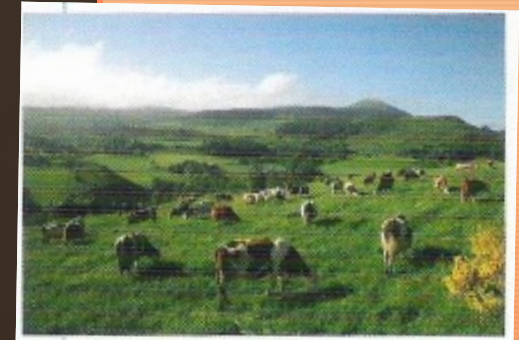




Paysage des Pyrénées



Paysage du Massif central

On cherche à comprendre qu'un paysage change inéluctablement avec le temps du fait de l'érosion ; on identifie les agents d'érosion et leur importance.

Thème 2_A TP 1: l'érosion, processus et conséquence



Les affleurements d'un massif ancien

Utiliser la légende de la carte géologique de la France au 1/1 000 000e

Les massifs anciens sur la carte au 1/1 000 000e, n° 14, 15, 16, 17.



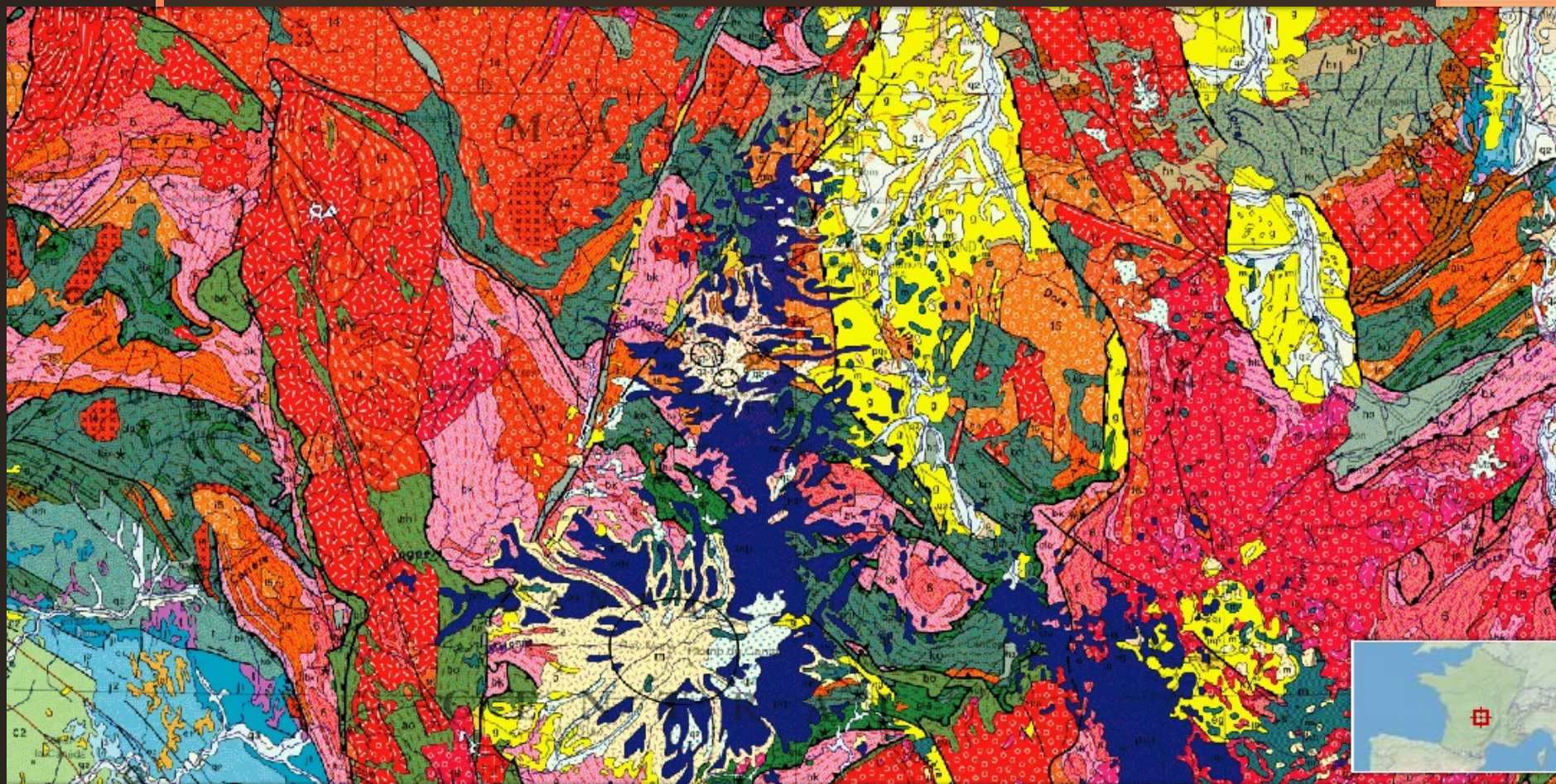


SRS : Lambert 93

X : 997304.05 Y : 6576241.20

D'après InfoTerre BRGM

Des affleurements d'anciennes roches plutoniques datées de l'hercynien

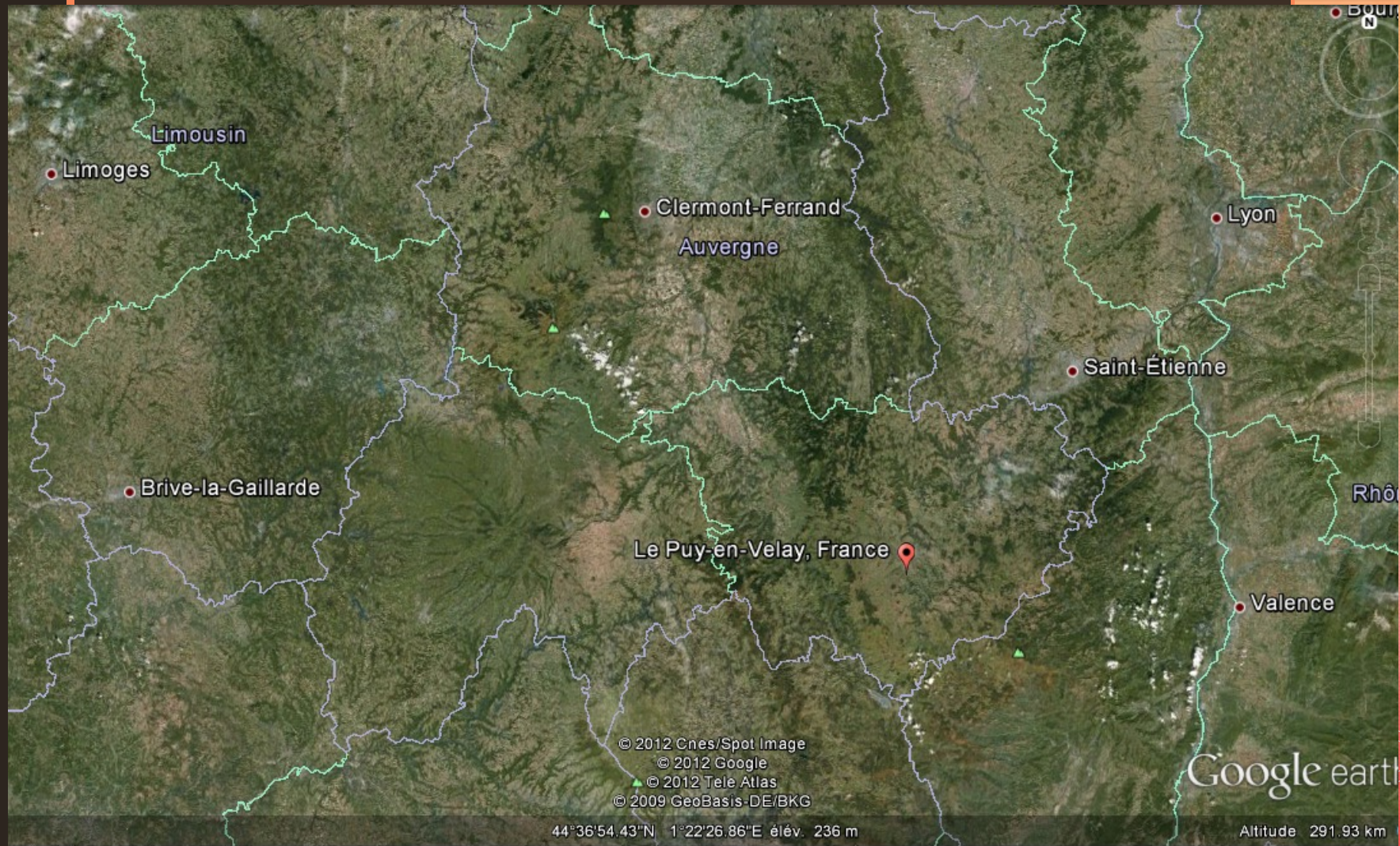


SRS : Lambert 93

X : 754146.36 Y : 6418802.87

Echelle : 1 / 1 000 000

Le Massif Central n'a pas la topographie des Alpes... d'où son qualificatif de massif ancien...



La topographie des massifs anciens: Massif Armoricain, Massif Central



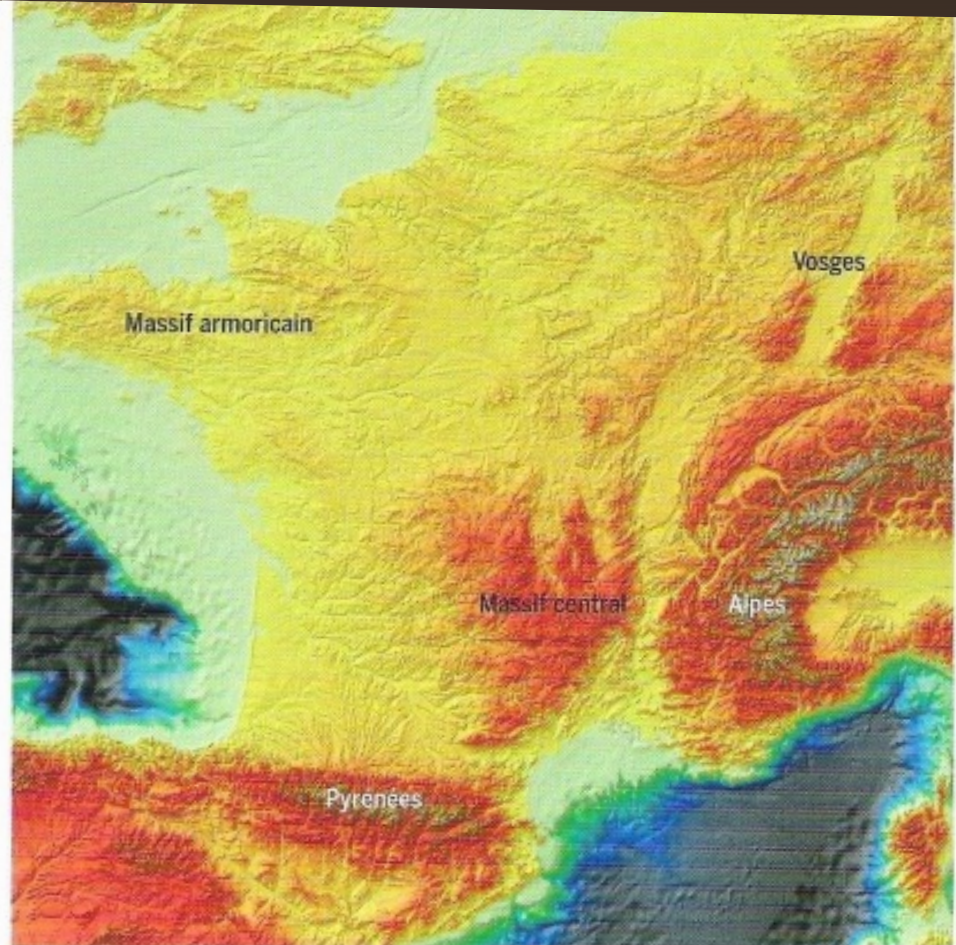
Paysage du Massif armoricain



Paysage du Massif central



Paysage des Pyrénées



Modèle numérique du relief de la France : il s'agit d'une représentation de la topographie construite par ordinateur à partir de données d'altitude du terrain (réalisé par J.-D. Champagnac, Swiss Federal Institute of Technology).

Les facteurs d'altération

A L'altération physique

Un certain nombre d'agents sont responsables de la désagrégation mécanique des roches et donc d'une modification du relief. Les principaux agents sont le gel, la glace, les variations de température et les végétaux.

• L'action du gel



Dans les régions où l'eau subit des phénomènes de gel-dégel, elle peut entraîner la fracturation des roches. En effet, en passant de l'état liquide à l'état solide, le volume de l'eau augmente d'environ 10 %. Ainsi, quand l'eau infiltrée dans les fissures d'une roche gèle, l'augmentation du volume d'eau provoque l'éclatement de la roche (« geler à pierre fendre »!).

• L'action des variations de température



Les variations brutales de température (par exemple entre le jour et la nuit) peuvent entraîner la désagrégation d'une roche, surtout si celle-ci est composée de minéraux n'ayant pas le même **coefficient de dilatation**. Ce phénomène est particulièrement important en haute montagne et dans les déserts.

• L'action des glaciers

La pression exercée sur les roches par le déplacement des glaciers peut les transformer en matériaux très fins (limons, poussières...), on parle de « farine glaciaire ». Celle-ci peut être visible après le retrait du glacier comme sur la *photographie ci-contre*.



• L'action des végétaux



Le développement des racines peut entraîner l'agrandissement des fissures au sein des roches et faciliter leur altération (*photographie*). De plus, les racines ont tendance à acidifier le milieu. Ce rejet d'ions H^+ peut interférer avec des cations qui constituent les minéraux des roches environnantes et, ainsi, favoriser l'altération chimique.

Doc. 1 Des roches soumises aux facteurs climatiques et biologiques.

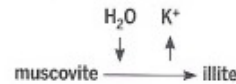
Les facteurs d'altération

B L'altération chimique

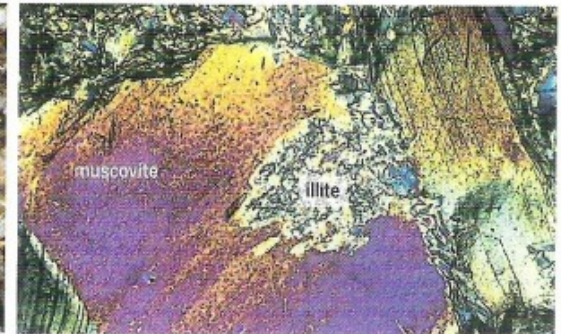
La principale réaction chimique responsable d'une altération est l'hydrolyse, c'est-à-dire la destruction des minéraux par l'eau. Dans le cas d'un granite soumis à l'action de l'eau, on constate des auréoles d'altération autour des micas et des feldspaths (*photographies*). Ces minéraux appartiennent à la famille des silicates, c'est-à-dire qu'ils

présentent une charpente formée par des molécules SiO_4 entre lesquelles se trouvent différents cations (K^+ , Na^+ ...). Sous l'action de l'eau, ces cations vont être mis en solution de façon plus ou moins importante. Ainsi, la structure du minéral est modifiée avec formation de nouveaux minéraux et d'ions pouvant être lessivés.

L'altération par hydrolyse de la muscovite (mica blanc présent dans le granite) entraîne la formation de l'illite, un minéral argileux, pouvant lui-même être altéré par la suite.



Granite altéré observé à l'œil nu



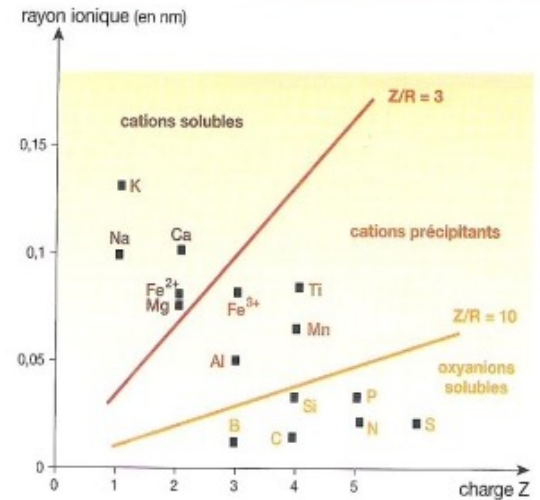
Lame mince d'un granite altéré observée au microscope en lumière polarisée analysée

Doc. 2 L'altération par le phénomène d'hydrolyse.

Les ions constituant les différents cristaux d'une roche ne réagissent pas tous de la même façon au cours du phénomène d'hydrolyse. La molécule d'eau va se comporter comme un **dipôle** dont la force d'attraction, vis-à-vis d'un ion, va déterminer la solubilité de cet ion. Cette force d'attraction dépend du **potentiel ionique (PI)**, c'est-à-dire du rapport entre la charge Z de l'ion et son rayon ionique R .

Le *diagramme ci-contre* permet de déterminer trois classes d'ions en fonction de leurs potentiels ioniques :

- les **cations solubles** : ils ont une charge faible et sont attirés par l'eau, formant des éléments solubles pouvant ainsi être évacués vers les océans et constituer des calcaires, par exemple ;
- les **cations précipitants** : ils sont insolubles et précipitent sous la forme d'hydroxydes (ils sont à l'origine de gisements métallifères, par exemple, de bauxite) ;
- les **oxyanions solubles** : avec un petit diamètre et une charge élevée, ils sont solubles et peuvent être évacués vers les océans où ils se recombinaient avec les cations solubles permettant ainsi la formation de carbonates, sulfates ou phosphates, par exemple.

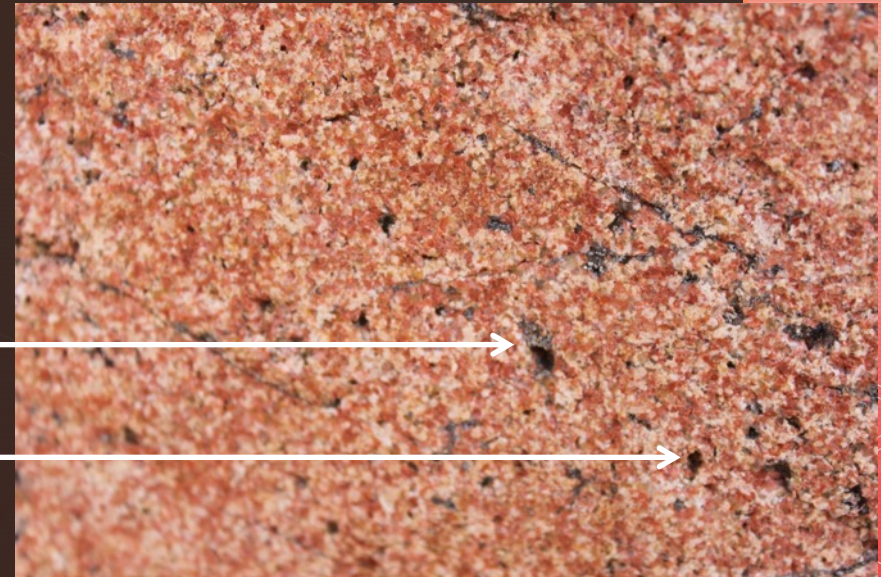


Doc. 3 La solubilité des ions dépend de leur potentiel ionique.

Mise en évidence d'une érosion différentielle sur le granite rose de Bréhat



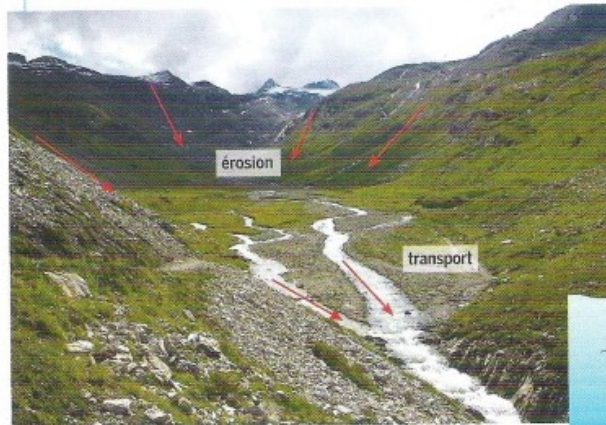
Les micas noirs, sont les minéraux les premiers altérés par l'eau



Le transport des produits issus de l'altération

L'érosion correspond à la diminution des reliefs résultant du départ des produits de l'altération. Ces derniers, principalement transportés par l'eau, se déposent plus ou moins loin sous forme de sédiments et sont à l'origine des roches sédimentaires. Voyons ici l'importance et les modalités de ce transport.

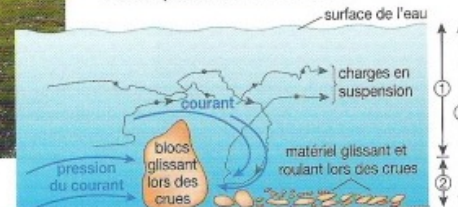
A Le transport des éléments par les cours d'eau



La naissance d'un cours d'eau dans les Alpes

Outre le vent et la glace, l'eau est le principal agent de transport des éléments issus de l'altération des roches (schéma ci-dessous). Les ions sont transportés en solution, les particules en suspension. Pour des particules de taille importante, le transport s'effectue en roulant ou en glissant au fond de l'eau : lors des crues, c'est la pression exercée par le courant qui fait rouler les blocs.

Le transport dans un cours d'eau



- ① charge déplacée principalement en suspension
- ② charge déplacée par glissement et roulement
- ③ charge chimique en solution

Doc. 1 Les rivières et les fleuves transportent des éléments en suspension et en solution.



L'Isère en crue en mai 2008

Il est possible de déterminer la **charge sédimentaire** d'un cours d'eau, c'est-à-dire la masse de sédiments transportés par unité de temps à travers une section transversale. Parmi la matière transportée, on distingue la matière en suspension (MES) et la matière dissoute totale (MDT). Il est possible, à l'aide d'un préleveur automatique, d'analyser des échantillons d'eau et de mesurer les concentrations en MES et en MDT.

De telles mesures ont été réalisées sur l'Isère au niveau de la ville de Grenoble (point rouge sur la carte). Le bassin de l'Isère, situé en amont, apporte au Rhône une quantité importante de matières issues principalement des Alpes.

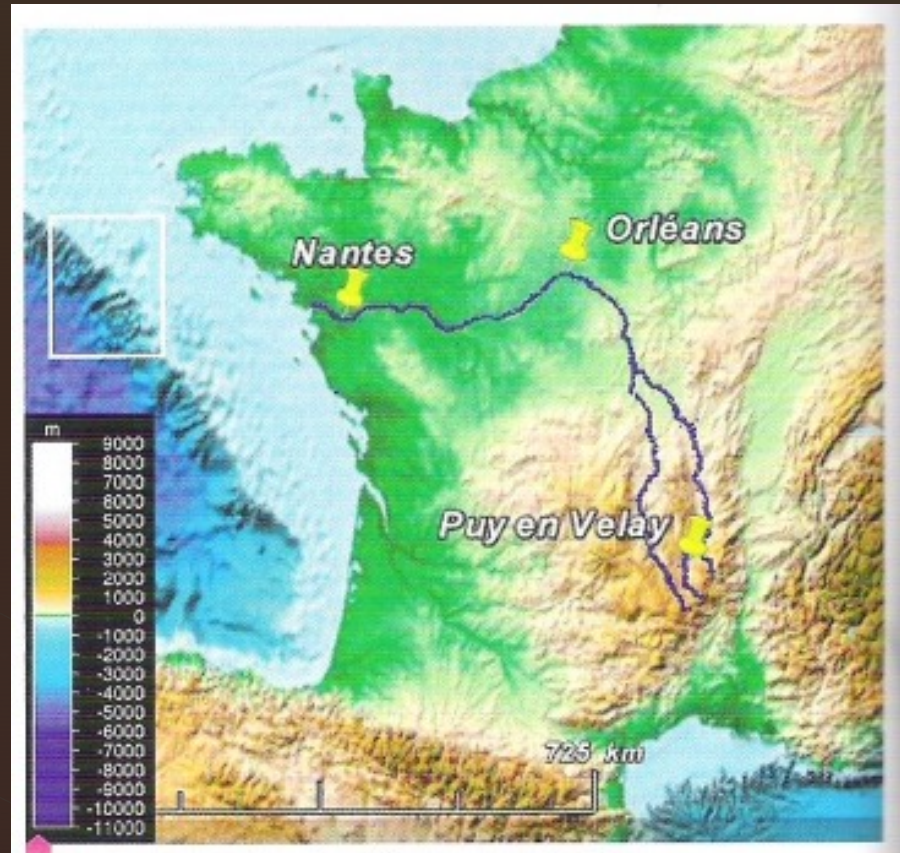
La répartition des flux annuels de MES et de MDT est sensiblement équivalente, respectivement de $2 \text{ Mt} \cdot \text{an}^{-1}$ (mégatonnes par an) et de $1,73 \text{ Mt} \cdot \text{an}^{-1}$. Le flux annuel de MES devient véritablement prépondérant sur le transit de MDT lors de crues importantes (photographie).

Ces mesures permettent de dresser un bilan d'érosion sur le bassin de l'Isère qui serait en moyenne de $350 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$, soit, compte tenu de la superficie du bassin, une érosion totale de $3,73 \text{ Mt} \cdot \text{an}^{-1}$.

Doc. 2 La charge sédimentaire d'un cours d'eau, l'Isère par exemple, provient de l'érosion.

Transport et sédimentation des produits d'érosion

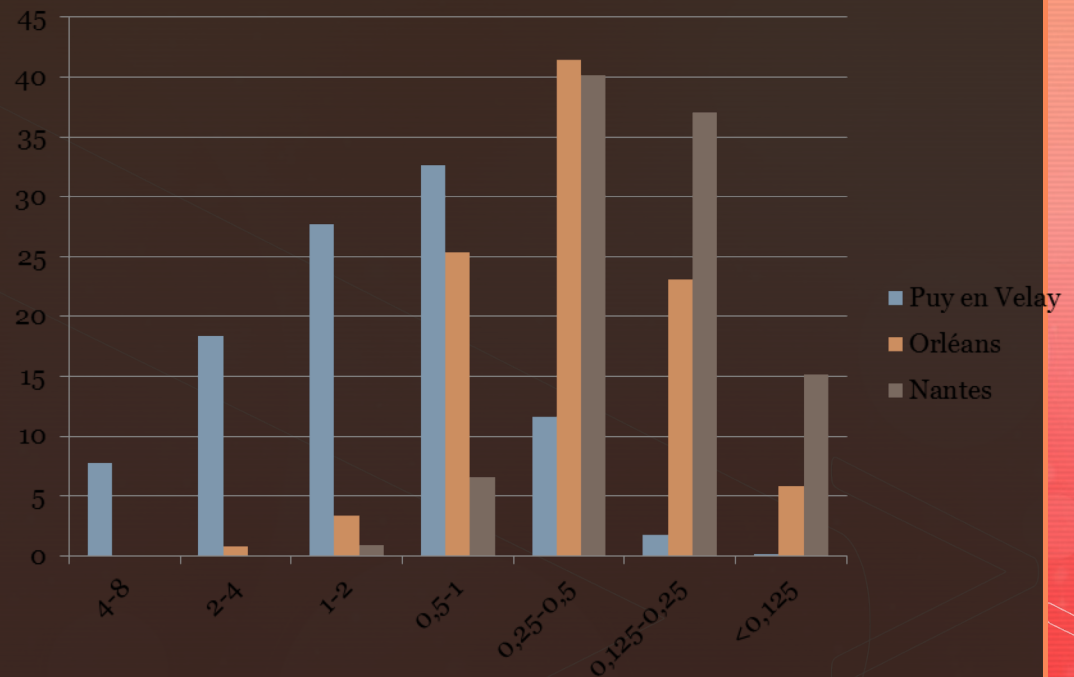
Document 1 :
Localisation des
lieux de
prélèvements sur la
Loire



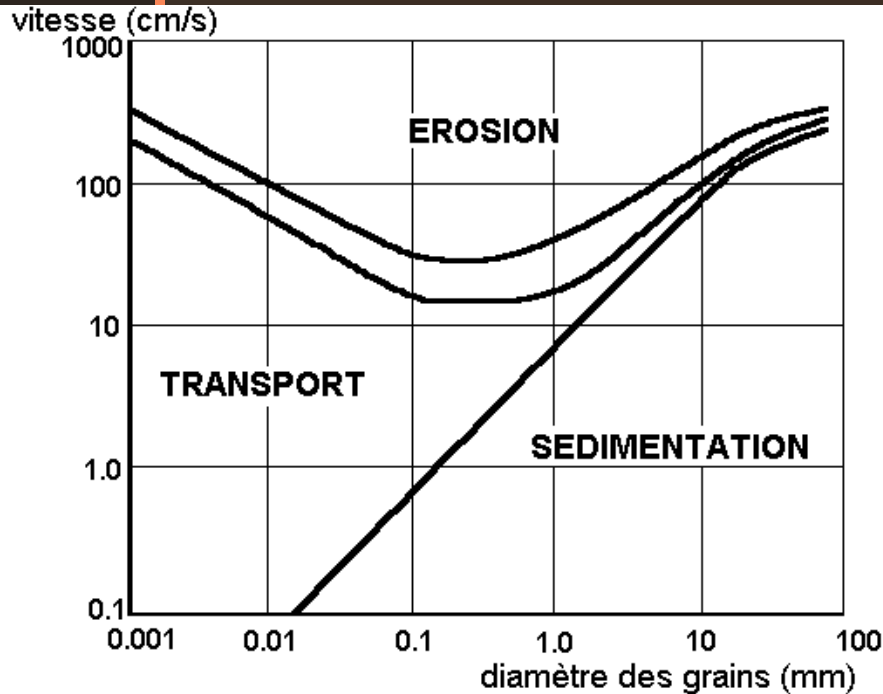
Le transport des particules issues de l'érosion des reliefs est surtout assuré par l'eau et le vent. Ainsi les particules résultant de l'érosion des roches du Massif Central sont véhiculées par la Loire et se déposent dans le lit du fleuve en fonction de leur taille et de la vitesse du courant.

Document 2 : Résultats de tamisage du sable de Loire prélevé à différents endroits.

classe granulométrique	Puy en Velay	Orléans	Nantes
4-8	7,8	0	0
2-4	18,4	0,8	0
1-2	27,7	3,4	0,9
0,5-1	32,7	25,4	6,6
0,25-0,5	11,6	41,5	40,2
0,125-0,25	1,7	23,1	37,1
<0,125	0,1	5,8	15,2



Document 3 : comportement des particules en fonction de leur granulométrie et de la vitesse du courant (diagramme de Hulström)



1. Lorsque l'eau circule à une vitesse de 1 m.s^{-1} , une particule de 1 mm :

- a. est érodée.
- b. est transportée.
- c. sédimente.

2. Une particule de 0.1 mm de diamètre est transportée uniquement par de l'eau circulant à :

- a. $0,1 \text{ cm.s}^{-1}$
- b. 1 cm.s^{-1}
- c. 10 cm.s^{-1}
- d. 100 cm.s^{-1}

3. Une particule de 0.012 mm de diamètre va uniquement sédimenter si la vitesse de courant est de :

- a. 0.1 cm.s^{-1}
- b. 1 cm.s^{-1}
- c. 10 cm.s^{-1}
- d. 100 cm.s^{-1}

Recyclage des chaînes de collision



Granite altéré => altération d'un ancien massif, cohésion entre les cristaux diminuée d'où érosion facilitée



Arène granitique = transport des particules sédimentaires, par l'eau, depuis la zone d'altération



Conglomérat: sédimentation des particules sédimentaires de granulométrie variable (selon vitesse du courant), puis joint d'argile par exemple.

Altération, érosion, affleurement



Granite d'anatexie

Migmatite

Anatexie crustale



Gneiss

Métamorphisme de collision (BP-HT)



Micaschiste à chlorite

Métamorphisme de collision (BP-MT)

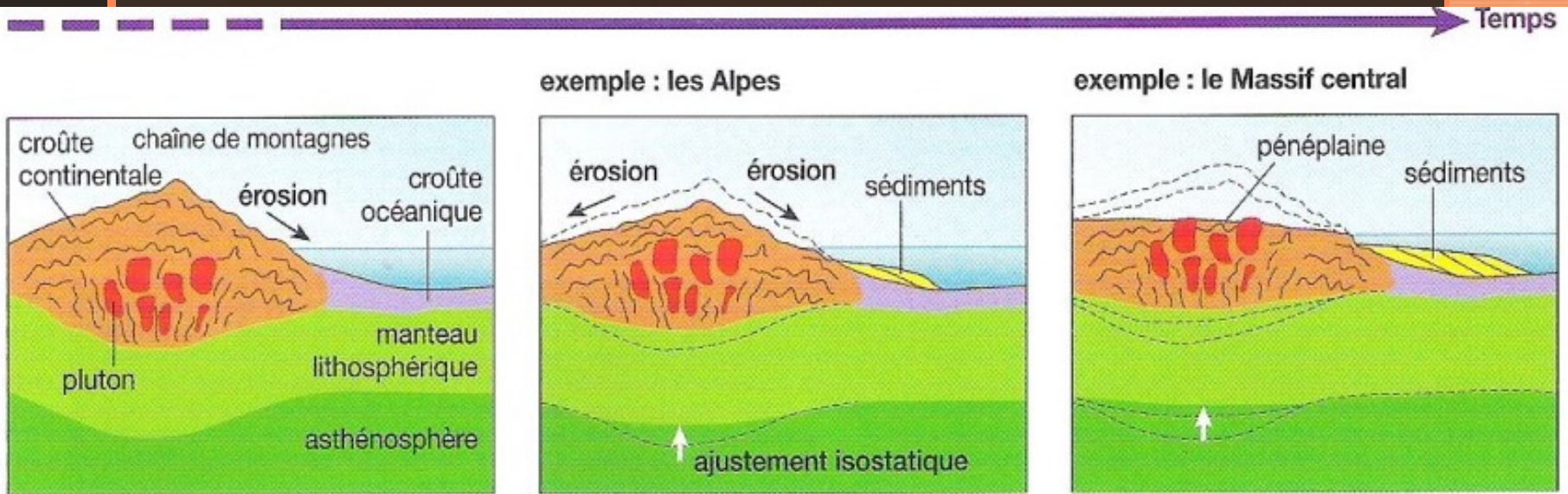
- L'étude des chaînes de montagnes anciennes (Massif Central par ex) révèle une topographie très faiblement positive. De plus on y observe des **granites** initialement formés en profondeur. On en déduit qu'au cours du temps, les montagnes **s'érodent**, présentant ainsi à l'**affleurement** des roches formées en profondeur.
- Les **facteurs d'altération** peuvent être **physiques** (variation de T°C, vent, action mécanique des végétaux, action mécanique des glaciers...) mais également **chimiques** (eau, ions H⁺ libérés par les végétaux). L'altération par l'eau est la plus importante. L'érosion qui suit l'altération fait intervenir des **agents de transport**.
- Les particules érodées se retrouvent dans les cours d'eau où elles sont transportées (en suspension ou en solution selon leur diamètre) ou bien elles y sédimentent, selon leur granulométrie et la vitesse du courant.
- La vitesse d'érosion est grande ~ qqs 10 mm.an⁻¹.
- Elle dépend du climat, du débit des fleuves drainant les reliefs, et de la hauteur du relief à éroder!



Pour aller plus loin

- La vitesse d'érosion étant estimée à qqs mm.an⁻¹, soit qqs km.millions d'années⁻¹, les chaînes de montagnes récentes comme les Alpes, formées il y 40 millions d'années devraient être totalement érodées.
- **Comment expliquer le maintien du relief des montagnes récentes malgré l'érosion ?**

De la chaîne de montagne au massif ancien





Traces écrites

Thème 2- Les enjeux contemporains de la planète

Chapitre 2-A- Géosciences et dynamique des sols

I. L'érosion, processus et conséquences

L'érosion affecte la totalité des reliefs terrestres. L'eau est le principal facteur de leur altération (modification physique et chimique des roches) et de leur érosion (ablation et transport des produits de l'altération).

L'altération des roches dépend de différents facteurs dont la nature des roches (cohérence, composition), le climat et la présence de végétation.