



Le temps et les roches



Problématique générale : Quelles sont les méthodes mises en oeuvre par les géologues pour mesurer le temps et dater des événements géologiques ?

I. La chronologie relative

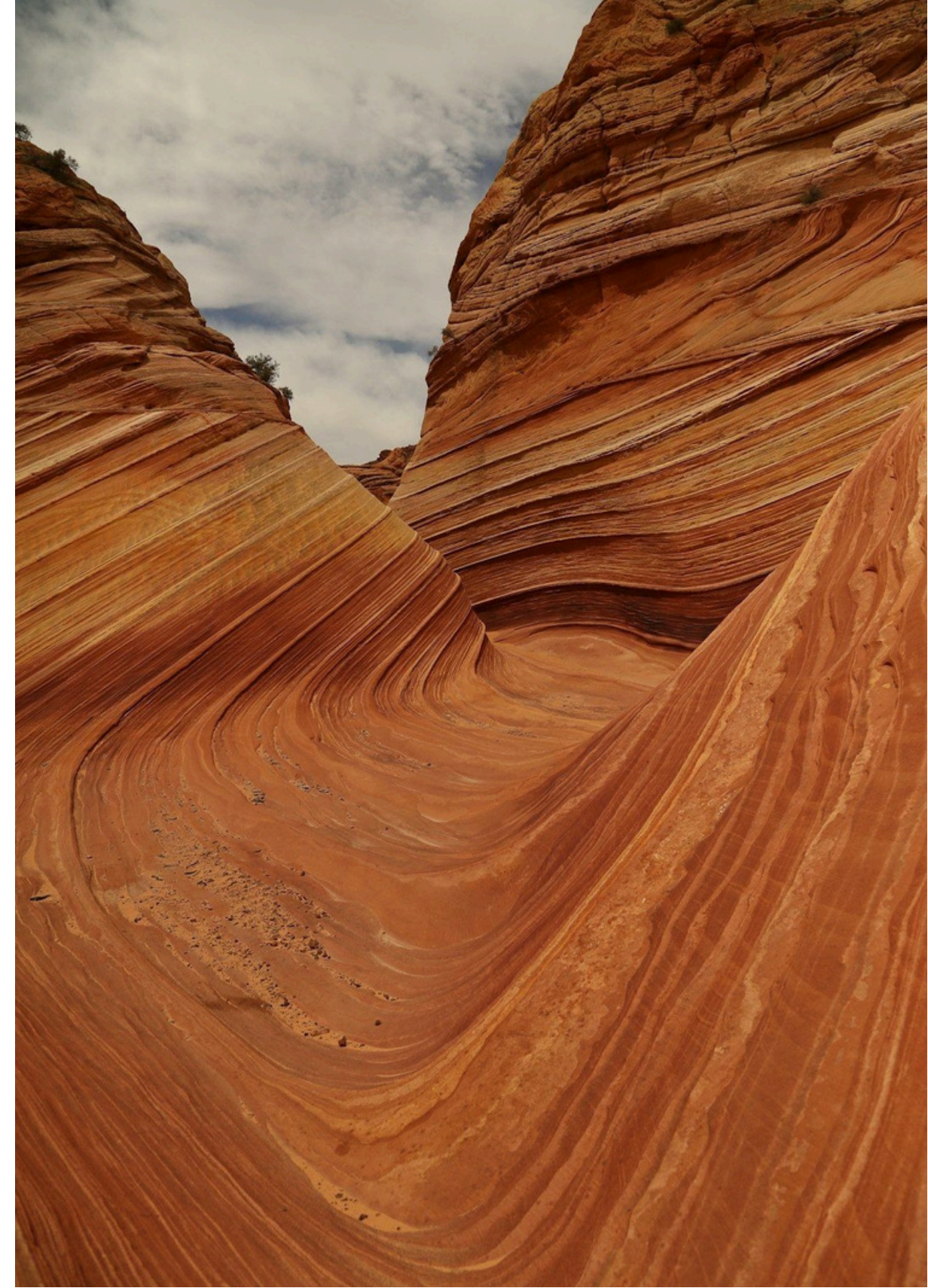
A) Les principes géométriques et paléontologiques de la chronologie relative

B) La construction de l'échelle stratigraphique

II. La datation absolue

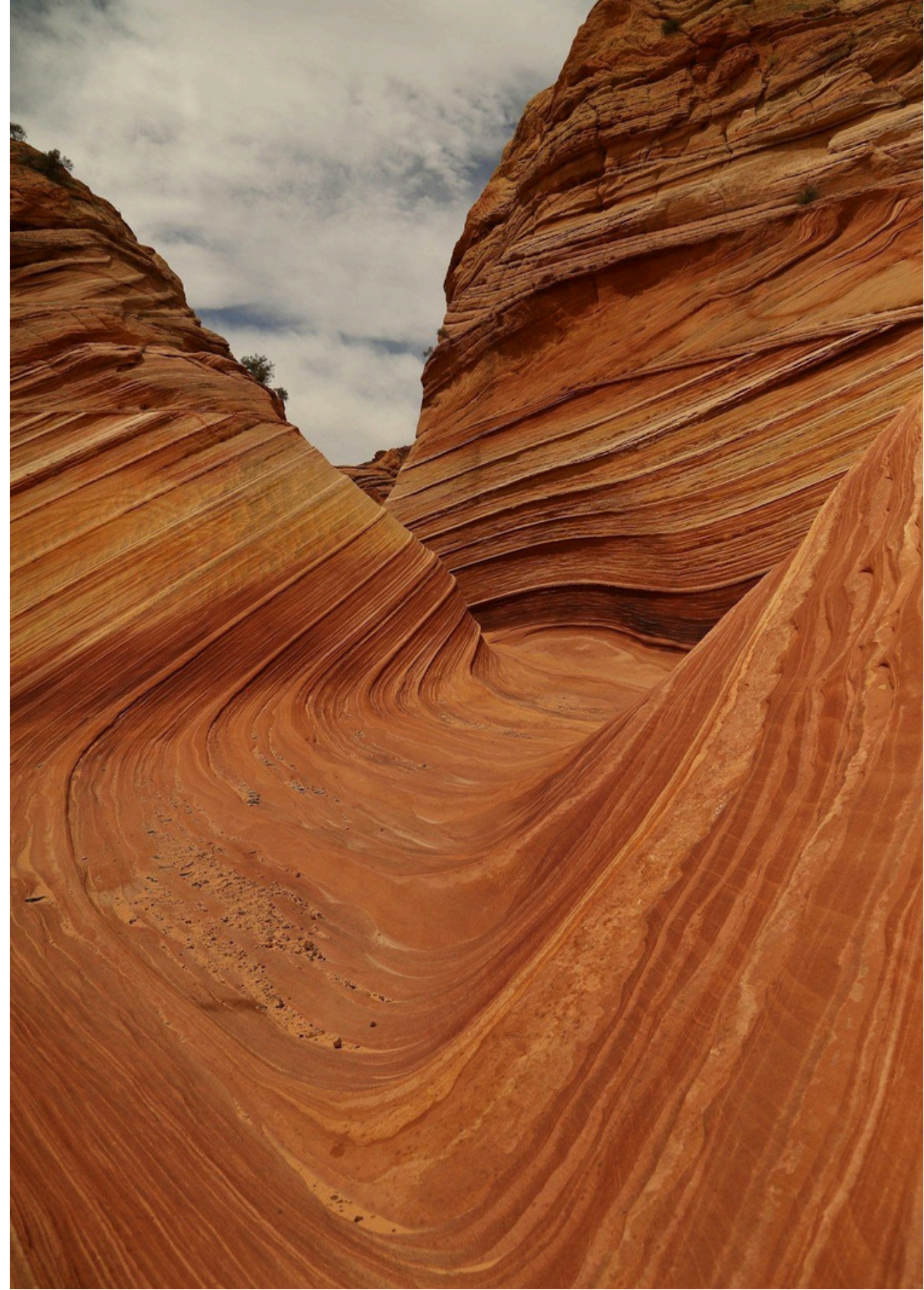
A) Les principes géophysiques de la datation absolue

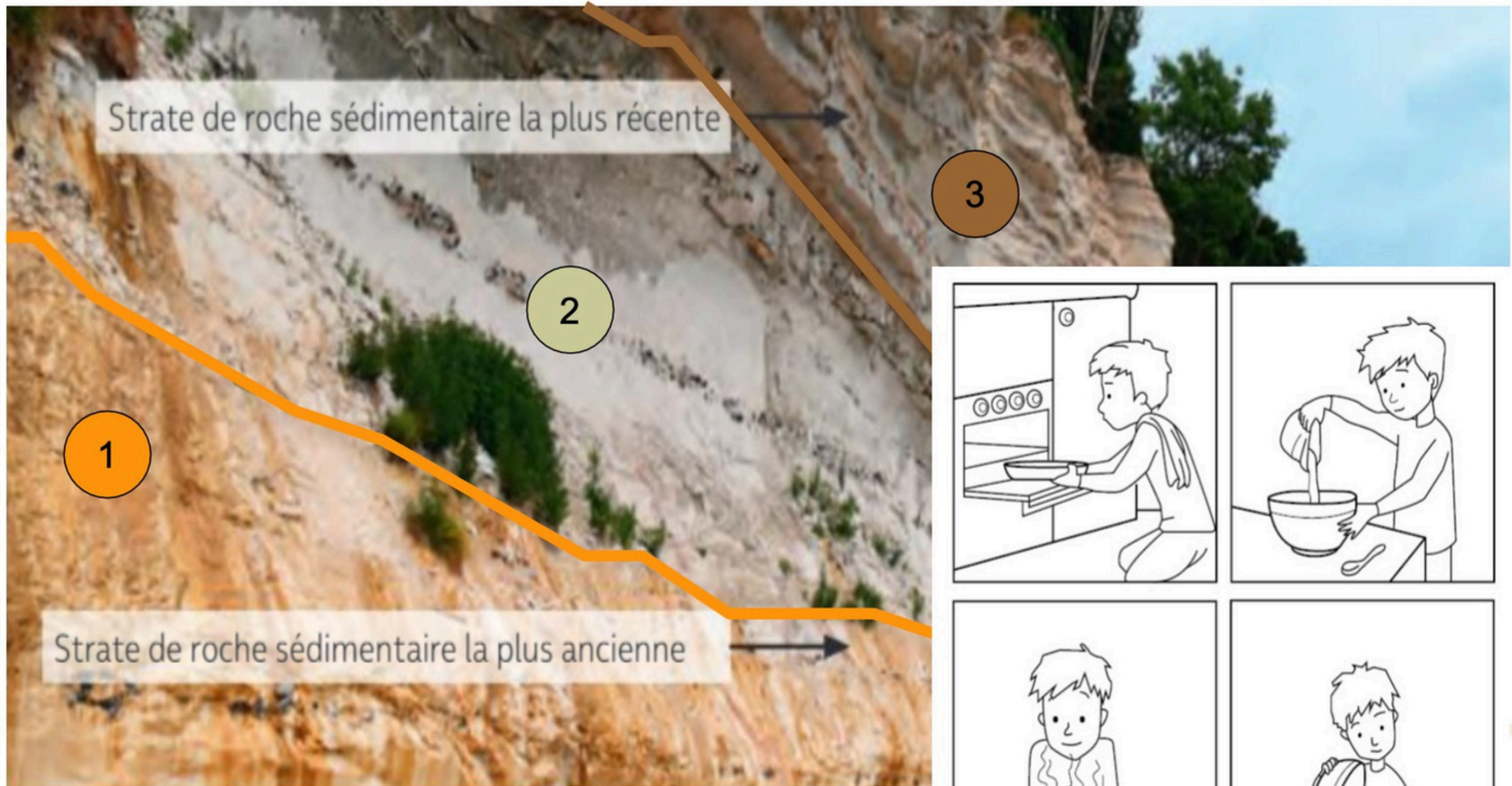
B) La diversité des géochronomètres



I. L'chronologie relative

→ A) Les principes géométriques et paléontologiques de la chronologie relative

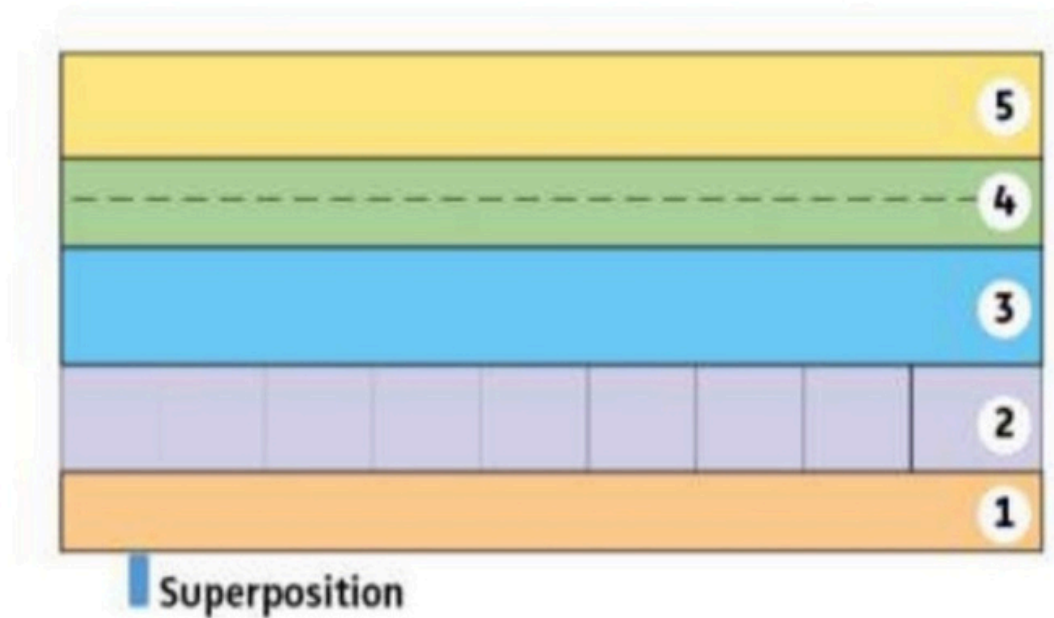




Images désordonnées de la réalisation d'une recette.
L'étude géologique d'un terrain implique que les structures observées soient replacées dans un ordre chronologique.

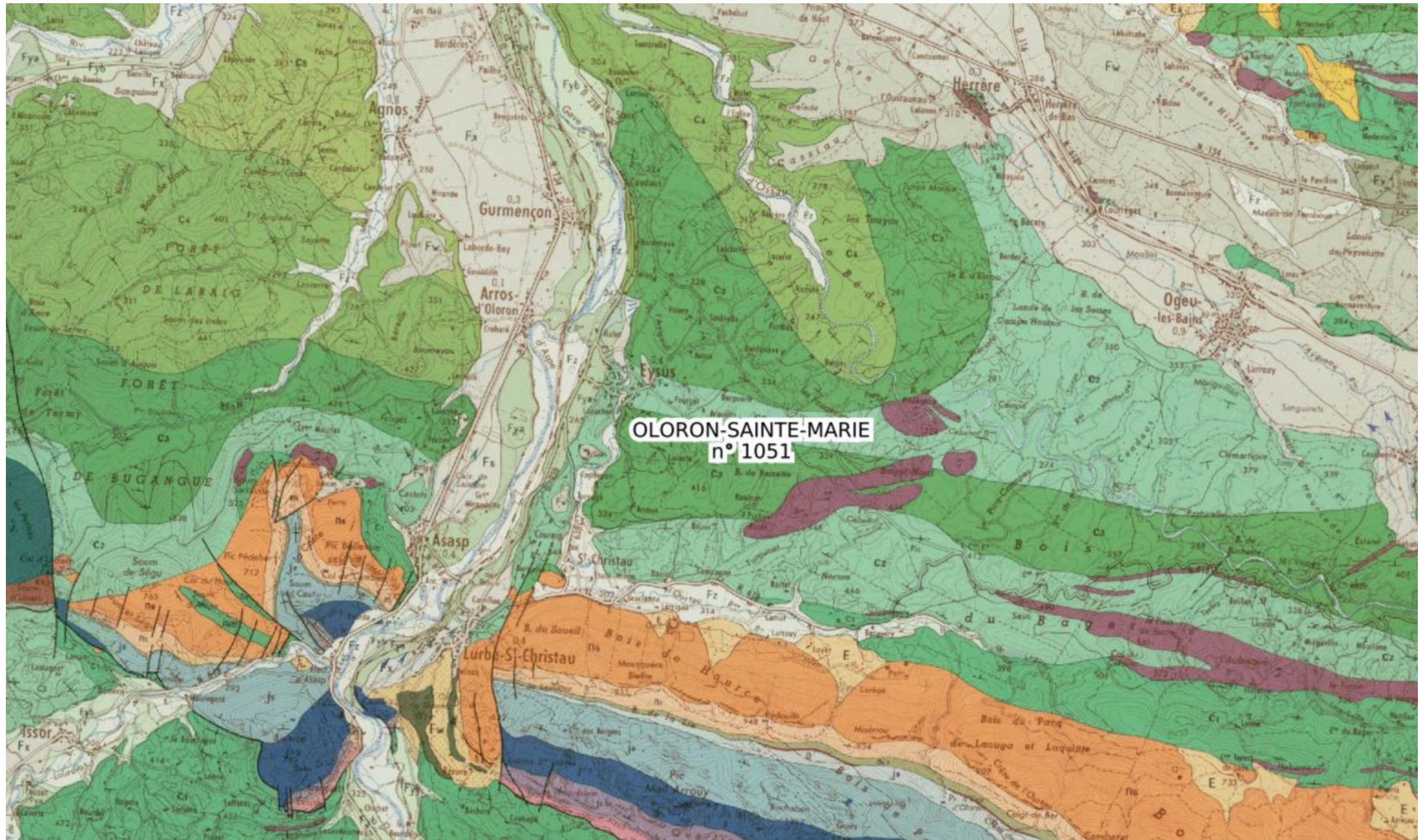


ARGUMENT : les relations géométriques observées entre différents objets géologiques à différentes échelles



Principe de superposition : une couche géologique est plus récente (donc postérieure) à la couche géologique qu'elle recouvre.

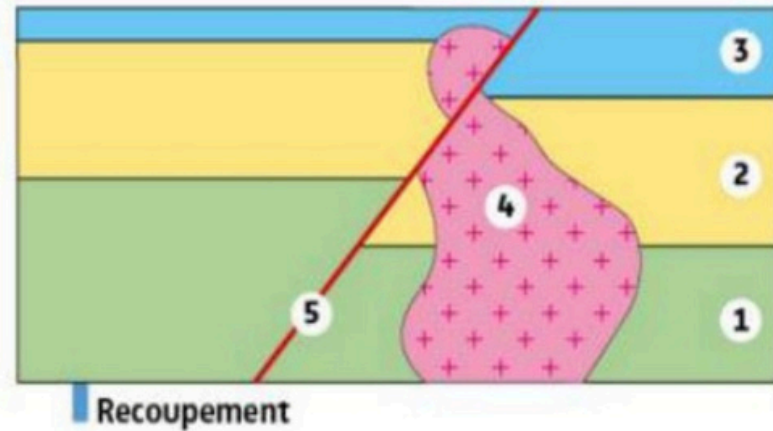




OLORON-SAINTE-MARIE
n° 1051

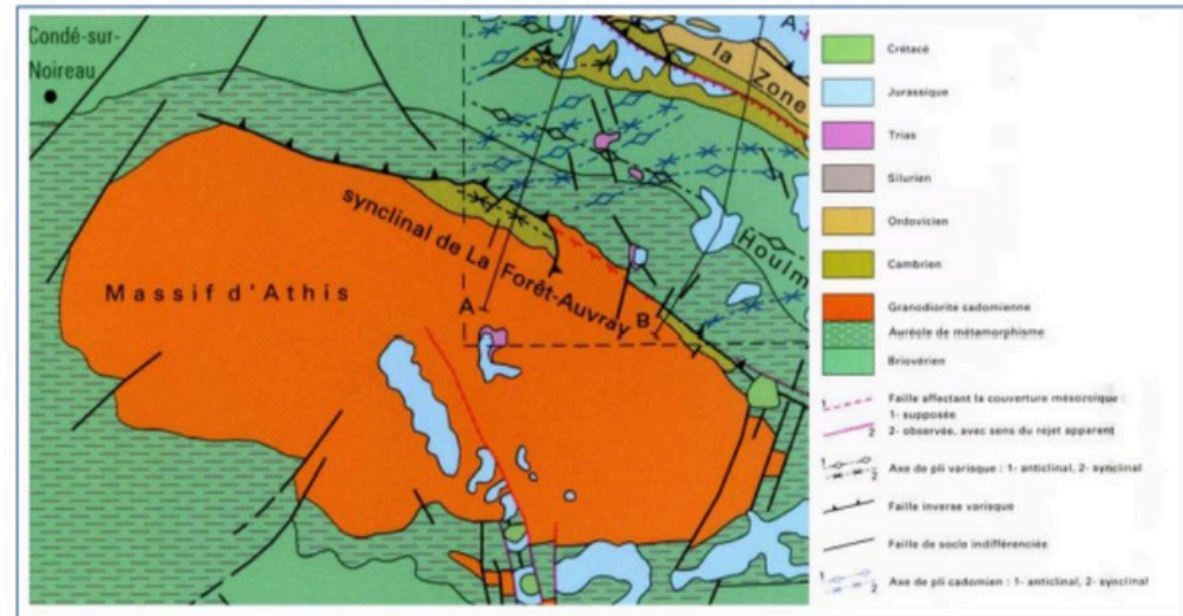


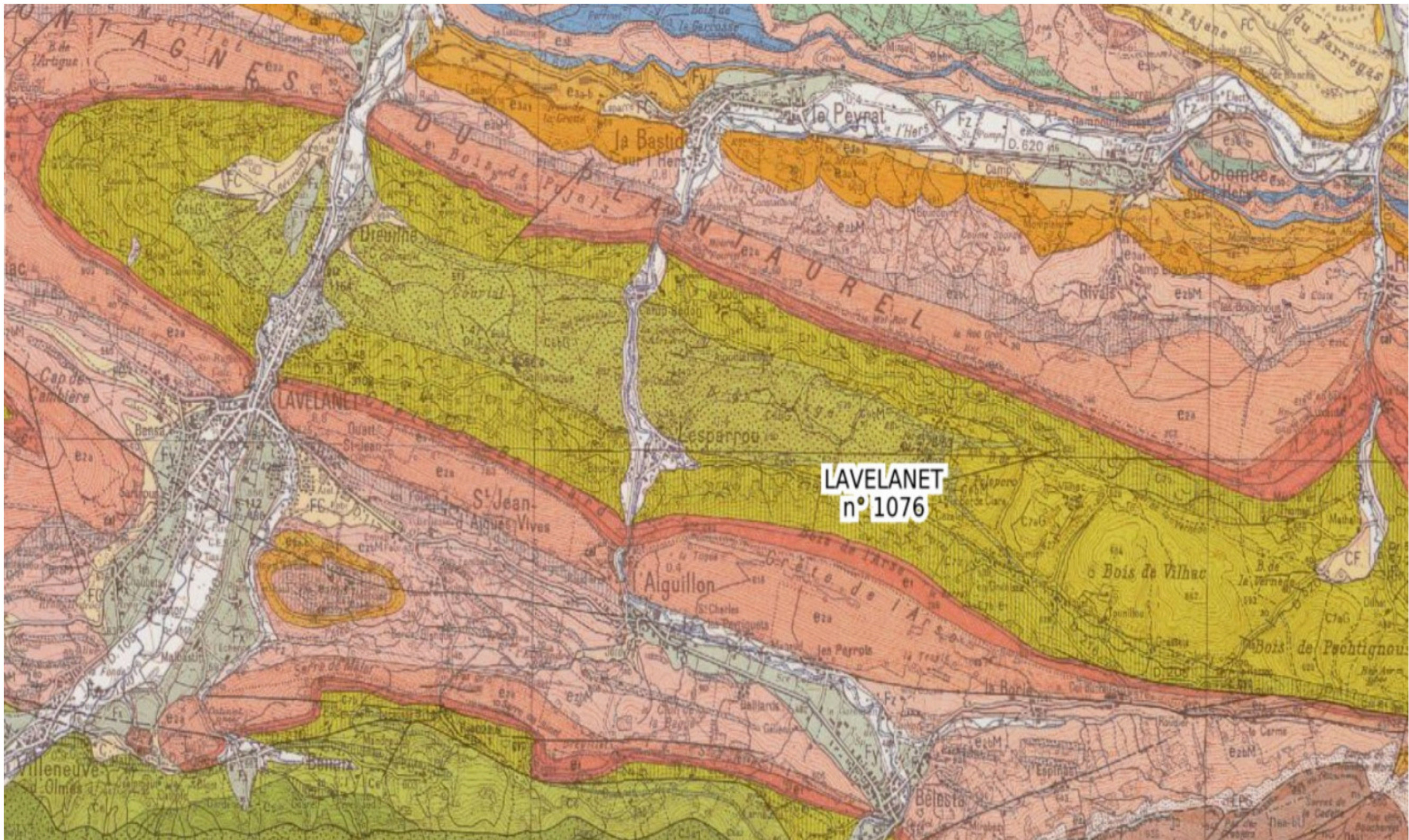
ARGUMENT : les relations géométriques observées entre différents objets géologiques à différentes échelles



4 Faille normale recoupant un ensemble de strates sédimentaires plus anciennes.

Principe de recoupement :
des déformations (plis, failles, intrusions) sont plus récentes que les couches qu'elles recoupent.

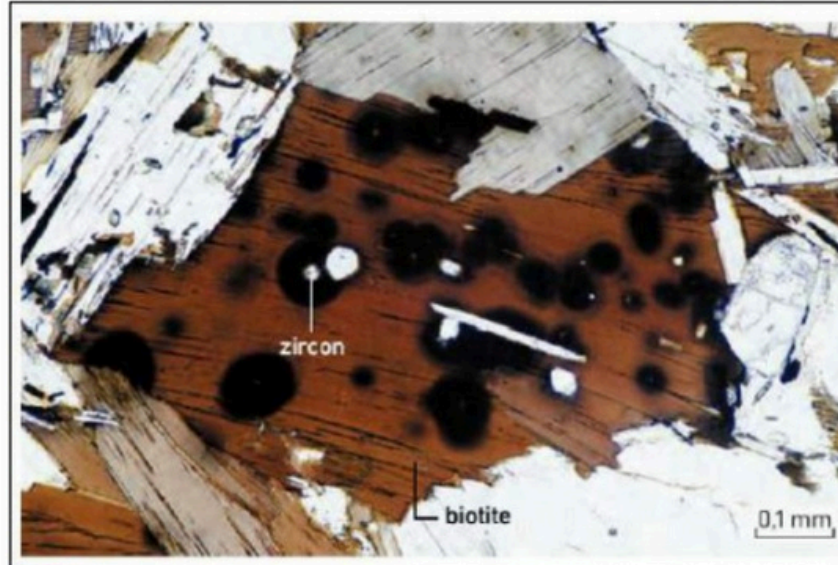
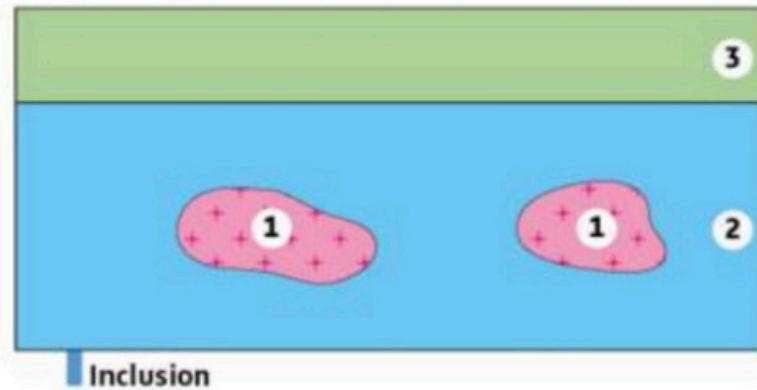








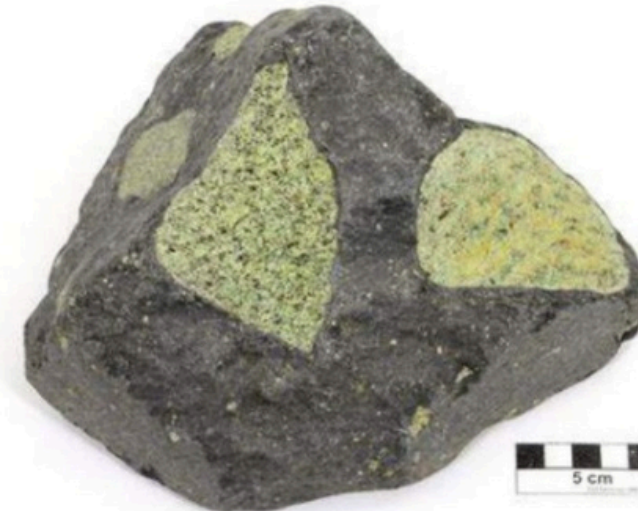
ARGUMENT : les relations géométriques observées entre différents objets géologiques à différentes échelles



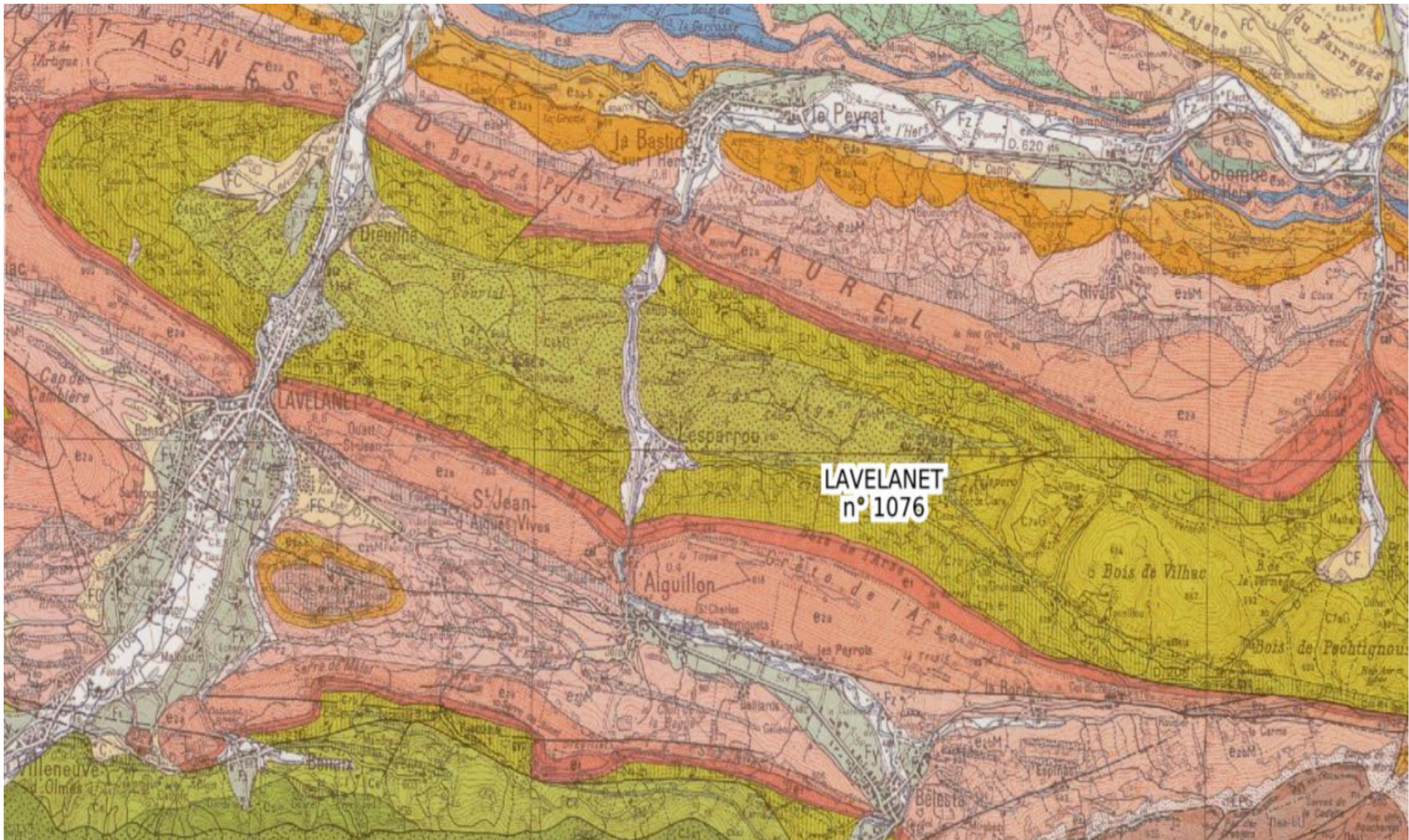
Le zircon est un minéral courant dans les magmas granitiques. Extrêmement résistant, il est considéré comme pratiquement inaltérable, si bien que certains cristaux de zircon sont presque aussi vieux que la Terre (voir p. 131). On le trouve couramment en inclusion dans les cristaux de biotite au sein des granites et des rhyolites. Il peut contenir des traces d'uranium, élément radioactif qui, en se désintégrant, « brûle » la biotite environnante, provoquant la formation d'une auréole brune ou noire caractéristique.

☞ Cristal de biotite contenant des cristaux de zircon. Observation au microscope polarisant (LPNA[®]).

Principe d'inclusion : tout élément inclus dans une roche ou un minéral, est plus ancien que cette roche ou ce minéral.



Basaltes avec inclusions de nodules de péridotites



Ouest

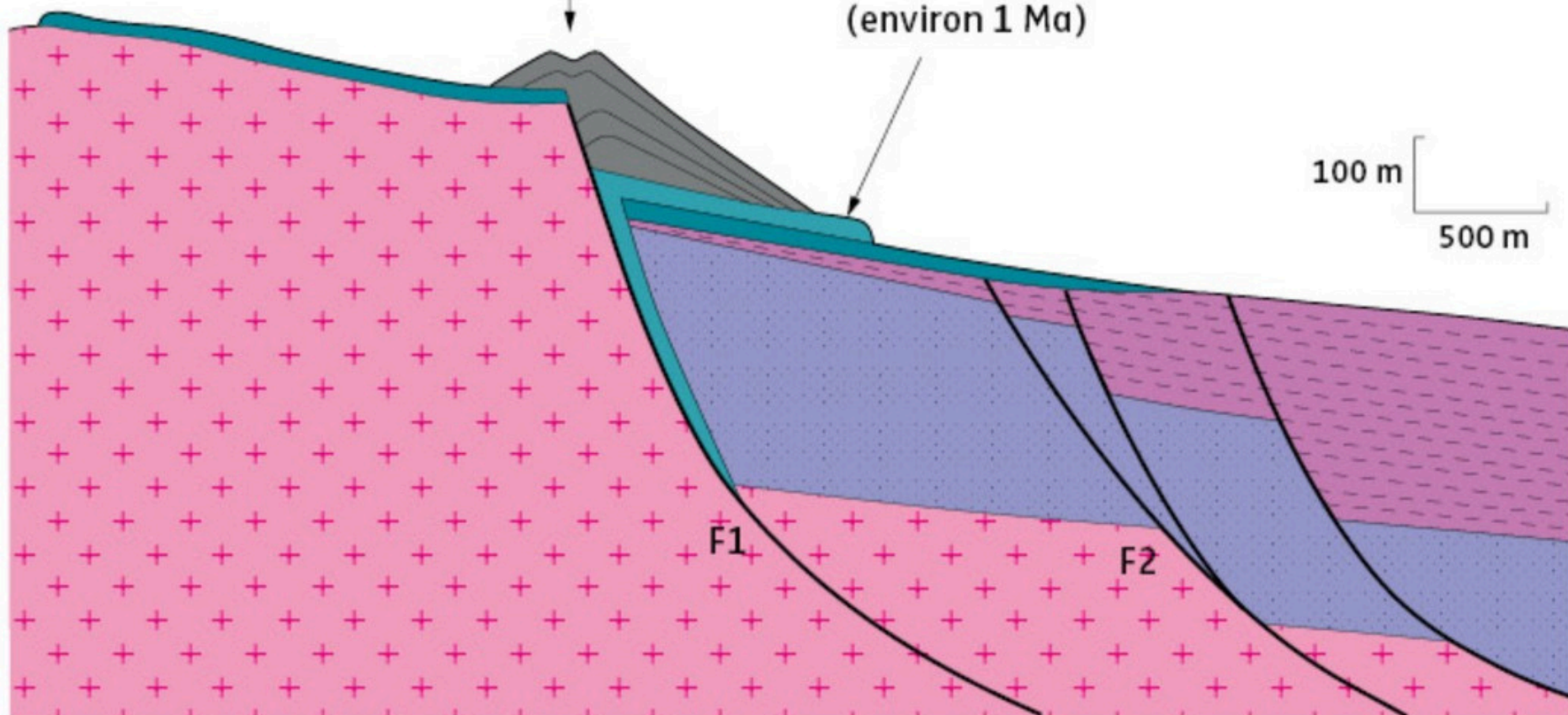
Est


Volcan de Gravenoire


Coulée basaltique
(environ 1 Ma)


100 m


500 m




 Coulée de basalte datée à -15 Ma

 Calcaires lacustres contenant des coquilles d'hydrobies

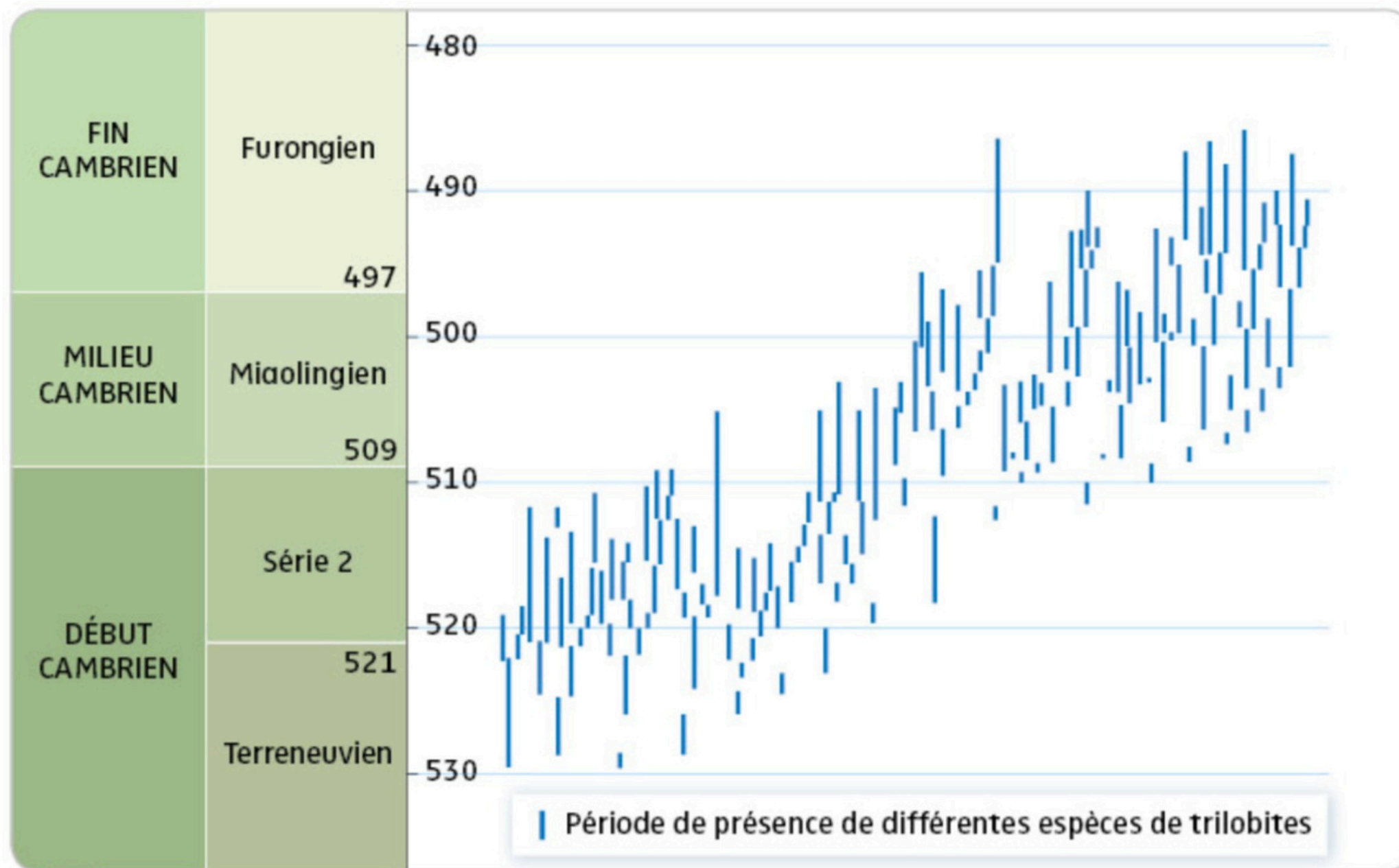
 Marnes contenant des coquilles de potamide

 Marnes (sédiments riches en calcaire et argile)

 Arkose (sédiment riche en quartz)

 Socle granitique

 Faille





Trilobites



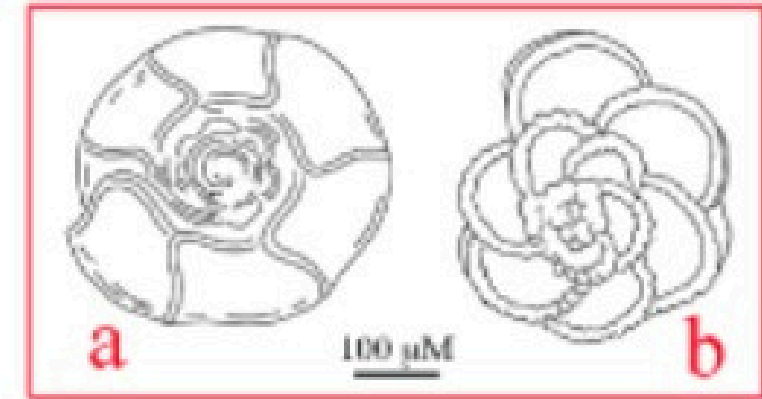
Elrathia kingi,
Cambrien
(-540 à -500 Ma)

Ammonites



Dactyloceras
commune,
Jurassique
inférieur-Toarcien
moyen
(-184 à -175 Ma)

Foraminifères



Globotruncana,
Crétacé
supérieur-Campanien
Maestrictien
(-83 à -75 Ma)



Catacoeloceras
(diamètre : 6 cm)



Phymatoceras
(diamètre : 8 cm)



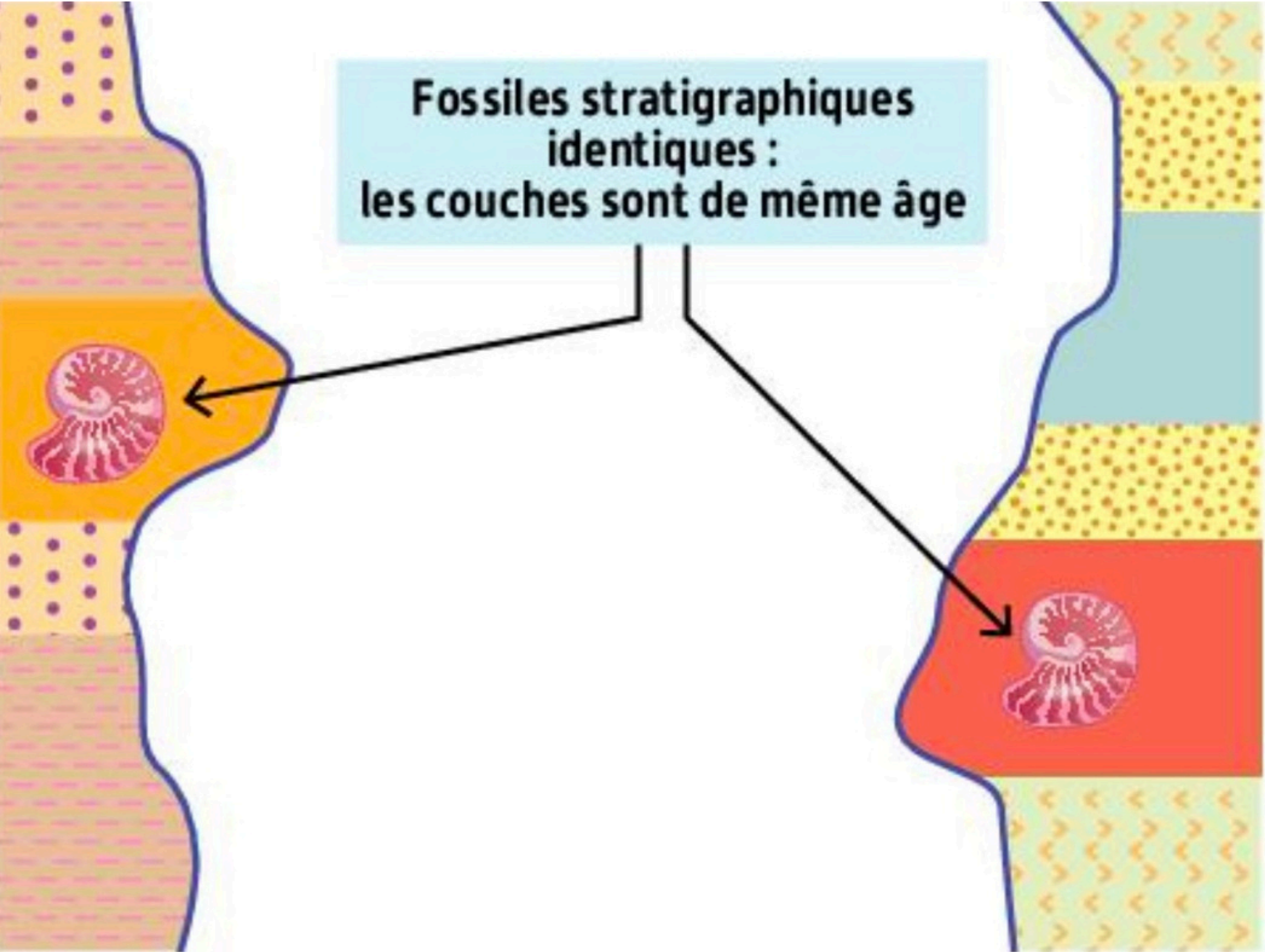
Phylloceras sp.
(diamètre : 4 cm)



Hildoceras bifrons
(diamètre : 7 cm)



ARGUMENT : Comparaison des associations de fossiles au sein de strates d'âges variés et à des endroits différents.

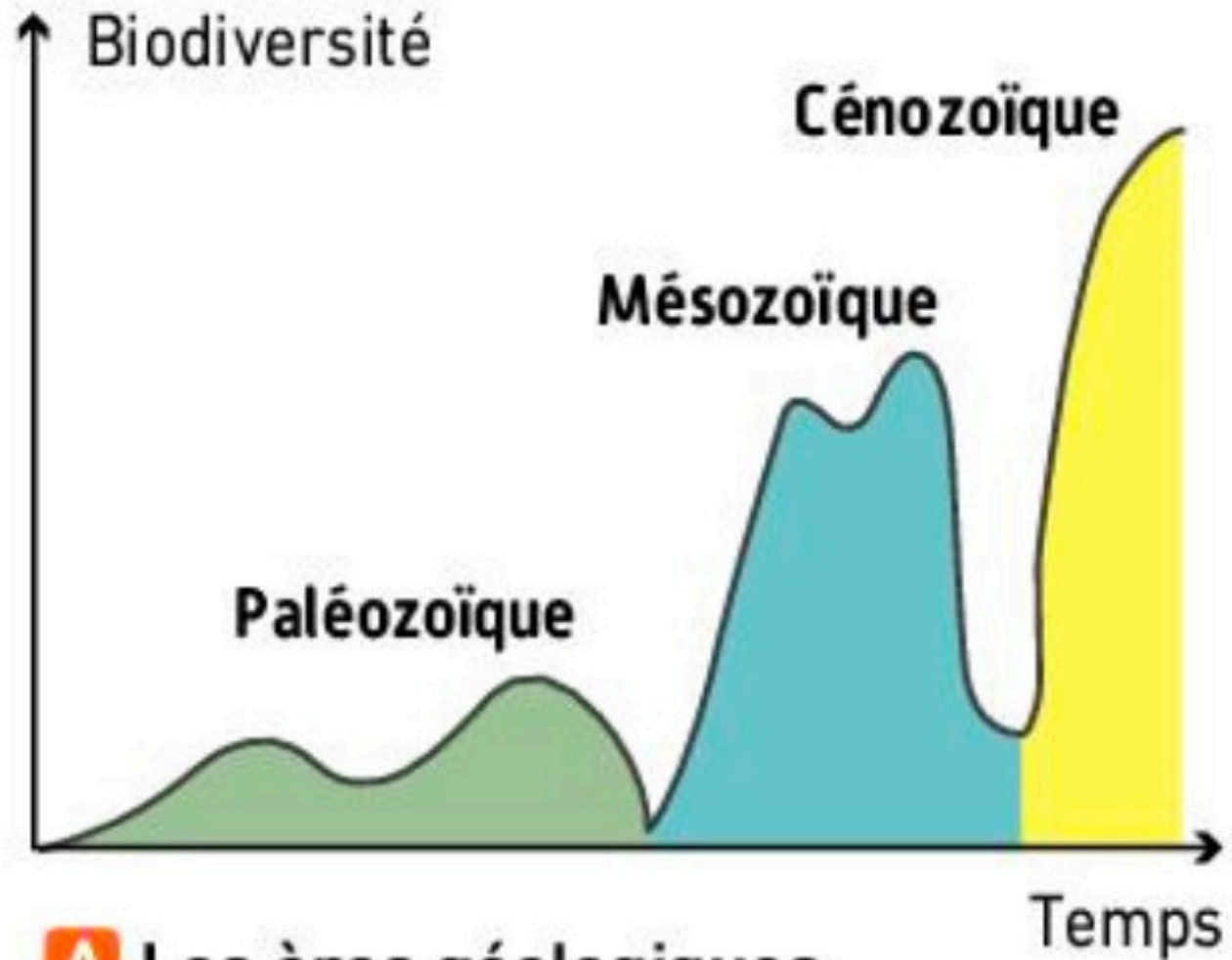


I. La chronologie relative

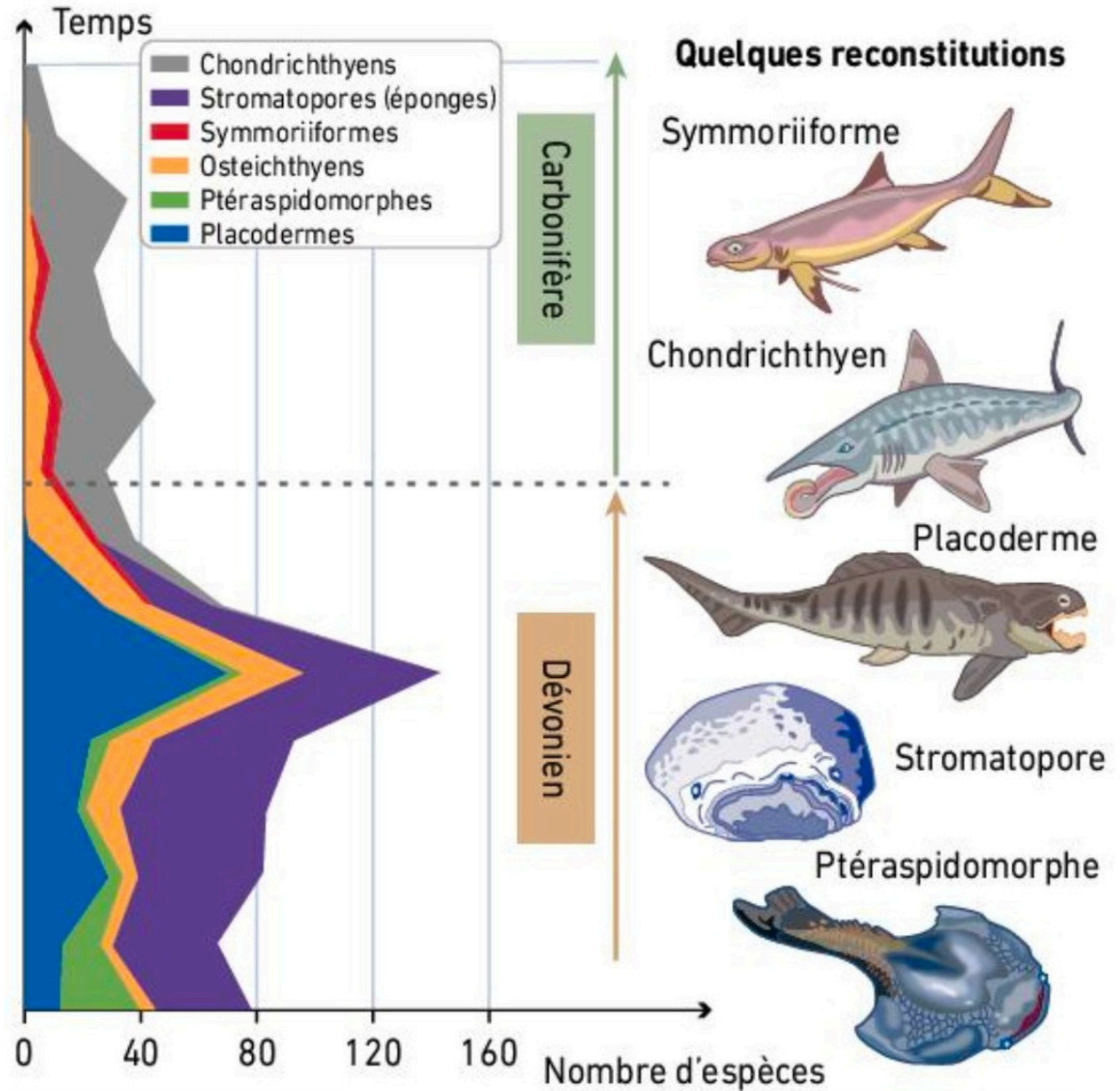
A) Les principes géométriques et paléontologiques
de la chronologie relative

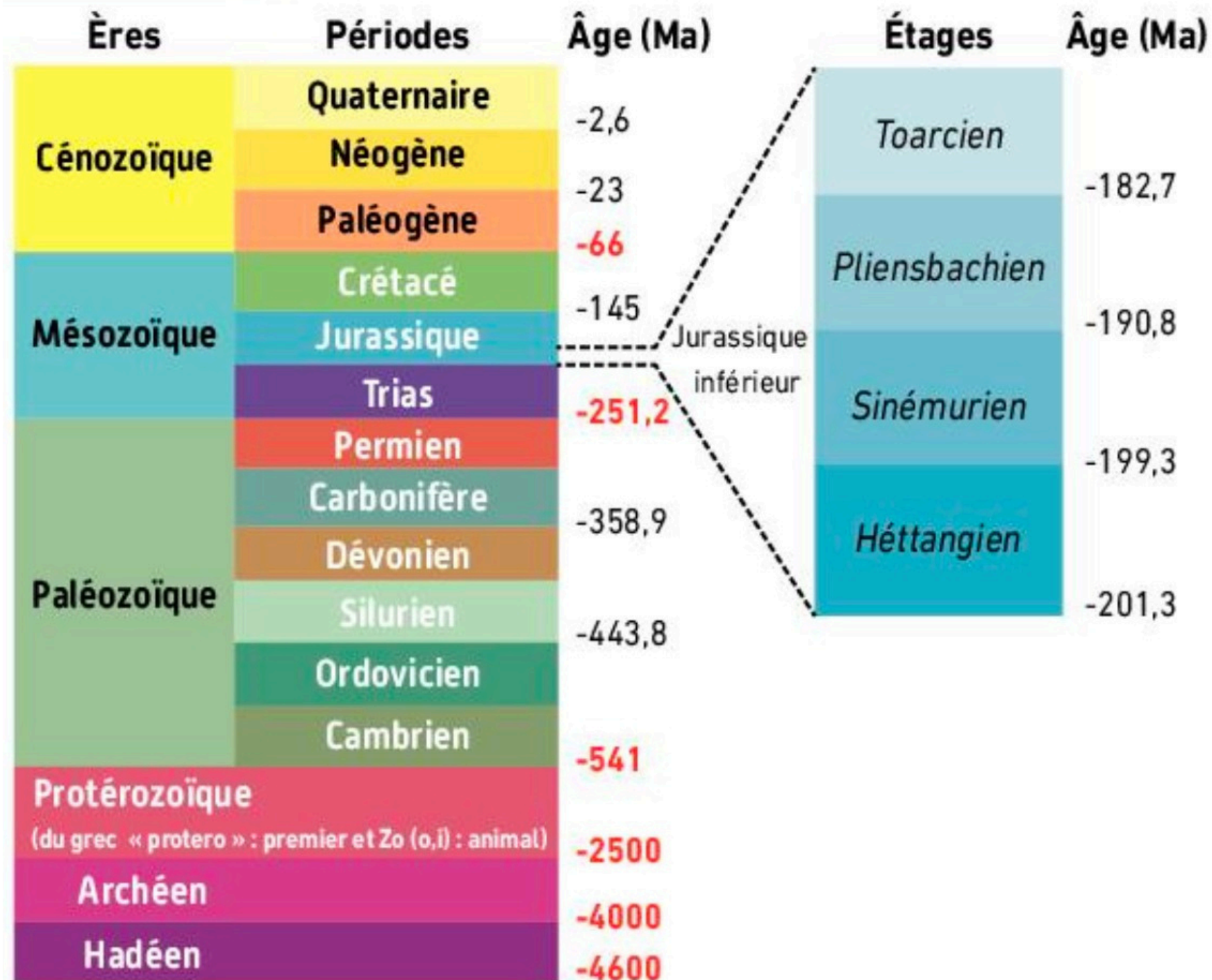
→ B) La construction de l'échelle
stratigraphique





A Les ères géologiques.







A Le « clou d'or » de Ponta do Trovão (Portugal) marque le début du Toarcien, et la fin de l'étage précédent, le Pliensbachien.



C *Dactyloceras simplex* (ammonite du Toarcien).

ÈVÈNEMENTS BIOLOGIQUES MAJEURS

Ère	Période
Tertiaire	Quaternaire
	Pliocène
	Miocène
	Oligocène
	Eocène
Secondaire	Paléocène
	Crétacé
	Jurassique
	Trias
	Permien
Primaire	Carbonifère
	Dévonien
	Silurien
	Ordovicien
	Cambrien
Précambrien	

Extinction de 75 % des espèces marines et au total, 50 % des espèces

Extinction de 75 % des espèces au total

Extinction de près de 95 % des espèces marines et 70 % des espèces terrestres, ce qui en fait la plus grande extinction marine ayant affectée la biosphère

Extinction de 75 % des espèces

Extinction de 85 % des espèces

Diversification rapide du vivant : formation de la plupart des grands embranchements actuels des animaux pluricellulaires



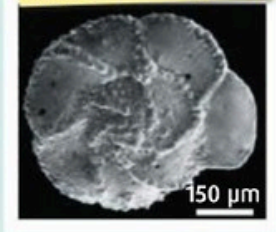
Faune de Burgess

QUELQUES FOSSILES STRATIGRAPHIQUES

Foraminifères
Organismes microscopiques aquatiques unicellulaires. Utilisés comme fossiles stratigraphiques pour l'ère tertiaire.

Foraminifères planctoniques

Globotruncana angulata



Globigerina cretacea

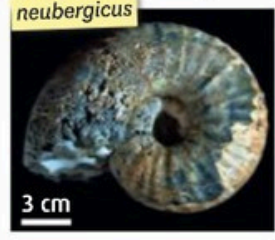


Étages

Danien

Maastrichtien

Pachydiscus neubergicus



Nostocera hyatti



Logagnostus americanus



Conodontes



Conodontes
Petites structures en forme de dents de 0,25 à 2 mm. Abondantes dans les sédiments marins depuis le Cambrien utilisées comme fossiles stratigraphiques du Dévonien au Trias.

Trilobites

Trilobites
Plus de 18 750 espèces ont été décrites. Utilisés comme fossiles stratigraphiques pour l'ère primaire, en particulier le Cambrien.

▲ Apparition d'une espèce } Marqueur d'une coupure du temps
▼ Disparition d'une espèce }

■ Groupe } Étendue temporelle de fossiles stratigraphiques permettant d'établir des corrélations temporelles entre des formations
▬ Espèces }



Bilan : La chronologie relative permet d'ordonner des structures ou événements géologiques les uns par rapport aux autres. Elle repose sur des principes simples :

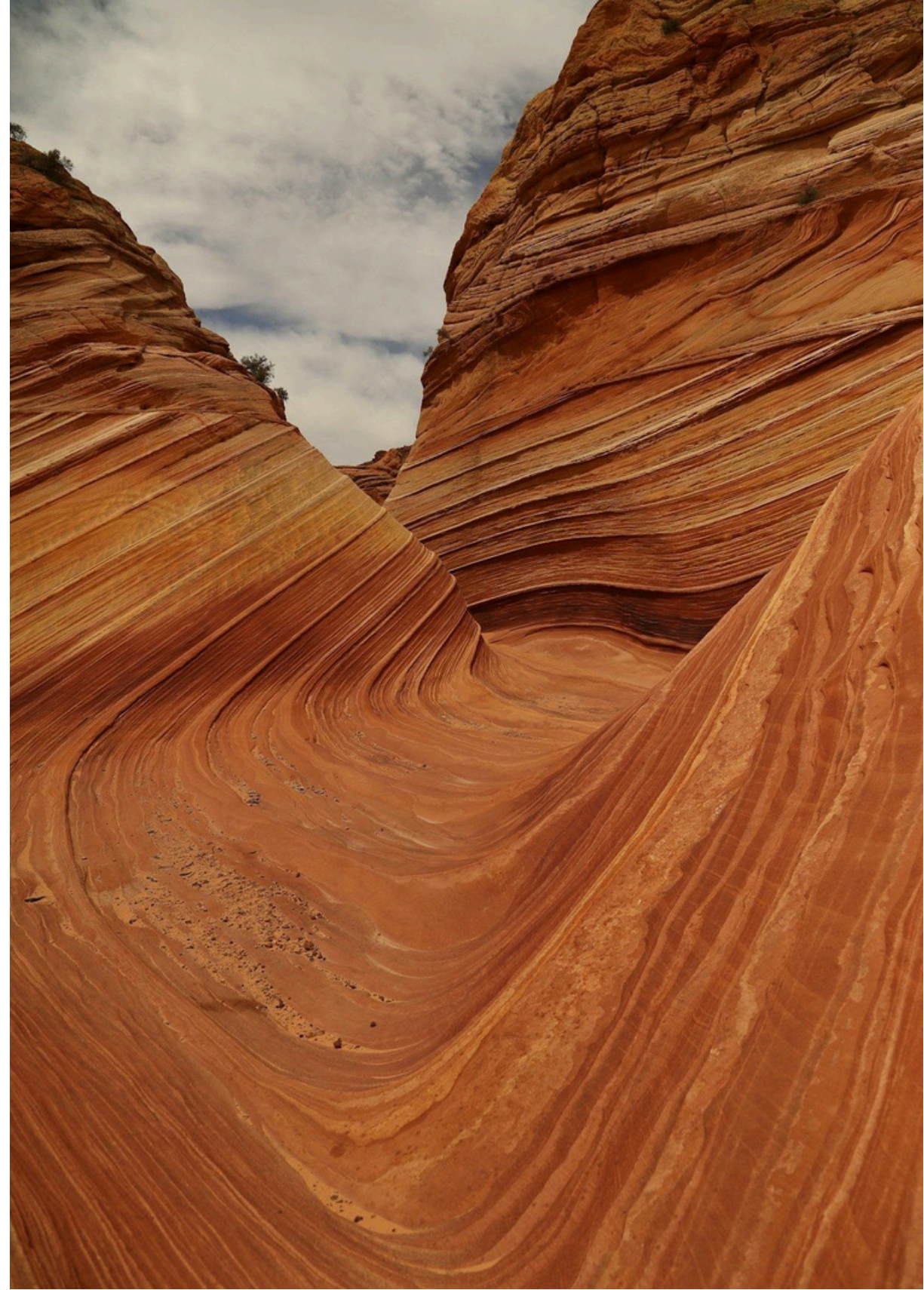
- Principe de superposition : une strate est plus récente que celle qui est située en dessous.**
- Principe de recoupement : toute structure qui en recoupe une autre est plus récente**
- Principe d'inclusion : tout objet (roche ou minéral) inclus dans un autre est plus ancien.**
- Principe d'identité paléontologique : deux strates contenant les mêmes fossiles stratigraphiques sont de même âge. Ces fossiles doivent être abondants, avoir une brève extension dans le temps et une large distribution géographique.**



Bilan : Ces principes de chronologie relative ont permis de découper les temps géologiques, principalement sur des critères paléontologiques : les apparitions ou les disparitions de groupes fossiles constituent des repères temporels fiables. La superposition des intervalles de temps, limités par des coupures d'ordres différents (ères, périodes, âges), aboutit à l'échelle stratigraphique.

II. Datation absolue

→ A) Les principes géophysiques de la datation absolue



Quantité d'éléments pères ou fils

100 %

50 %

Éléments
fils

Éléments
père

La désintégration radioactive
suit la loi physique :

$$P_t = P_0 e^{-\lambda t}$$

λ = constante de désintégration
(proportion des noyaux qui se
désintègrent par unité de temps)
 P = quantité d'éléments pères
au temps t (P_t) ou 0 (P_0)

0

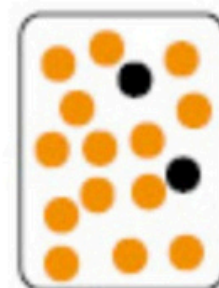
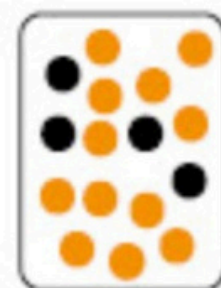
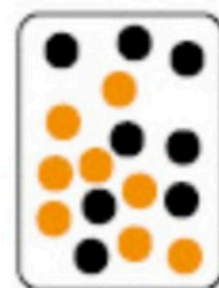
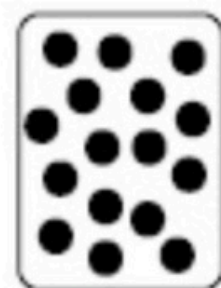
T

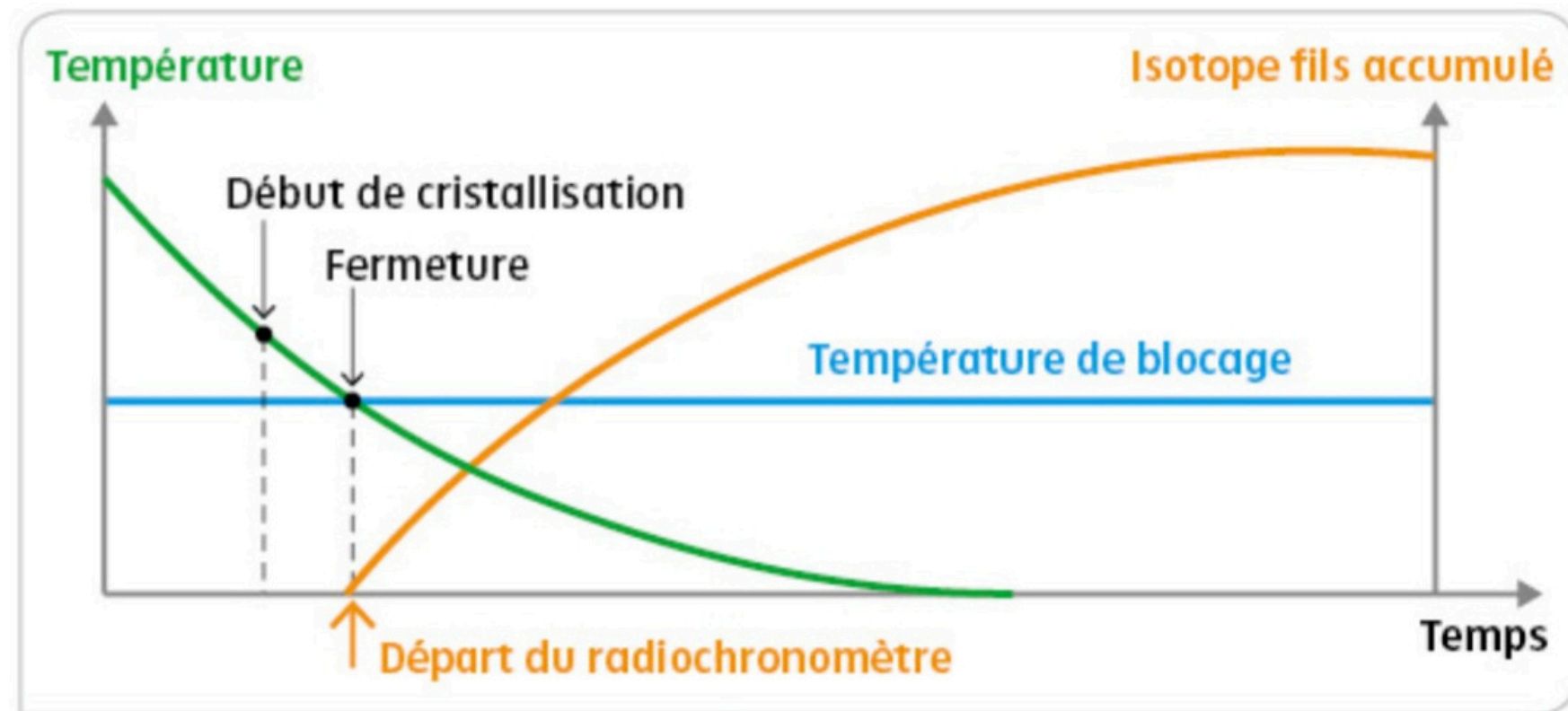
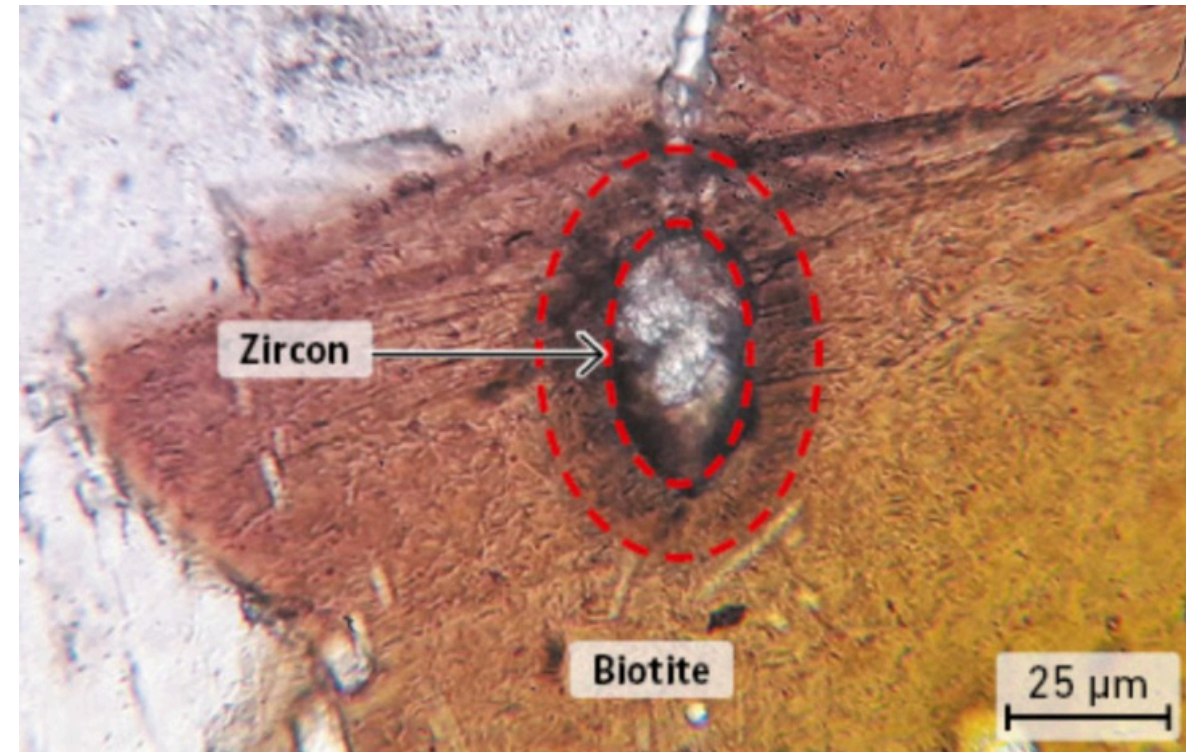
2T

3T

4T

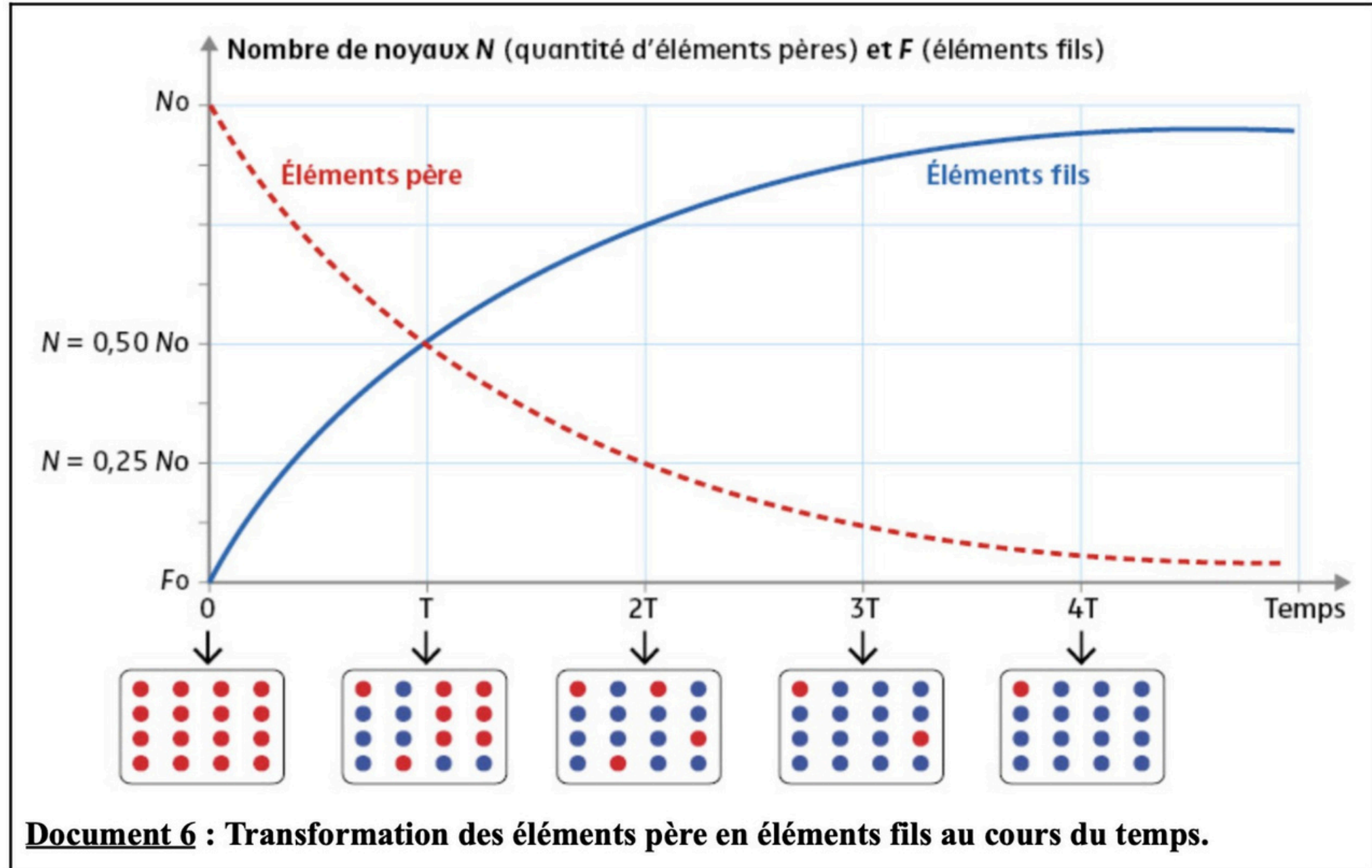
Temps







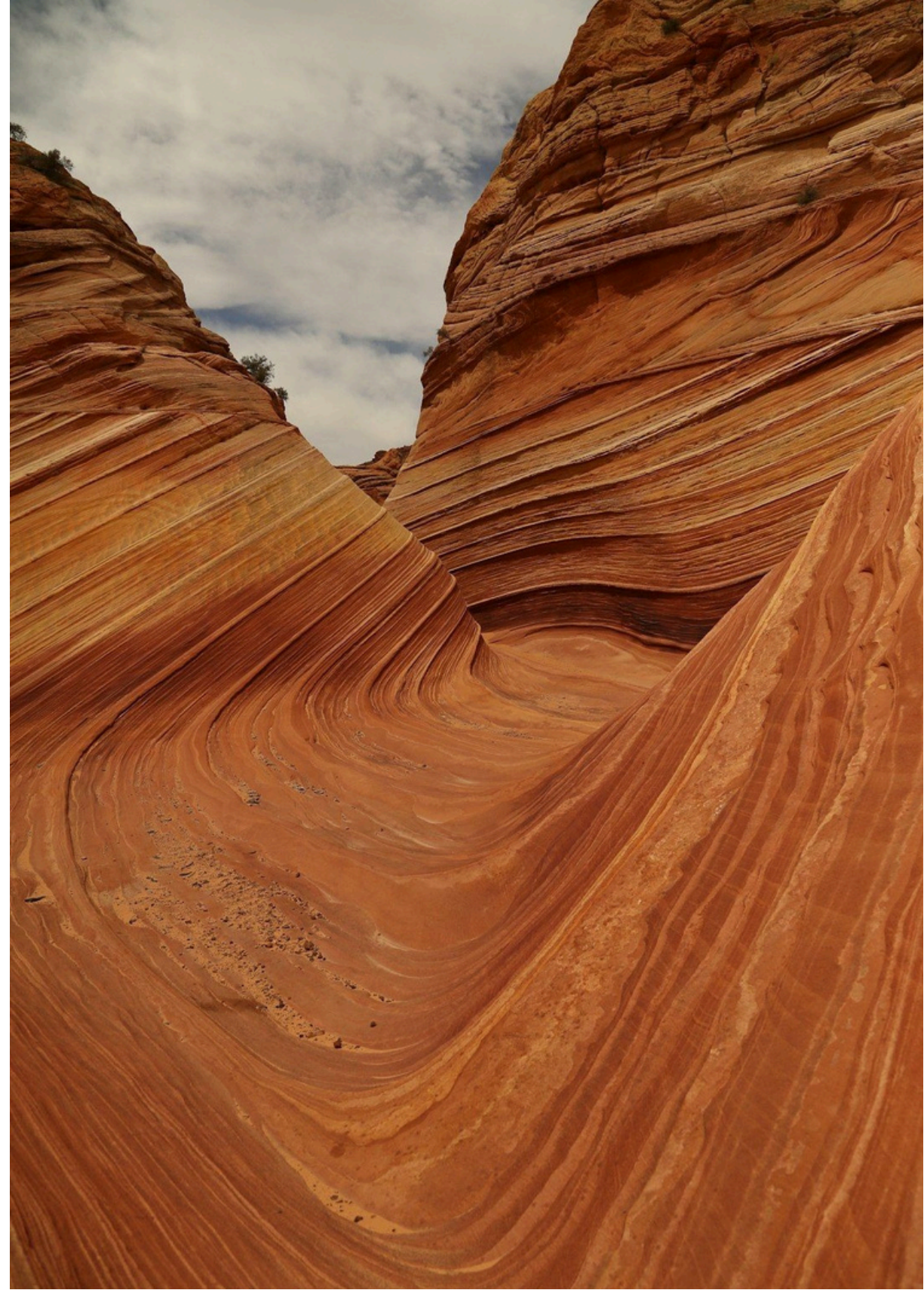
ARGUMENT : Calculer l'âge d'un échantillon en utilisant la loi de désintégration radioactive

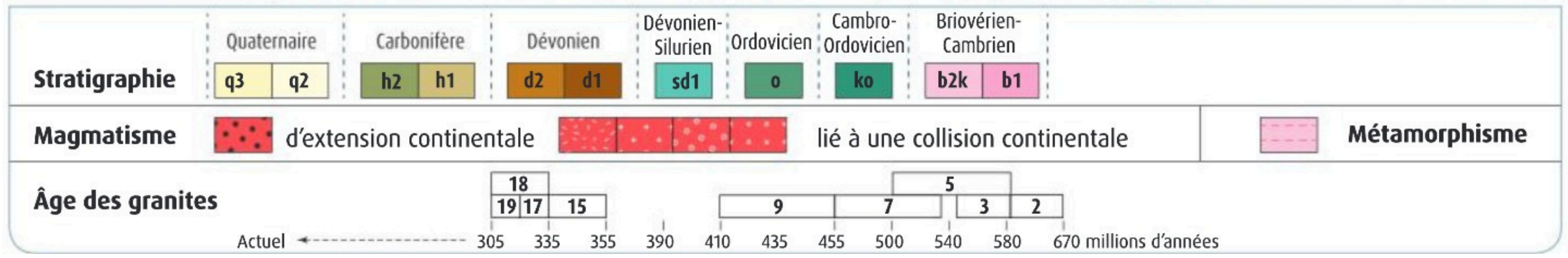
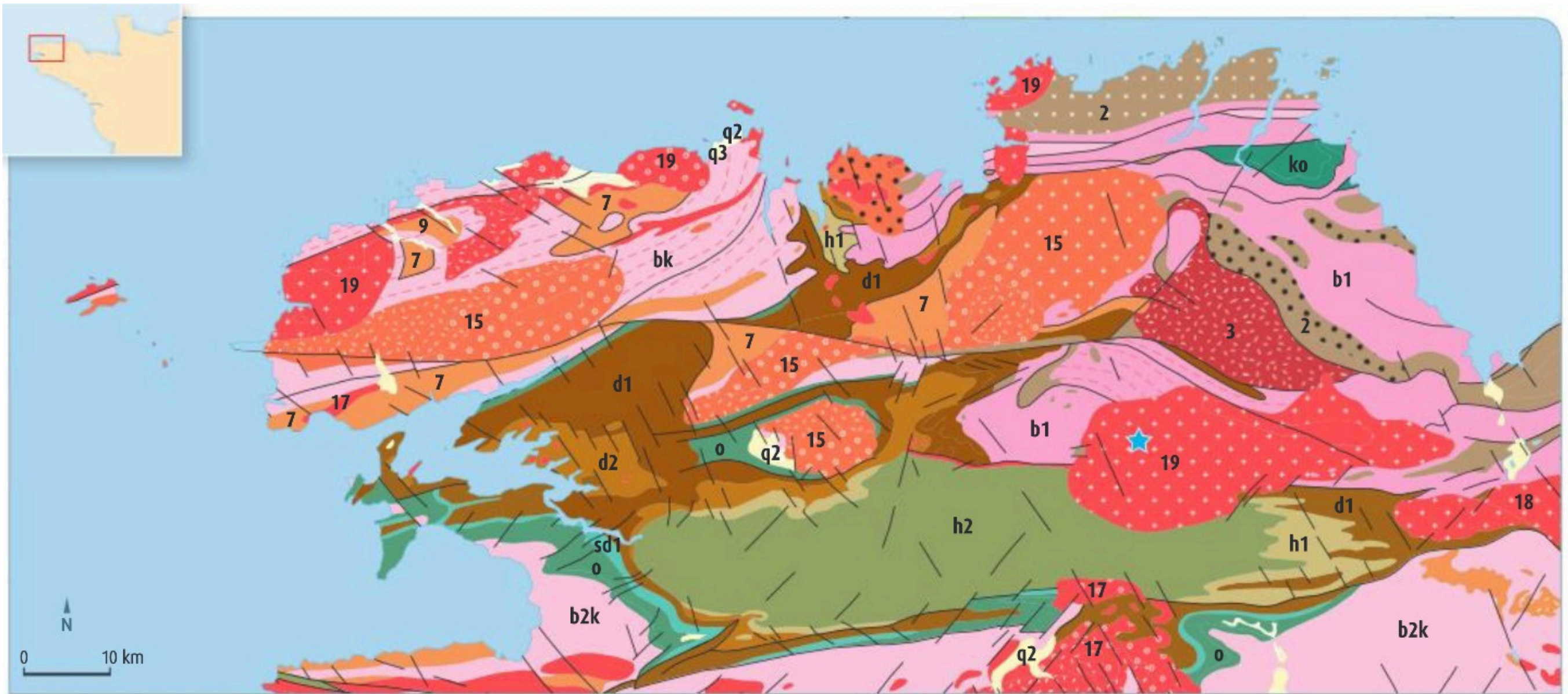


II. La datation absolue

A) Les principes géophysiques de la datation absolue

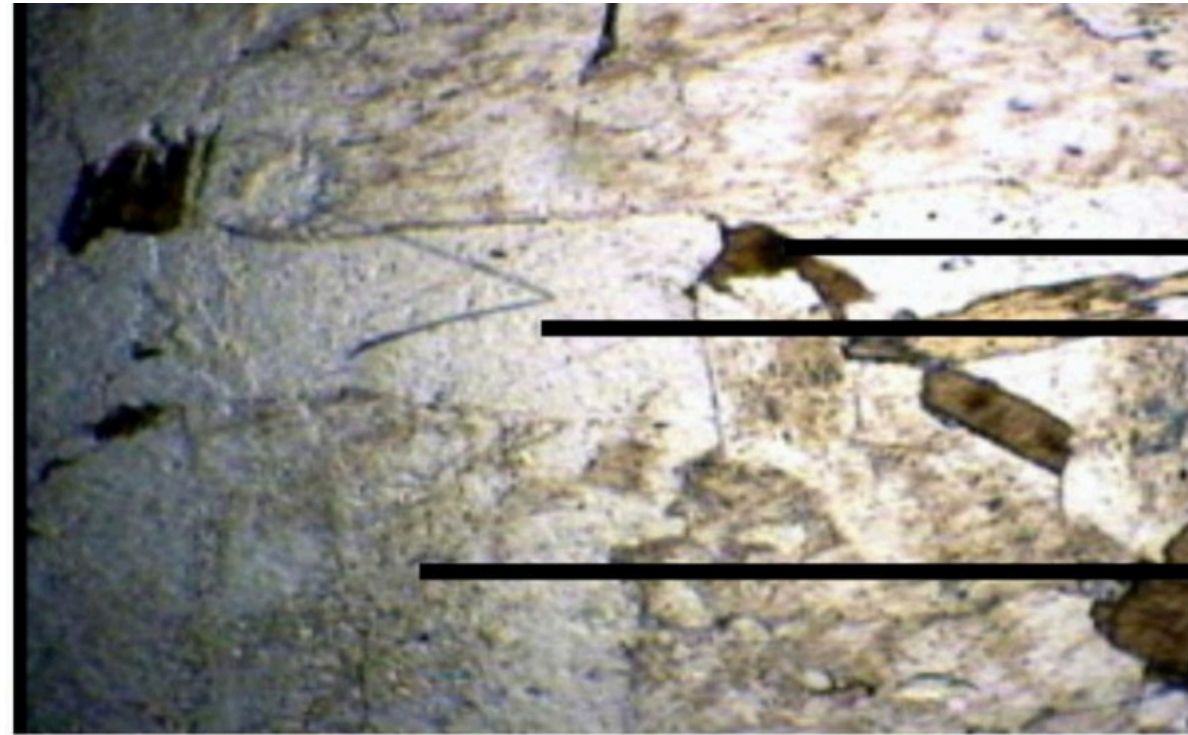
→ B) La diversité des géochronomètres







Granite en LPNA



Biotite

Quartz

Feldspath

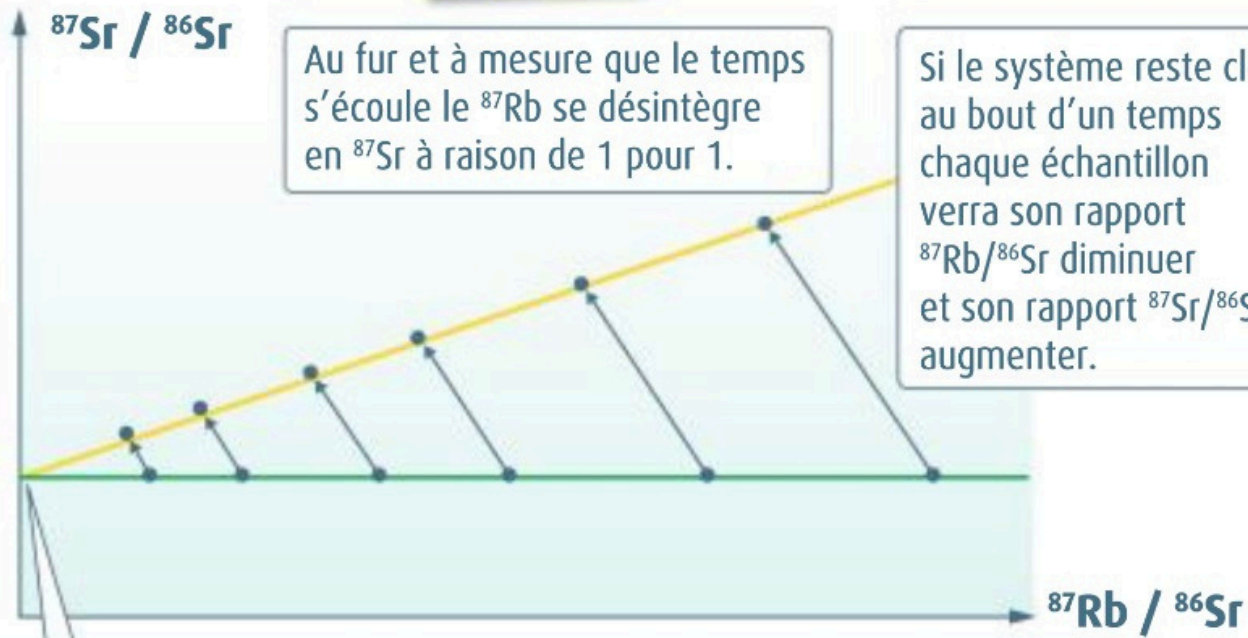
Granite en LPA





$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
0,288	0,7165
0,310	0,7171
0,996	0,7556
0,787	0,7413
0,898	0,7471
0,945	0,7521
0,901	0,7495
5,840	1,0133
3,360	0,8807

Explication

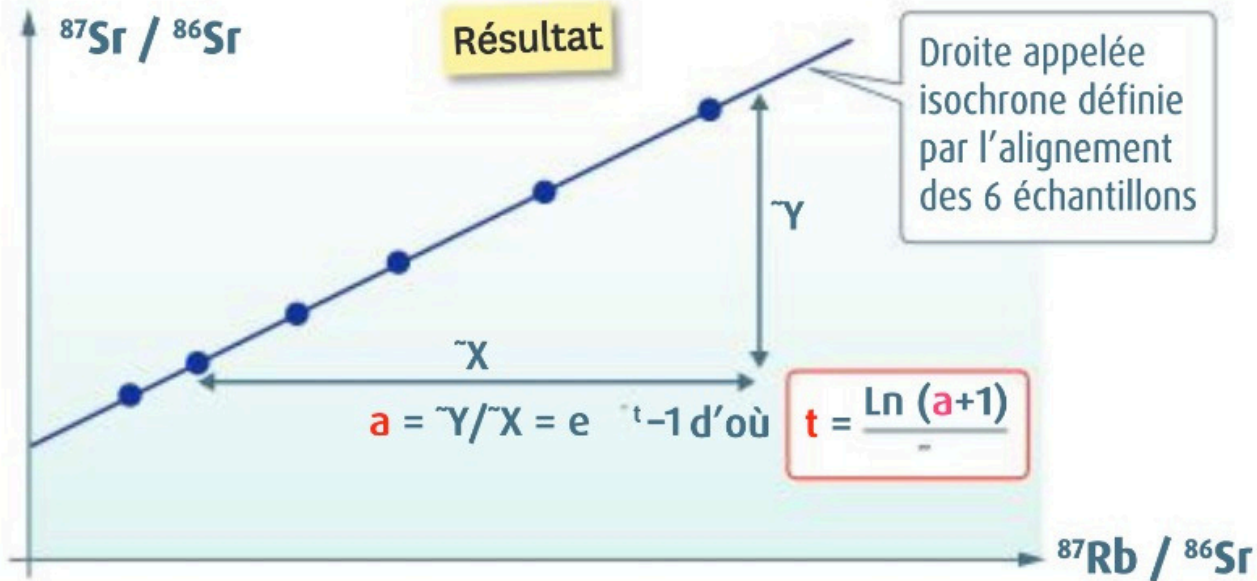


Au fur et à mesure que le temps s'écoule le ^{87}Rb se désintègre en ^{87}Sr à raison de 1 pour 1.

Si le système reste clos, au bout d'un temps chaque échantillon verra son rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ diminuer et son rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ augmenter.

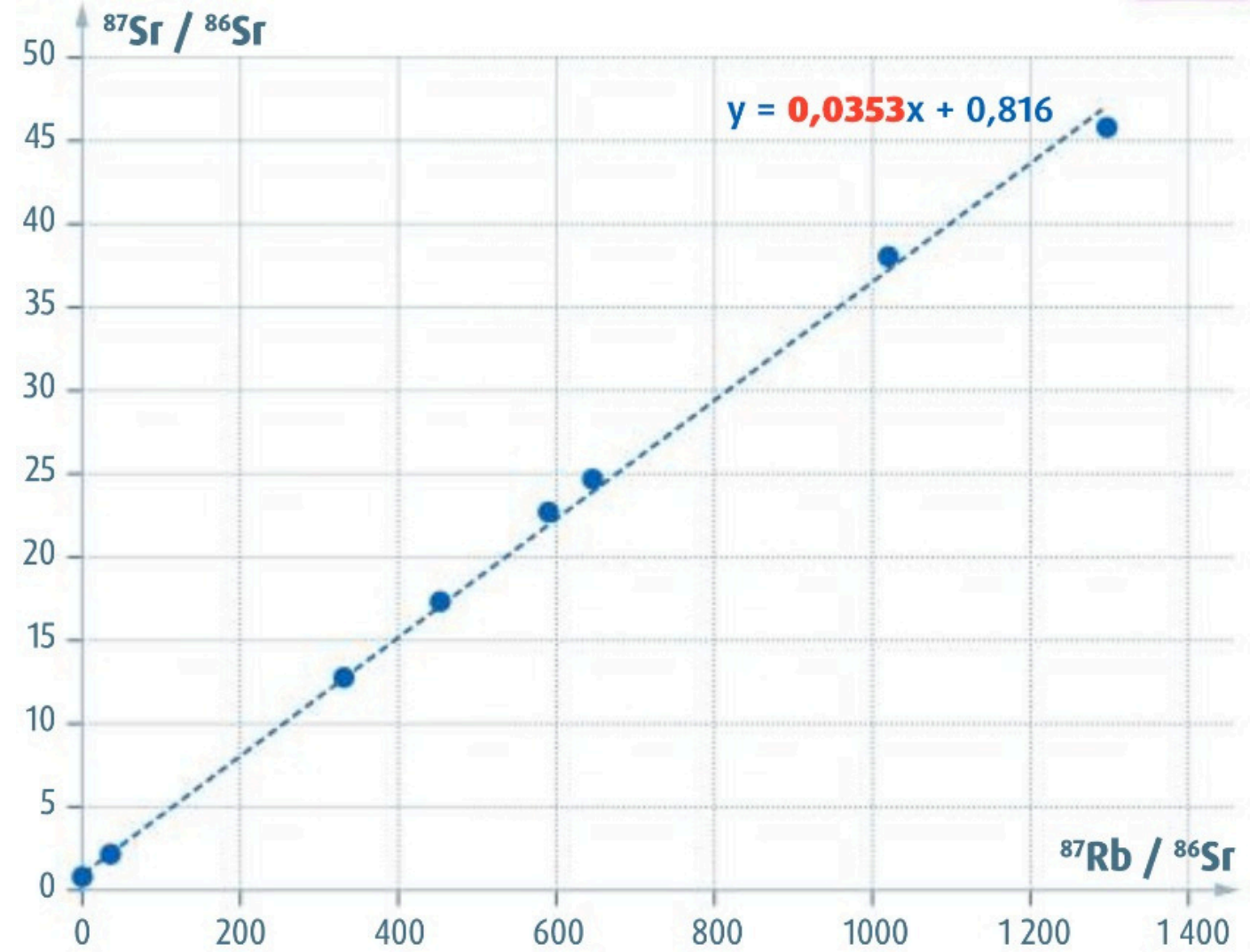
À $t = 0$: - tous les échantillons ne contenaient pas la même quantité de ^{87}Rb . Le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ est donc différent.
- En revanche, dans chacun d'eux, la rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ était identique : les points s'alignent sur une droite.

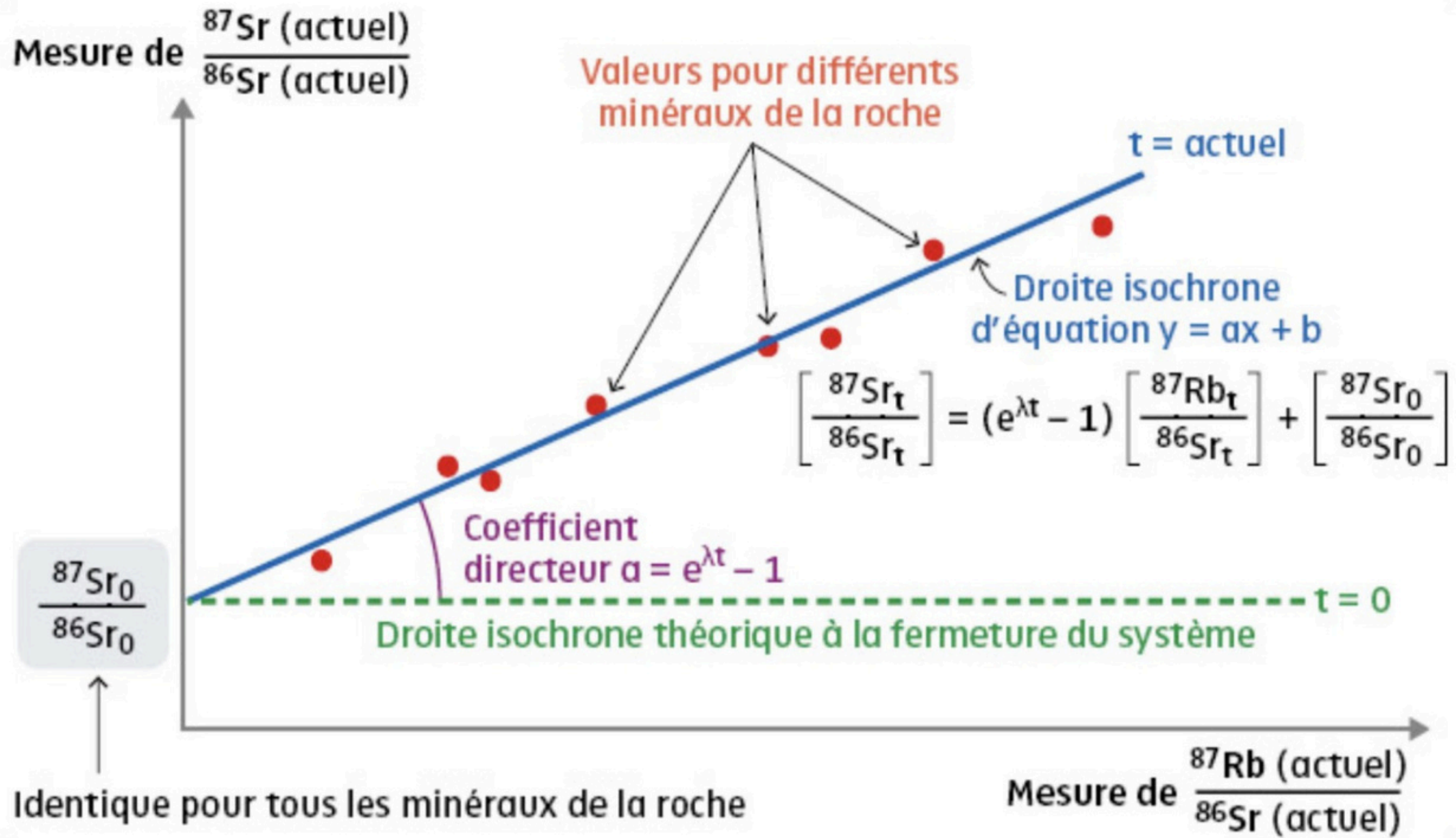
Résultat



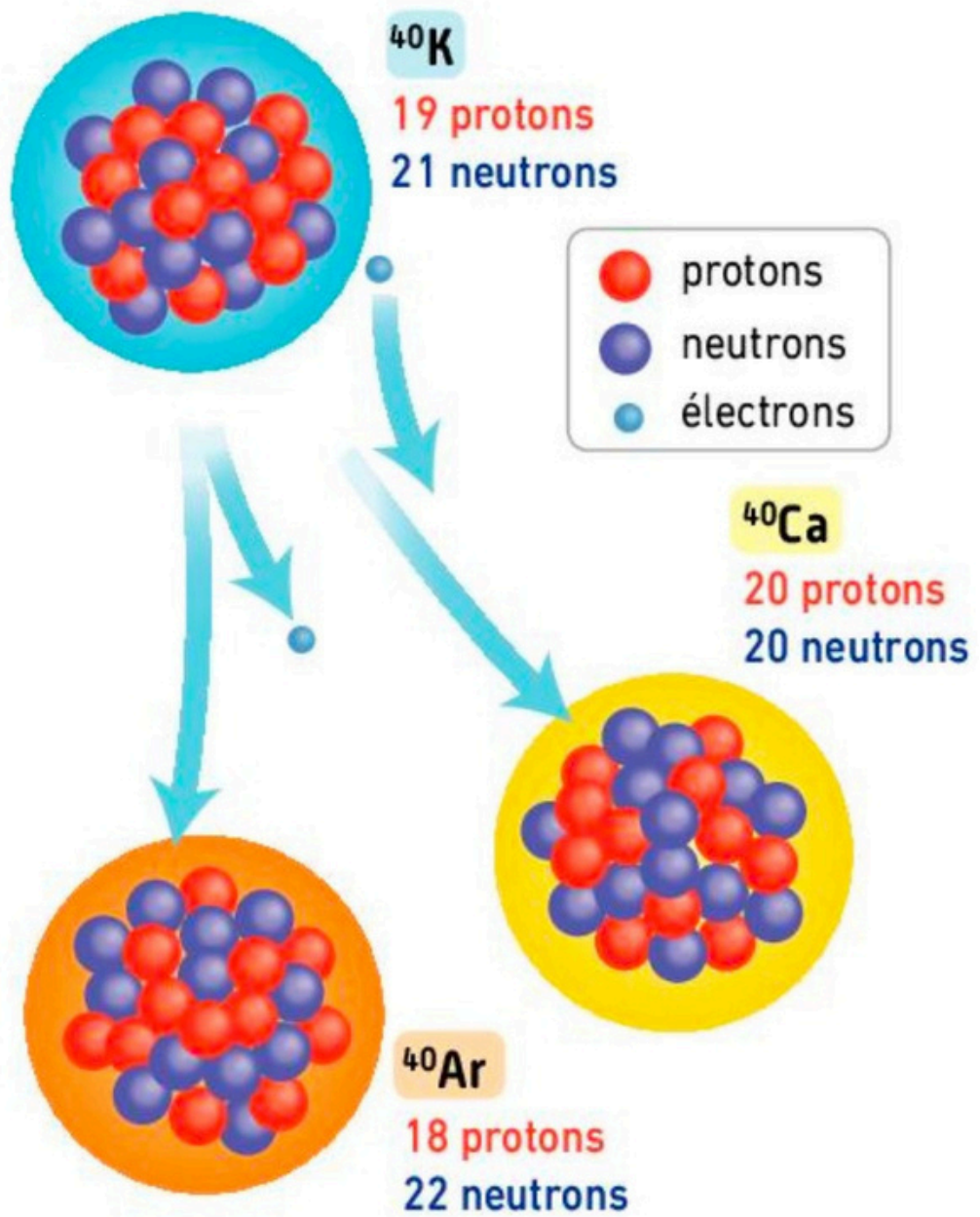
Droite appelée isochrone définie par l'alignement des 6 échantillons

$$a = \frac{y}{x} = e^{\lambda t} - 1 \text{ d'où } t = \frac{\ln(a+1)}{\lambda}$$



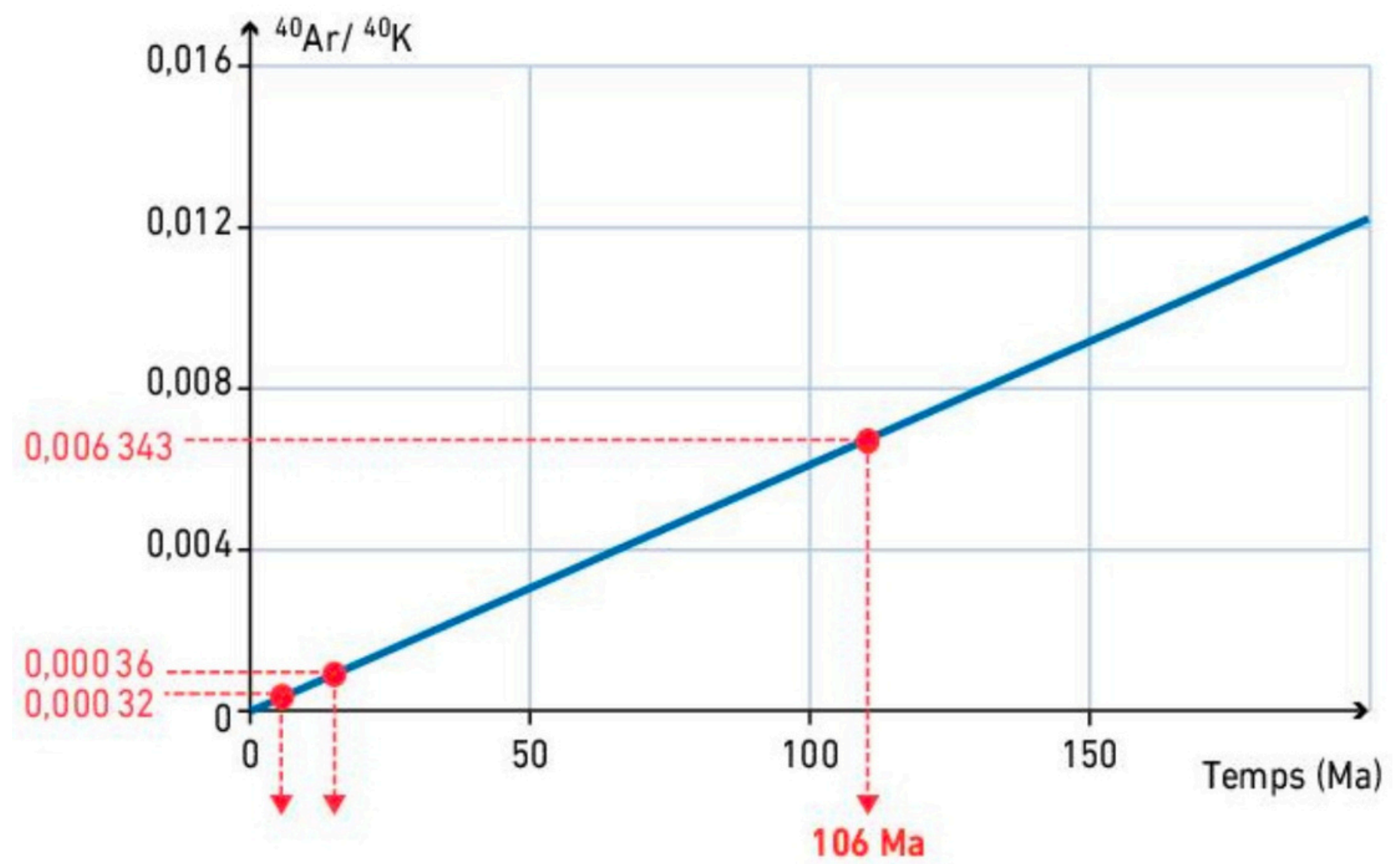
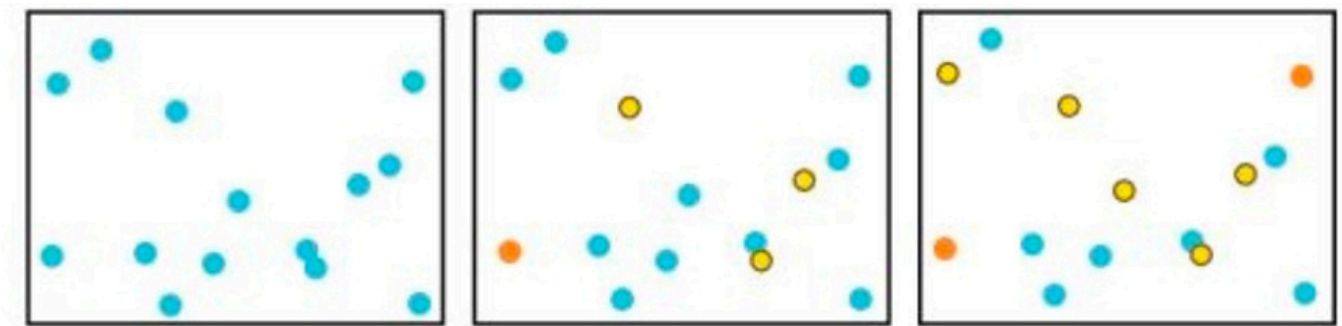


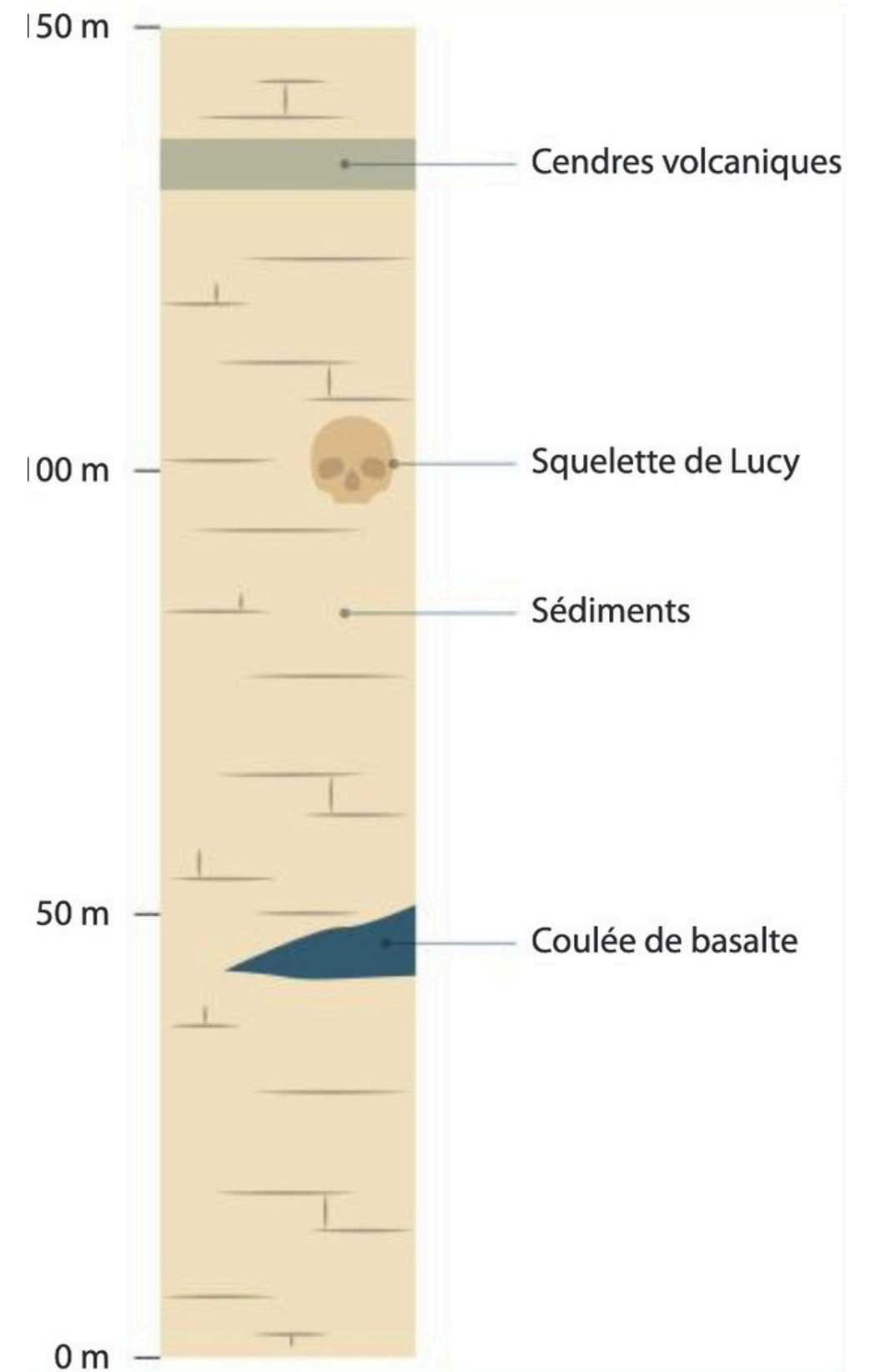
Document 7 : Principe de la droite isochrone.



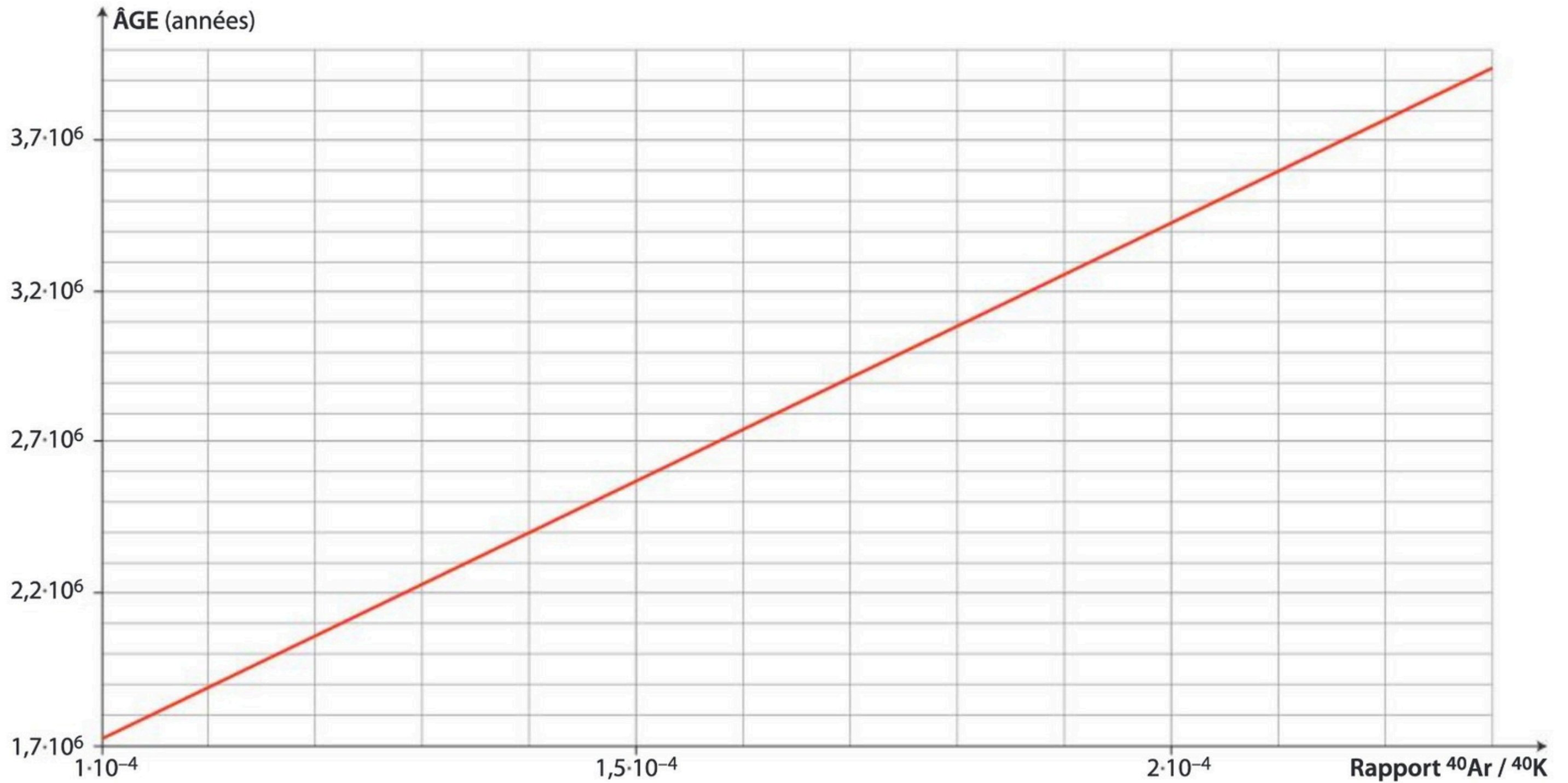
élément père
 ● ^{40}K

élément fils
 ● ^{40}Ar ● ^{40}Ca





Nature des échantillons	Rapport $^{40}\text{Ar} / ^{40}\text{K}$
Cendres volcaniques	$1,7 \times 10^{-4}$
Coulée de basalte	$2,1 \times 10^{-4}$





1

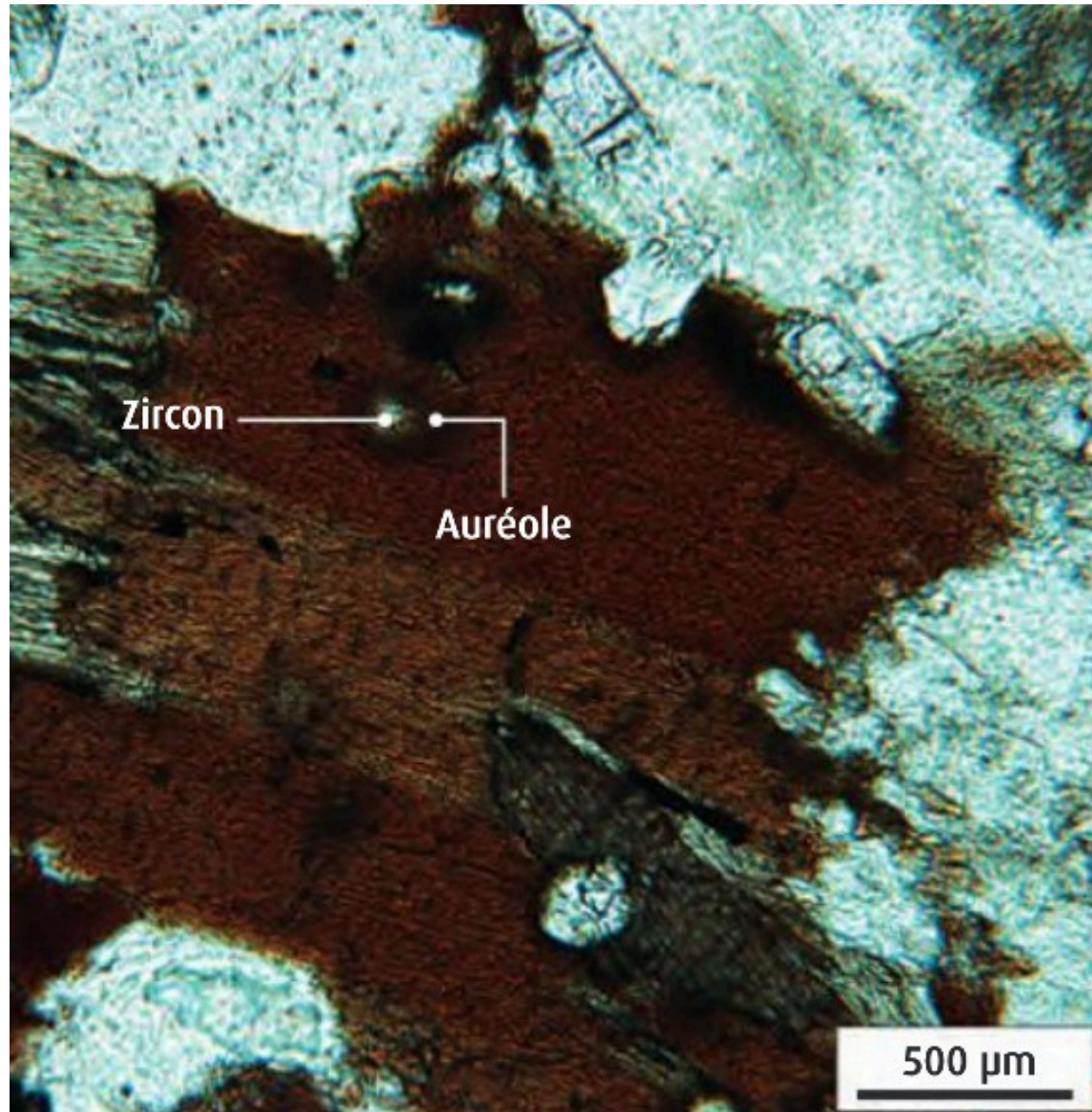
Granite



2

Gneiss





	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
Zircon n° 1	0,2194	0,0317	0,2171	0,03140
Zircon n° 2	0,2199	0,0318	0,2170	0,03129
Zircon n° 3	0,2205	0,0320	0,2162	0,03132
Zircon n° 4	0,2196	0,0318	0,2174	0,03142
Zircon n° 5	0,2226	0,0322	0,2175	0,03141
Zircon n° 6	0,2202	0,0318	0,2173	0,03144
Zircon n° 7	0,2197	0,0313	0,2172	0,03144
Zircon n° 8	0,2191	0,0318	0,2179	0,03147



Document 8 : Principe de la droite concordia.



Document 8 : Principe de la droite concordia.



Bilan : De nombreux éléments chimiques possèdent des isotopes radioactifs qui se désintègrent régulièrement et irréversiblement au cours du temps. La vitesse de ce processus est caractérisée par la période radioactive (ou demi-vie) de chaque élément radioactif.

La mesure des proportions d'élément père restant et d'élément fils produit permet de calculer depuis combien de temps se déroule la désintégration au sein de l'échantillon (roche totale ou minéraux isolés), et donc de connaître son âge. Le chronomètre géologique choisi doit avoir une période compatible avec l'estimation que l'on peut faire de l'âge de l'objet à dater. Les méthodes de datation absolue et de datation relative se révèlent très complémentaires