

Les roches sédimentaires - Modes de formation et reconstitution de leurs paléoenvironnements



Deux raisons à ce TP – cours

1^{ère} raison : nous avons abordé en TP ces dernières années plusieurs thèmes parmi lesquels l'étude des roches magmatiques volcaniques, des roches magmatiques de profondeur, celle de la structure du globe, des contextes de formation des granitoïdes dans le cadre de la Tectonique des Plaques, des grands principes de la Stratigraphie, de la chronologie absolue, de la chronologie relative, des sols... mais jamais nous n'avons abordé l'étude des roches sédimentaires !

C'est une lacune qu'il fallait combler !

2^{ème} raison (voir les 5 diapositives suivantes) : en avril et mai prochains, nous allons parcourir la côte entre l'Anse de Saint-Jean-d'Orbestier et Jard-sur-Mer pour étudier la transgression jurassique qui a débuté au Lias, il y a environ 180 Ma, sur le Massif Armoricaïn qui s'est formé vers 300 Ma puis a été complètement arasé au Permo-Trias.

Nous allons y voir de nombreuses variétés de roches sédimentaires d'âge Jurassique.

Ces roches sédimentaires, il va falloir les identifier sur le terrain.

Ce sera le but de notre première partie de TP : Quelles sont les caractéristiques de ces roches ? Comment les identifier ?



Programme des activités de l'AVG en 2019

Dates	Activités	Organisateurs Animateurs
D. 27 janvier	10h : Assemblée Générale à Beautour – 12h30 : Banquet au restaurant « La Chaumière » route de Luçon – La Roche/Yon -15h : Diaporama sur le voyage à l'île de la Réunion , à Beautour.	J. Chauvet M. Rouet D. Loizeau Groupe Réunion
S.16 mars	14 h : TP - Milieux de sédimentation et roches sédimentaires – Lycée St F. d'Assise Yon 40, rue Victor Hugo – La Roche-sur-Yon.	H. Vreken D. Loizeau
D. 7 avril	Sortie sur le thème de la transgression du Jurassique en Vendée littorale : 1^{ère} journée Site 1. Anse aux Moines de St-Jean-d'Orbestier – Site 2. Pointe Ouest de la baie de Cayola Site 3. Le Veillon – Site 4. Bourgenay – Site 5. Anse de la mine des Sards.	A. Pouclet H. Vreken
D. 19 mai	Sortie sur le thème de la transgression du Jurassique en Vendée littorale : 2^{ème} journée Site 1. Anse St-Nicolas, Jard/mer – Site 2. Ragounite – Site 3. Plage de Légère – Site 4. Madoreau	A. Pouclet
V. - S. - D. 14 - 15 - 16 Juin	Voyage de 3 jours dans le Cotentin Vendredi 14 juin : Site 1 - Carrière de Laize-la-Ville (ex-Géopark au sud de Caen) : <i>la discordance varisque.</i> Site 2 - Le géosite de la carrière de Fresville : <i>sédimentation et paléoenvironnements.</i> Samedi 15 juin : Site 3 - La Pointe de la Hague : Baie d'Ecalgrain et Anse du Cul Rond (NO Cotentin) : <i>les roches les plus anciennes de France - traces de trois orogènes, icartienne, cadomienne et varisque – magmatisme et métamorphisme - formations quaternaires et glaciations.</i> Dimanche 16 juin : Site 4 - Plages perchées de l'Anse du Brick (?) : <i>formations quaternaires.</i> Site 5 - Flamanville : <i>le granite de Flamanville et son auréole de métamorphisme de contact.</i>	G. Godard
V. 6 septembre	Sortie à Cherves-de-Cognac : la carrière de gypse et la visite de l'usine de placoplâtre. - Exploration dans la carrière de Cherves : <i>observation de bancs de gypse, de marnes, de calcaires et d'argiles noires – recherche de fossiles.</i> - Visite de l'usine de placoplâtre.	A. Duret C. Mahu
D.29 septembre	Sortie sur l'île de Noirmoutier Site 1 - Plage des Lutins : <i>leucogranite tectonisé avec panneaux d'orthogneiss enclavés et toit de gneiss migmatitique.</i> Site 2 - Plage de la Linière, partie est : <i>orthogneiss migmatitique et métagranodiorite, leucogranite et pegmatites.</i> Site 3 - Anse de la Madeleine : <i>dôme granitique et large panneau de métatexite.</i> Site 4 - Le Vieil : <i>fabrique du pluton et déformation.</i> Site 5 - Crique de l'Anse Rouge : <i>grès à empreintes de palmier - observation des argiles noires de base.</i> Après-midi consacré au Quaternaire : formation de l'île, les marais salants, les polders et le Gois.	A. Pouclet H. Vreken

Jurass-transgression

La transgression du Jurassique

11 à 14, première journée
21 à 24, deuxième journée

St-Jean

Bourgenay

Jard

11

12

14

13

21

22

23

24

W 1°43'48"

W 1°42'36"

W 1°41'24"

W 1°40'12"

W 1°39'

W 1°37'48"

W 1°36'36"

W 1°35'24"

N46°27'18"

N46°26'42"

N46°26'6"

N46°25'30"

N46°24'54"

N46°24'18"

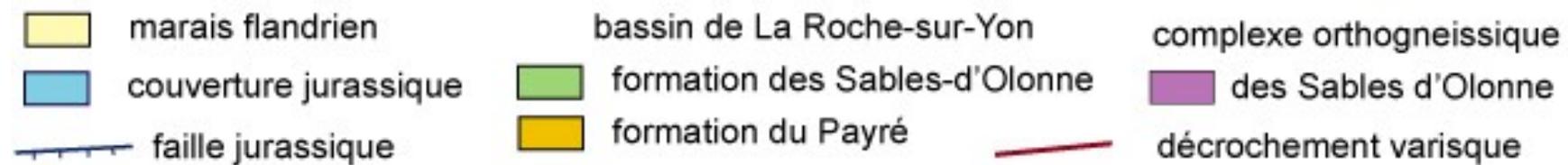
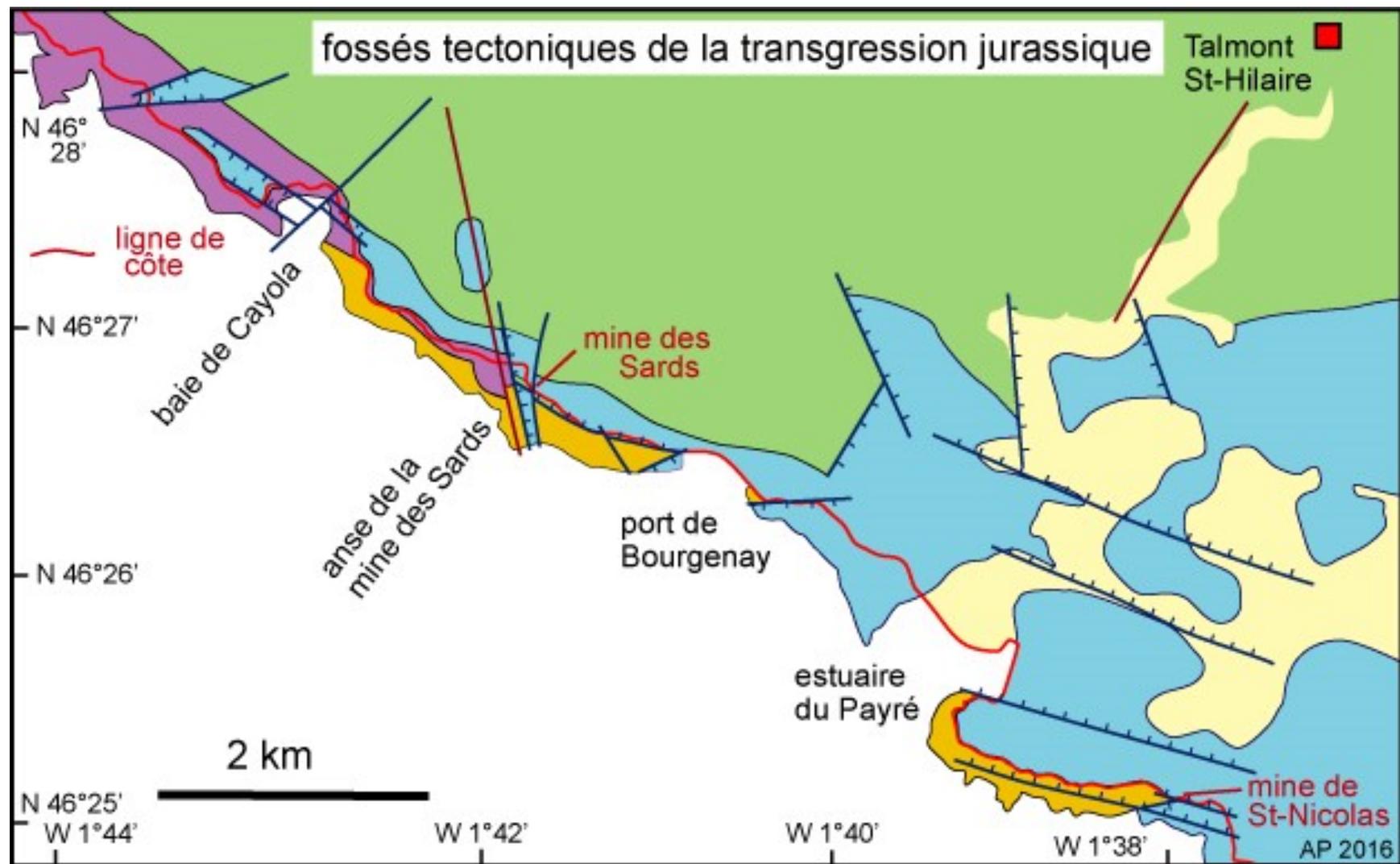
2 km

2 km

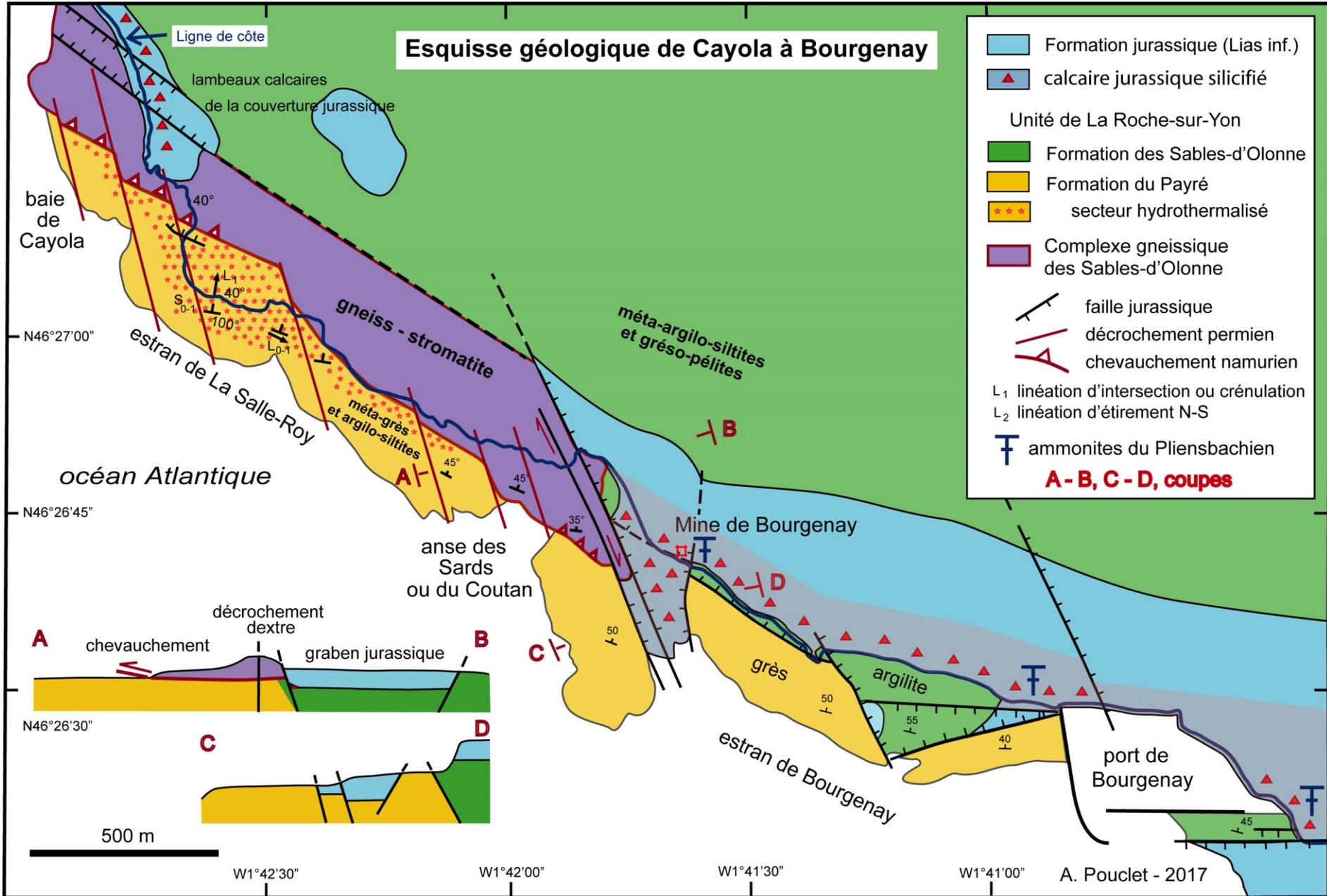
Google Earth

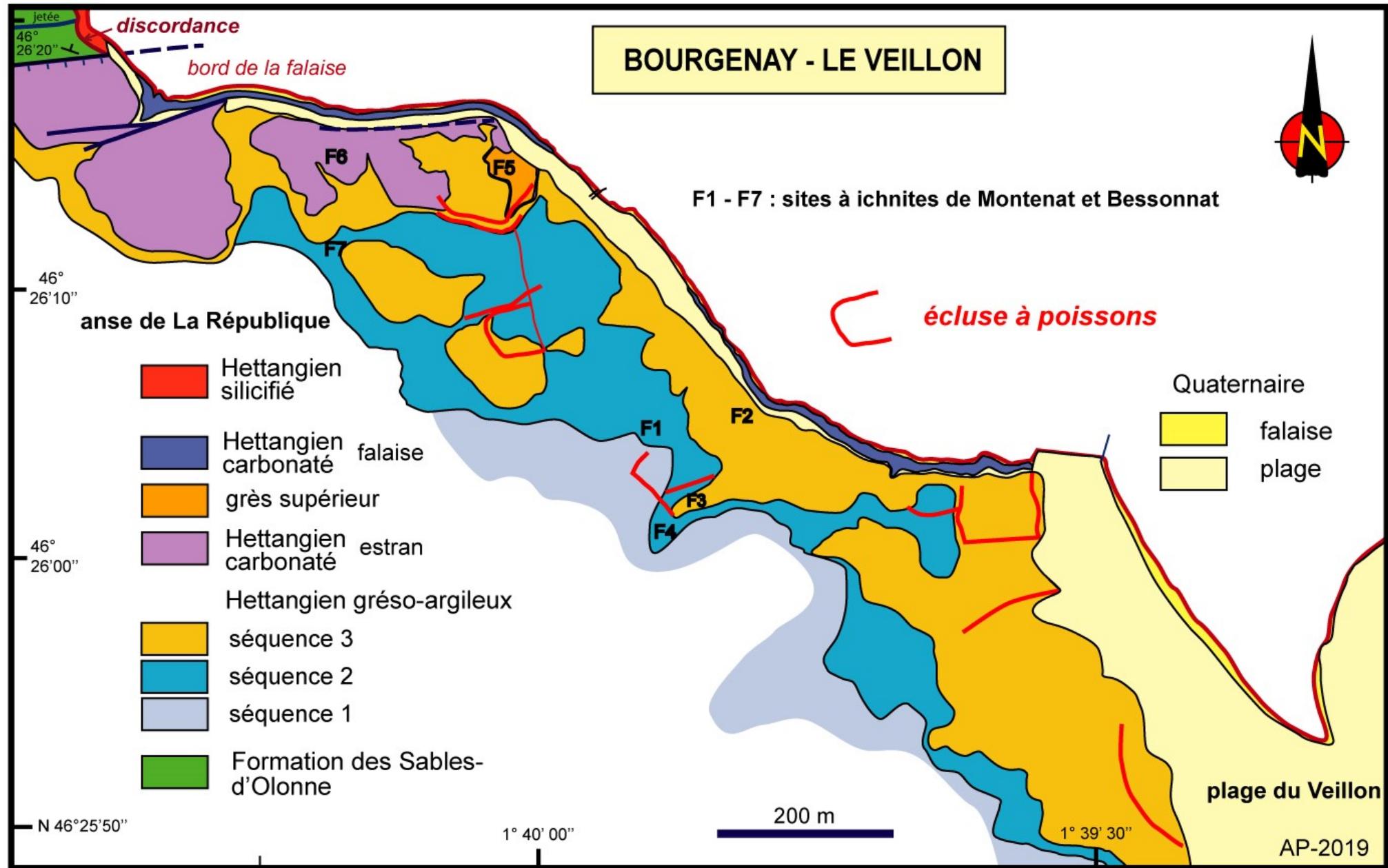
Image © 2018 DigitalGlobe
Image NASA



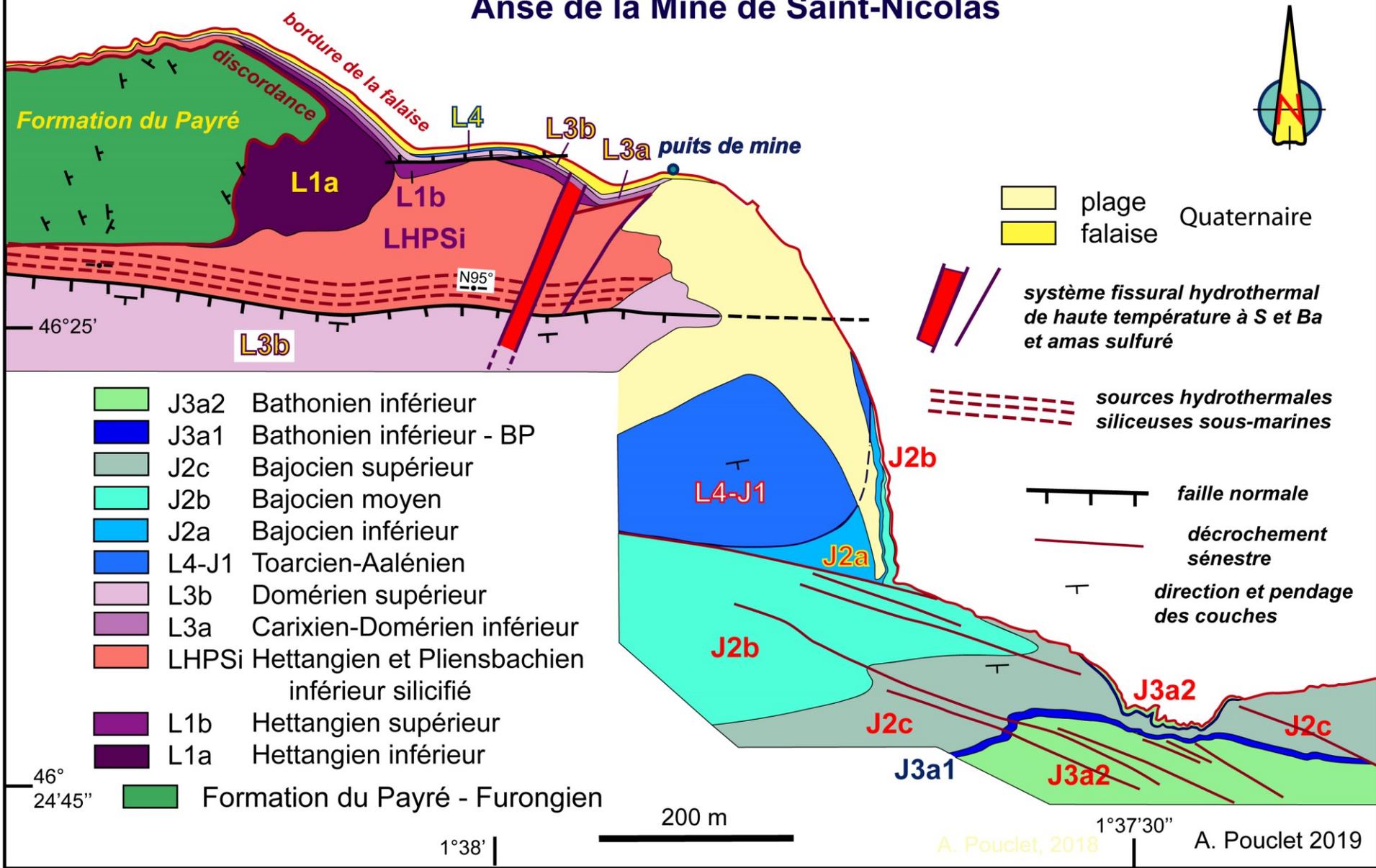


Esquisse géologique de Cayola à Bourgenay





Anse de la Mine de Saint-Nicolas



⇒ Nécessité de bien les identifier

Mais étudier des roches sédimentaires pour elles-mêmes : leurs propriétés physiques (dureté, porosité...), leurs compositions chimiques, si c'est nécessaire et intéressant, on ne peut pas dire aussi que c'est très réjouissant ! Ça nous fait un peu penser à nos TP de Pétro de Fac où l'assistant sortait les échantillons classés dans des tiroirs pour étudier, une semaine les roches granitiques, la semaine suivante les roches volcaniques et ainsi de suite !!

Heureusement, Lavoisier est passé par là !



Antoine Laurent de Lavoisier (1743 – 1794)

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

Lavoisier est aujourd'hui un chimiste renommé surtout pour ses travaux sur les oxydations ... mais il a également touché à la géologie !

Dans son mémoire intitulé « *Sur les couches horizontales, qui ont été déposées par la mer, et sur les conséquences qu'on peut tirer de leurs dispositions, relativement à l'ancienneté du globe terrestre* », Lavoisier aborde les fondements de la géologie stratigraphique et de la paléogéographie, en distinguant clairement les dépôts transgressifs des dépôts régressifs, en introduisant les notions de cycle sédimentaire et de corrélation, en évoquant le long passé de la Terre et en estimant que ces cycles sédimentaires pouvaient avoir une origine orbitaire, idée féconde et moderne débattue aujourd'hui.

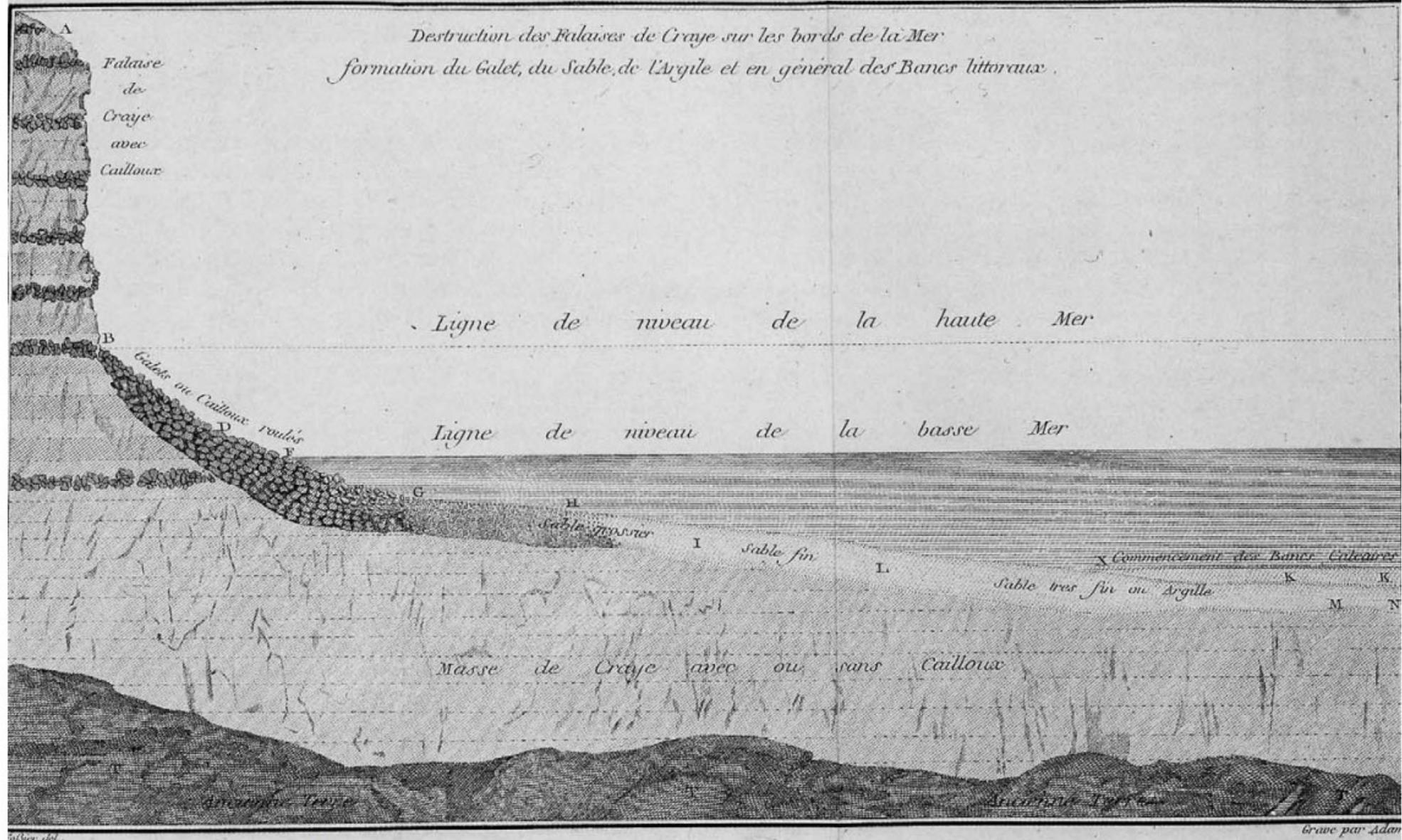
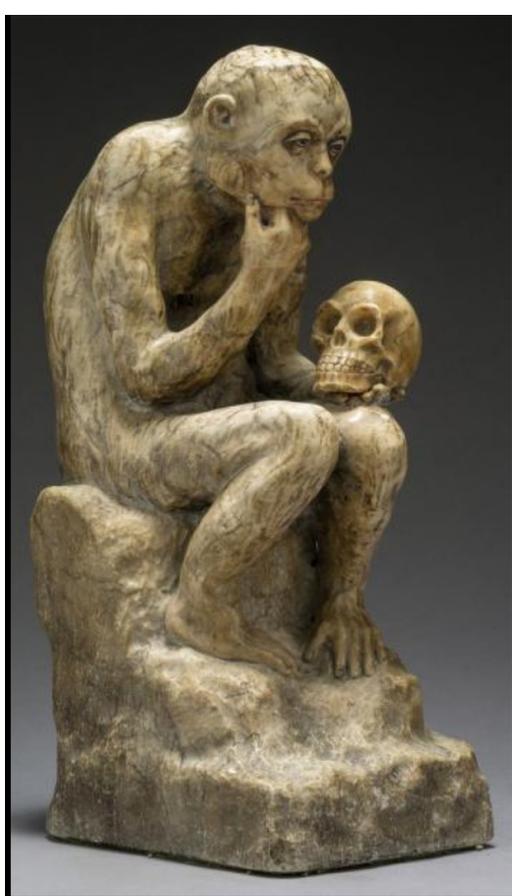


Fig. 6. Schéma de Lavoisier [28] intitulé *Destruction des falaises de craie sur les bords de la mer*, permettant d'expliquer la formation des bancs « littoraux » et « pélagiens ».



« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

On peut traduire cette phrase sous la forme d'une équation chimique !
Une roche sédimentaire est issue d'une autre roche ou de plusieurs autres roches.

Roche x (+ y...) \longrightarrow Roche sédimentaire (RS)

Et on peut alors se poser plein de questions !

- Quelle est la roche d'origine, la roche-mère ? Comment s'est-elle formée ?
- Quelles sont les transformations qu'elle a subies pour donner la RS ? Dans quels contextes climatique ou/et tectonique les a-t-elles subies ?
- De même, où s'est formée la RS ? Loin ou près de la roche-mère ? Par quels processus ?
- Et que va-t-elle devenir à son tour ?

Et là, ça devient intéressant !!!

On pourra raconter toute une histoire comme ... Père Castor !



⇒ Raconter une histoire

Ce sera la deuxième partie de notre séance.

I- Identification de quelques roches sédimentaires

Dureté des minéraux constitutifs d'une roche : échelle de Mohs

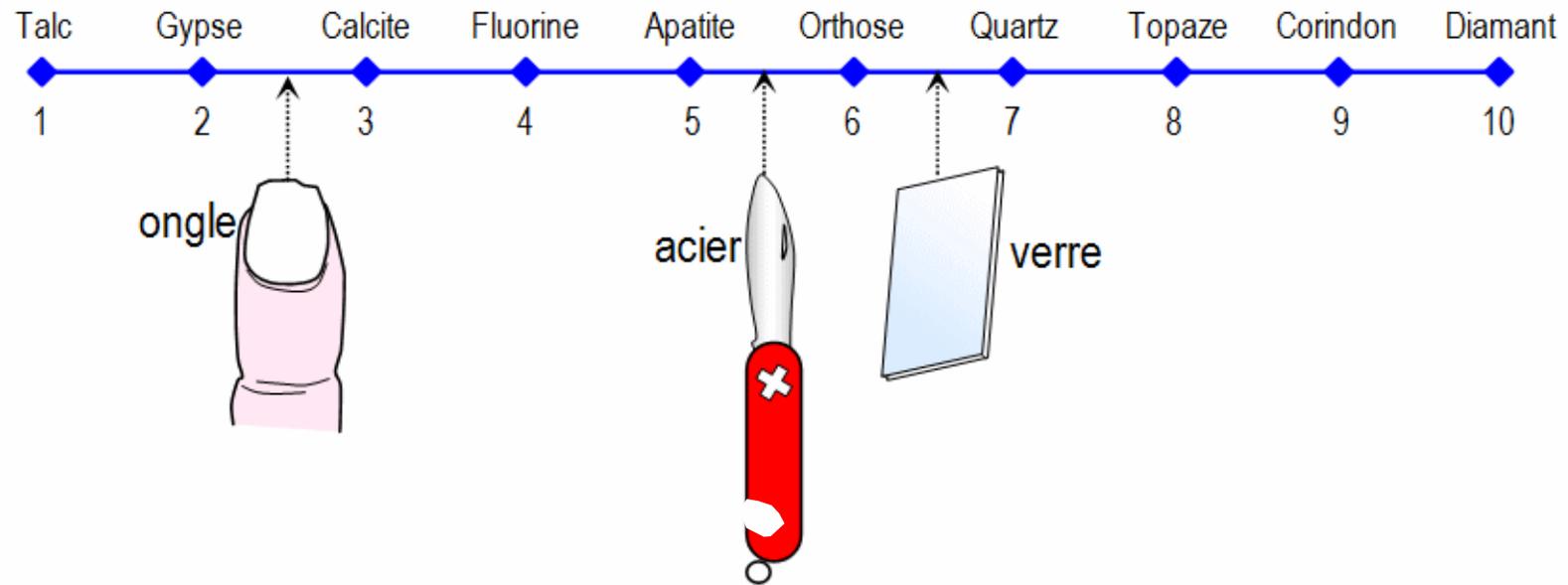


Tableau d'identification des roches sédimentaires

La roche présente un aspect hétérogène avec des éléments grossiers dans un ciment à grains fins		La roche sur un échantillon de 10 cm présente un aspect homogène														
Éléments anguleux	Éléments arrondis (galets)	Pas d'effervescence à l'acide										Effervescence à l'acide				
		Roche très dure (roche siliceuse) qui raye le verre				Roche tendre ± rayable à l'ongle, peu dense			Roche de dureté moyenne rayable par l'acier et à aspect schisteux			Roche tendre rayable à l'ongle		Roche de dureté moyenne		
		formée de grains de taille millimétrique uniquement	lisse, ne contenant pas de grains, en forme de gros « rognons » d'aspect brunâtre (parfois associée à la craie)	ne présentant pas les aspects précédents	bien cristallisée, plus ou moins soluble dans l'eau	roche poreuse, friable en général, non cristallisée, happant à la langue et faisant pâte avec l'eau	roche beige, grisée ou verdâtre	roche gris sombre à noire	roche poreuse, friable en général, happant à la langue et faisant pâte avec l'eau	roche blanche, friable, poreuse, ne présentant pas les caractères précédents	non cristalline	cristalline				
		libres	unis par un « ciment » Roche granuleuse au toucher			cristaux beiges, clivés ; rayable à l'ongle ; pas de saveur salée	cristaux blancs ou incolores cubiques ; goût salé ; non rayable à l'ongle	roche douce au toucher			laisse une trace noire sur la main					
Brèche	Poudingue	Sable	Grès (Grès quartzeux ou grès arkosique)	Silex	Phtanite, Radiolarite, Diatomite, Meulière caverneuse	Gypse	Sel gemme ou halite	Argile, Pélite	Schiste	Ardoise	Schiste houiller, Ampélite	Marne	Craie, Tuffeau	Calcaire, Dolomie <i>(effervescence à l'acide mais à chaud)</i>	Marbre	

Conglomérats

Roches siliceuses

Évaporites

Roches argileuses

Roches carbonées

Roches carbonatées

Et il y en a bien d'autres !

En plus des grandes familles précédentes, on a oublié les roches phosphatées, ferrifères, alumineuses ... si l'on s'en tient à une classification chimique des roches sédimentaires.

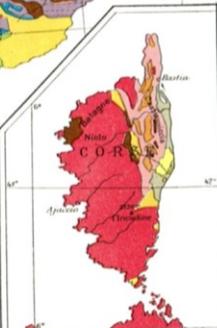
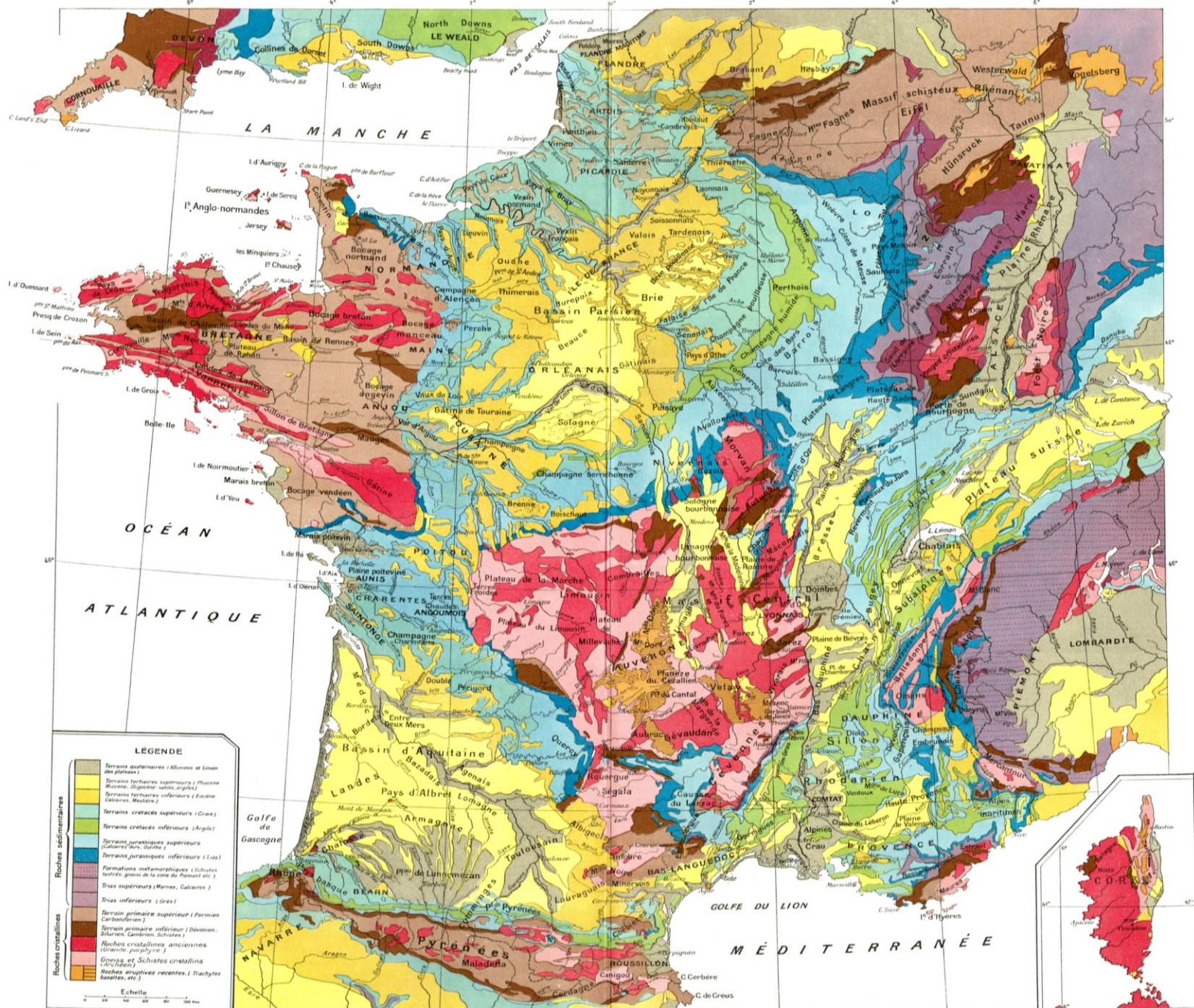
Il existe aussi d'autres façons de classer les roches sédimentaires, par exemple en fonction de leur mode de formation.

La classification des roches sédimentaires

Classification fondée sur les processus de formation

Sédiments détritiques	Sédiments biogènes	Sédiments chimiques	Sédiments volcano-clastiques
conglomérats, grès, pélites	calcaires, dolomies, charbons, schistes...	évaporites, minerais de fer, phosphorites marines	ignimbrites, tuffs...

II- Lecture des cartes géologiques
de Nantes au 1/320 000^{ème}
et de la France au 1/1 000 000^{ème}



Sur la carte géologique de Nantes au 1/320 000^{ème}, on lit dans la légende de la marge de gauche que les auréoles externes du Bassin Parisien sont constituées de roches sédimentaires dont certaines viennent d'être étudiées : calcaires, marnes, argiles, sables, grès ... on ajoute aussi la présence dans ces roches de fossiles que l'on connaît bien et qui indiquent que ces roches se sont formées dans la mer.

⇒ On a là la justification de l'expression de « bassin sédimentaire » donnée au Bassin Parisien : c'est un bassin (= bassine) qui a été autrefois rempli par la mer et dans lequel se sont déposés des sédiments comme les sables ou de natures autres et qui se sont ensuite transformés en roches.

Ces sédiments ne peuvent provenir que de reliefs voisins et de plus, obligatoirement, plus vieux. Ce ne peuvent être que les massifs hercyniens ou varisques limitrophes de ce bassin : Massif Armoricaïn, Massif Central, Massif Vosgien et un dernier que l'on oublie toujours, le Massif Schisteux Rhénaïn.

Les calcaires à Ammonites du Jurassique se sont ainsi formés il y a 180 Ma environ à la fois sur le versant N-E du Massif Armoricaïn dans une mer « parisienne » et sur son versant S-O dans une mer « aquitaine » puisque l'on retrouve ces mêmes calcaires à Ammonites sur notre côte vendéenne.

Or, quelles sont les principales roches qui affleurent dans ces massifs ? Sur la carte, c'est le rouge et le rosé qui dominant.

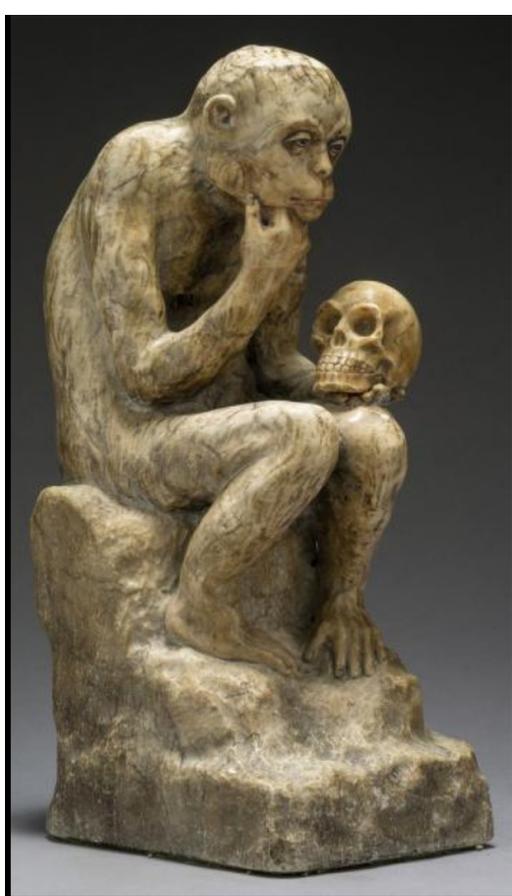
Ce sont des granites, des gneiss, des micaschistes...

Mais ce peuvent être aussi des schistes comme il en existe par exemple beaucoup dans le Massif Schisteux Rhénaïn d'où son nom !

Ou encore des calcaires : on connaît les calcaires de Chalonnes-sur-Loire dans le Synclinorium de Saint-Georges ou le calcaire de La Villedé-d'Ardin près de Fontenay-le-Comte, tous deux datés du Givétien. Et comme par hasard, « Givétien » vient de Givet, localité située dans le Massif Schisteux Rhénaïn ! Non seulement ce dernier est schisteux mais aussi très calcaire.

Ce sont donc les roches des massifs varisques : granites, calcaires, schistes ... qui ont alimenté le Bassin Parisien, le Bassin Aquitain et le Bassin Provençal (ou du Sud-Est) en sédiments et qui sont par conséquent les roches-mères des roches sédimentaires qui les constituent.

III- Notion de cycle des roches sédimentaires



RAPPEL

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

On peut traduire cette phrase sous la forme d'une équation chimique !
Une roche sédimentaire est issue d'une autre roche ou de plusieurs roches.

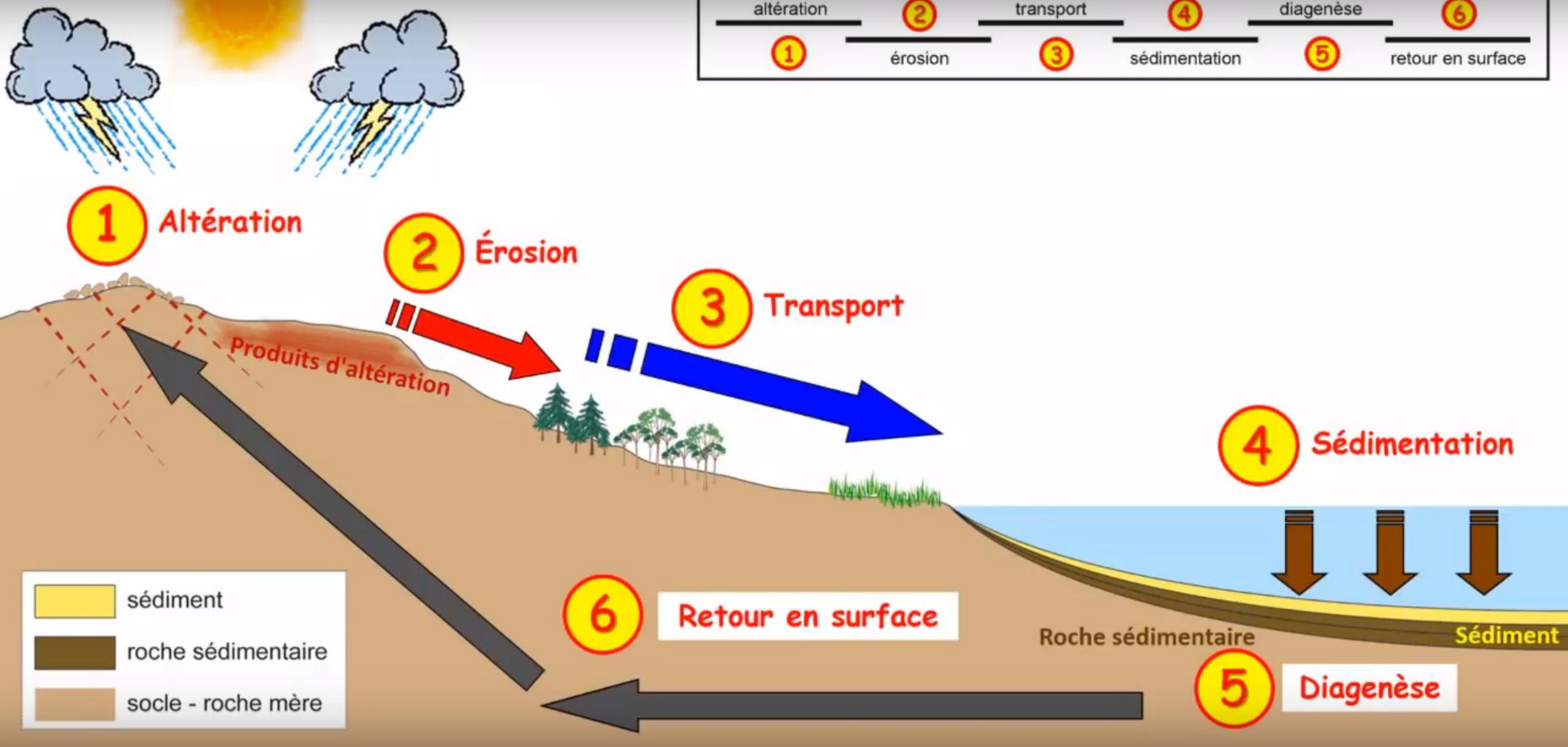
Roche x (+ y...) \longrightarrow Roche sédimentaire (RS)

Et on peut alors se poser plein de questions !

- Quelle est la roche d'origine, la roche-mère ? Comment s'est-elle formée ?
- Quelles sont les transformations qu'elle a subies pour donner la RS ? Dans quels contextes climatique ou/et tectonique les a-t-elles subies ?
- De même, où s'est formée la RS ? Loin ou près de la roche-mère ? Par quels processus ?
- Et que va-t-elle devenir à son tour ?

Et là, on peut y répondre en partie.

Le cycle des roches sédimentaires (par Yann Hautevelle)



	sédiment
	roche sédimentaire
	socle - roche mère

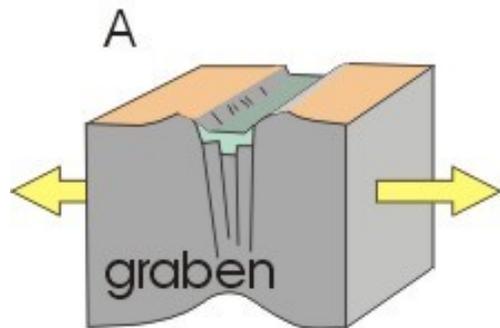
Roche sédimentaire

Sédiment

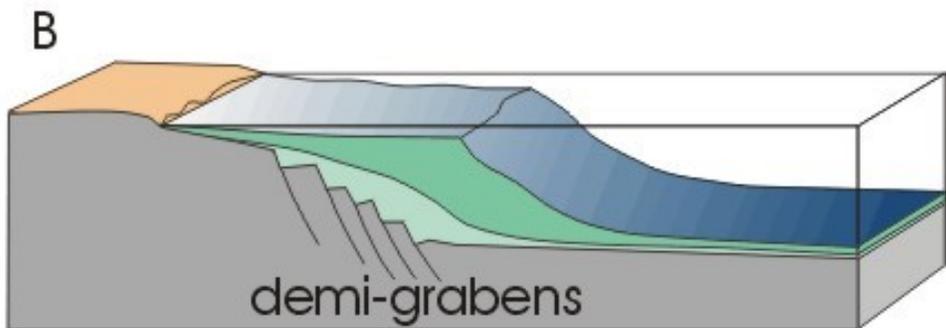
Propriétés des roches sédimentaires qui découlent de leur mode de formation

- 1- Les roches sédimentaires se forment à la surface de la planète \Rightarrow ce sont des **roches exogènes (ou de surface)**.
- 2- Les roches sédimentaires se forment le plus souvent dans l'eau d'un bassin (mare, lac, lagune, mer) \Rightarrow **elles sont généralement horizontales et stratifiées**.
- 3- Enfin, à la surface de la Terre, règne la vie. Les roches sédimentaires **sont fossilifères**.

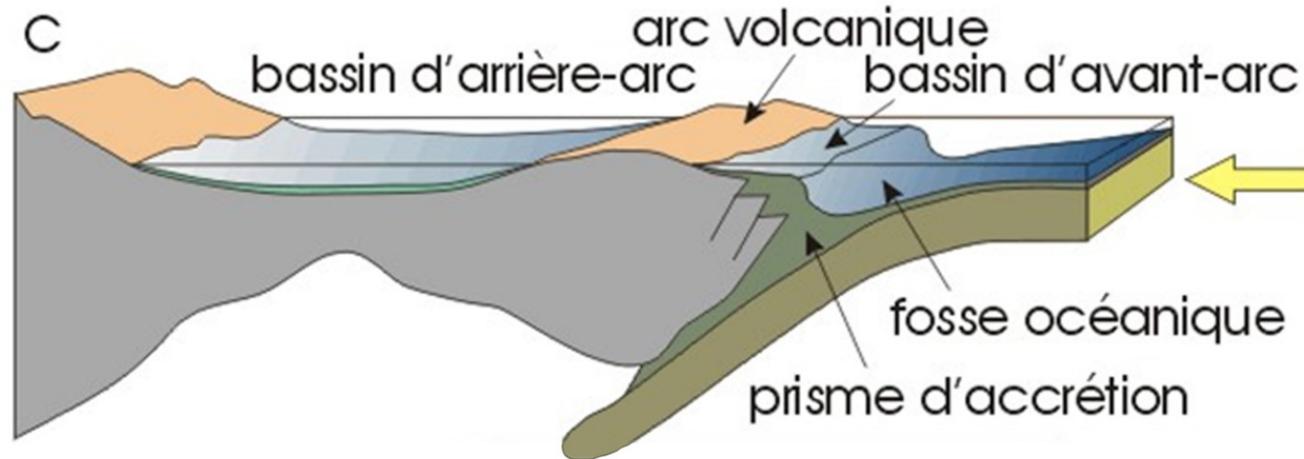
Différents types de bassins



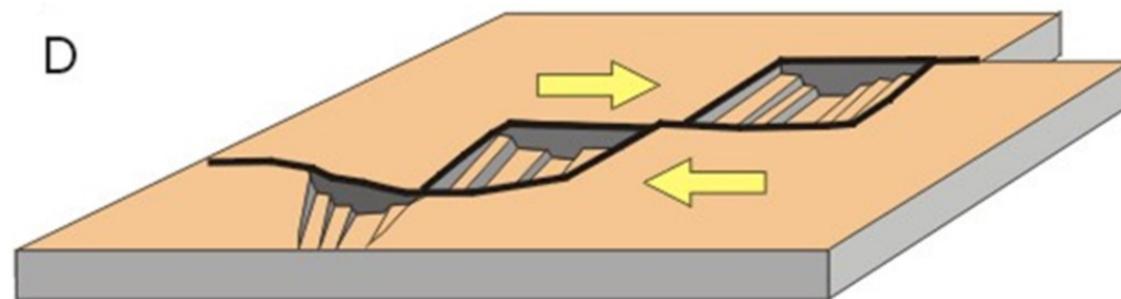
Rift continental



Marge passive structurée en demi-grabens
et prolongée par un bassin océanique



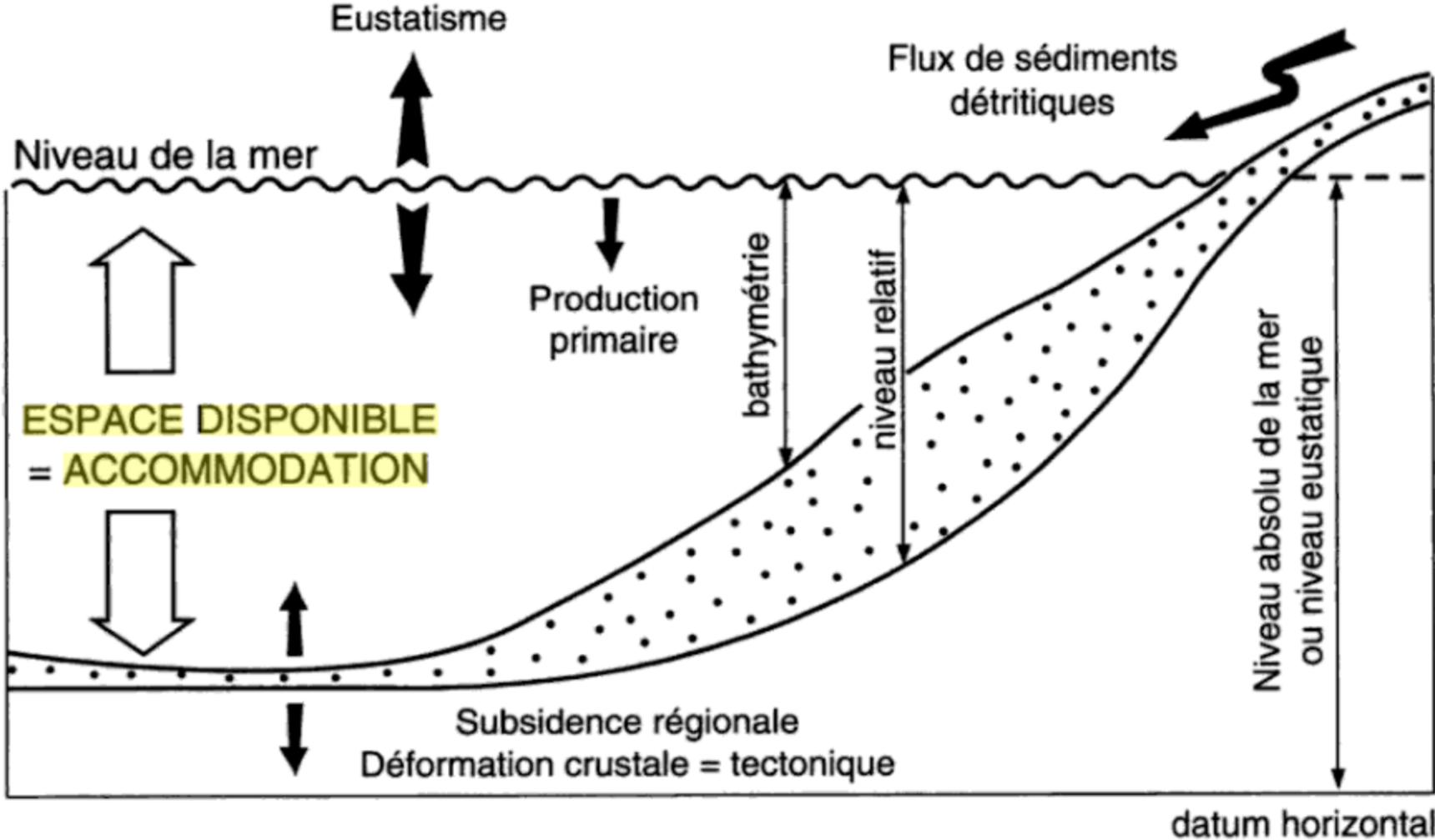
Bassin arrière-arc, bassin avant-arc et fosse océanique
en contexte de subduction (marge active)



Basins liés à une faille transformante (décrochement dextre)

NB : Le Bassin Parisien est un autre cas : c'est un bassin continental établi sur une croûte continentale et qui s'est enfoncé par subsidence.

Un bassin est une structure dynamique qui évolue avec le temps.



IV- Description du cycle sédimentaire dans le cas d'une roche-mère granitique

A. L'altération du granite







← granite sain

granite
présentant
un début
d'altération
chimique



← granite
« pourri »

arène
granitique



**De quoi est constituée l'arène granitique ?
Expérience de décantation**

Classification granulométrique des roches détritiques

Diamètre (Φ)	Diamètre (mm)	Roche non consolidée		Roche consolidée		Classe		
-3,32	10	Cailloutis et blocs		Conglomérat		Rudites		
		Gravier		Microconglomérat				
-1	2	Sable		Grès		Arénites		
0	1						Très grossier	Très grossier
1	0,5						Grossier	Grossier
2	0,25						Moyen	Moyen
3	0,125						Fin	Fin
4	0,063	Silt (ou limons)		Siltite		Lutite		
5	0,0315						Très grossier	Très grossier
6	0,016						Grossier	Grossier
7	0,008						Moyen	Moyen
8	0,004						Fin	Fin
9	0,002	Argile		Argilite				

Altération physique ou mécanique ⇒ désagrégation de la roche

Granite sain



Arène granitique

Altération chimique ⇒

- la biotite s'est oxydée

- apparition d'argiles au sens minéralogique du terme :
la fraction la plus fine obtenue par tamisage de l'arène
(argile au sens granulométrique du terme - voir diapo
précédente) est modelable et imperméable à l'eau.

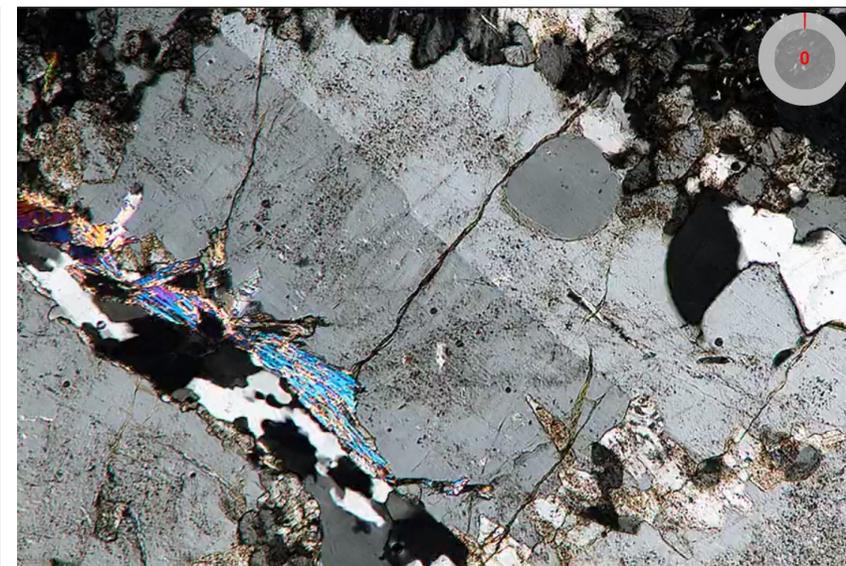
Comment expliquer simplement l'altération mécanique (ou désagrégation) du granite ?



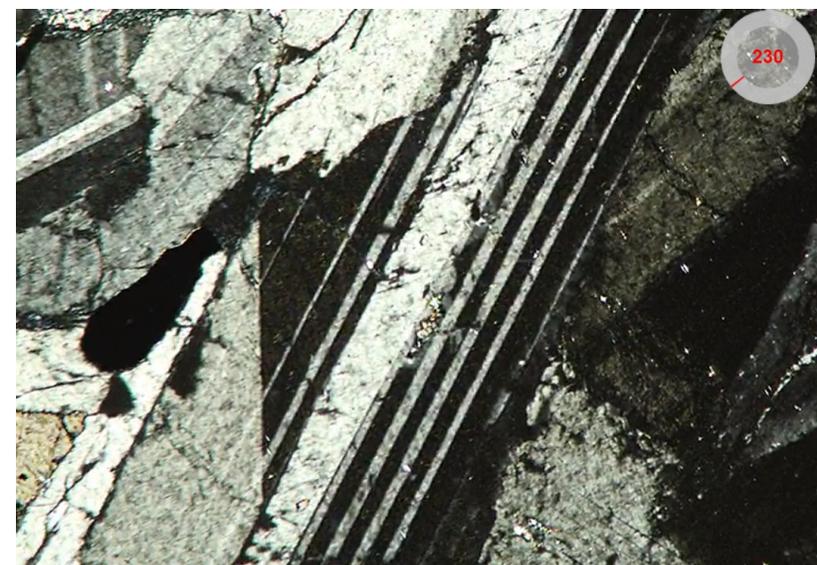
Lame mince de granite en LPA



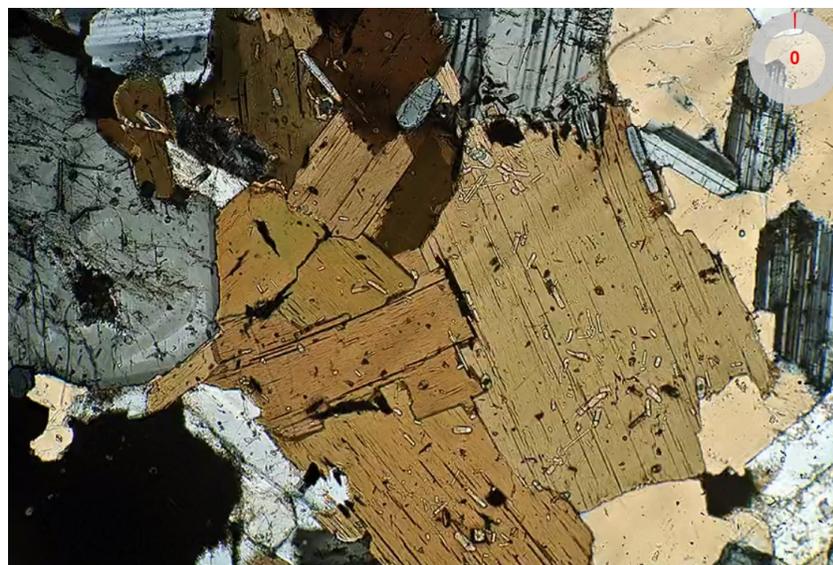
Quartz : SiO_2



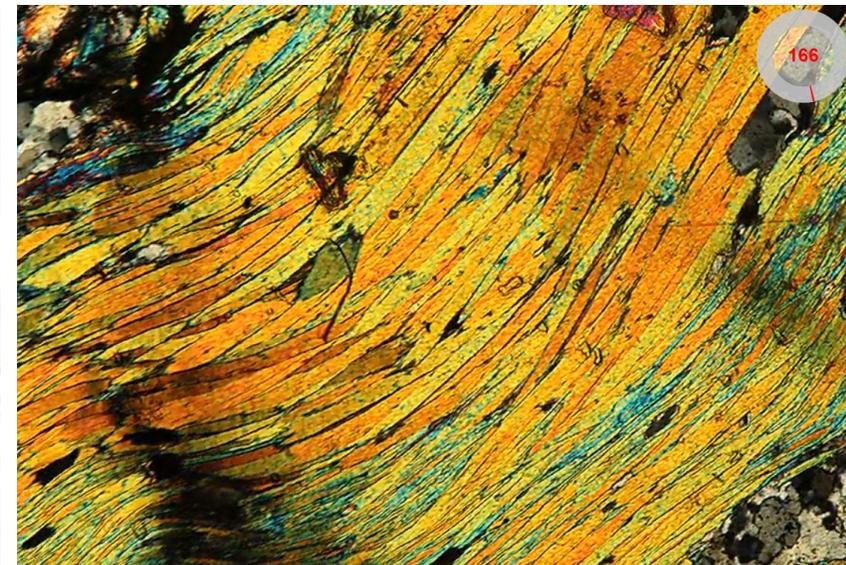
Feldspath orthose : $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{K}$



Plagioclases : $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Na}$ à $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8\text{Ca}$



Biotite : $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3[(\text{OH},\text{F})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})]$



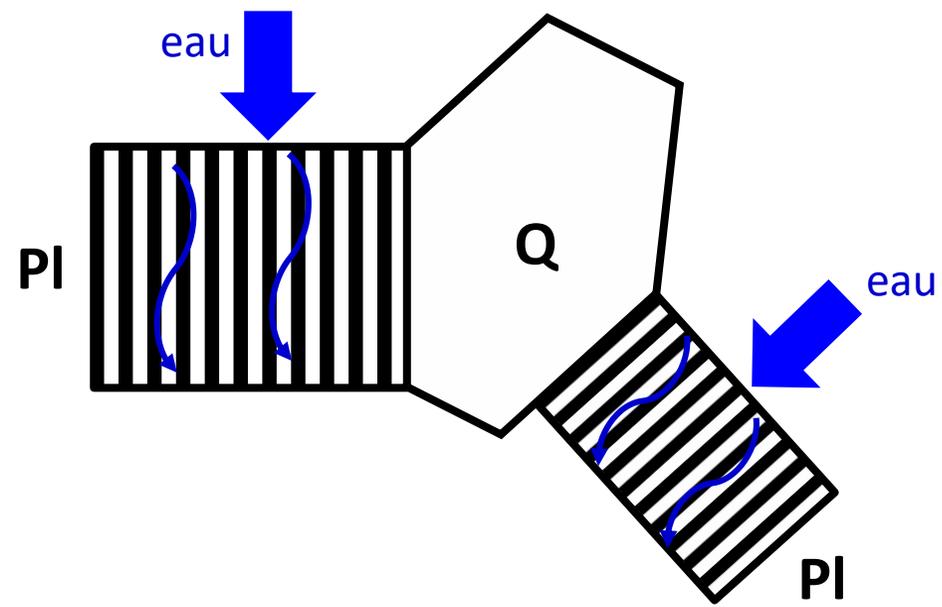
Muscovite : $\text{KAl}_2[(\text{OH},\text{F})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})]$

À l'échelle de l'échantillon, le granite est imperméable parce que ses grains constitutifs sont bien jointifs ; on dit encore qu'il est **imperméable « en petit »**.
Mais à l'échelle de l'affleurement, il est perméable parce qu'il est découpé par des diaclases : on dit alors qu'il est **perméable « en grand »**.

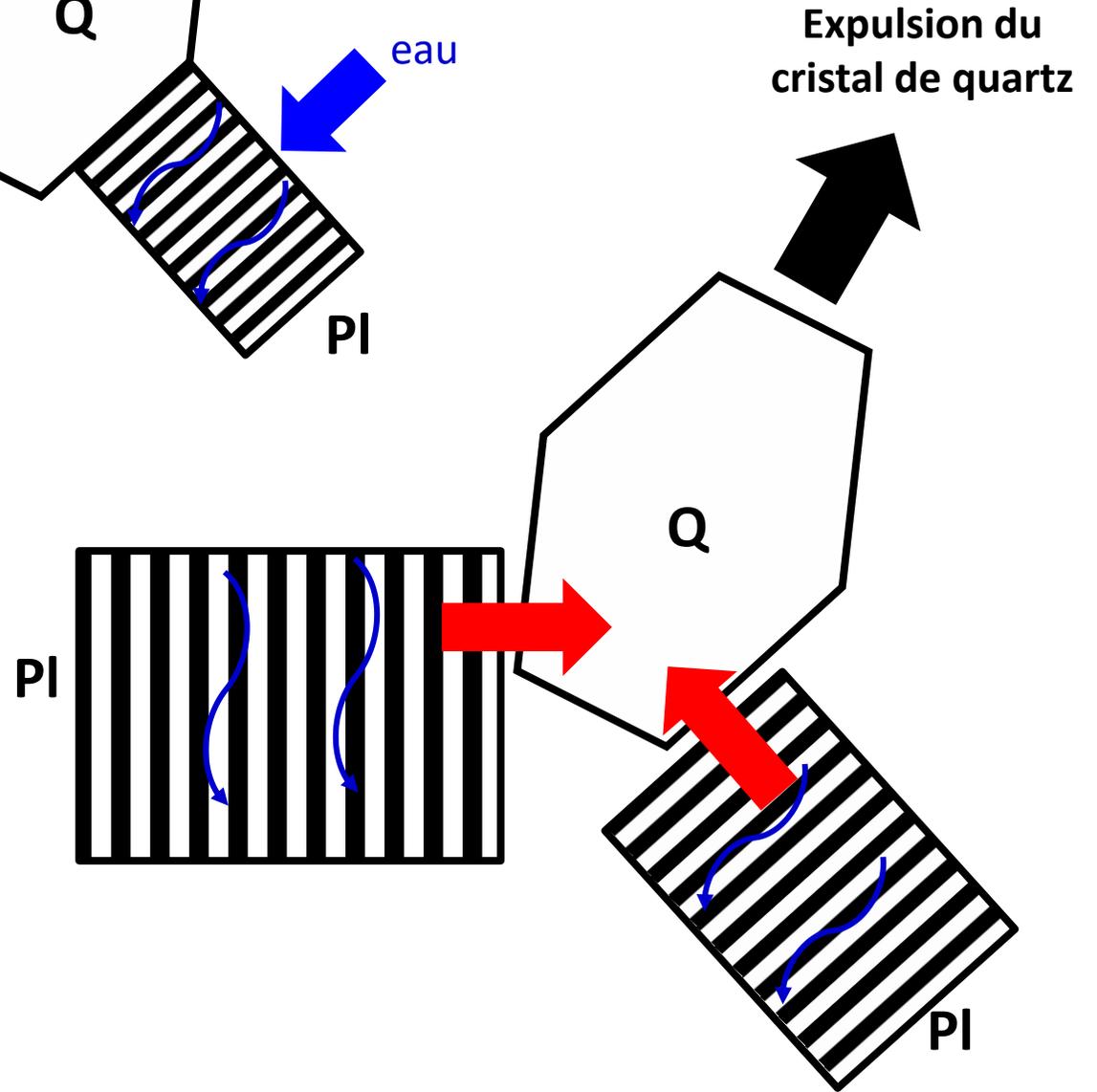
Eau circulant
dans une fissure (diacalse, faille)



1- L'eau qui circule dans une diaclase peut entrer dans les cristaux feuilletés qui la bordent, ici dans deux cristaux de plagioclase encadrant un cristal de quartz.



2- En réponse à ce gain d'eau, les deux cristaux feuilletés se dilatent et vont exercer une pression sur le cristal de quartz qui, lui, non feuilleté, ne gagne pas d'eau.

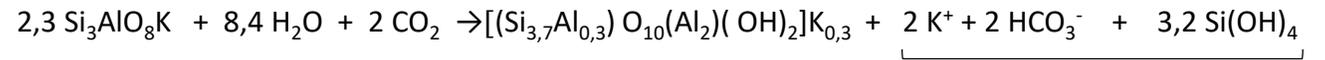


3- Le cristal de quartz peut être ainsi expulsé. Si ce n'est pas le cas, à la période de beau temps qui suit, les deux cristaux de plagioclase perdront leur eau et retrouveront leur taille initiale. Mais ils ne « colleront » plus au cristal de quartz. Il n'y aura plus cohésion entre les grains. La roche va ainsi se désagréger.

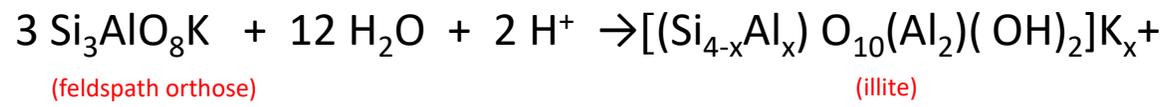
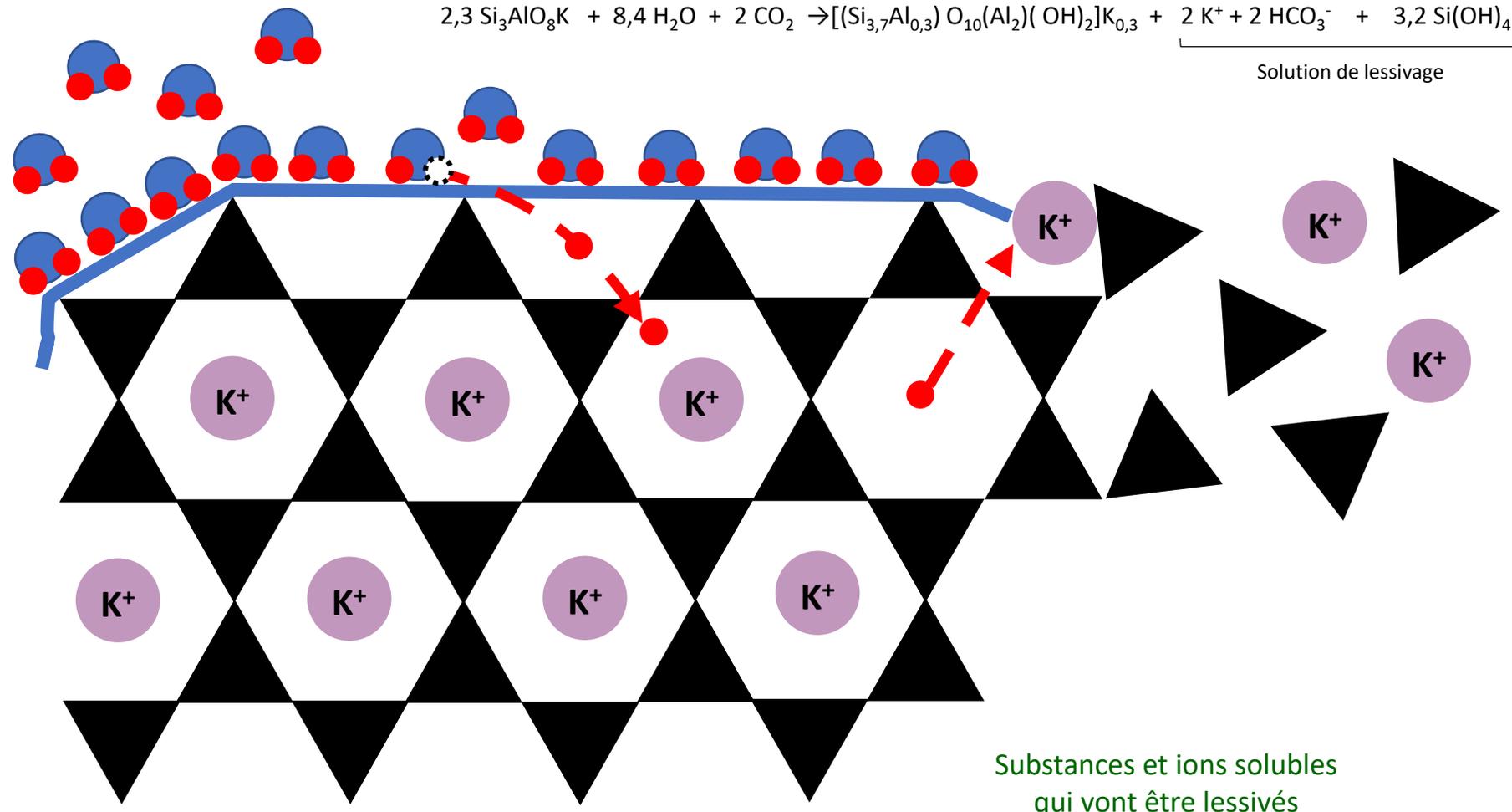
... et l'altération chimique ?

Exemple de l'altération du feldspath orthose

Remarque : l'orthose donne de l'illite si le drainage est bon, des smectites (montmorillonite) si le drainage est mauvais.

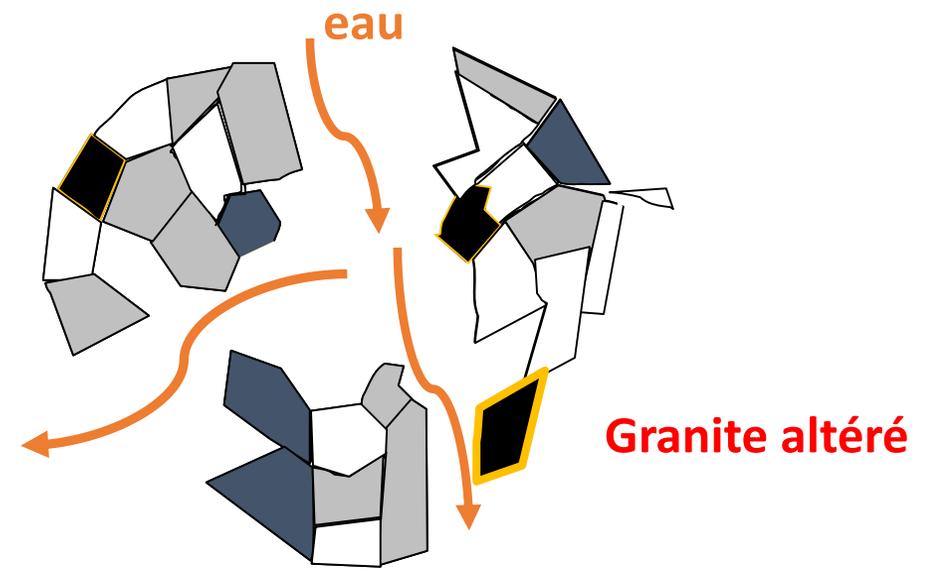
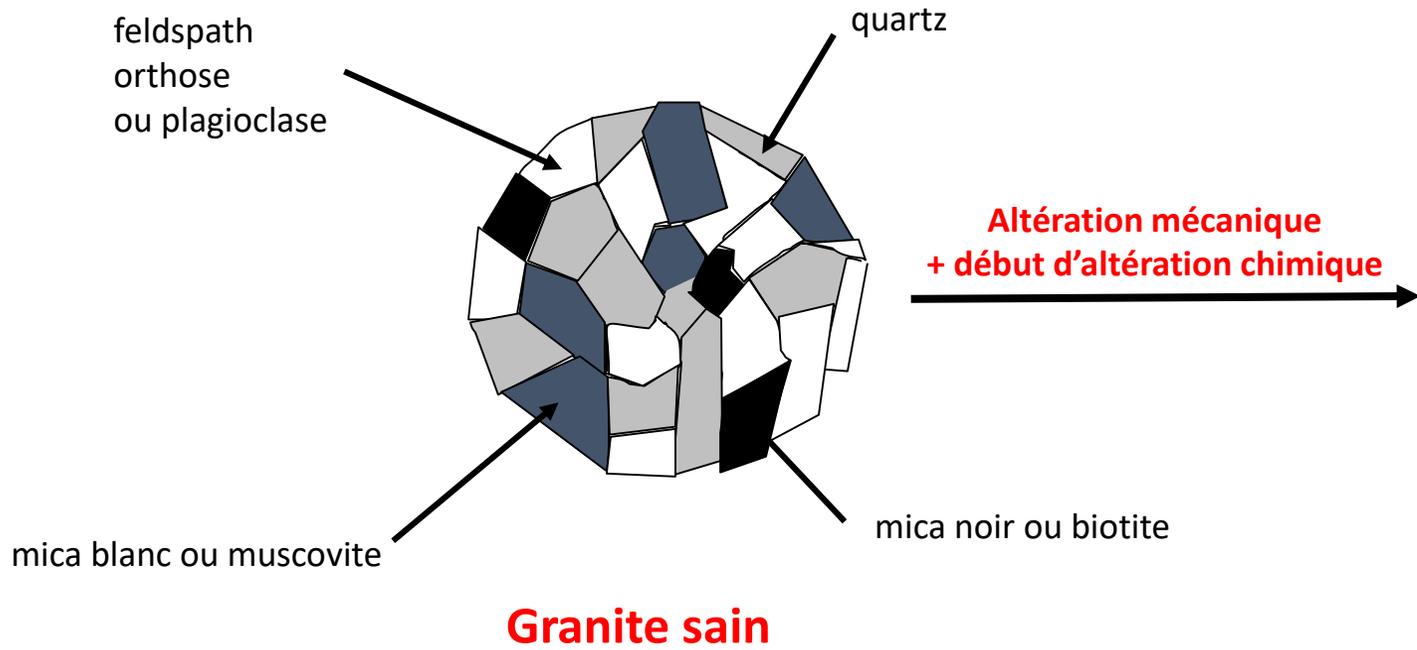


- limite du cristal de feldspath 
- ion hydroxyde OH⁻ 
- ion H⁺ ou proton 
- molécule d'eau H₂O 
- ion potassium 
- tétraèdre SiO₄⁴⁻ ou AlO₄⁵⁻ 



Substances et ions solubles qui vont être lessivés

Bilan de la réaction : elle aboutit à un départ de silicium de l'ordre de 60% et pour le potassium de 67%. Dans l'orthose, le rapport Si/Al est de 3. Dans l'illite, il est de $\frac{4-x}{2+x}$ et très proche de 2 d'où le terme de **bisiallisation** donné à ce processus d'altération. L'illite formée a une structure de type TOT.



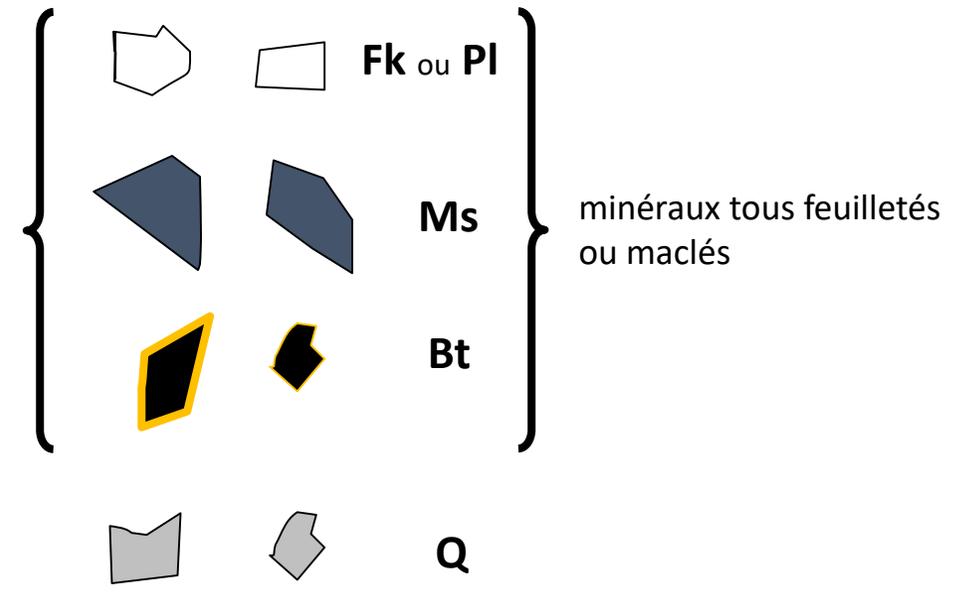
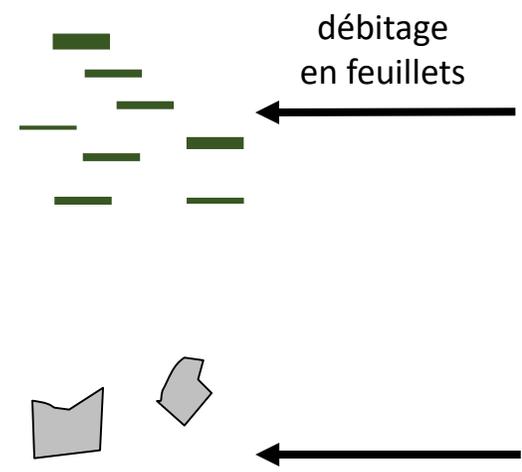
Poursuite de l'altération physique et altération chimique plus poussée

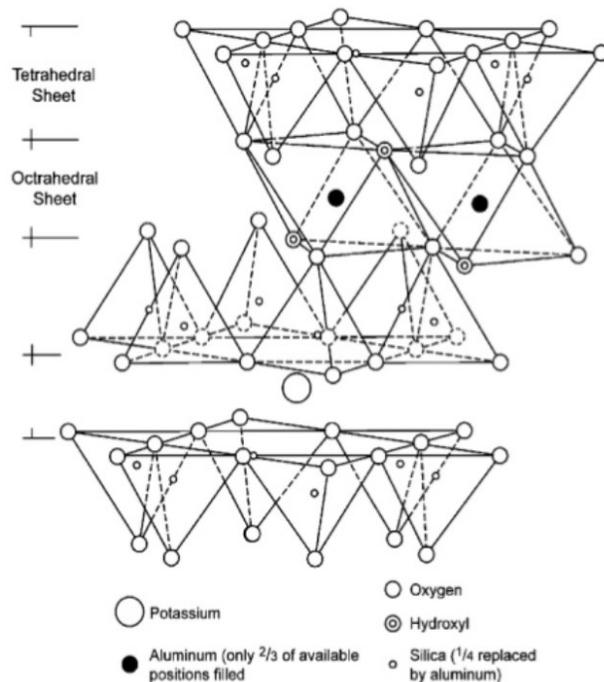
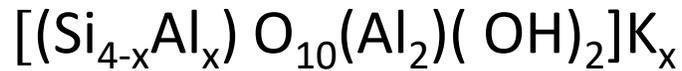
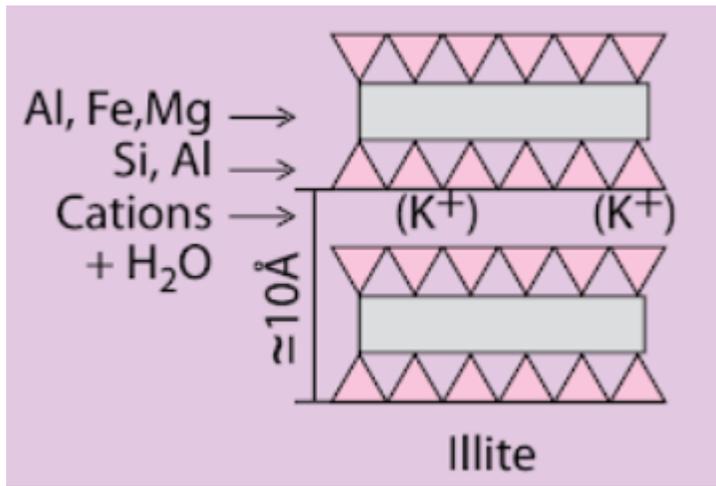
Arène mature
=
produit d'altération (altérite) meuble formé de minéraux inaltérables (Q et argiles)

Particules d'argiles (montmorillonite, illite...)
= nouveaux minéraux

+ ions + substances solubles

Cristaux de quartz durs et non feuilletés inaltérables
(Q = minéral d'héritage ou résiduel)

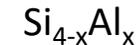




Les phyllites de type TOT comme l'illite et les smectites (dont la montmorillonite) sont constituées par l'empilement de trois couches : une couche tétraédrique (T), une couche octaédrique (O) et une couche tétraédrique (T) formant un feuillet d'une épaisseur de 10 Å pour l'illite.

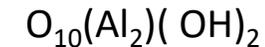
Chaque couche tétraédrique est constituée par l'association dans un plan de tétraèdres SiO_4^{4-} ou AlO_4^{5-} .

La formule chimique d'une couche de tétraèdres est de la forme :



Chaque couche octaédrique est constituée par l'association dans un plan d'octaèdres à cœur d'aluminium mais les remplacements par le fer ou le magnésium sont fréquents.

La formule chimique d'une couche d'octaèdres est de la forme :



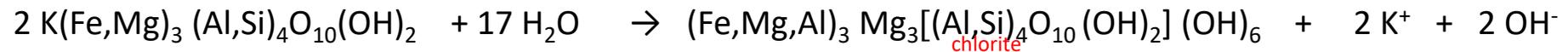
Les substitutions dans les couches tétraédriques (Al trivalent à la place de Si tétravalent) ou octaédriques (Fe ou Mg bivalents à la place de Al trivalent) entraînent une charge négative des feuillets qui sera compensée dans l'illite issue de l'orthose par les K^+ interfoliaires.

Dans le cas de l'altération des plagioclases riches en Na^+ , ce sont les Na^+ qui remplaceront les K^+ entre les feuillets (\Rightarrow illites sodiques)

On a raisonné sur l'orthose mais on aurait pu faire le même raisonnement avec un plagioclase sodique comme l'albite.

Le résultat aurait été le même à la différence près qu'au lieu d'obtenir des illites potassiques, on aurait obtenu des illites sodiques, les Na^+ remplaçant les K^+ entre les feuillets.

De même, la biotite, très vulnérable, riche en Fe^{2+} très solubles et en magnésium, donne également par hydrolyse des smectites, de la vermiculite ou de la chlorite :



Remplacement de la biotite par la chlorite

Points importants à noter

- L'altération mécanique qui induit une fragmentation, un morcèlement de la roche, entraîne une augmentation de la surface de la roche au contact avec l'eau.

En conséquence, l'altération chimique va s'en trouver favorisée.

Et comme cette dernière induit à son tour la production d'argiles qui dans les diaclases ou l'arène superficielle retiennent l'eau, l'altération du granite va s'accélérer.

Les deux types d'altération, mécanique et chimique, se « nourrissent » en fait mutuellement par rétroaction positive.

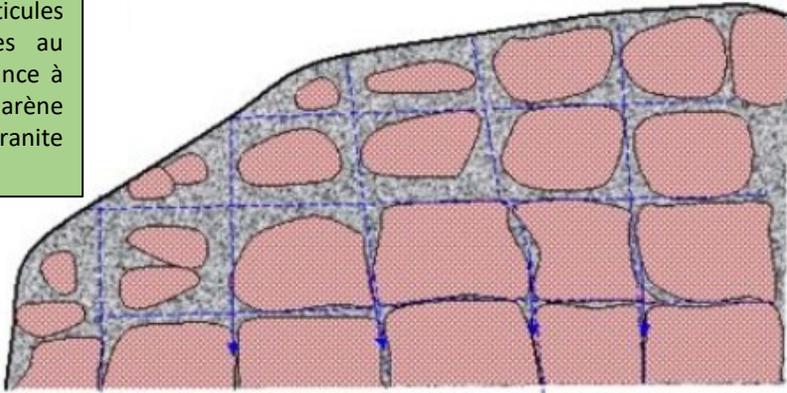
- Tous les produits de l'altération du granite, en particulier les argiles, formées dans les conditions de température et d'humidité de la surface et à la pression atmosphérique, peuvent être considérés comme étant en équilibre avec ces conditions de leur genèse donc stables, inaltérables, résistantes. Elles n'évolueront plus ou peu minéralogiquement, seulement pour des points de détail.

- On a travaillé sous nos climats : climat tempéré océanique, donc sous des conditions somme toute peu agressives.

Et dans ce cas, le résultat de l'altération du granite est la formation d'une arène granitique : on parle d'**arénisation**.

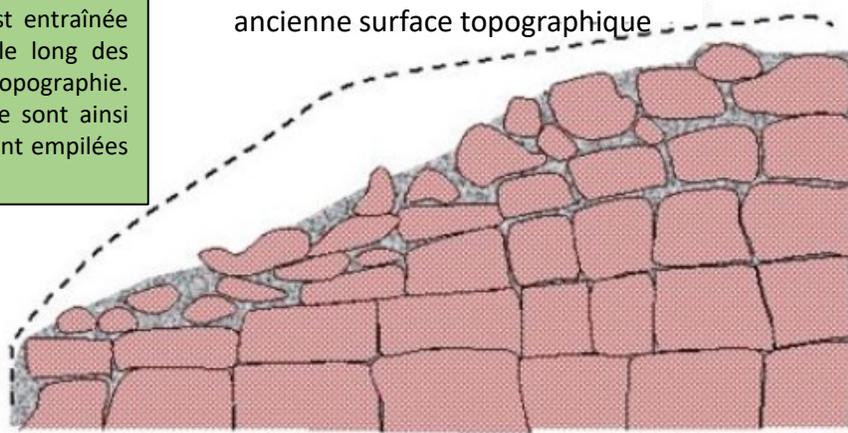
Le granite, par ses diaclases, laisse l'eau de pluie s'infiltrer puis circuler. Ses minéraux les plus altérables (feldspaths, micas) sont hydrolysés et transformés en particules argileuses. Ces dernières, mélangées au quartz inaltérable, vont donner naissance à un régolithe, une altérite meuble : l'arène granitique. Les parallélépipèdes de granite s'arrondissent.

surface topographique



Une grande partie de l'arène est entraînée par les eaux de ruissellement le long des pentes vers les points bas de la topographie. Les boules de granite de surface sont ainsi dégagées et certaines apparaissent empilées les unes sur les autres.

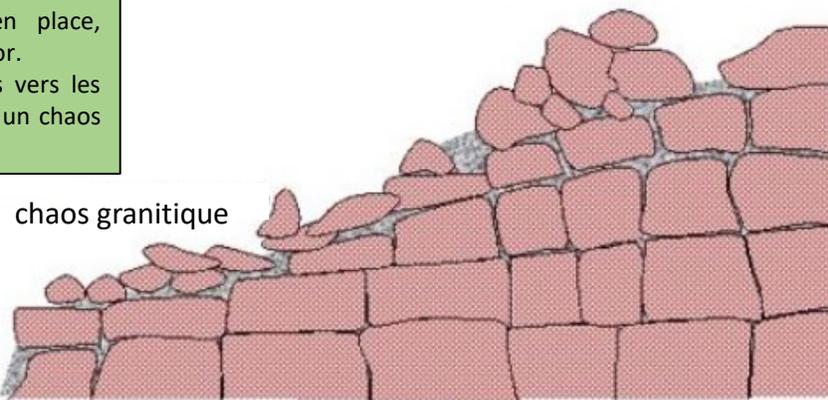
ancienne surface topographique



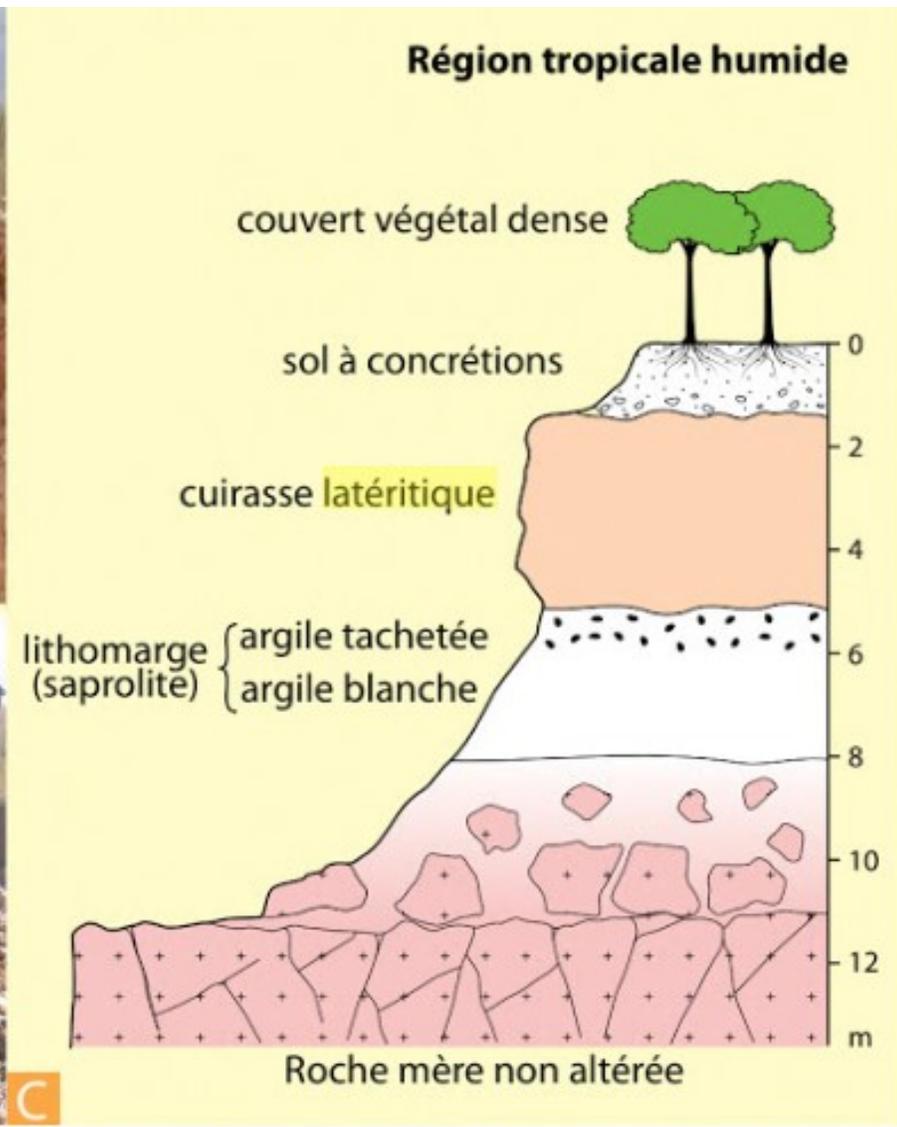
Les blocs du sommet, restés en place, forment un empilement stable ou tor. Le glissement des blocs de pentes vers les talwegs engendre en bas de pente un chaos granitique.

tor

chaos granitique

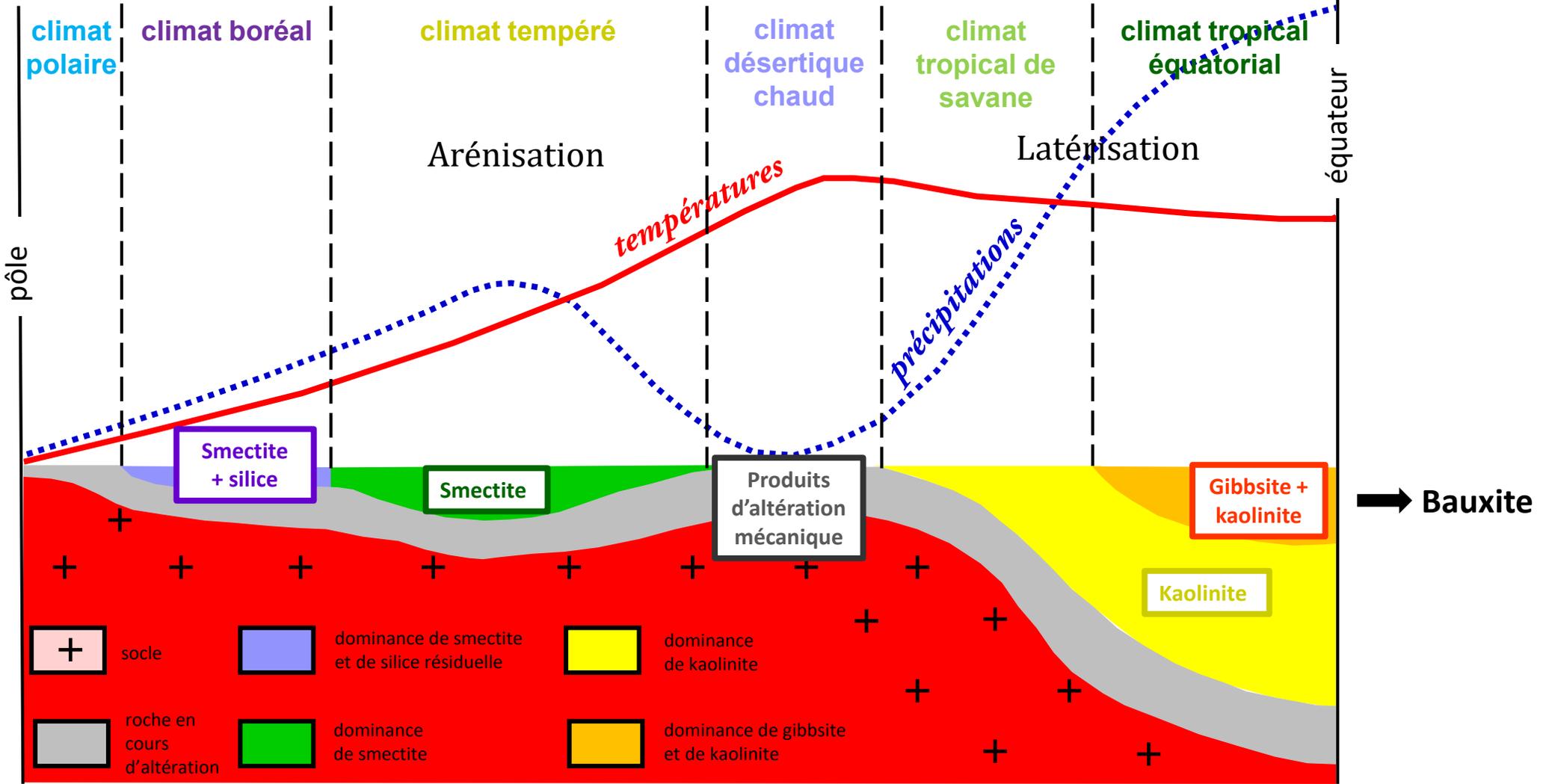


Influence du climat sur l'altération du granite

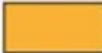
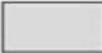


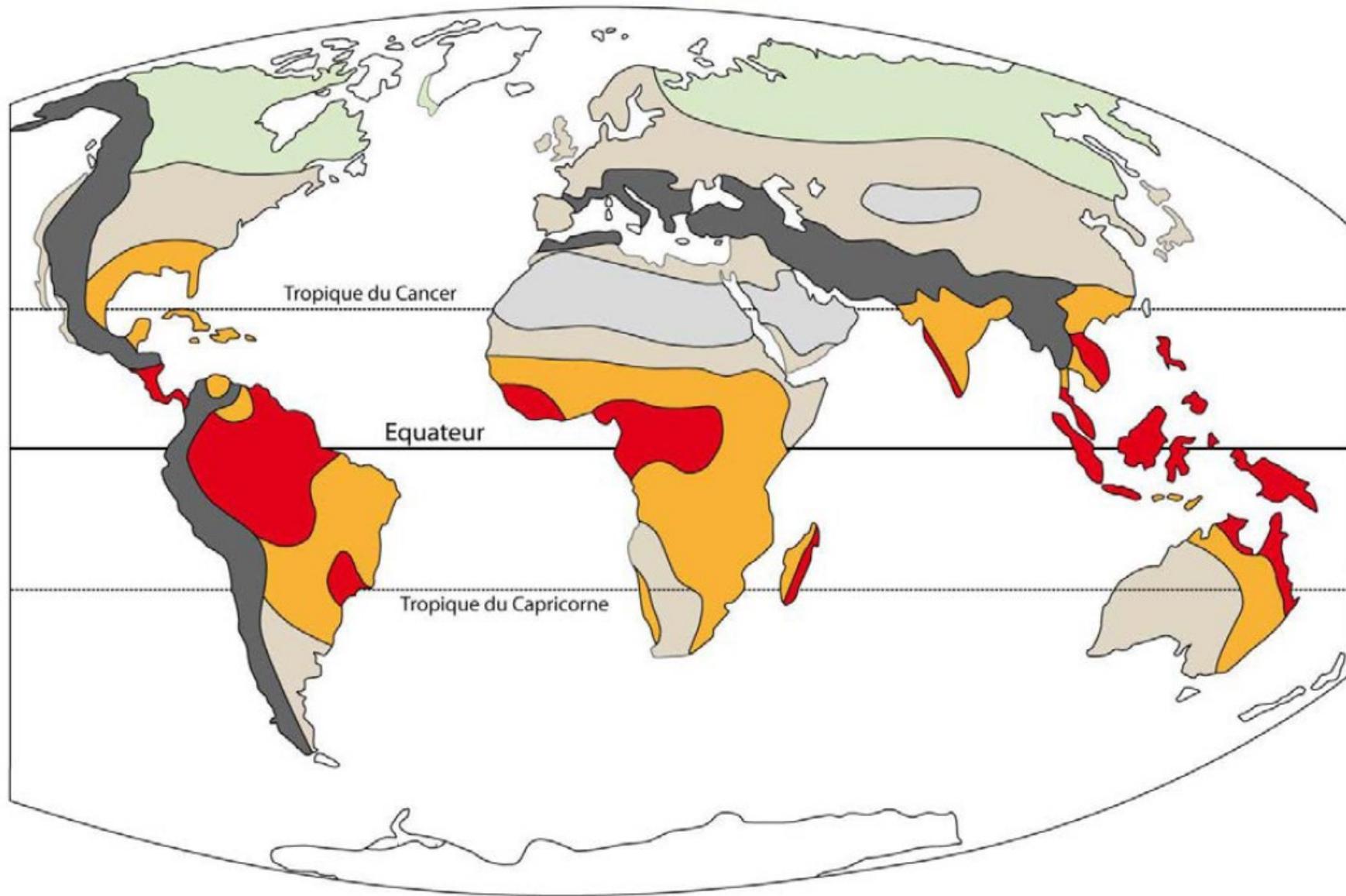
Podzolisation Bisiallisation Altération mécanique Allitisation

Monosiallisation

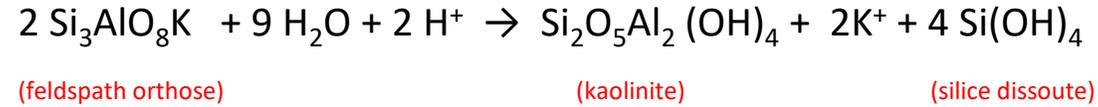


d'après Yann Hauteville

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Régions montagneuses, altération variable mais faible accumulation de produits d'altération |  | Altération modérée (Illites/smectites) |
|  | Région à faible température et faible altération, produit d'altération épais possible si zone stable |  | Altération intense (kaolinite et hydroxydes) |
|  | Zones désertiques arides, très faible altération |  | Altération très intense (Kaolinite-Gibbsite) |

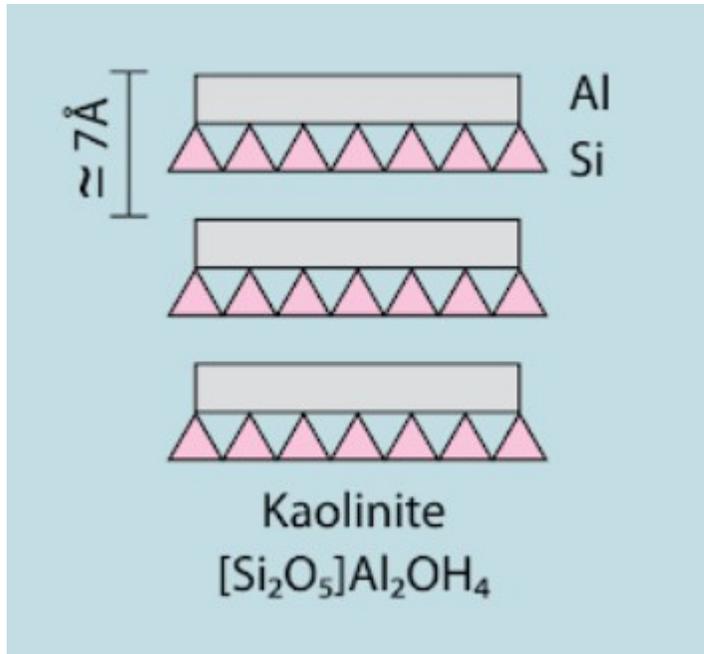


L'hydrolyse du feldspath orthose conduit à un départ par lessivage de plus de 66% du silicium (au lieu de 60% sous notre climat) et à un départ total du potassium (alors que chez nous, il est partiel) avec production de **kaolinite** qui est dépourvue de K^+ selon la réaction :



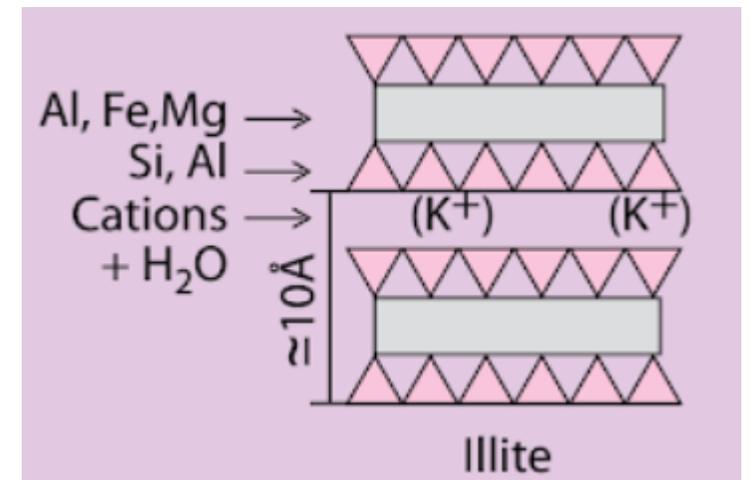
On constate aussi que dans la kaolinite, le rapport Si/Al est égal à 1 alors qu'il est de 3 dans le feldspath d'origine (on rappelle qu'il était de l'ordre de 2 dans l'illite formée sous notre climat).

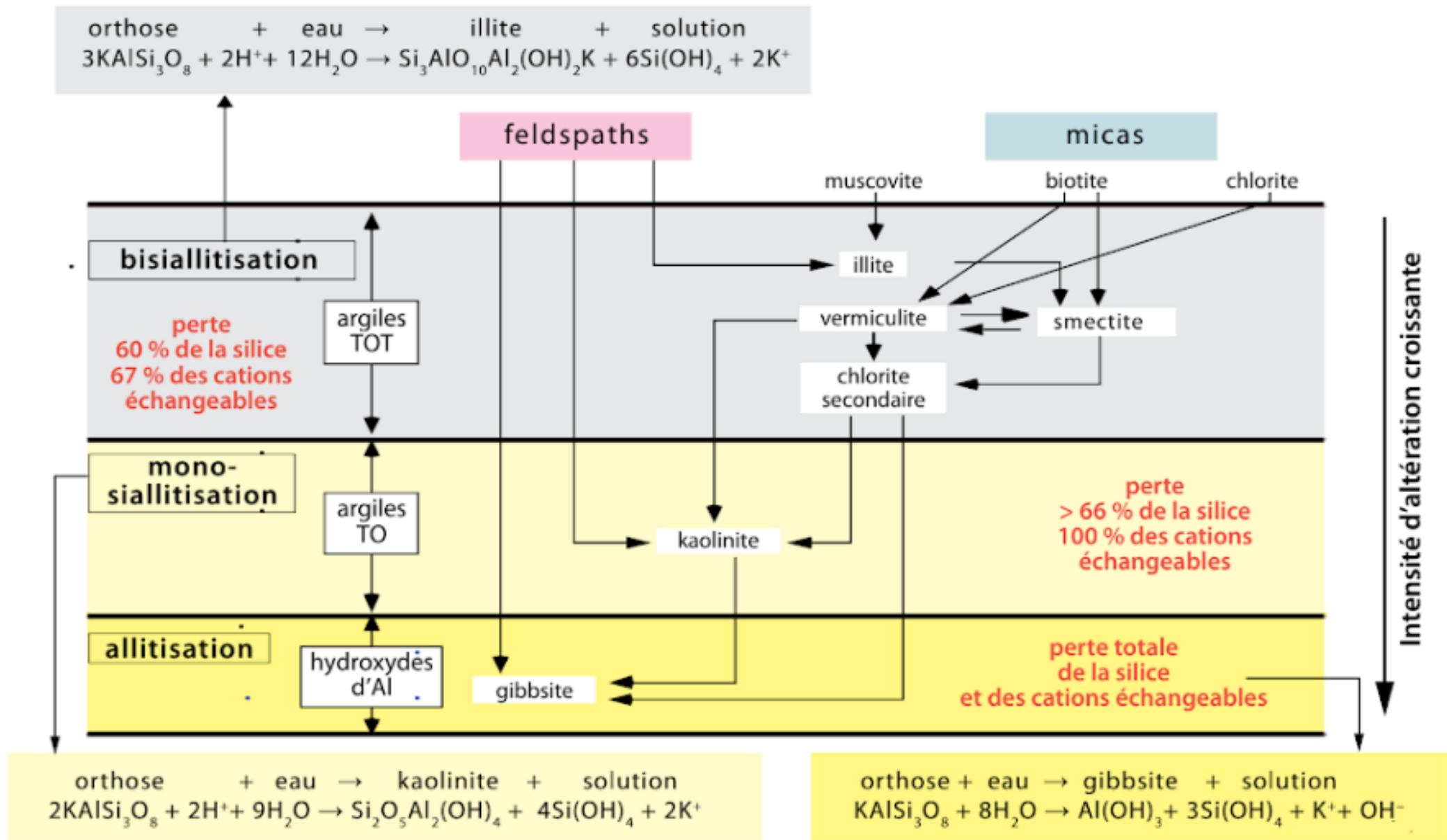
On parle donc non pas de bisiallisation mais de monosiallisation.



Preuve de cette altération encore plus poussée de l'orthose : la kaolinite (à gauche) a une structure de type T-O au lieu d'une structure de type T-O-T pour l'illite (à droite)

Conséquence : ses feuillets sont moins épais (7Å au lieu de 10Å pour l'illite).





Et si les conditions deviennent encore plus extrêmes, drastiques, tout le silicium va finir par quitter le feldspath orthose ou l'illite, il est lessivé.

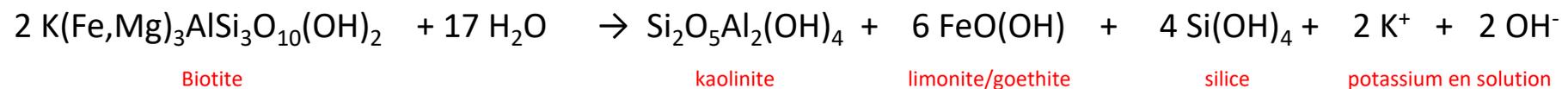
Il ne restera donc en place qu'un hydroxyde d'aluminium, la gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$, constituant utile de la bauxite.

Dans la gibbsite, le rapport Si/Al est nul. **C'est pourquoi on parle alors d'allitisation.**



Remarque importante : L'aluminium pouvant être substitué par du fer ou du magnésium mais surtout par du fer dans les sites octaédriques de l'illite, il pourra aussi se former, à côté de la gibbsite, une petite quantité d'hydroxyde de fer (limonite, goethite). **On parlera alors de ferrallitisation** (on ajoute le préfixe « fer »).

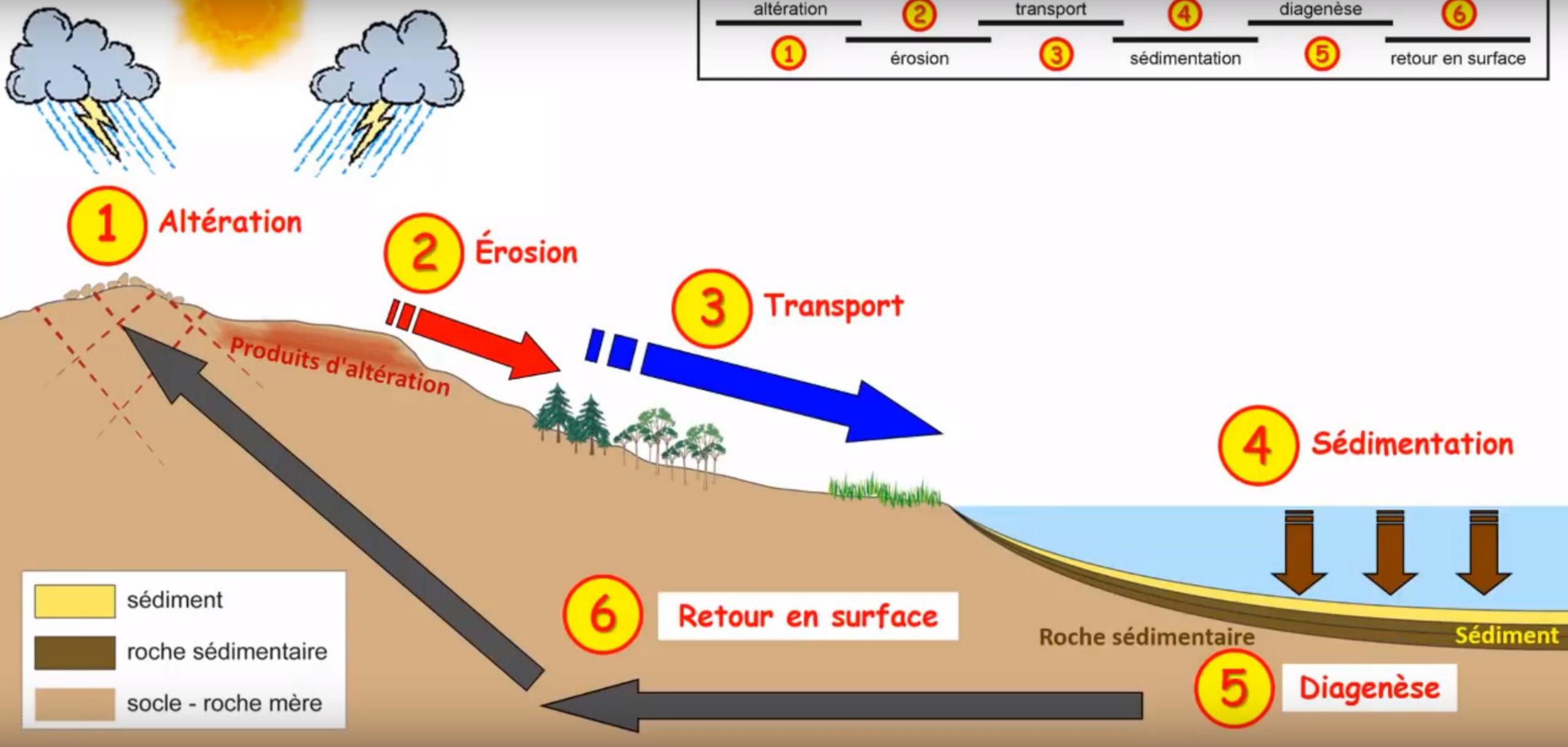
On a raisonné que sur l'orthose mais on aurait pu faire le même raisonnement avec la biotite qui par hydrolyse donne également de la kaolinite et des hydroxydes de fer :



B. L'érosion de l'arène granitique

Expérience gouttière

Le cycle des roches sédimentaires (par Yann Hautevelle)



	sédiment
	roche sédimentaire
	socle - roche mère

Supposons que tous les ions dissouts (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} ...) et les substances solubles comme la silice $Si(OH)_4$ sont déjà partis avec la solution de lessivage et c'est le cas, ils sont toujours lessivés très rapidement.

Ne restent alors dans l'arène que les matériaux solides insolubles : des lithoclastes de granite de la taille de cailloux ou de graviers, du sable grossier, des grains de quartz, de feldspath, des silts, des argiles.

Cette arène va être érodée. **Et en quoi consiste le phénomène d'érosion ?**

À enlever, à soutirer, à soustraire une fraction plus ou moins importante de ces matériaux solides insolubles pour qu'ils aillent ailleurs et en ce sens, l'érosion est indissociable du transport. C'est le début du transport.

Selon vous, quels seront les principaux agents, facteurs de l'érosion ?

L'eau et le vent.

Éroder une arène granitique implique donc que l'eau, le vent aient suffisamment d'énergie pour vaincre les forces de cohésion et de frottement qui maintiennent ensemble, qui lient entre elles les particules solides de l'arène mais également les forces de frottement visqueux avec l'eau dans le cas où ces particules sont prises en charge par l'eau.

Une fois les particules érodées, le transport seul nécessitera moins d'énergie.

C'est ce que montre la courbe théorique de Hjulström.

Vitesse
du courant
(en cm.s^{-1})

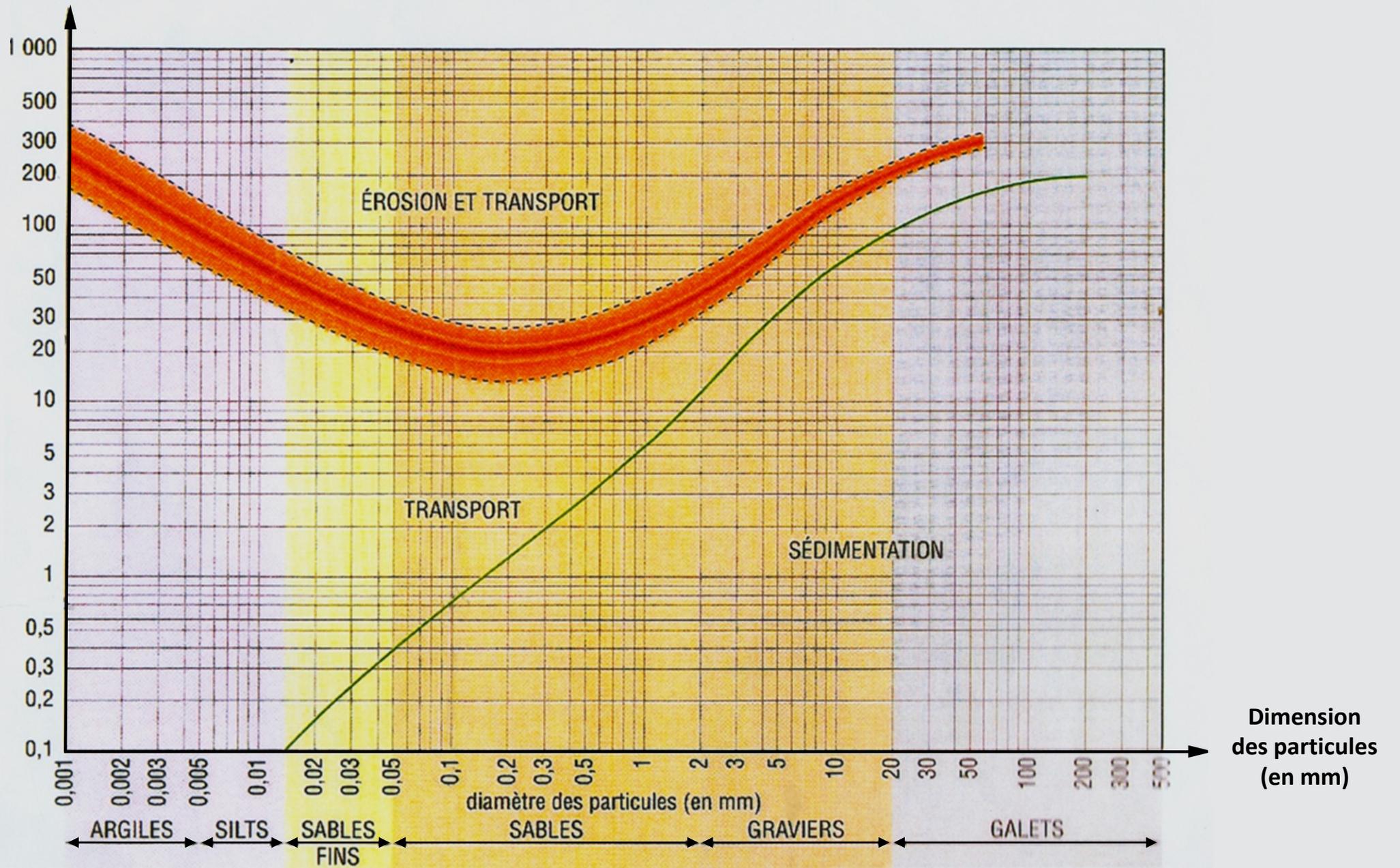


Diagramme de Hjulström

Si l'on prend par exemple le cas d'un grain de sable de 0,5 mm, on remarque que pour des vitesses de courant d'eau inférieures à $3 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, il est dans le domaine « sédimentation » ou « dépôt » ; il est donc immobile comme lorsqu'il est dans l'arène.

Si on veut l'éroder, il faut qu'il « entre » dans le domaine « érosion ». Il faut alors que l'eau ait une énergie, une vitesse plus grande de l'ordre de 20 à 30 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ et il est mis en mouvement.

Pour être ensuite transporté par l'eau, il faut le faire passer dans le domaine « transport ». Et là, on constate qu'une vitesse moindre, comprise entre 3 et 20-30 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ suffit.

Le problème est en fait pour les particules les plus fines, d'une taille inférieure à 0,02 mm.

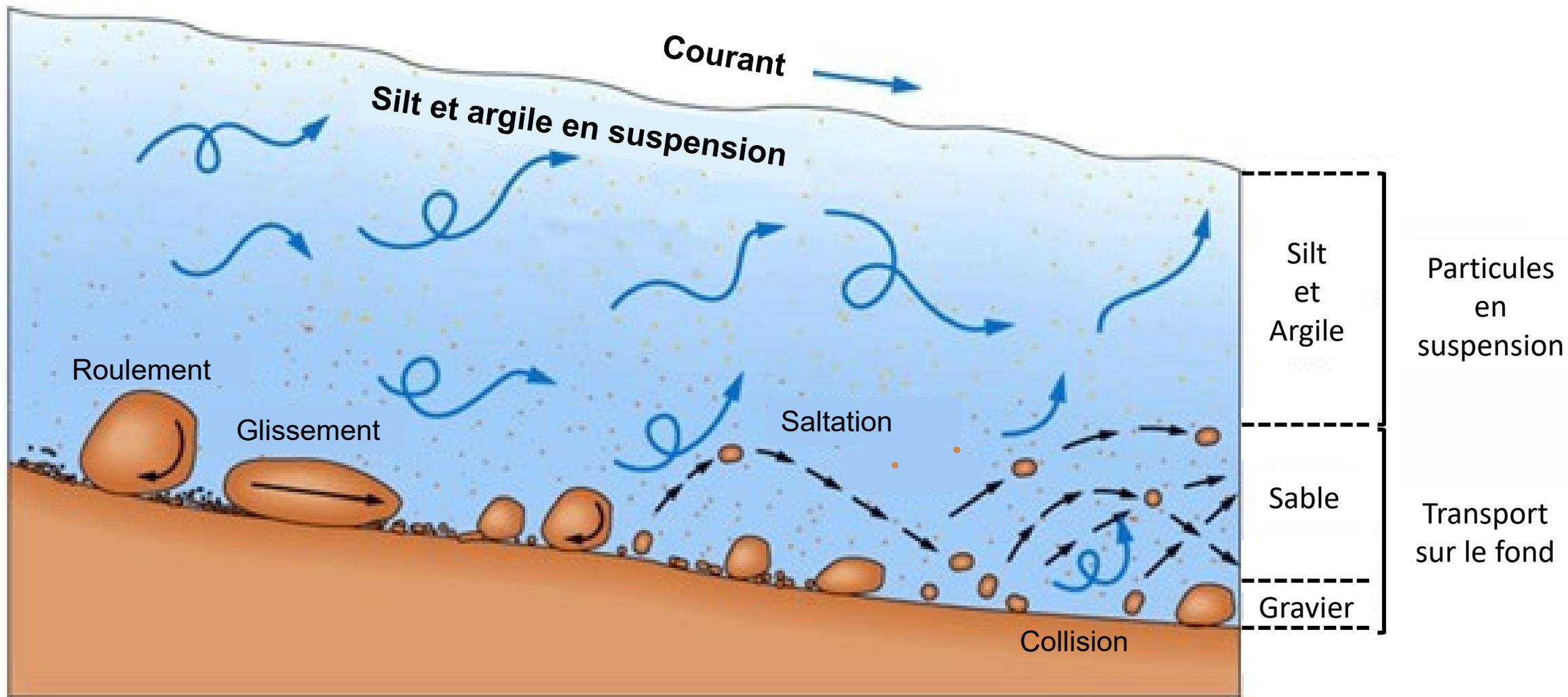
On constate d'abord que les plus fines d'entre elles, d'un diamètre inférieur à 0,01 mm, ne se déposent en théorie jamais !!!! c'est-à-dire que le moindre courant va les mettre en suspension et donc les transporter passivement dans le sens du courant.

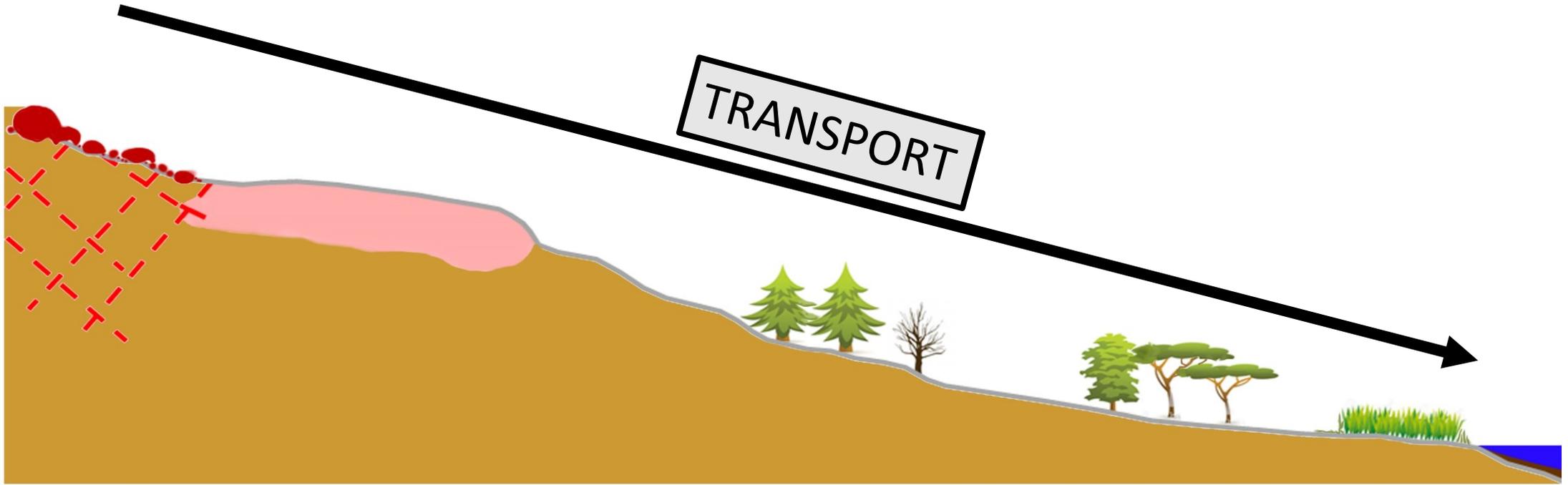
Mais si elles se sont déposées, pour les éroder, il faut que le courant soit très important. Si un courant de 20 à 30 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ peut éroder du sable de 0,5 mm de \emptyset , on constate sur le diagramme qu'il n'a pas l'énergie suffisante pour éroder des silts d'une taille 100 fois plus petite ! L'explication réside dans le fait que les particules argileuses présentent une grande surface par rapport à leur volume ; ce sont des feuillets. Elles se plaquent donc facilement les unes contre les autres, et à cause de l'eau présente entre elles, elles vont développer des forces de cohésion considérables et former des agrégats de grande taille qui nécessiteront des courants plus puissants pour être érodés puis transportés.

***Illustration** : il est facile de séparer 2 lames de verre sèches. Mais s'il y a entre elles un film d'eau, cela deviendra beaucoup plus difficile. Tout le monde a fait cette observation !*

C'est ce qu'il se passe par exemple dans les estuaires. À marée haute, la vase se dépose facilement par floculation. Quand la mer se retire ensuite, le courant de jusant est incapable de l'entraîner vers le large. Il en sera de même du courant de flot cette fois-ci vers l'intérieur des terres. Mais à l'étale de haute mer, de nouveau de la vase va se déposer ! Ainsi s'explique l'envasement irréversible de certains estuaires.

C. Le transport



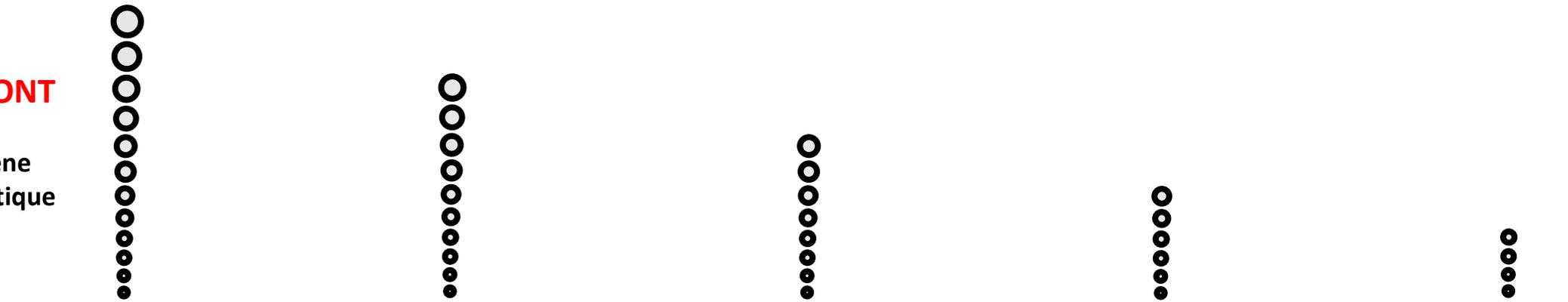


élevée ————— Vitesse du courant ————— faible →

AMONT

Arène
granitique

AVAL



grossière ————— Granulométrie ————— fine →

Ségrégation des particules selon leur taille de l'amont vers l'aval



La Borne (affluent de la Loire) au Puy-en-Velay



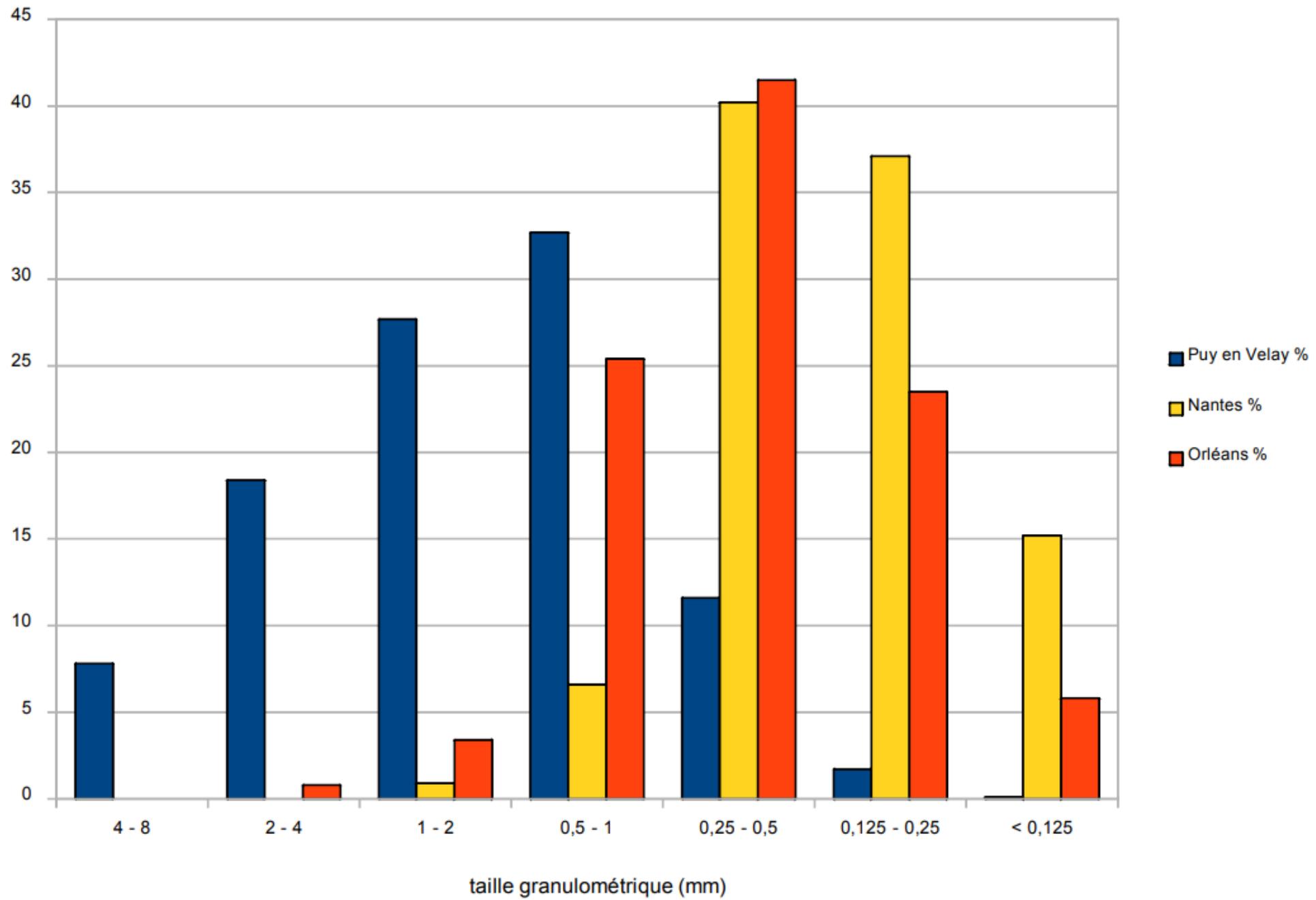
Banc de sable de Loire près d'Orléans

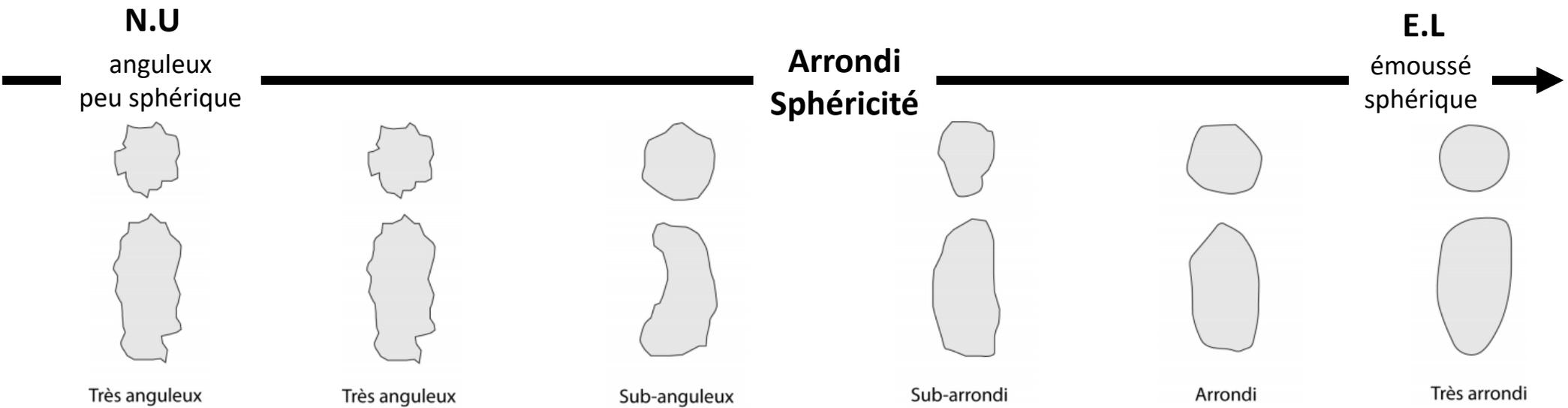
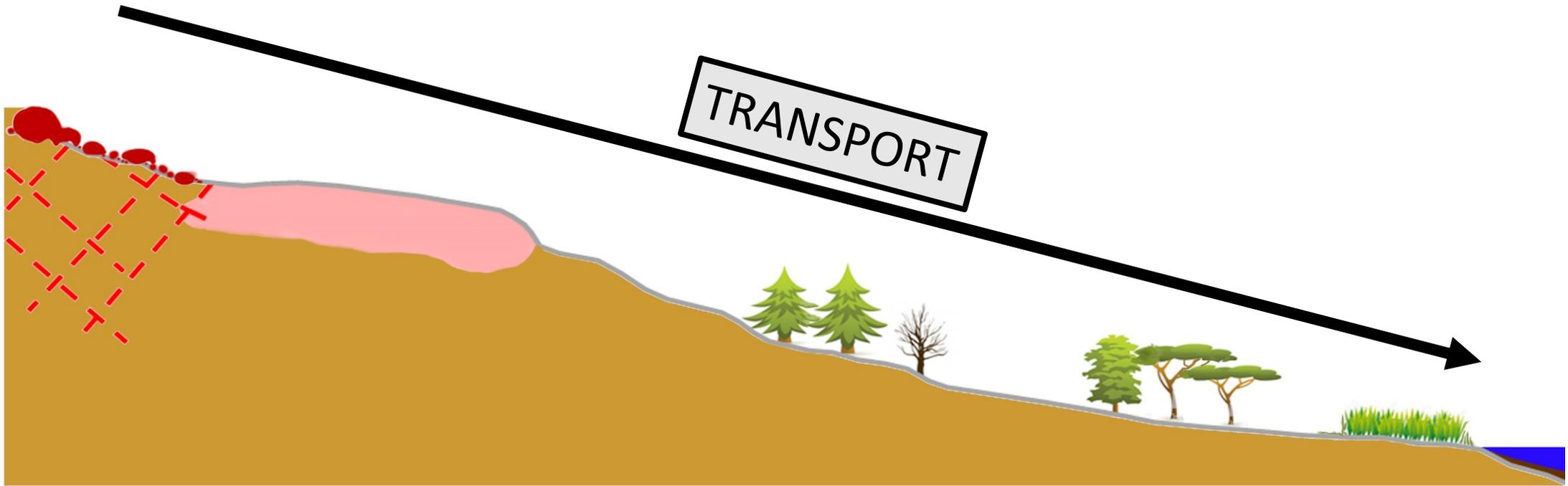


Banc de sable de Loire près de Saumur

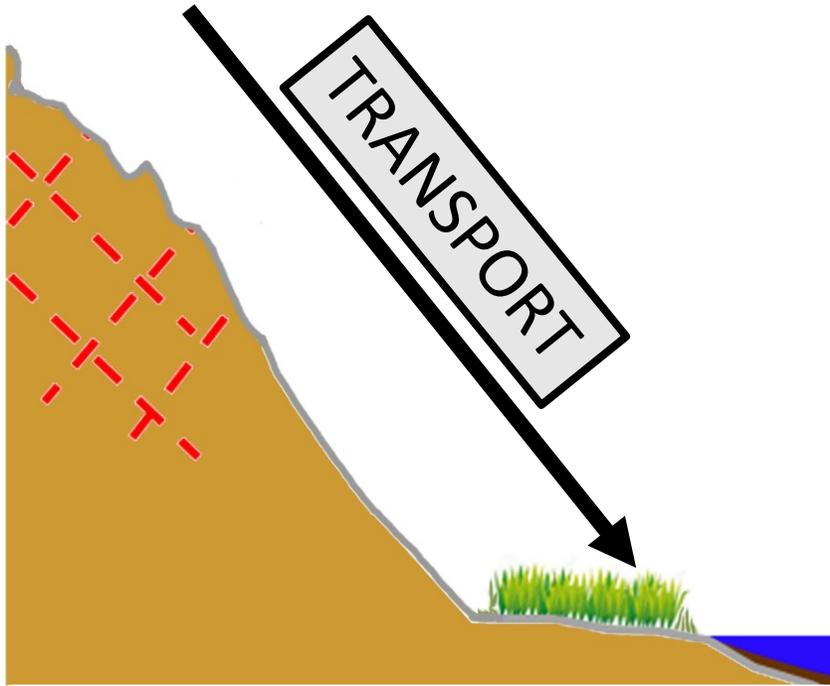


Plage de sable de La Baule



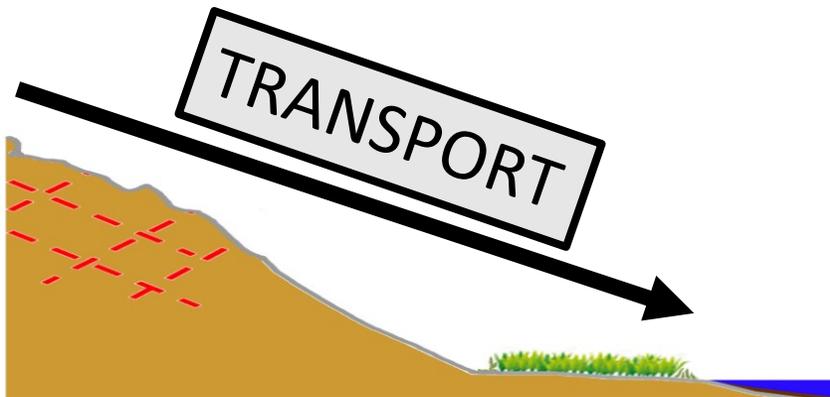


Usure progressive des particules de l'amont vers l'aval



Cas d'un relief proche du bassin (transport court)

- Forte hétérométrie : cailloux et graviers (= lithoclastes = morceaux de granite) , sables, silts, argiles
- Mélange de toutes les minéralogies : grains de Q, F, M, argiles
- Pour les grains de quartz, absence ou peu d'usure \Rightarrow forte proportion de N.U qui arriveront sur la côte

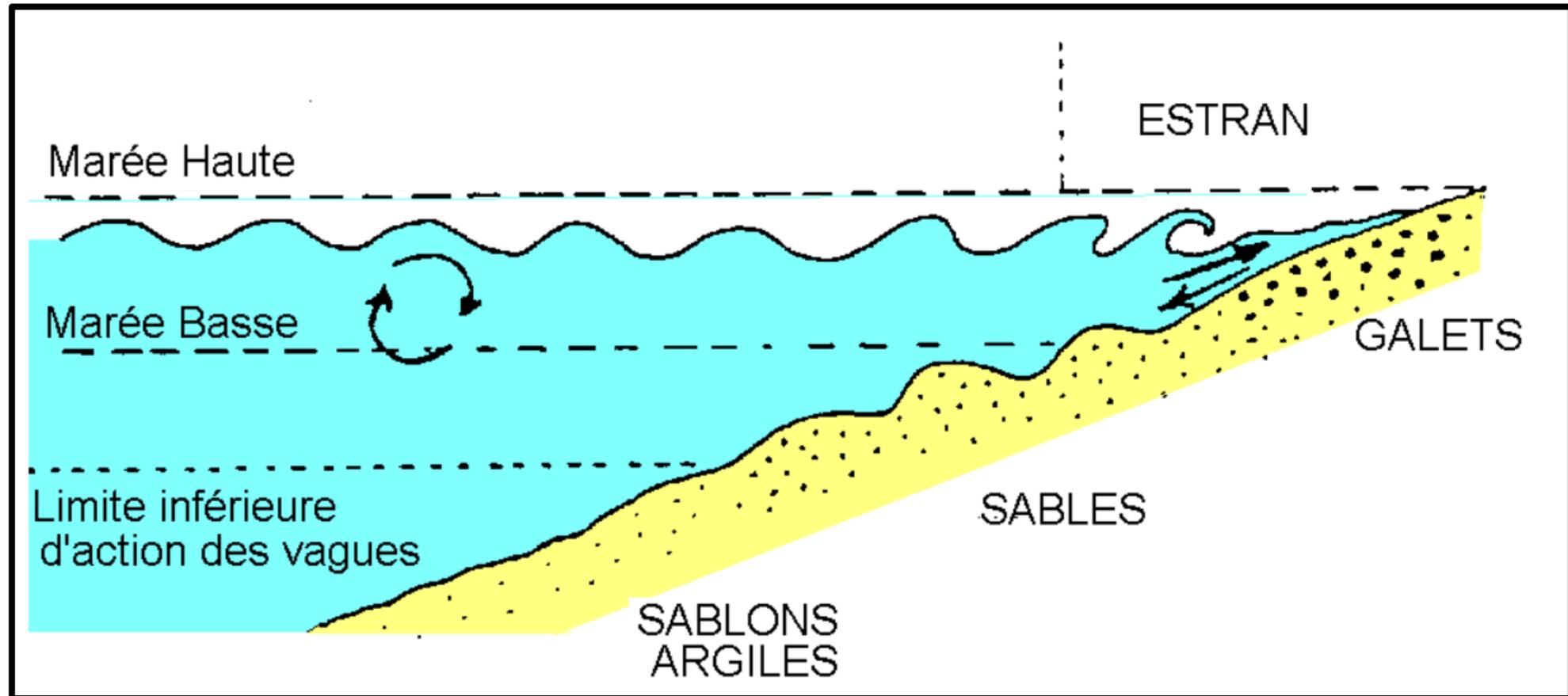


Pas de tri, pas d'usure des grains et pas d'altération chimique en cours de route !

D. Sédimentation et diagenèse

Le balancement des marées et l'énergie des vagues délimitent des zones d'hydrodynamisme différent qui vont conditionner le type de sédimentation.

Schématiquement, l'hydrodynamisme est maximal dans la zone de déferlement des vagues : les sédiments qui vont s'y déposer seront par conséquent grossiers (sables, galets) et d'autant plus grossiers que la force des vagues sera importante. En revanche, en direction du large, l'hydrodynamisme diminue et ce sont les sédiments les plus fins qui vont sédimenter (silts, argiles).



Répartition des éléments détritiques sur une plage en fonction de l'hydrodynamisme





**Marais
Poitevin
près de
Marans**







▪ Argiles

Les argiles provenant du continent flocculent dans les estuaires ou dans les baies (Baie de Bourgneuf, Anse de l'Aiguillon-sur-Mer, tout le Pertuis d'Antioche...) où débouchent les rivières.

Elles sédimentent également au large, dans des cellules de décantation, des milieux calmes où l'action de la houle et des vagues ne se fait pas sentir ou en arrière d'îles barrant les courants côtiers.

▪ Sables

Les sables apportés par les fleuves, la Loire par exemple, sont dispersés le long du littoral par les courants littoraux et vont former les plages vendéennes, la dérive littorale déplaçant le sable vers le Sud.

Les sables peuvent aussi 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 voire de dunes et déposer le sable plus loin.

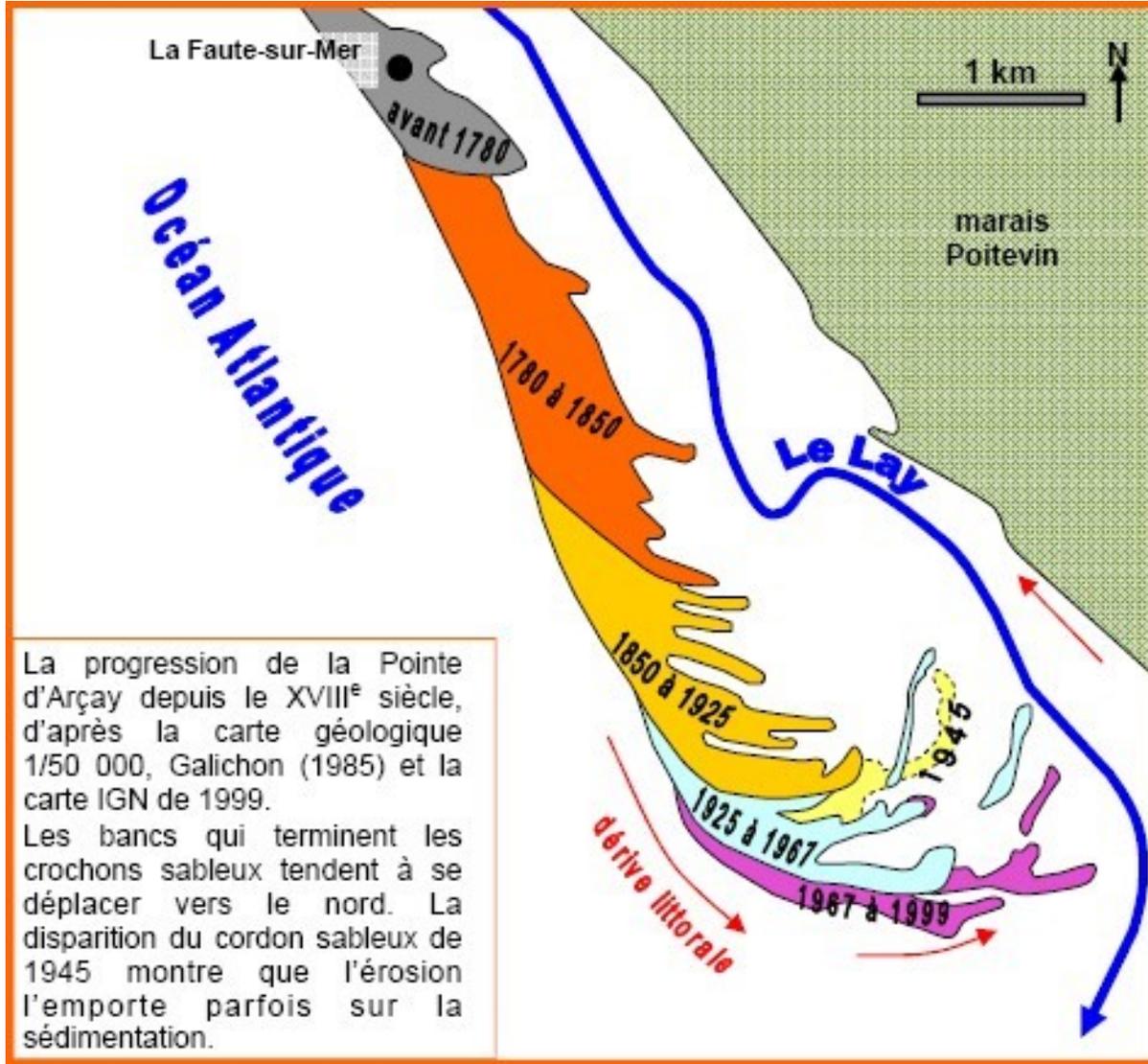
Certains sables de plage ont même pour origine l'érosion de dunes sous-marines qui ont pu se former sur la plate-forme au cours des dernières glaciations : le sable des plages picardes au Nord de la Somme ont pour origine les sables éocènes du fond de la Manche.

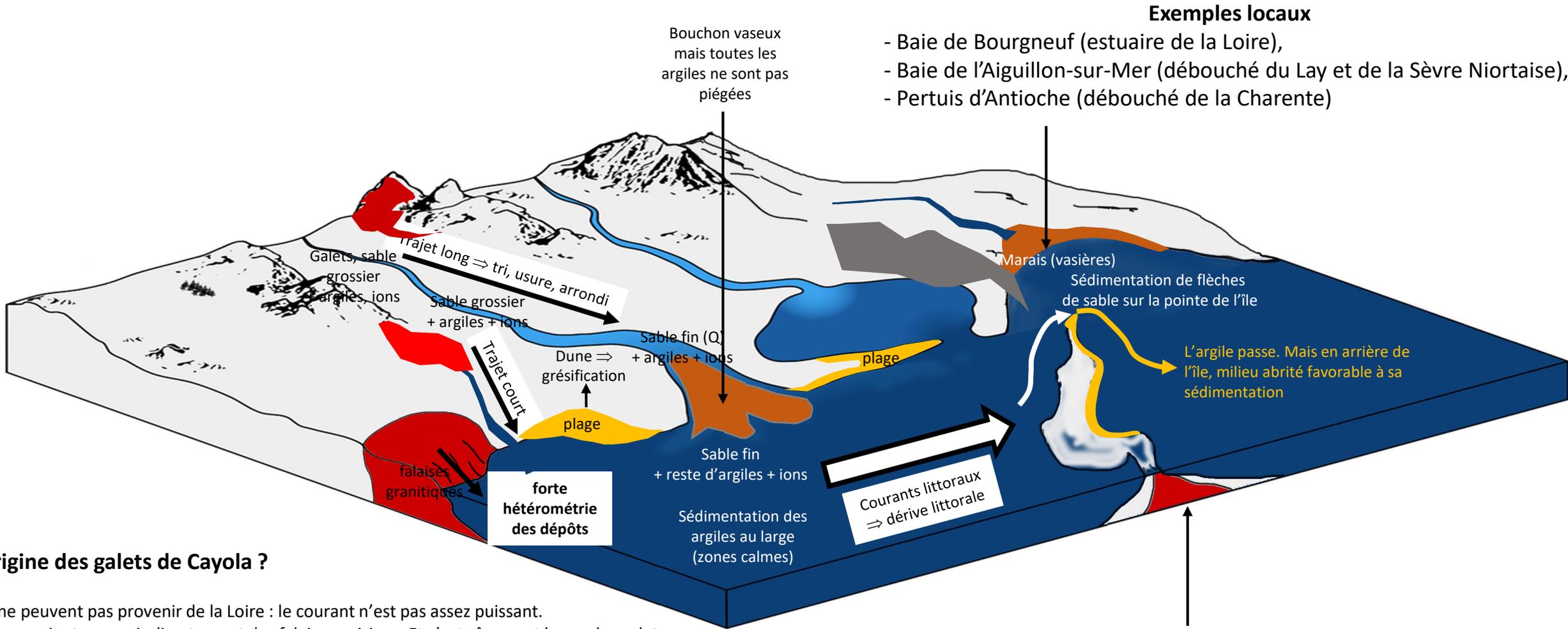
▪ Galets

Les galets peuvent être également apportés par les fleuves mais sous certaines conditions seulement : que les reliefs en amont soient importants et/ou que ces fleuves soient relativement courts pour que leur profil soit pentu ce qui n'est plus le cas pour la Loire actuelle et depuis belle lurette !

Ensuite, contrairement au sable, leur dispersion le long de la côte est plus faible et ne dépasse guère quelques kilomètres depuis l'embouchure.

La plupart des galets présents aujourd'hui sur le haut des estrans proviennent exclusivement de l'altération même de la côte (cas des galets de silex) ou du remaniement de blocs formés sur la plateforme lorsque celle-ci était à l'air libre pendant les dernières glaciations quaternaires et que la mer a roulé lors de la transgression flandrienne, il y a 10 000 ans.





Exemples locaux

- Baie de Bourgneuf (estuaire de la Loire),
- Baie de l'Aiguillon-sur-Mer (débouché du Lay et de la Sèvre Niortaise),
- Pertuis d'Antioche (débouché de la Charente)

Origine des galets de Cayola ?

Ils ne peuvent pas provenir de la Loire : le courant n'est pas assez puissant.
 Ils pourraient provenir directement des falaises voisines. Et c'est sûrement le cas des galets de gneiss, de quartz... Mais beaucoup de ces galets, qualifiés de « jaspéroïdes », sont en fait constitués de calcaires jurassiques silicifiés par hydrothermalisme.
 Or, aujourd'hui, il n'y a pas beaucoup de falaises de calcaire silicifié sur la côte vendéenne à l'exception de l'Anse de la Mine entre Le Porteau et Port Bourgenay. Ce calcaire silicifié affleure bien aussi dans l'Anse Saint-Nicolas mais sur l'estran uniquement. Alors comment expliquer la présence de tous ces galets de jaspéroïdes ? Il faut ici faire intervenir les glaciations du Quaternaire.
 Au cours de la dernière glaciation, la ligne de côte se trouvait 100 km plus à l'Ouest. L'île d'Yeu était « hors d'eau ». Certainement que de nombreux affleurements de calcaire silicifié, aujourd'hui sous l'eau, se trouvaient à l'air libre. Et soumis aux alternances de gels et de dégels, peut-être aussi karstifiés, ils ont fourni ces blocs de jaspéroïdes que la transgression flandrienne a ensuite « poussés » devant elle et façonnés en galets.

Îles faisant obstacle aux courants littoraux

Exemples locaux :

- Île de Noirmoutier (Pertuis de Bourgneuf),
- Île de Ré (Pertuis Breton),
- Île d'Aix, Île Madame et Île d'Oléron (Pertuis d'Antioche)

V- Description du cycle sédimentaire
dans le cas d'une roche-mère calcaire

A. L'altération du calcaire

**Labeaume
(Ardèche)**



**Paysage
ruiniforme -
Mourens
(Hérault)**





Paysage ruiniforme - Minerve (Hérault)