent un encaissement successif avec des terrasses de plus en plus jeunes vers le bas; B: la première chute du niveau de base est très accentuée, provoquant un profond encaissement; par la suite, les chutes du niveau de base ne sont plus aussi fortes et n'entament plus que la terrasse la plus ancienne.



Installation d'un profil d'équilibre

**Erosion régressive et
recul de pente**



Régularisation d'un Profil d'Equilibre par

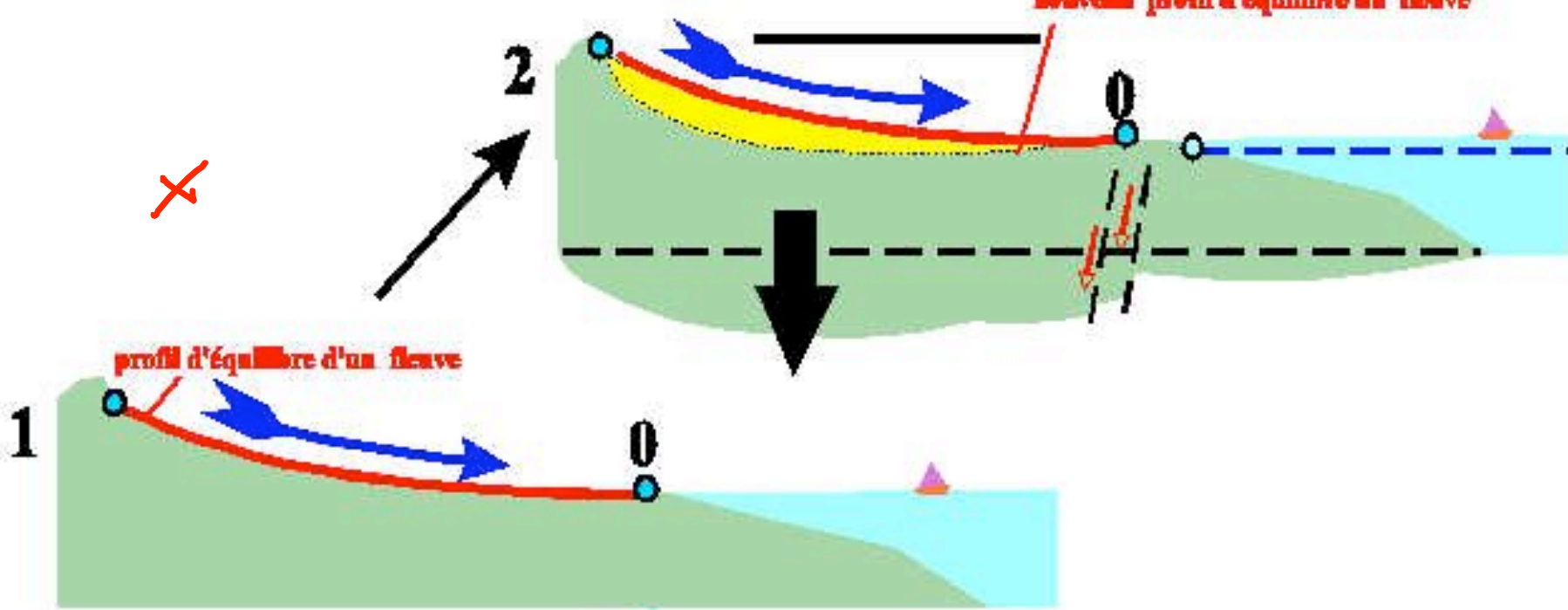
Remblaiement

Creusement

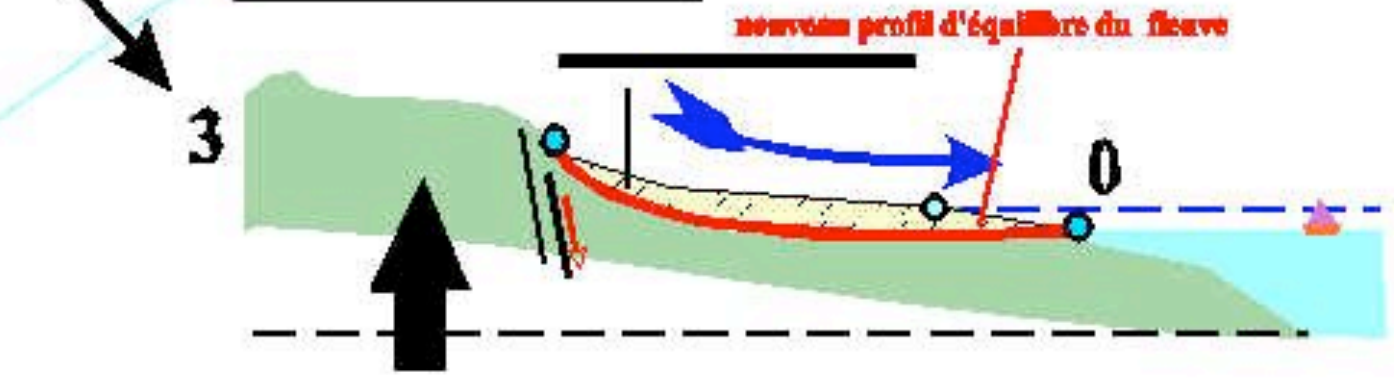
Erosion régressive



Affaissement continental

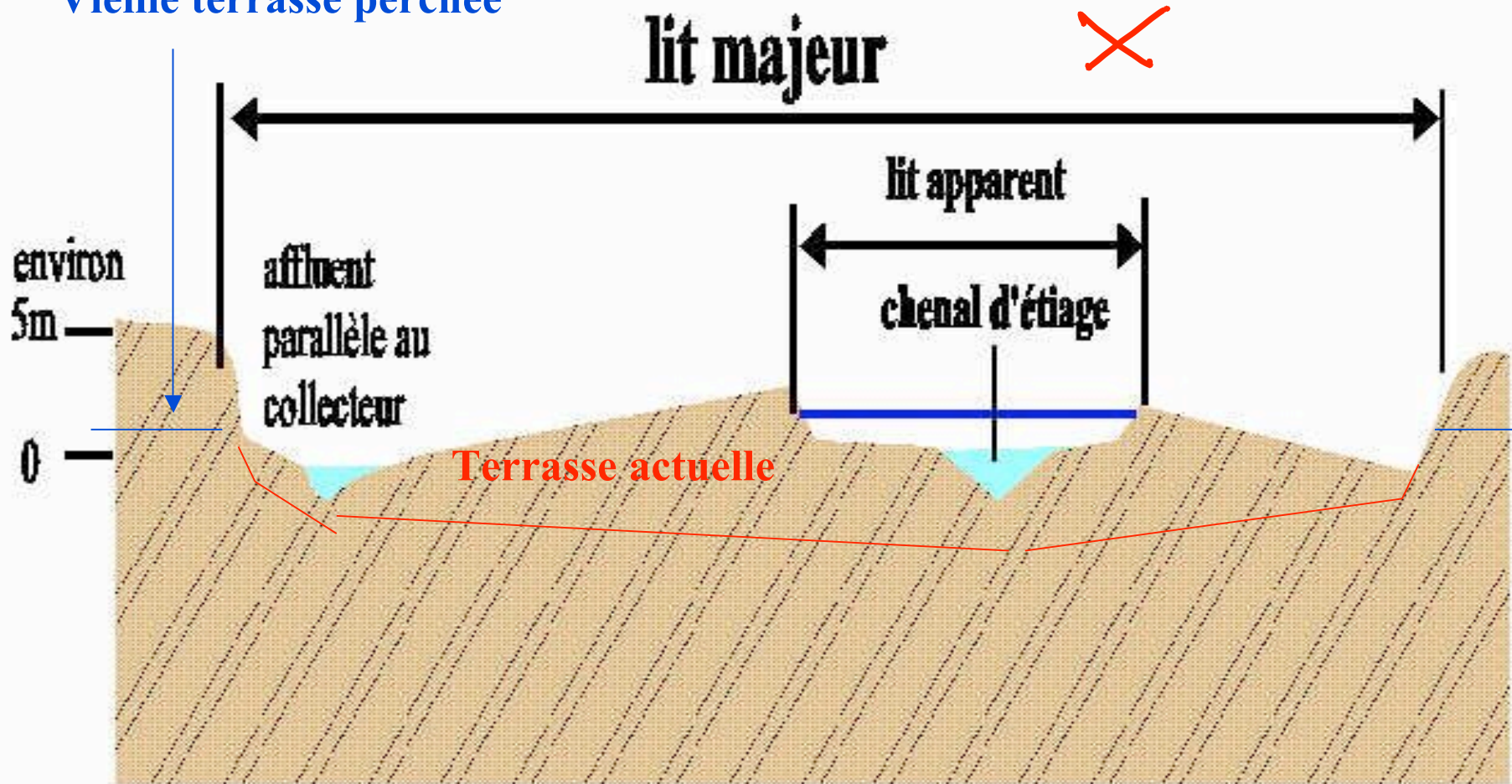


Soulèvement continental



Lit majeur, lit mineur ou apparent, étiage

Vieille terrasse perchée



Profil idéal bombé du lit d'un fleuve ou d'une grande rivière

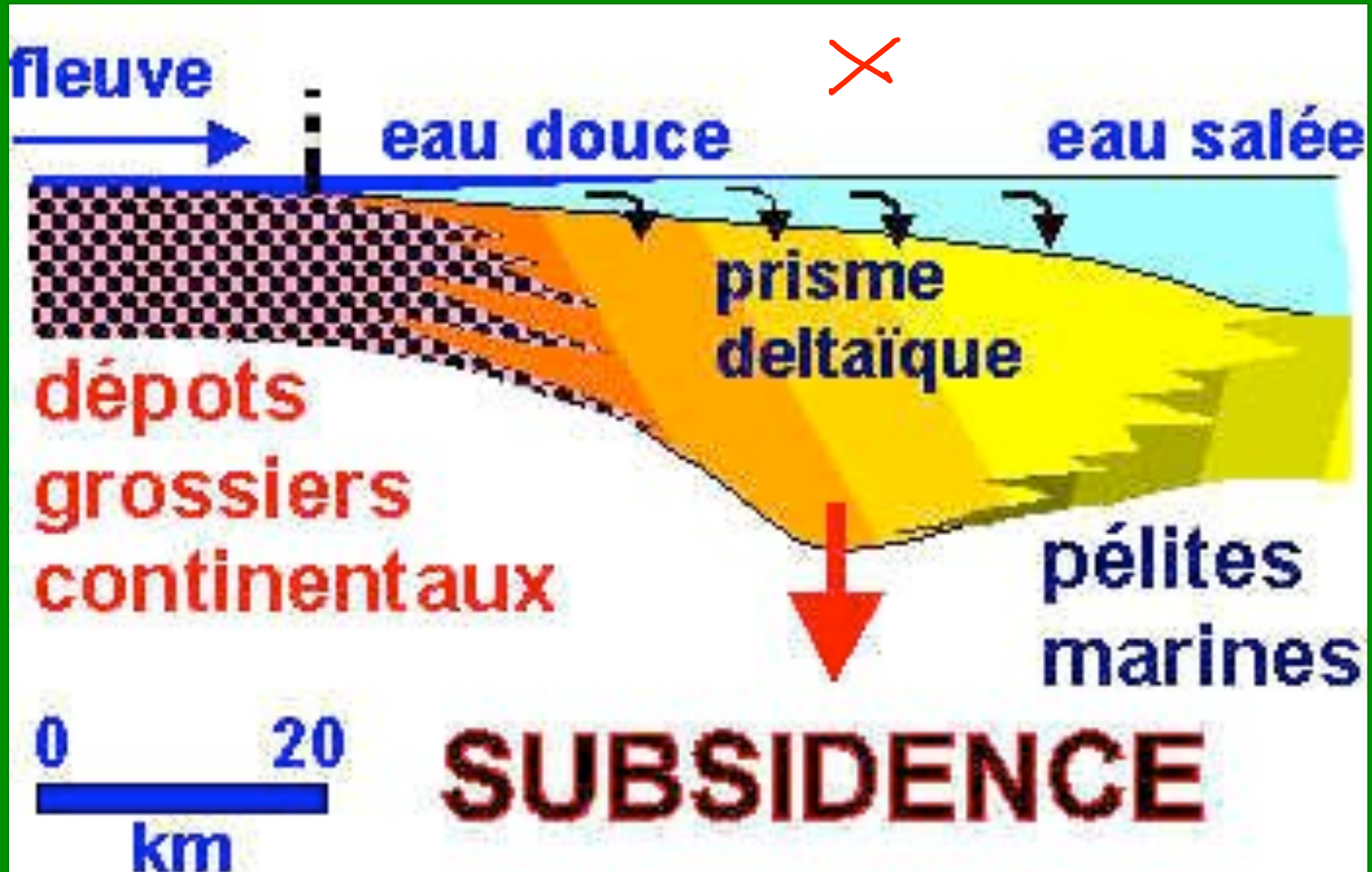
Les estuaires



Un delta bien connu!



Organisation très schématique d'un delta





delta du Mississippi

Charge solide : 305 millions de tonnes/an

Charge en solution : 146 millions de tonnes/an

2.2. Le transport hydraulique

2. 2.1. Glaciers

- a. **Caractéristiques**
- b. **Le transport des matériaux – la sédimentation**

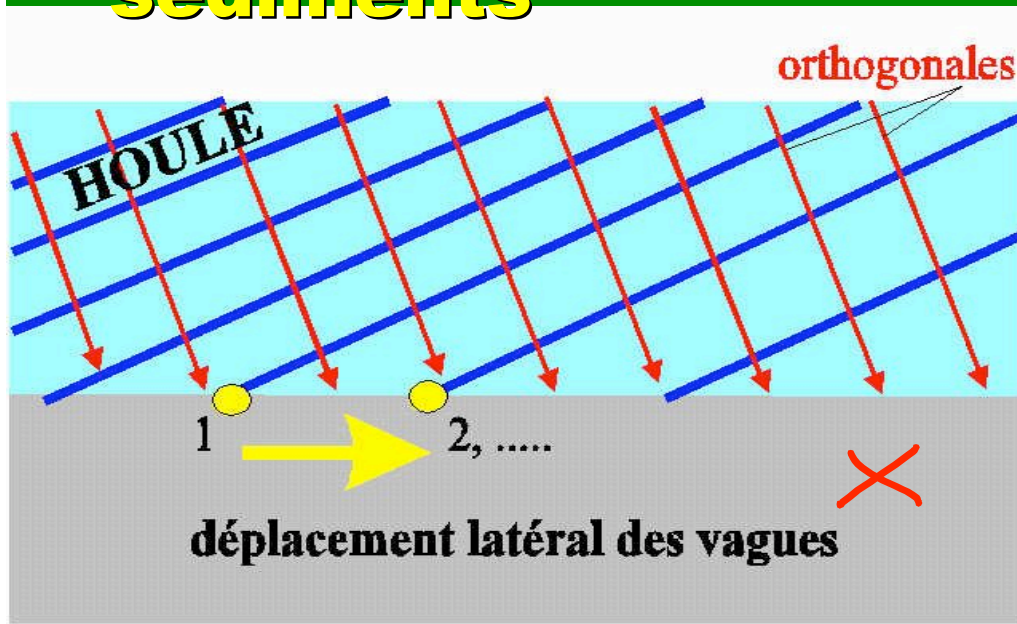
2. 2. 2. Cours d'eau

- a. **Caractéristiques de la source à la mer**
- b. **Le transport des matériaux – la sédimentation**

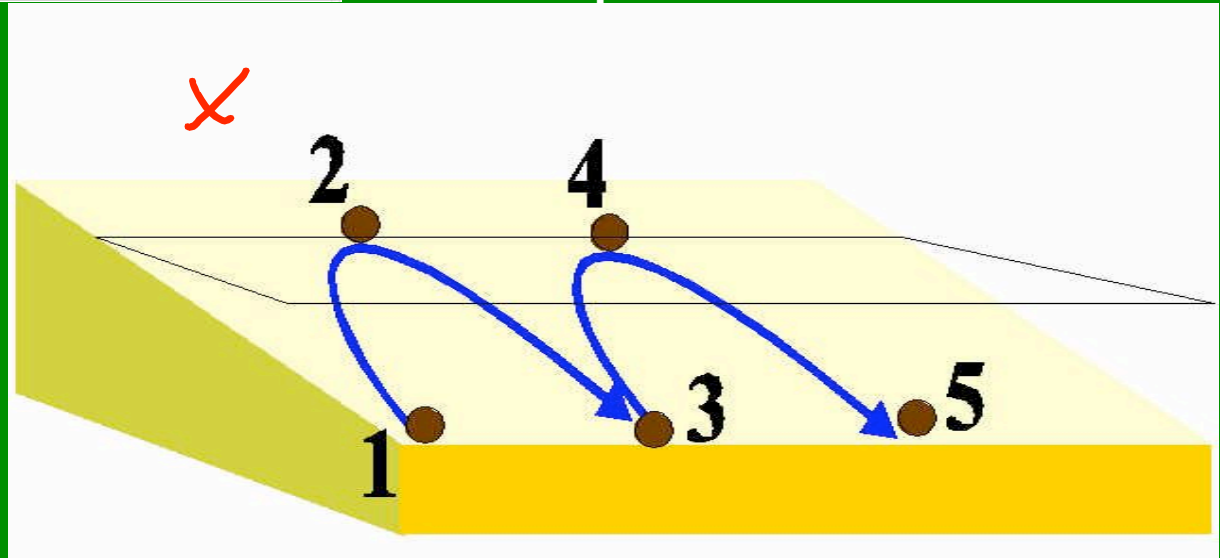
2. 2. 3. Courants marins, vagues, houle

- a. **L'action des courants (et du vent)**
- b. **Le transport des matériaux – la sédimentation**

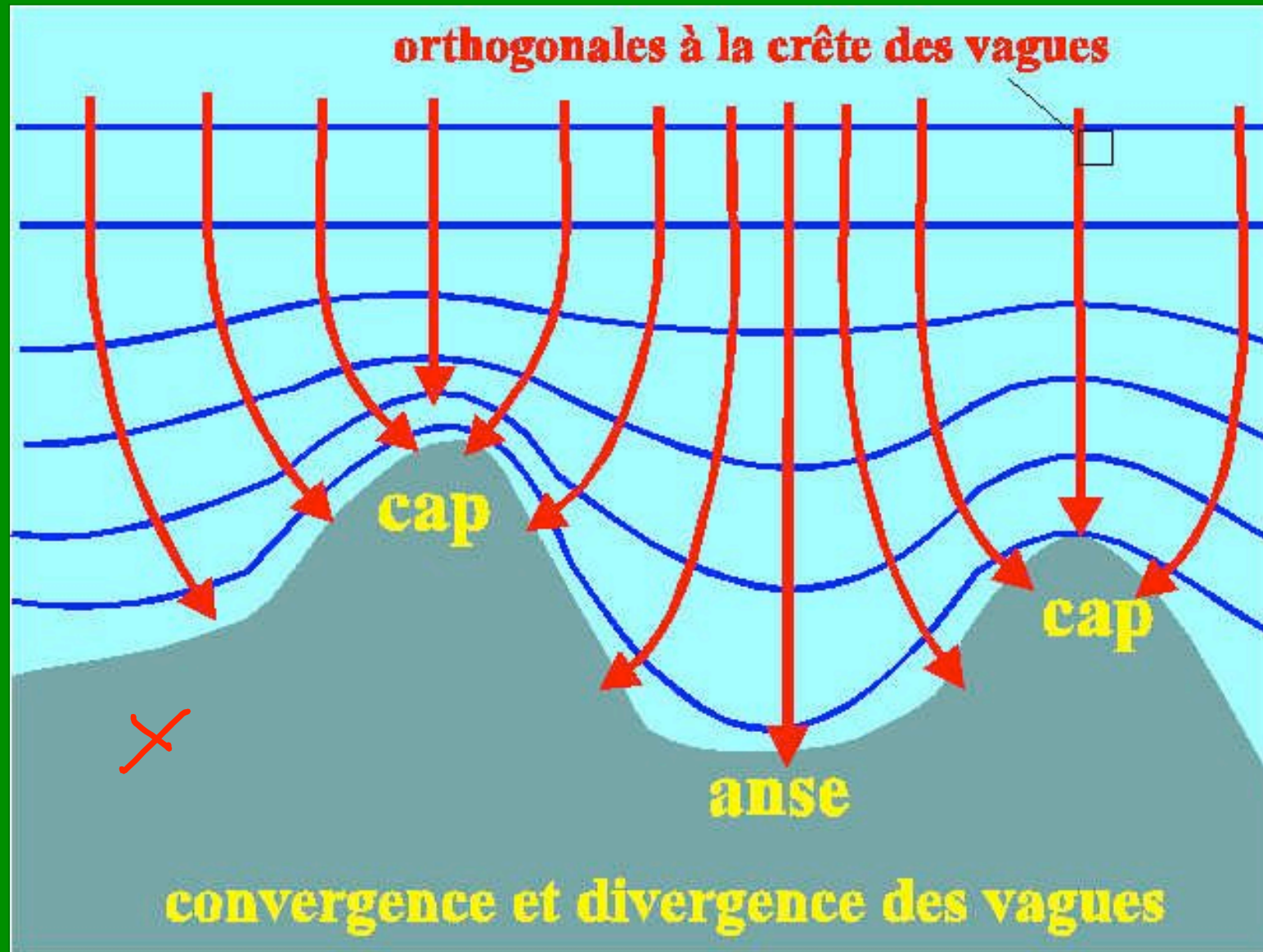
b. La houle et le transport des sédiments

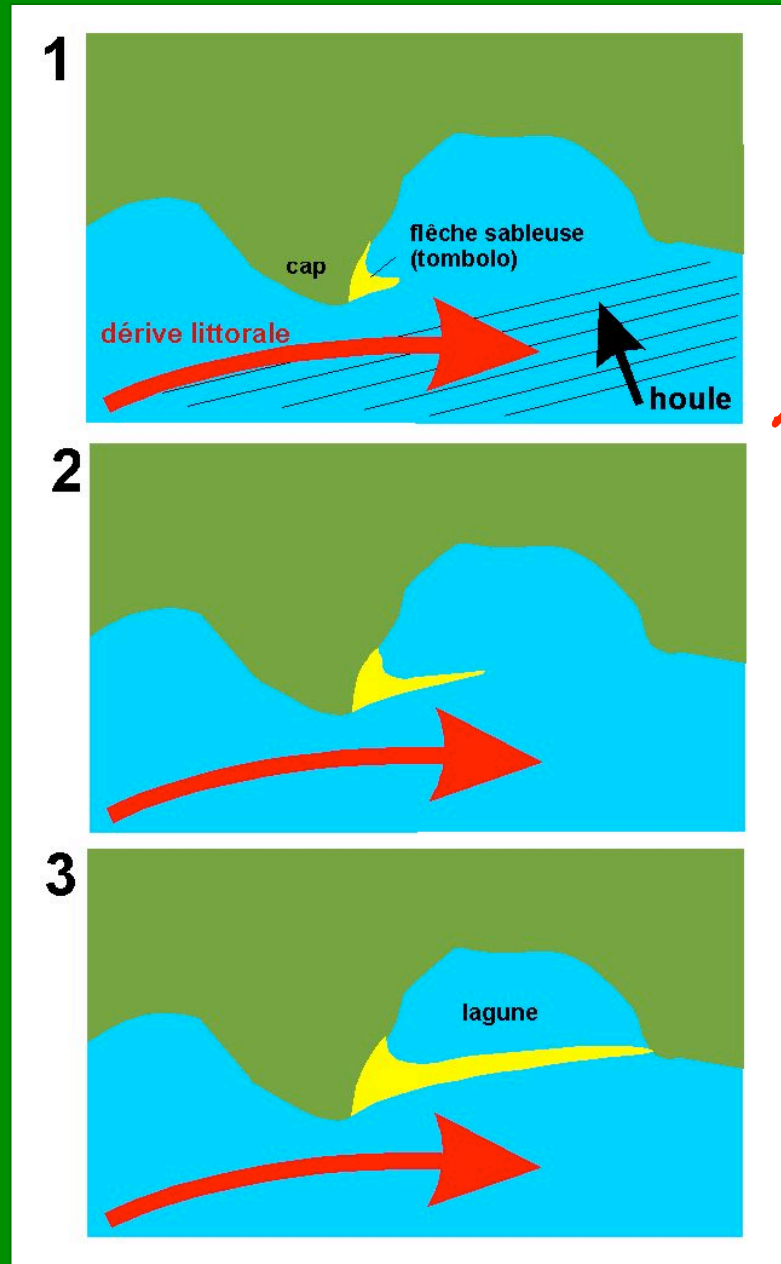
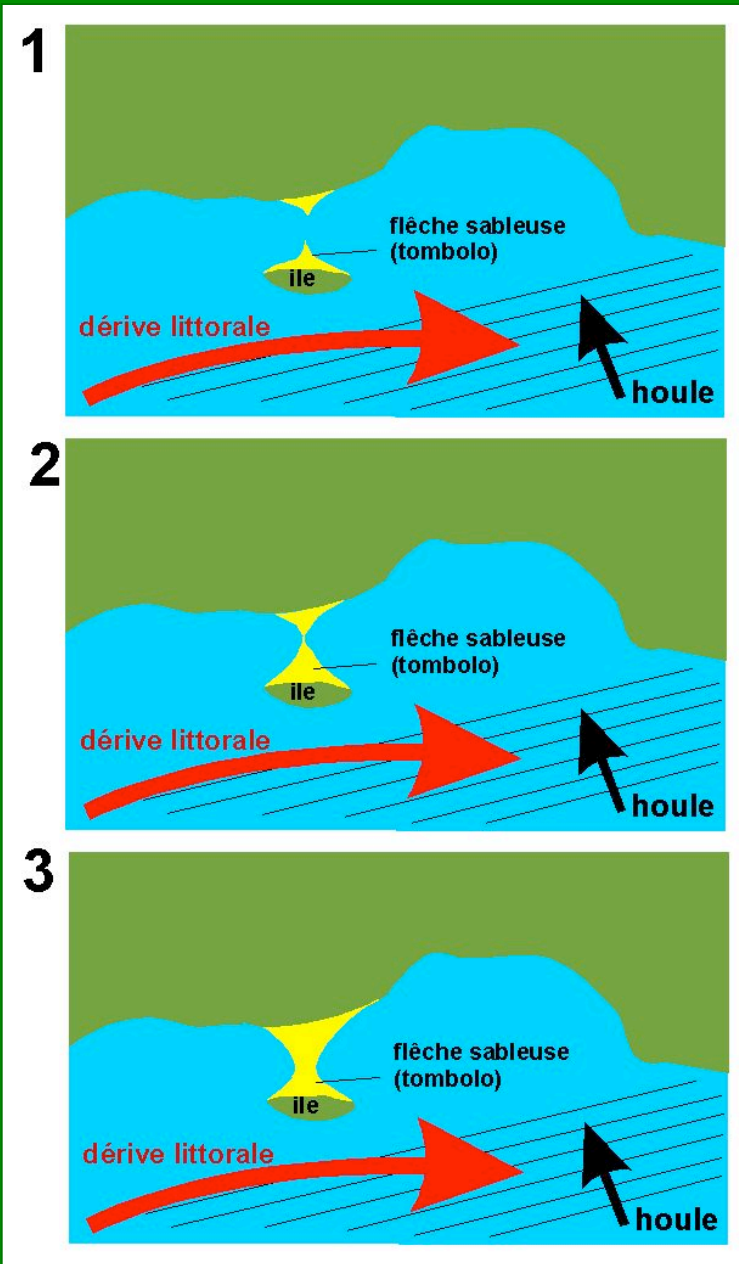


Résultat : Déplacement des sédiments sur une côte plate



énergie des vagues en fonction de l'aspect de la côte



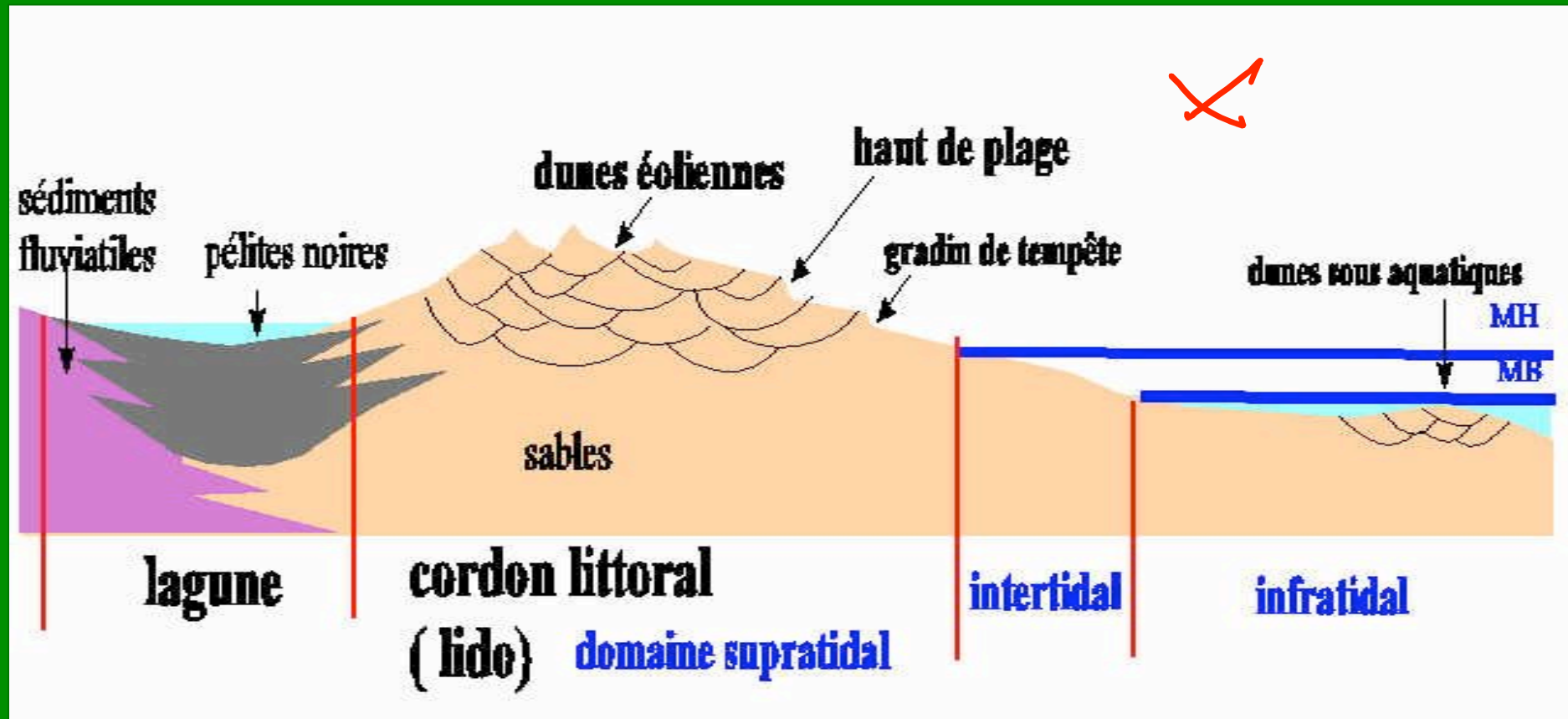


**L'action du vent et de la mer : exemple
Le cordon littoral au Sud de Montpellier (Ile de Maguelone)**

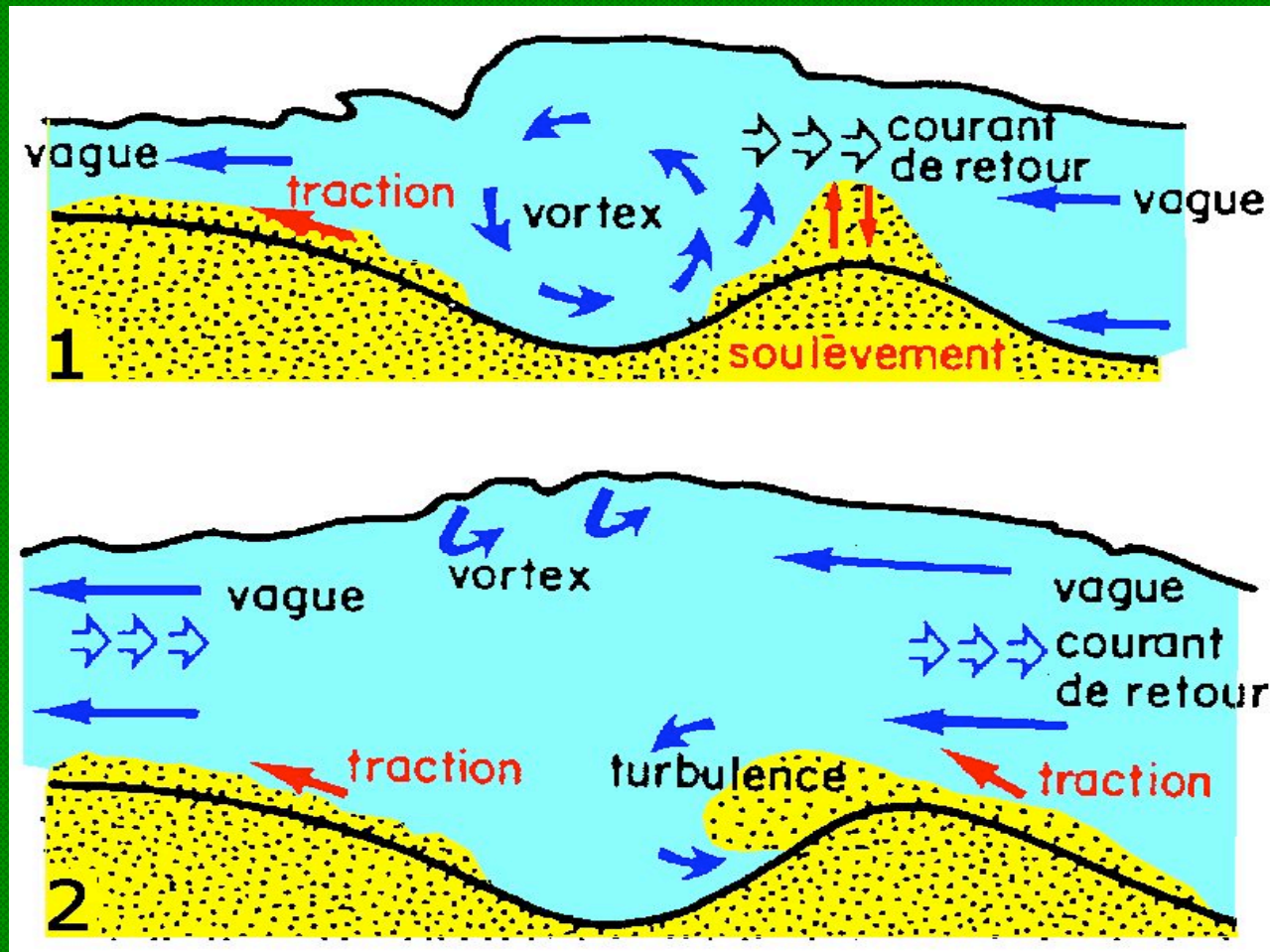


2.2.3. b.

Organisation physique d'une plage de côte plate :
actions combinées du vent et de la houle



Les plages sont des lieux d'accumulation de sables, plus rarement de galets, situés le long du rivage. Le déferlement des vagues génèrent des courant locaux qui produisent le déplacement des sables et leur accumulation en une barre de déferlement, quelquefois plusieurs, parallèle au rivage



- **Origine des matériaux**

- Les sables proviennent généralement du continent; ils sont apportés par les fleuves dans les estuaires et les deltas puis dispersés le long du littoral par les courants: c'est le cas des plages de Vendée (Loire) et de Camargue (Rhône). Néanmoins, ils peuvent provenir du remaniement par la mer de sables littoraux: au cours d'une tempête, les vagues et les courants peuvent exporter des pans entiers de plage et déposer le sable plus loin.

plage à galets et gradins de tempêtes



domaine intertidal: replat de marée



« ripple marks » sous-aquatique en domaine infra-tidal





*Tout au long des éternels estrans miroitants,
infinis marins peuplés d'étranges merveilles,
se tracent des mondes éphémères et mouvants
de rides abstraites que la marée réveille.*

*Rides de courant dans un chenal de marée,
Trégastel, Bretagne, FB (huile sur bois).*

Le Talus Continental

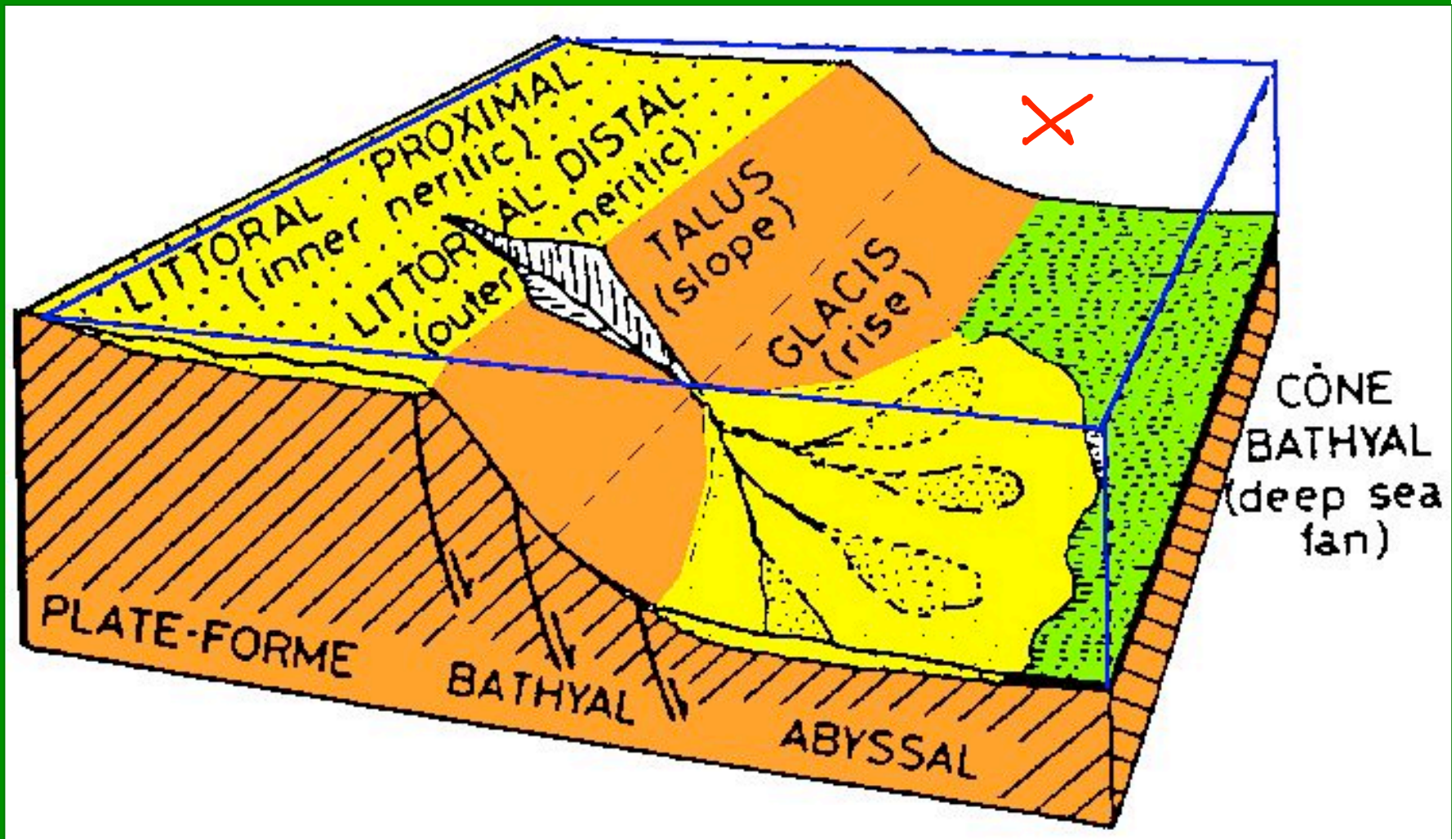
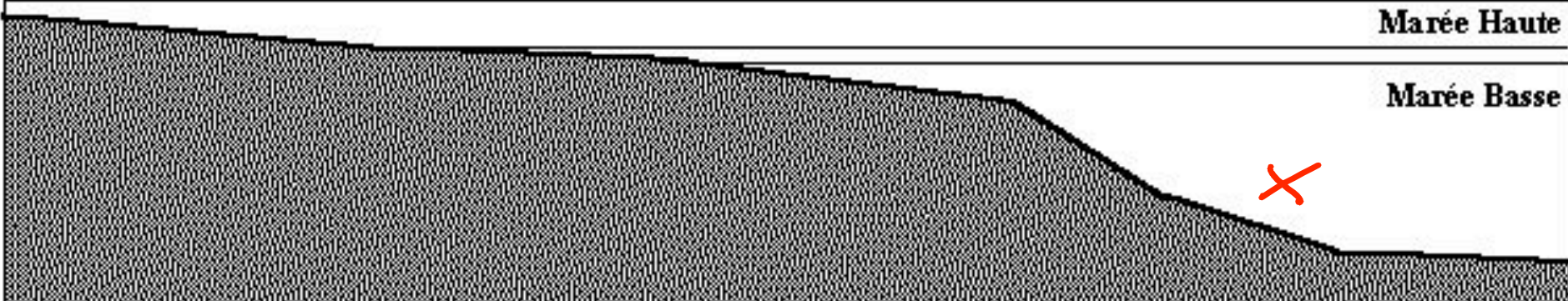


Plate-forme littorale et sédimentation



Marée Haute				
Marée Basse				
MILIEU	PLAGE DELTA	PLATE-FORME DETRITIQUE	PENTE GLACIS CANYONS CONE	BASSIN OCEANIQUE
ENERGIE sur le fond	Très forte	Forte à Moyenne	Forte à Moyenne	faible
FACTEURS HYDRODYNAMIQUES	vagues, marées courants (dont fleuve)	vagues courants littoraux	courants de turbidité courants de contour glissements	décantation
FAUNE FLORE	faune benthique débris végétaux terrestres	benthique + pélagique	remaniées	pélagique
FACIES SEDIMENTAIRES	chenaux plage	faciès variés tempestites	turbidites A, B, C, D contourites slumps	boues pélagiques

2.2.4. Le transport éolien et la sédimentation éolienne

- 2.2.4.1. Les particules de roche
- 2.2.4.2. La radioactivité

VENT : action érosive ou constructive.

ABRASION : Le processus d'érosion éolienne se fait par abrasion, ou polissage des surfaces exposées, par l'action du vent chargé de particules de sable et par

DEFLATION : enlèvement par le vent des particules de la grosseur d'un grain de sable et plus petites.

DUNES : Le sable transporté sur de courtes distances forme des dunes.

LOESS : le limon, plus fin, est transporté plus loin et forme des loess.



2.2.4.1. Transport éolien

EROSION EOLIENNE : DEFLATION

**A. Balayage des particules les plus fines jusqu'à la surface rocheuse désert pavé de rochers appelé REG
Ex: hamadas sahariennes**

**grandes dépressions planes
désertiques avec souvent des crêtes
de sel : (niveau hydrostatique atteint)
CHOTT saharien, PLAYAS du Mexique**

- La patine des roches s'appelle le vernis du désert Coloration noirâtre et aspect brillant des cailloux:

-Abrasion par les particules transportées, qui se frottent les unes aux autres, et crée des surfaces lisses et burinées. L'abrasion du vent produit les cailloux à facettes,

empilement de dunes éoliennes fossiles



dunes éoliennes du cordon littoral sableux



Transport des

particules radioactives et des cendres

volcaniques

Les cendres volcaniques : matériaux très légers emportés par les courants aériens qui peuvent faire plusieurs fois le tour de la Terre

La radioactivité :

Marqueur de radioactivité aérienne:

le taux de Césium 137 dans l'air

L'émission de la radioactivité se mesure en Becquerel (Bq) et détermine le nombre de désintégration spontanée par seconde d'une source radioactive.

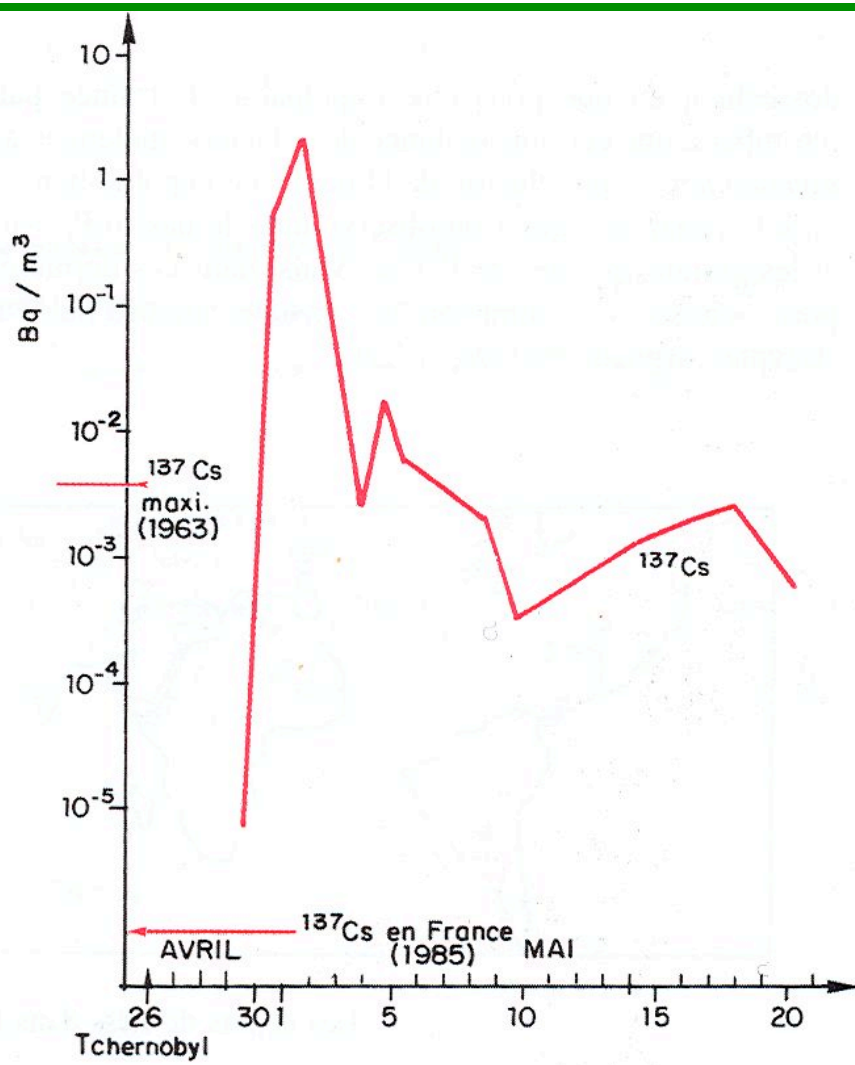


FIGURE 11.10 – Après l’explosion de la centrale de Tchernobyl en Ukraine (26 avril 1986). Le taux de césium 137 qui était à Paris inférieur à 10^{-5} Bq/m³ est passé le 2 mai à 6,3 Bq/m³ c’est-à-dire qu’il était plus de 500 000 fois plus élevé. Sans atteindre encore le seuil d’alerte, le nuage radioactif s’éloigna ensuite, mais il est probable que l’augmentation de teneur survenue entre le 10 et le 19 mai correspond à un second passage du nuage radioactif après avoir accompli le tour du monde (d’après THOMAS et MARTIN, 1986). La teneur de 1963 marque un seuil correspondant à la fin des explosions atomiques dans l’atmosphère.

3. Roches Sédimentaires

■ Des sédiments :

■ Particules:

- Dépôt et accumulation dans des "pièges" à sédiments:
 - Environnements de dépôt:
 - Dans les océans, en bordure des continents surtout
 - En milieu continental

■ Ions en solution:

- Précipitation dans les zones de variation brutale des paramètres physico-chimiques
 - T°, Ph, salinité ...

■ A la roche sédimentaire:

- Peut rester meuble
- Peut se consolider lors de la diagénèse:
 - Par précipitation d'un ciment
 - Par recristallisation légère de la partie fine (matrice)
 - Par combinaison des deux phénomènes (matrice + ciment)

**Sédiments
et
Roches sédimentaires
meubles**

Banc de sable



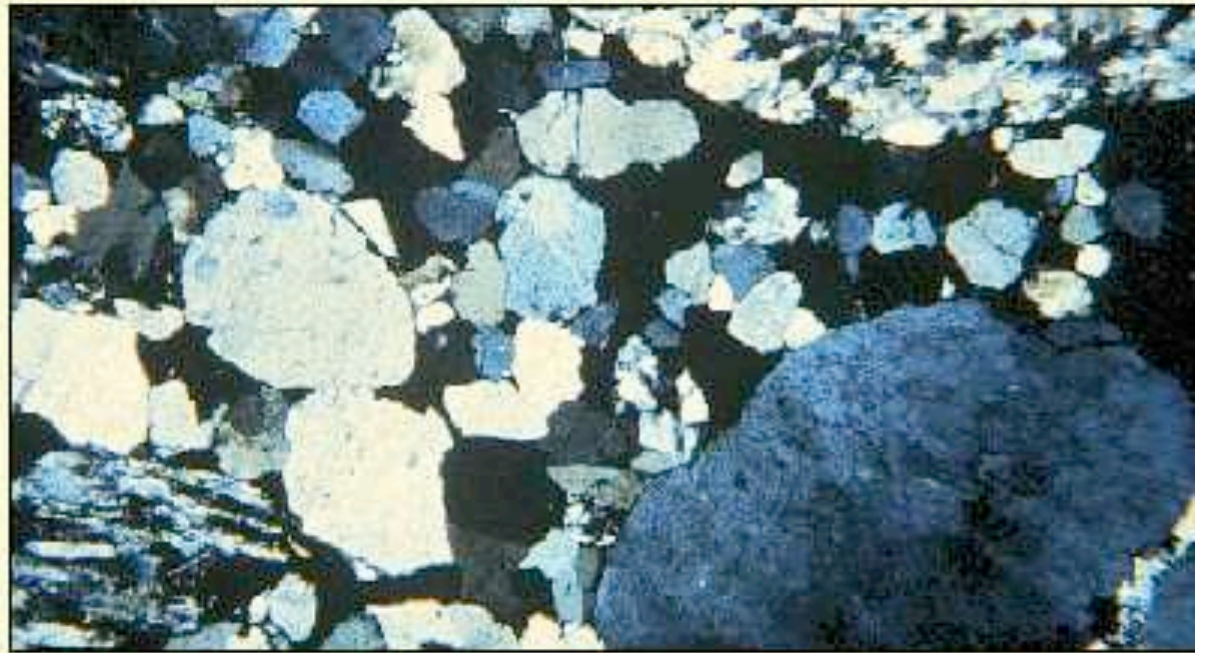
Sédiments glaciaires

Lit de galets

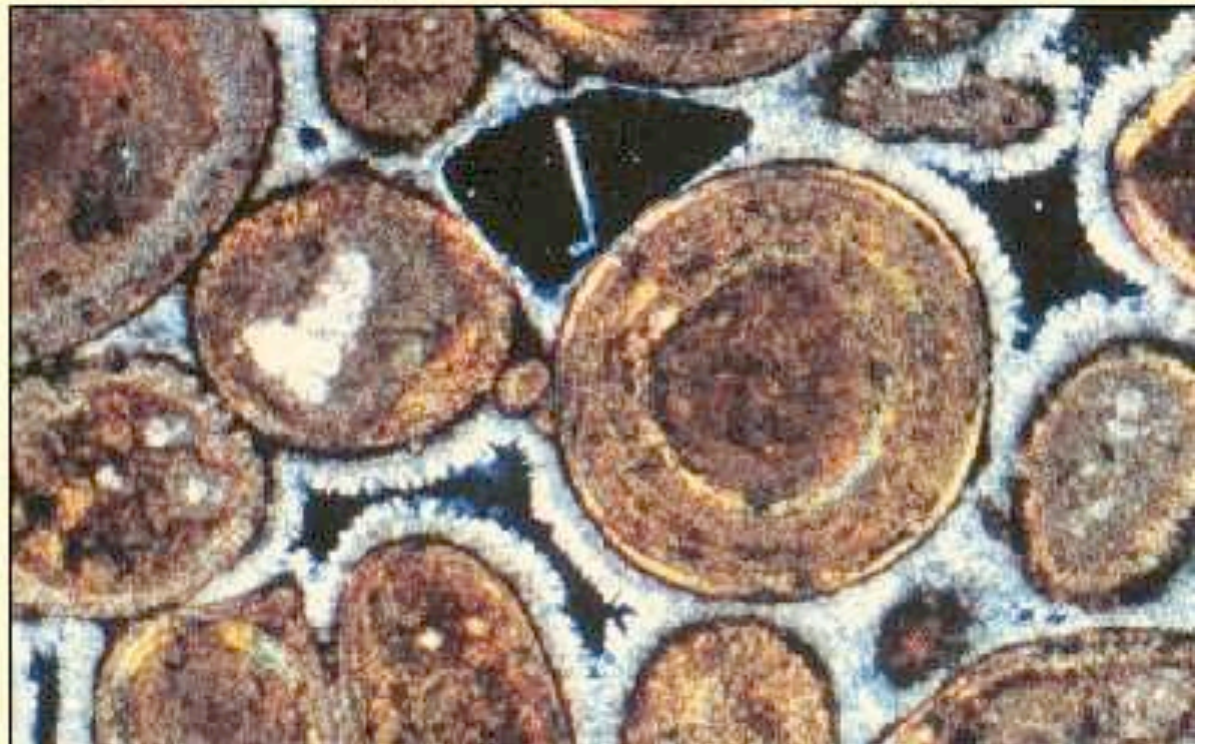


Consolidation lors de la Diagénèse

Par une matrice:

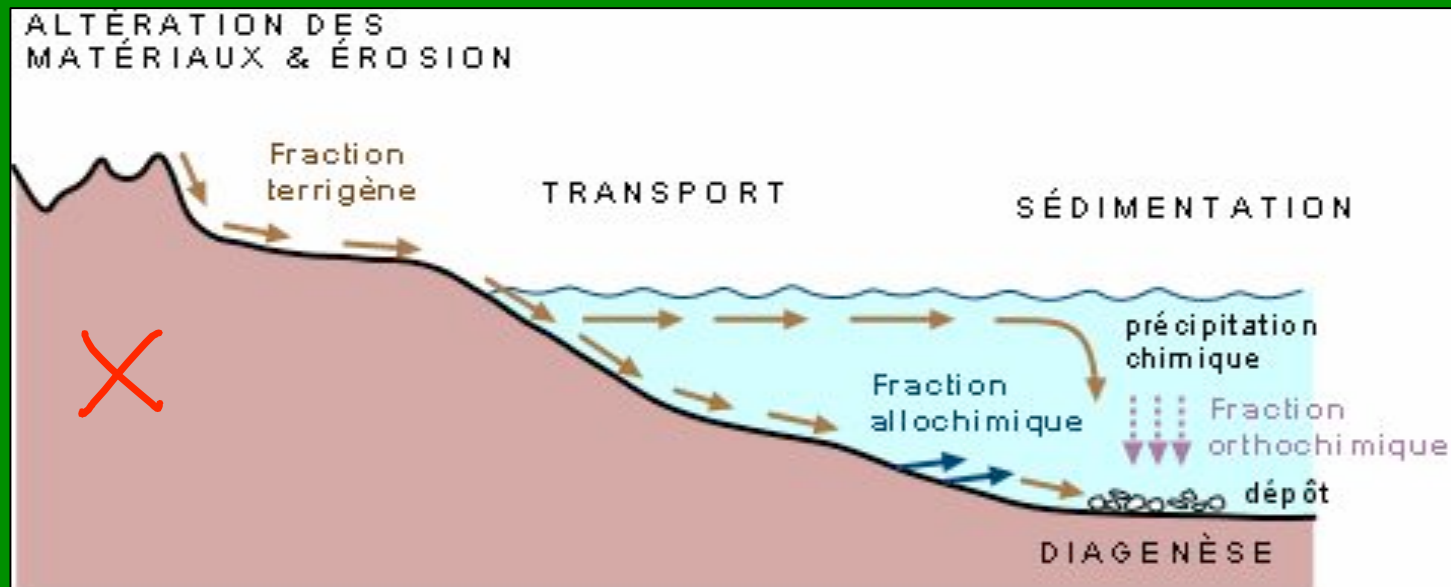


Par un ciment:

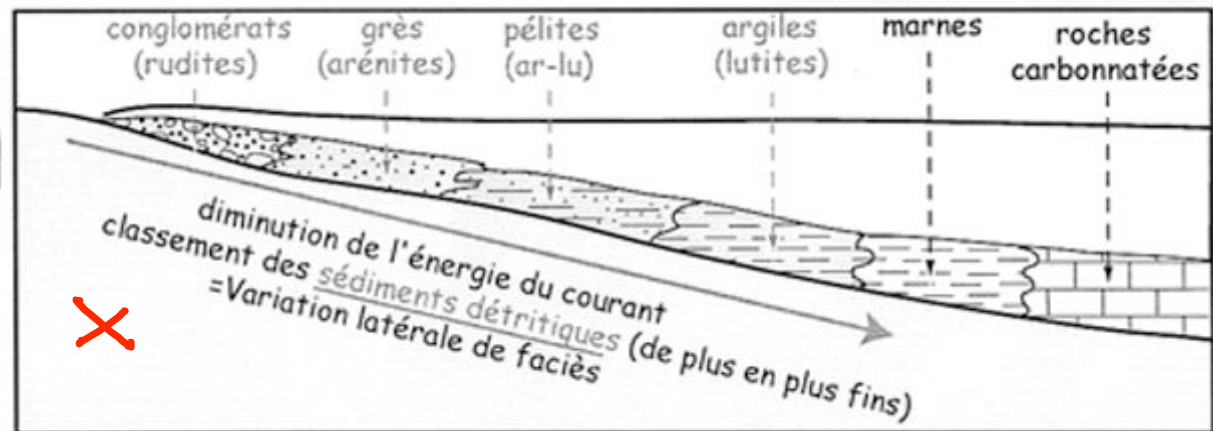
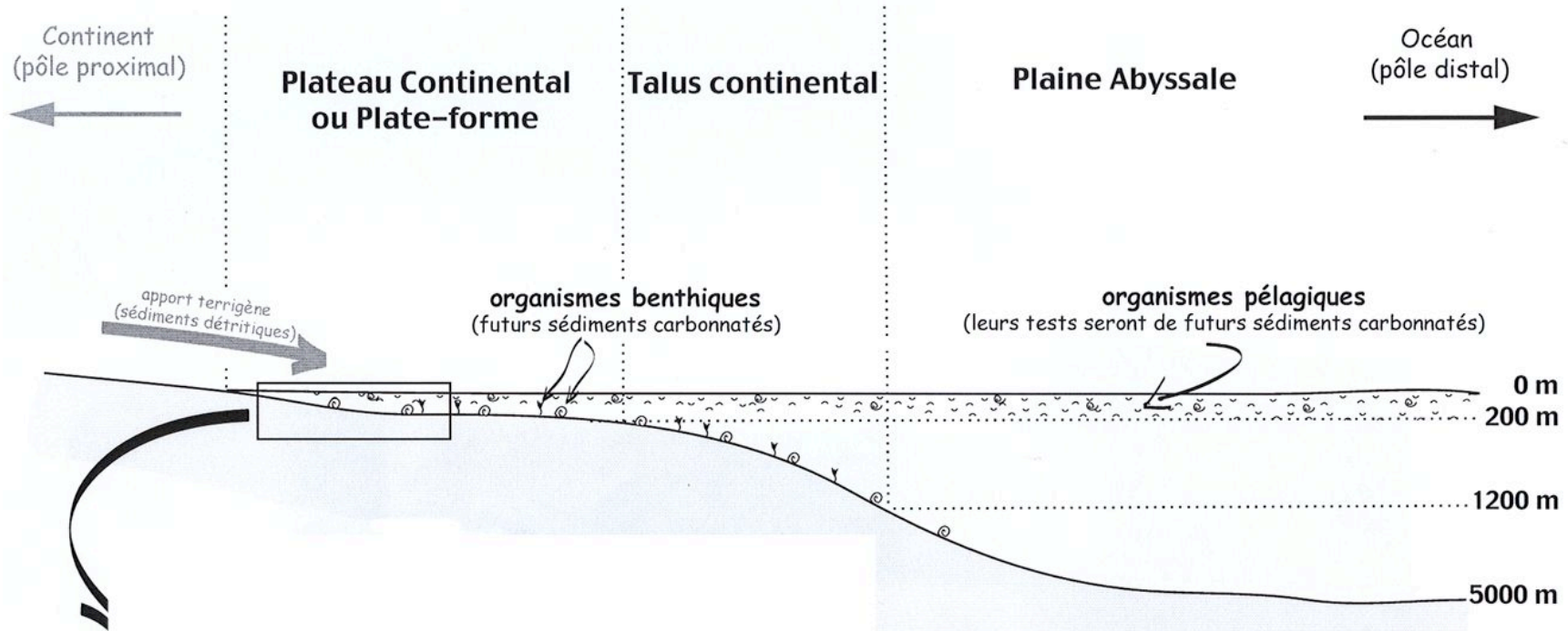


Les constituants des roches sédimentaires

- Très variés, mais peuvent être regroupés en trois grandes fractions:
 - La fraction terrigène ou détritique:
 - Composée de débris de roches ou de minéraux préexistants
 - La fraction orthochimique ou chimique:
 - Formée par précipitation directe d'ions
 - La fraction allochimique ou biologique:
 - Composée à la fois par l'accumulation de restes d'êtres vivants et la précipitation d'ions qui ont été utilisés par ces êtres vivants.
- Une roche sédimentaire sera composée d'une combinaison de ces trois fractions, chacune pouvant varier de 0 à 100%



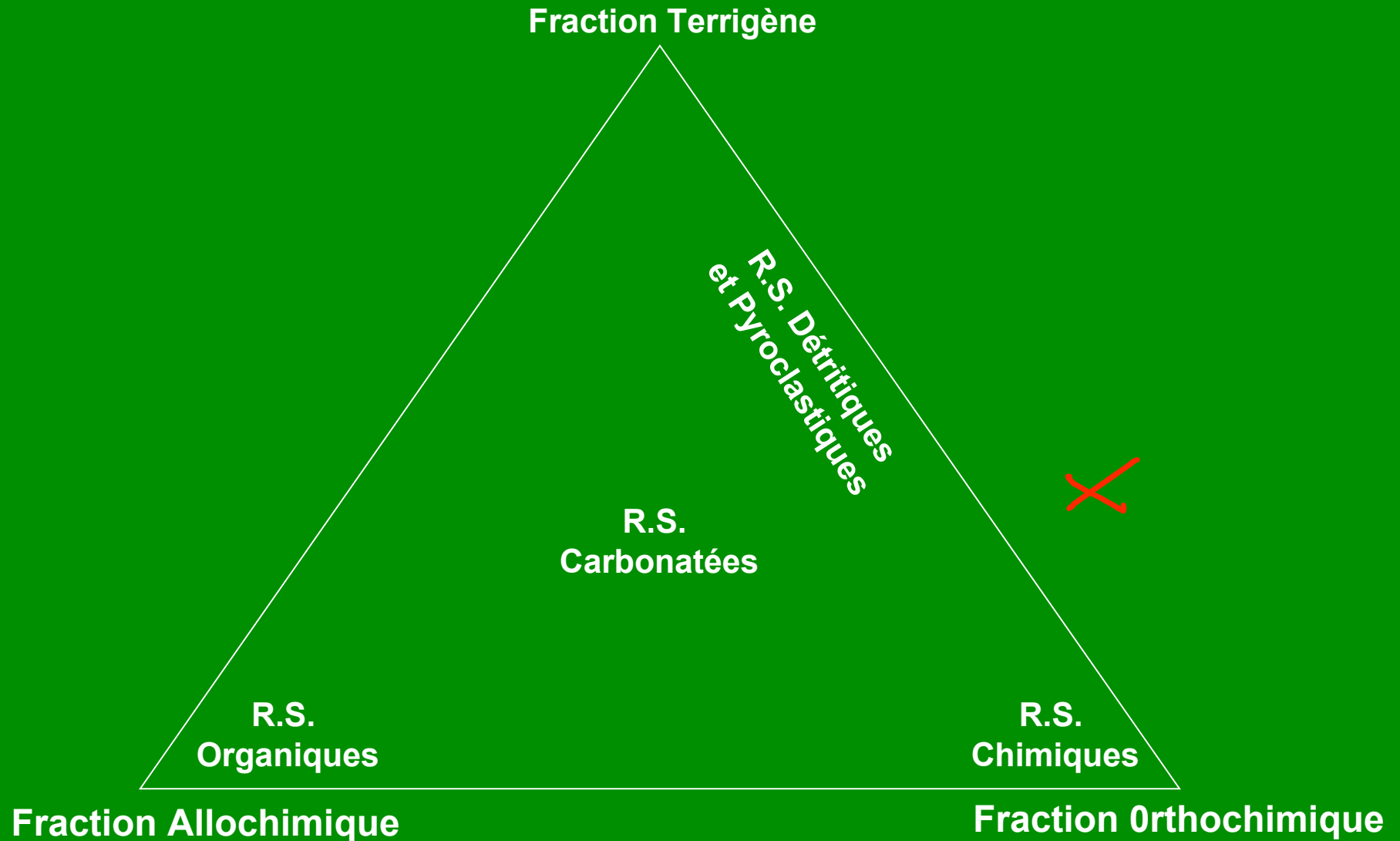
Représentation schématique de la sédimentation en domaine marin



Classification génétique

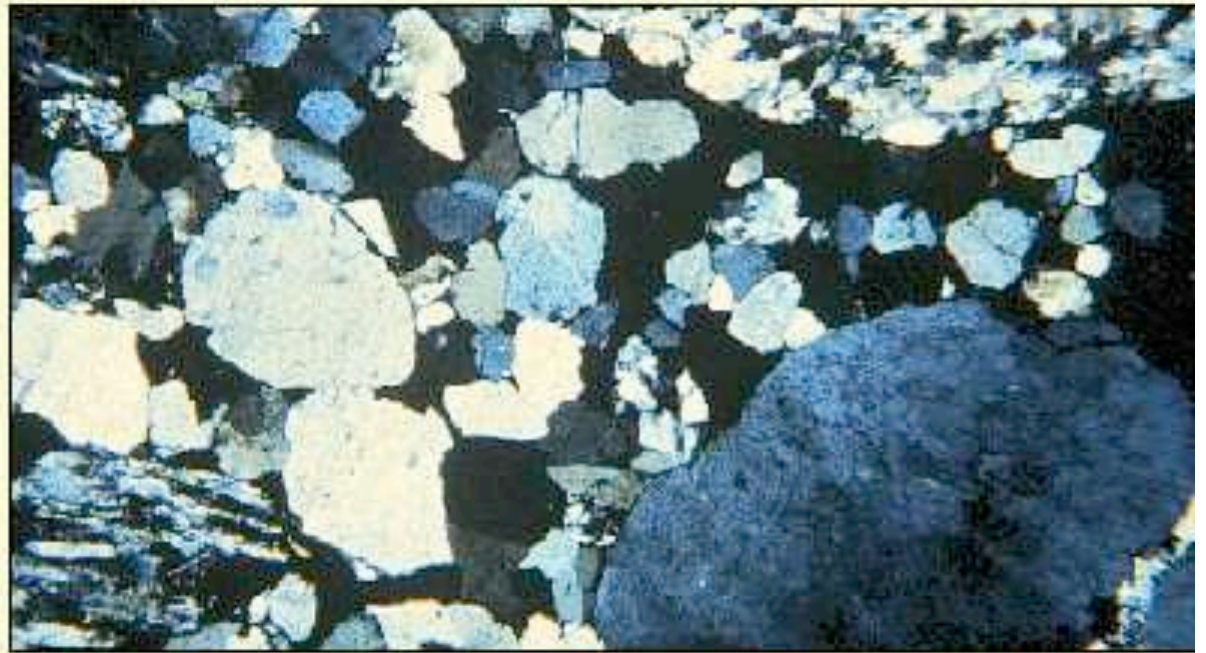
- **Roches sédimentaires détritiques:**
 - *argiles, sables, conglomérats, grès...*
- **Roches sédimentaires pyroclastiques:**
 - *cendres, tuffs, sables volcaniques...*
- **Roches sédimentaires organiques:**
 - *calcaires, charbons...*
- **Roches sédimentaires chimiques:**
 - *évaporites (gypse, halite, sylvinite...)*
- **Roches sédimentaires résiduelles:**
 - *latérites, certaines bauxites...*

Classification triangulaire

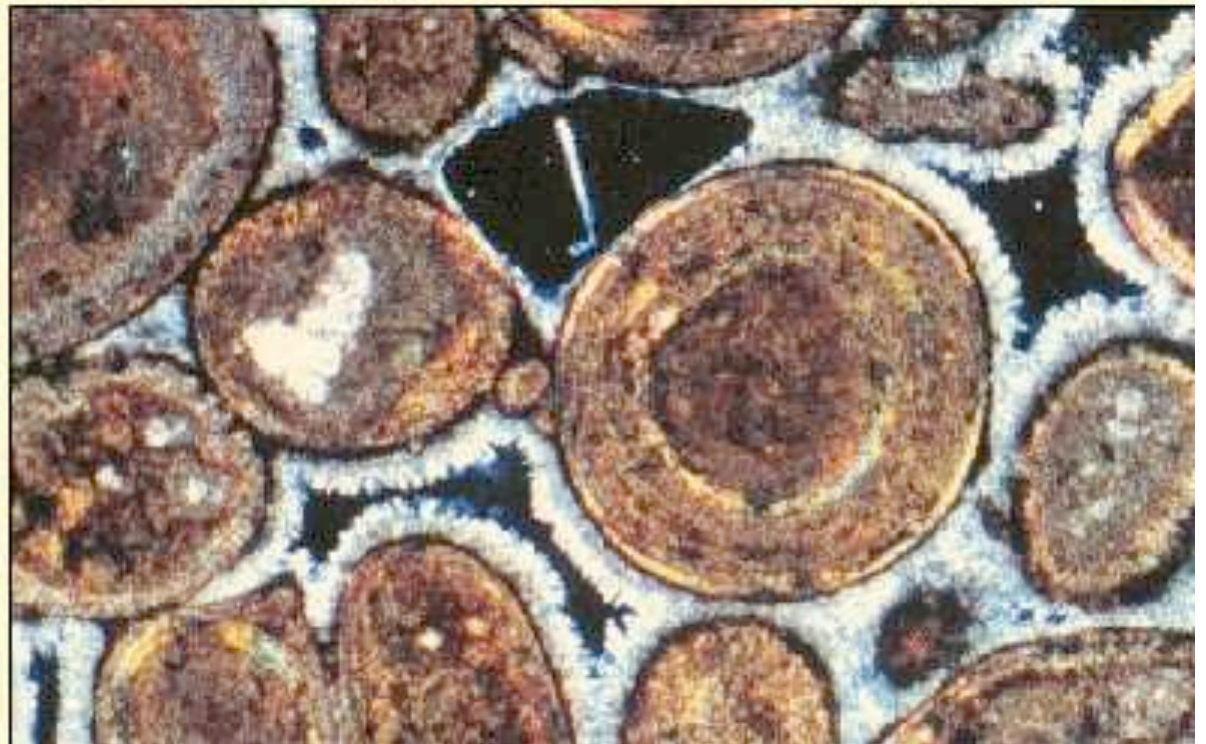


Consolidation lors de la Diagénèse

Par une matrice:



Par un ciment:



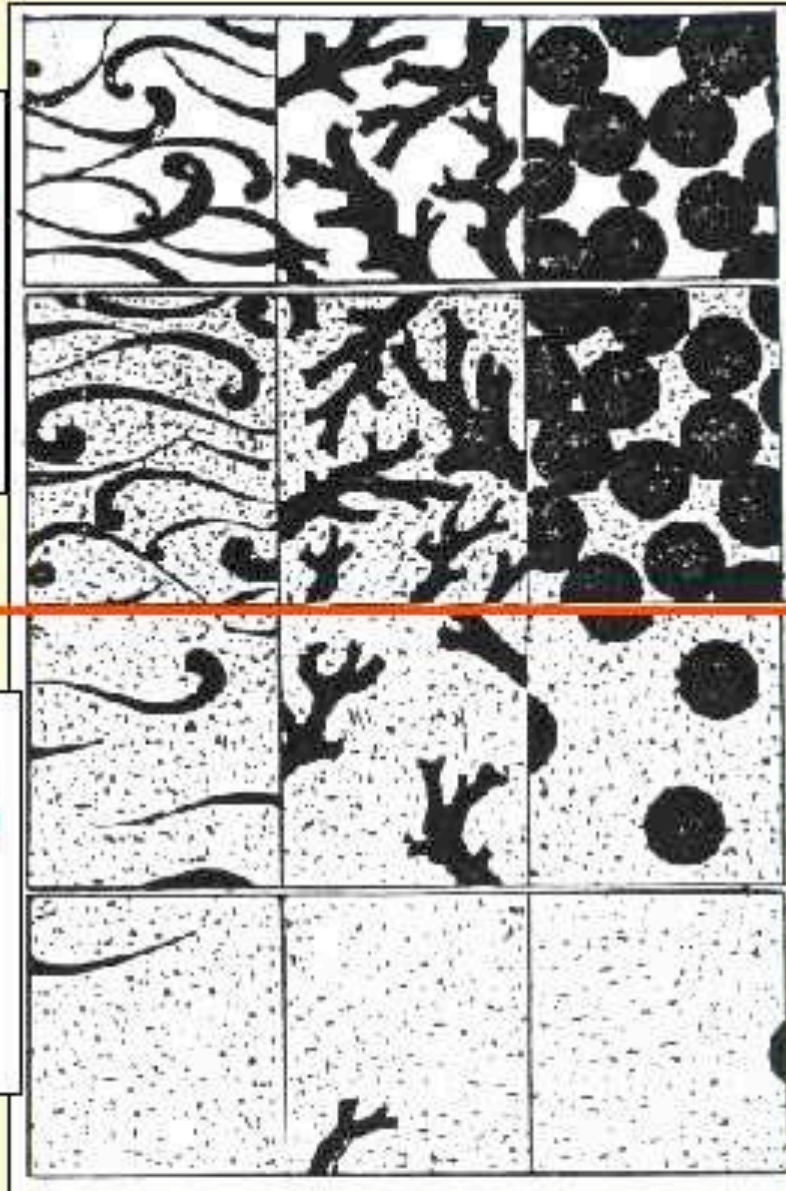
Des strates...



Classification des roches sédimentaires calcaires



Roches à
grains dominants
(jointifs)
Haute à moyenne
énergie



Grainstone
(ciment)

Packstone
(matrice)

Roches à
matrice dominante
(grains flottants)
Energie basse
à nulle.

Wackestone
(grains >10%)

Mudstone
(grains <10%)

Grainstone



Quelques roches calcaires...



Packstone



Wackestone



Mudstone

**Apprendre sur le polycop
de TP**

**le chapitre sur les roches
sédimentaires**

Classification des roches sédimentaires détritiques



Taille	50cm	20cm	2cm	2mm	50 μ	2 μ
Nom Particules	Blocs	Galets	Graviers	Grains	Poussières	Poussières ultra-fines
Nom Sédiments	Blocs	Galets	Graviers	Sable	Silt	Boue
Nom Roches	←-----Conglomérats----->(1)			Grès, Wackes	Pélites	Shales
GROUPES	←-----RUDITES----->			←-----ARENITES----->	35 μ	←-----LUTITES----->

(1): Microconglomérats entre 0,5 cm et 2mm.

Conglomérat

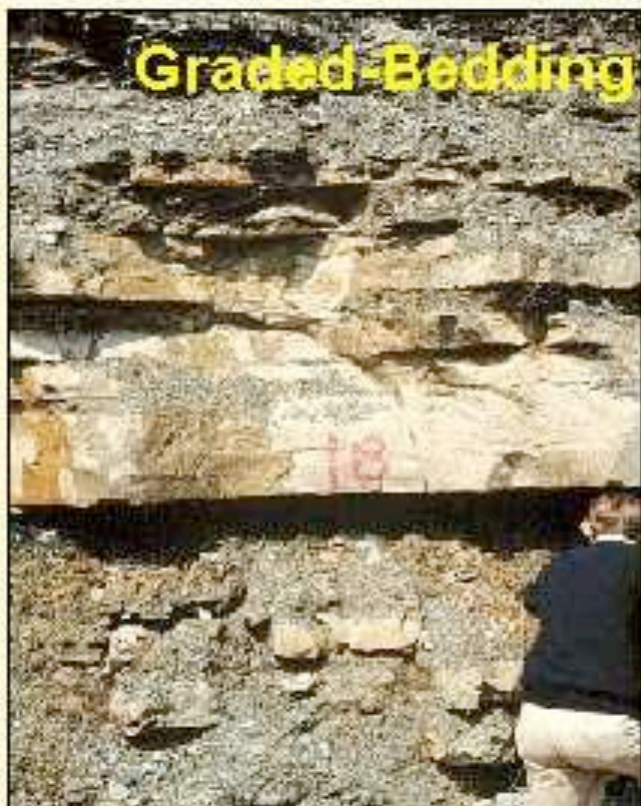


Quelques roches détritiques...

Grès



Graded-Bedding



Ripple Marks et Mud Cracks

