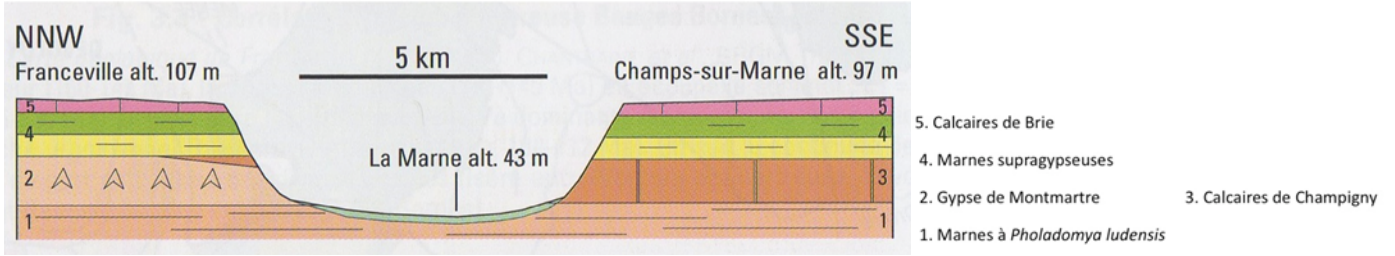


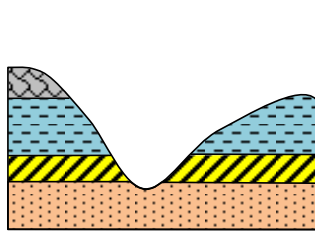
Doc. 1 : Illustration du passage latéral de faciès dans le Cénozoïque du bassin de Paris (40-35 Ma) (d'après Mascle)

Un exemple historique est celui décrit par Brongniart, dans la Marne, en région parisienne. D'un côté de la vallée, se trouvent les calcaires de Champigny (3) (faciès lacustre) et de l'autre des formations à gypse de Montmartre (2) (faciès de lagune très salée).

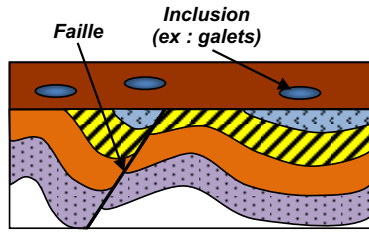
Coupe géologique à travers la vallée de la Marne (d'après la carte au 1/50 000 de Lagny, région parisienne)



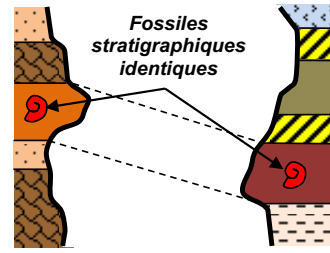
Doc. 2 : Différents principes de datation relative



Principe de superposition et principe de continuité



Recoupement et inclusion

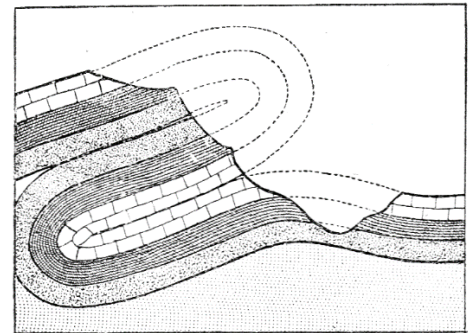
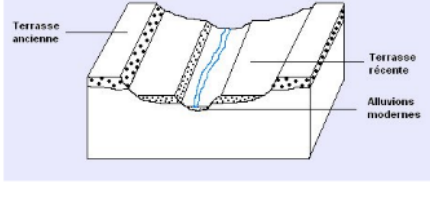
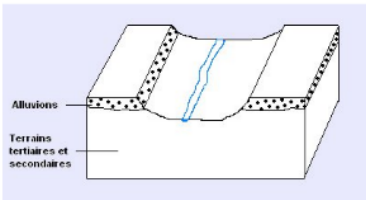
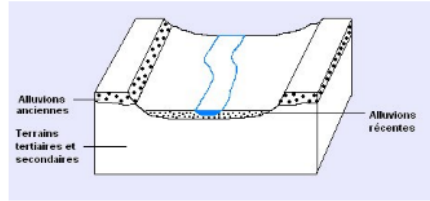
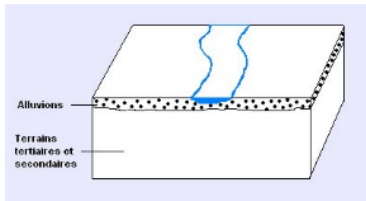


Identité paléontologique

Doc. 3 : Limites du principe de superposition

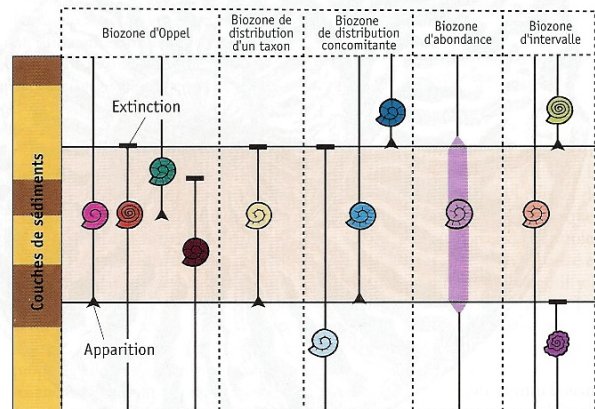
Terrasses alluviales :

Pli couché :



Pour définir un intervalle de temps à l'aide de fossiles stratigraphiques = **biostratigraphie**, on utilise la notion de **biozone**.

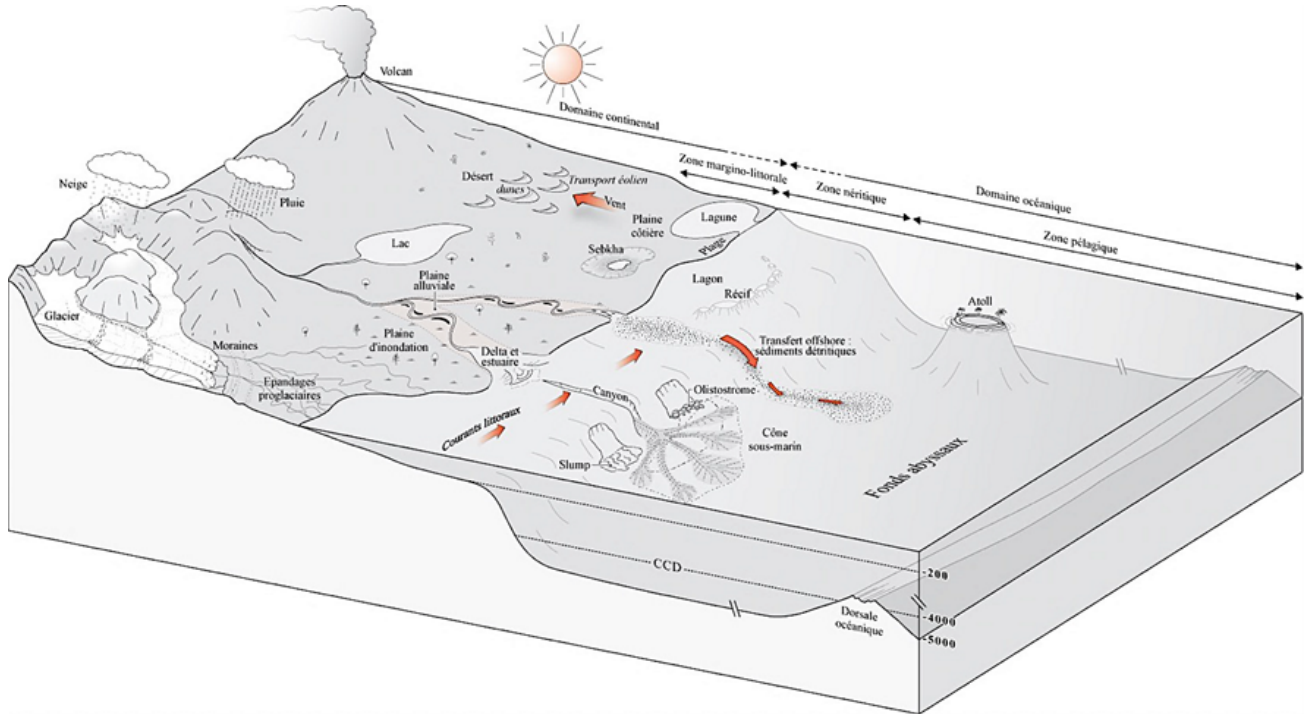
Une **biozone** est l'unité de base de la biostratigraphie définie par le contenu fossilifère des sédiments. Elle peut être délimitée par des événements tels que l'apparition ou la disparition d'une espèce (biozone de distribution et biozone d'intervalle), l'abondance particulière d'une espèce (biozone d'abondance) ou par l'association de différentes espèces (biozone d'association). On définit donc plusieurs types de biozones. La durée d'une zone est de l'ordre d'environ **1Ma**.



2. LES BIOZONES sont des tranches de sédiments caractérisées par leur contenu en fossiles. La biozone dite d'OppeI est définie par une association unique de fossiles que l'on ne retrouve nulle part ailleurs. La biozone de distribution d'un taxon est la zone où une espèce (ou un groupe) donnée est exclusivement présente. La biozone de distribution concomitante est définie, à sa base, par la disparition d'une espèce et, à son sommet, par l'apparition d'une autre. La biozone d'abondance correspond aux sédiments où une espèce est abondante, sans être nécessairement absente au-dessus et en dessous. Enfin, la biozone d'intervalle est limitée par deux événements (d'apparition ou de disparition).

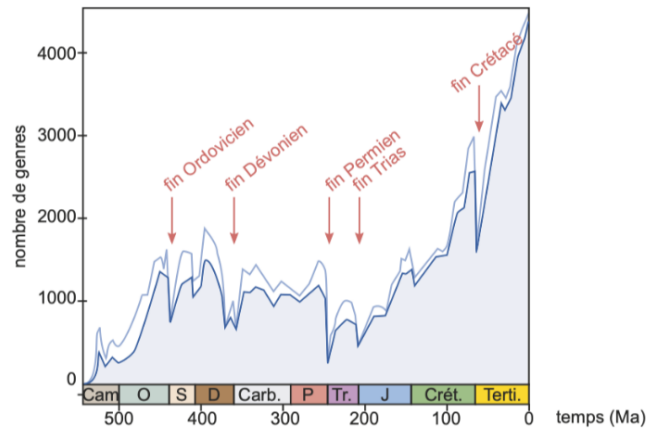
Doc. 4 : Définition d'une biozone
(Pour la science, dossier temps des datations)

Doc. 5 : Illustration des différents environnements sédimentaires



Doc.6 : Diversité des genres d'animaux marins au cours des temps géologiques

Le graphique est construit sur 84 intervalles de calculs. La courbe du haut prend en compte tous les genres recensés (33 180), la courbe du bas est limitée aux 18 130 genres qui durent au moins deux intervalles de calculs. (Extrait de Sepkoski J.J. in Walliser O.H (1996). D'après Dunod)



✓ **Quelques fossiles stratigraphiques à connaître** (Planches illustratives construites par A. Denis, M-A le Bars, L. Geray)

NOM DU GROUPE, CARACTÉRISTIQUES	EXEMPLES DE FOSSILE STRATIGRAPHIQUE ET ÂGE
<p>Arthropodes TRILOBITES : corps <i>métamérisé</i> (= découpé en segment portant des <i>appendices</i>) <i>divisé en 3 lobes</i>.</p>	<p>⇒ Panpaléozoïque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apparaissent dès le début du phanérozoïque • Disparaissent à la crise PT
<p>Mollusques GASTÉROPODES : <i>Coquille univalve dorsale torsadée</i></p> <p>Ex : Bigorneau, Escargot, Limnée d'eau douce</p>	<p>⇒ Panphanérozoïque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peu de fossiles stratigraphiques • Nombreux fossiles de faciès <p>Ex : Planorbes + Limnées → eau douce Escargot → milieu continent</p>

	foraminifères	gastéropodes	bivalves	ammonites	trilobites
Cénozoïque	■	■	■	■	■
Crétacé	■	■	■	■	■
Jurassique	■	■	■	■	■
Trias	■	■	■	■	■
Permien	■	■	■	■	■
Carbonifère	■	■	■	■	■
Dévonien	■	■	■	■	■
Silurien	■	■	■	■	■
Ordovicien	■	■	■	■	■
Cambrien	■	■	■	■	■

■ taxon d'intérêt chronostratigraphique

Mollusques BIVALVES

Coquille à 2 valves

(Ex : Moule, Huitre, Pecten...)



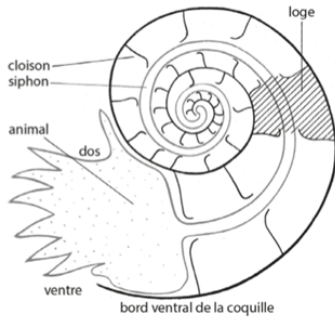
⇒ **Panphanérozoïque**

Les **Rudistes** (= *Hippurites*), bivalves récifaux asymétriques à coquille épaisse, sont plus des **fossiles de faciès** témoignant d'un milieu marin chaud peu profond que des fossiles stratigraphiques.

Leur existence s'étale du Jurassique supérieur à la crise KT qui les voit disparaître avec Ammonites et Dinosaures.

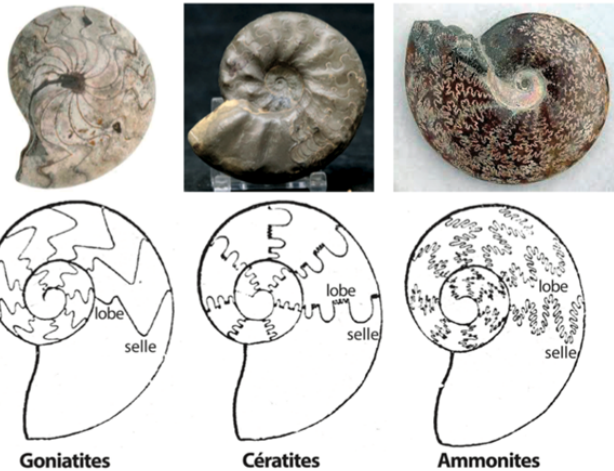


Mollusques Céphalopodes AMMONOÏDES
(= **AMMONITES** au sens large), apparentés aux Nautilus actuels.



Coquille univalve plus ou moins enroulée dont seule la dernière loge était occupée par l'animal (les autres assuraient la flottaison), les sutures (prolongements externes des cloisons entre les loges) montrent une géométrie qui se complique avec le temps et renforce la coquille.

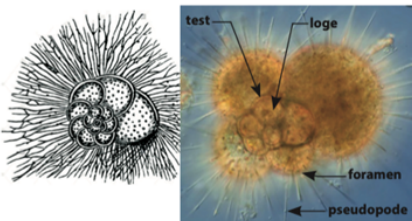
- **Goniatites** (*gone = angle, ex polygone*) du **Paléozoïque** : sutures droites ou courbes nommées **selles** (vers l'avant) et **lobes** (vers l'arrière),
- **Cératites** du **Trias** : suture à **selles** non divisés et **lobes** divisés,
- **Ammonites** (au sens strict) du **Jurassique** et du **Crétacé** : lobes + selles persillées.



Foraminifères

Unicellulaires marins caractérisés par un test à plusieurs loges percé de nombreuses perforation (= foramen) d'où sortent des expansions cellulaires nommées pseudopodes à rôle variés (phagocytose, suspension...)

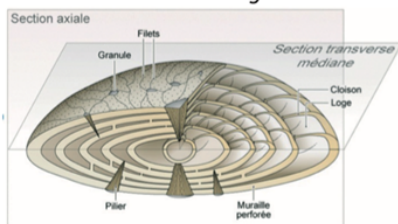
Globigérine actuelle



Un **test** diffère d'une coquille car il est en position corticale (ici sous la membrane plasmique) et non extérieure.

⇒ **Panphanérozoïque mais quelques espèces notables**

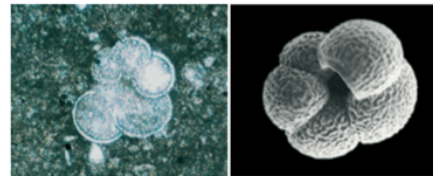
- **Foraminifères benthiques** = vivant sur le fond (milli à centimétriques)
Ex : *Nummulites* du Paléogène en forme de pièces de monnaie



- **Foraminifères planctoniques** = en suspension dans la masse d'eau (< 1mm)
- *Globotruncanidés* à test caréné abondants au Mésozoïque
- *Globigérinidés* à test arrondi abondants au Cénozoïque

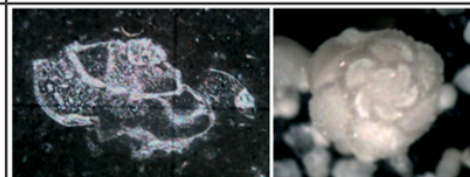
Paléocène inférieur

Globigérine (20 µm)
à test arrondi



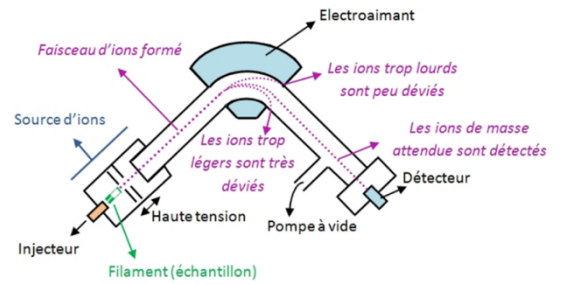
Crétacé supérieur

Globotruncana (500 µm)
à test caréné



Doc. 7: Principe du fonctionnement spectromètre de masse :

Les atomes sont ionisés, puis accélérés dans un champ électrique (de façon à obtenir un faisceau d'ions qui traverse ensuite un champ magnétique séparant les éléments de masse différente). En fonction de leur masse, les ions sont plus ou moins déviés par le champ magnétique (plus la masse est faible, plus la particule est déviée). Les signaux émis par les différents éléments sont récoltés et comparés pour déterminer les **rapports isotopiques**.



Doc. 8: La loi de décroissance radioactive

De nombreux éléments chimiques possèdent des isotopes naturels (éléments « pères » qui se désintègrent en éléments stables (éléments radiogéniques ou « fils »). Ce processus de désintégration dépend uniquement du temps. Cette désintégration de l'élément père s'effectue selon **une loi** : une fonction exponentielle qui dépend **du temps** et **d'une constante de désintégration (λ)** propre à chaque isotope. Cela signifie que la proportion d'atomes radioactifs qui se désintègre par unité de temps **est une constante immuable appelée constante radioactive (λ)**.

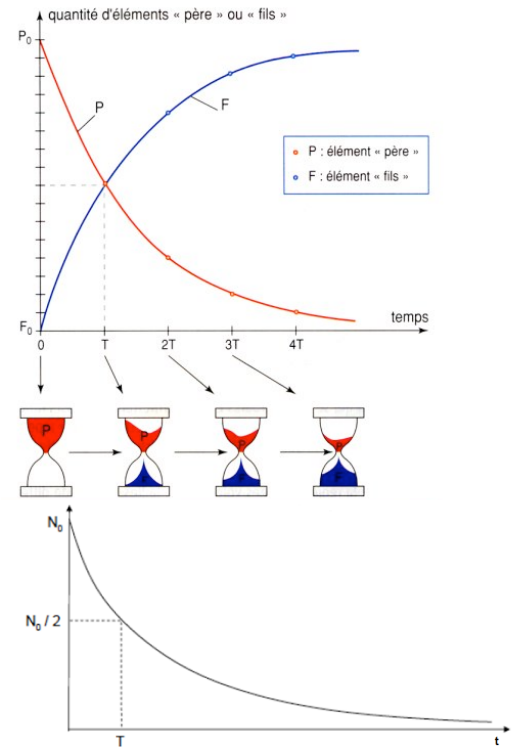
L'équation fondamentale de la désintégration est la suivante : $P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Démonstration :

$$dP = -\lambda P dt$$

$$\frac{dP}{P} = -\lambda dt \rightarrow \int_{P_0}^{P_t} \frac{dP}{P} = -\lambda \int_0^t dt \rightarrow \ln[P]_{P_0}^{P_t} = -\lambda t$$

$$\rightarrow \ln P_t - \ln P_0 = -\lambda t \rightarrow \ln\left(\frac{P_t}{P_0}\right) = -\lambda t \rightarrow \frac{P_t}{P_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow P_t = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$$



λ = **constante de désintégration** (probabilité de désintégration par unité de temps propre à chaque catégorie d'isotope)

t = **temps écoulé** (Paramètre à déterminer)

P_t = **Nombre d'éléments pères radioactifs au moment de la mesure**

P_0 = **Nombre initial d'éléments pères radioactifs au temps t_0**

Dans certains cas, il faut tenir compte du fait que des **isotopes F peuvent exister au départ (F_0) dans la roche** indépendamment de la radioactivité de l'élément P.

On a alors $F = F_0 + F^*$

Avec F^* : produit par la désintégration de P donc: $F^* = P_0 - P$

Et comme $P = P_0 e^{-\lambda t}$ ou $P_0 = P e^{\lambda t}$

alors $F^* = P (e^{\lambda t} - 1)$.

Alors $F = F_0 + P (e^{\lambda t} - 1)$

On définit la **période= demi-vie (T)** comme le temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments radioactifs présents.

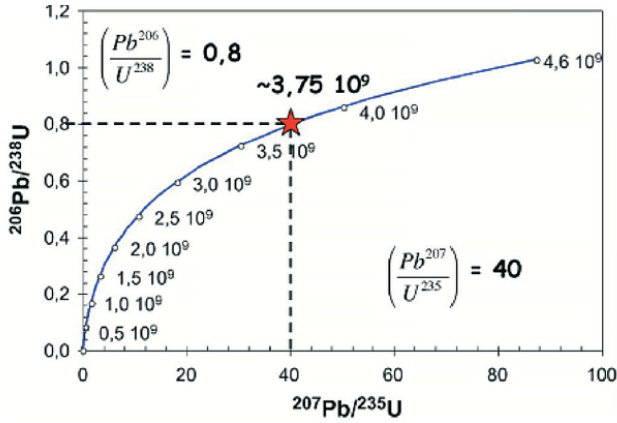
$$P_0 / 2 = P_0 e^{-\lambda T} \rightarrow 1/2 = e^{-\lambda T} \rightarrow \ln(1/2) = \ln(e^{-\lambda T}) \rightarrow \ln 2 = \lambda T$$

Ce qui équivaut à $\lambda = \ln 2 / T$ ou encore $T = \ln 2 / \lambda$

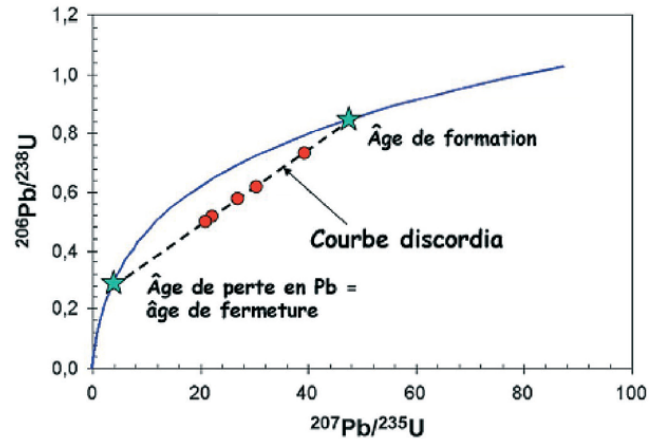
Doc. 8: Quelques chronomètres classiquement utilisés en géologie

Élément père → Élément fils	Période (années)	Domaine de datation (Ma : millions d'années)	Échantillons datés
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$	$4,53 \cdot 10^9$	De 10 à 4 500 Ma	Minéraux riches en uranium (Ex : zircon)
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	$1,31 \cdot 10^9$	De 1 à 4 500 Ma	Feldspaths potassiques Amphiboles Pyroxènes Muscovite Biotite Zircon
$^{39}\text{Ar} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	$1,25 \cdot 10^9$	De 1 à 4 500 Ma	
$^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$	$49,9 \cdot 10^9$	De 10 à 4 500 Ma	
$^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$	$106 \cdot 10^9$	> 200 Ma	
$^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$	5 730	< 40 000 ans	Os, bois et autres matières organiques

Doc.9 :Ex. de courbe Concordia



Doc.10 :Ex. de rapports discordants → perte en Pb par ré-ouverture du système → Discordia



Doc. 11 :Echelle chronostratigraphique simplifiée et quelques événements importants de l'histoire de la Terre. Les étages ne sont pas représentés (Exemple : Maastrichtien ; Campanien ; Santonien ; Coniacien ; Turonien ; Cenomanien sont les étages du Crétacé supérieur). (La chronologie du Protérozoïque est encore très mal connue; Phanérozoïque (du grec : phaneros « visible » et zoon « animal ») correspond à l'apparition des premiers animaux à coquille).

Eon	Ere	Période	Époque	Âge (Ma)	Notation	Couleur	Oroge-nèse	Événements importants		
PHANÉROZOÏQUE	CÉNOZOÏQUE	Quaternaire	Holocène	0,012	q	Saumon	Alpine	Fin de la dernière glaciation		
			Pléistocène		q	Glaciations quaternaires				
		Néogène	Pliocène	2,6	p	Jaune		Premiers Hominidés		
			Miocène	5,3	m	Crise messinienne				
		Paléogène	Oligocène	23	g	Orange		Début de la glaciation Cénozoïque		
				Éocène	34			e	Collision Europe - Apulie	
			Paléo-cène	56	e			Collision Inde Eurasie		
				66	e			Premiers Primates		
			MÉSOZOÏQUE	Crétacé	Sup.			c	Vert	Crise biologique (crise K/T)
					Inf.					Subduction de l'océan alpin
	Jurassique	Sup.		145	j ou l (si inf. Lias)	Bleu	Ouverture du Golfe de Gascogne			
		Moy.					Premières Angiospermes			
		Inf.					Premiers Oiseaux			
	Trias	Sup.		201	t	Violet	Ouverture Atlantique Sud			
		Moy.					Crise biologique			
		Inf.					Dislocation de la Pangée			
	PALÉOZOÏQUE	Permien		252	r	Rouge	Premiers Mammifères			
				298	h	Bleu - vert	Crise biologique			
		Carbonifère	358	h	Bleu - vert	Hercynienne	Formation de la Pangée			
			358	h			Premiers reptiles			
		Dévonien	419	d	Marron	Calédonienne	Forêts houillères du Carbonifère			
			419	d	Crise biologique					
		Silurien	443	s	Vert pâle	Sortie des eaux des Vertébrés				
			443	s	Vert pâle	Apparition Insectes				
	Ordovicien	485	o	Vert turquoise	Cadomienne	Premiers végétaux vasculaires terrestres				
485		o	Vert turquoise	Crise biologique						
Cambrien	541	k	Vert kaki	Colonisation des continents par les champignons						
	541	k	Vert kaki	Premiers Vertébrés agnathes						
PRÉCAMBRIEN	PROTERO-ZOÏQUE	541	b (carte de France)	Rose - orange	Explosion cambrienne (schistes de Burgess)					
		2 500		Rose	Faune d'Ediacara (-575 à -540 Ma)					
	ARCHÉEN	2 500		Rose	Premiers Eucaryotes (- 1,8 Ga)					
HADÉEN	HADÉEN	4 000			Oxygénation de l'atmosphère (- 2,3 Ga)					
		4 000			Apparition de la photosynthèse (- 2,8 Ga)					
							Premières Bactéries (- 3,8 Ga)			
								Plus vieilles roches connues (- 3,8 Ga)		
								Formation de la Terre (-4,55 Ga)		