








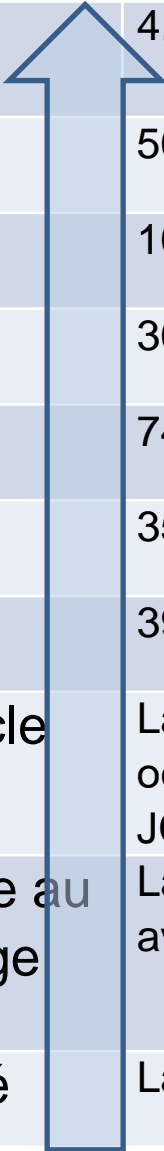
ST – H : La mesure du temps : outils et méthodes



Le Grand Canyon : un livre d'histoire....

Quelques grandes étapes de l'étude de l'âge de la Terre

		Age proposé pour la Terre :
Clair Patterson 	1953	4,55 Ga
Ernest Rutherford (1871 – 1937) 	1906	500 Ma
Lord Kelvin (1824 – 1907) 	1862	100 Ma
Charles Darwin (1809 – 1882) 	1859	300 Ma
Buffon (1707 – 1788) 	1778	74 047 ans
Edmond Halley (1656 – 1743) 	1721	35 000 ans
Newton 		3998 ans avant JC
James Ussher (1581 – 1656)	XVII ^e siècle	La Création a eu lieu le 23 octobre de l'an 4004 avant JC
Flavius Joseph (37 – 100) puis Théophile d'Antioche (115 – 181) et Eusèbe (265 – 340)	Du 1 ^{er} siècle au Moyen Age	La création a eu lieu en 5 500 avant JC
Aristote (384 – 322 avant JC)	Antiquité	La Terre a toujours existé

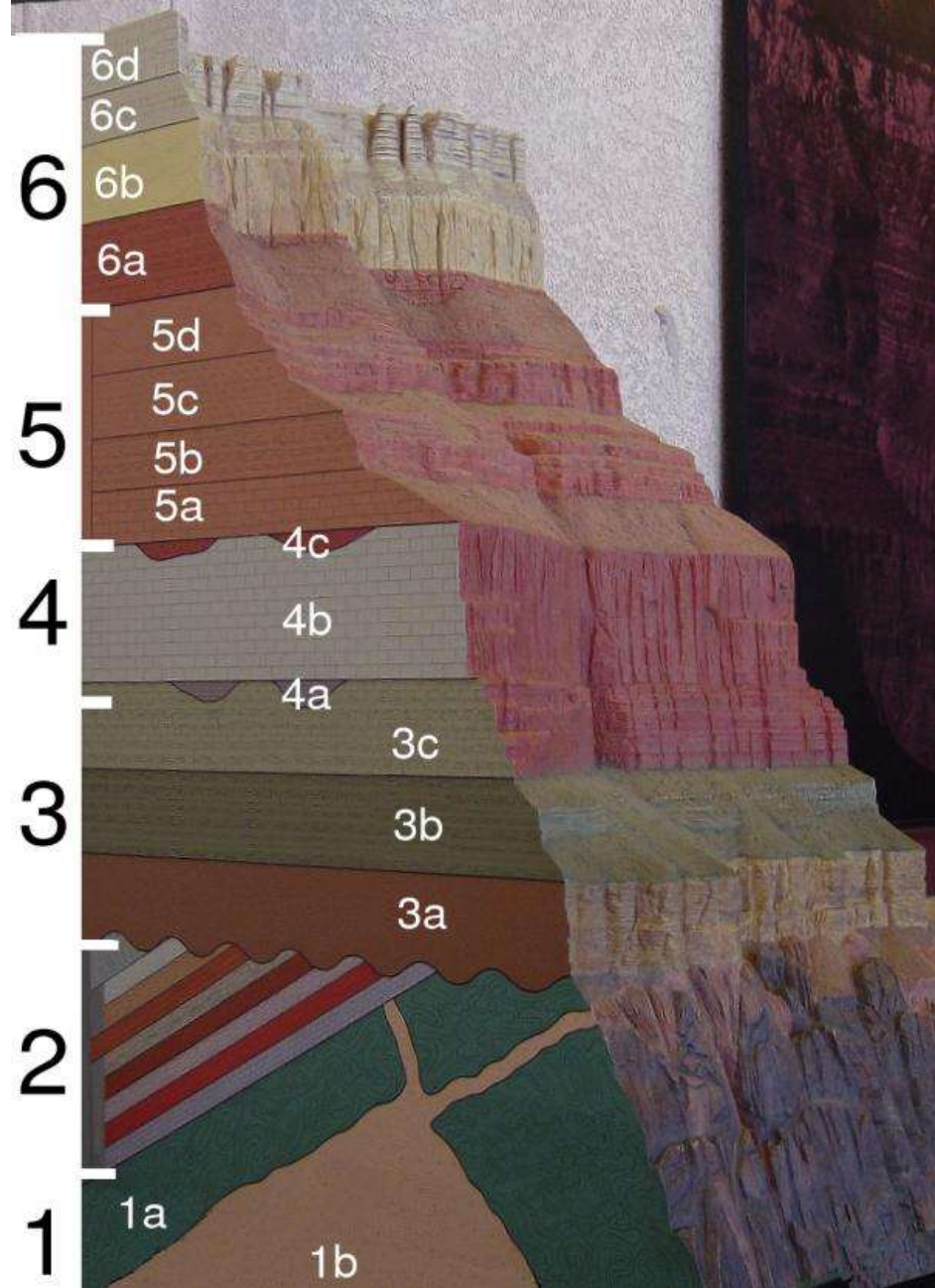




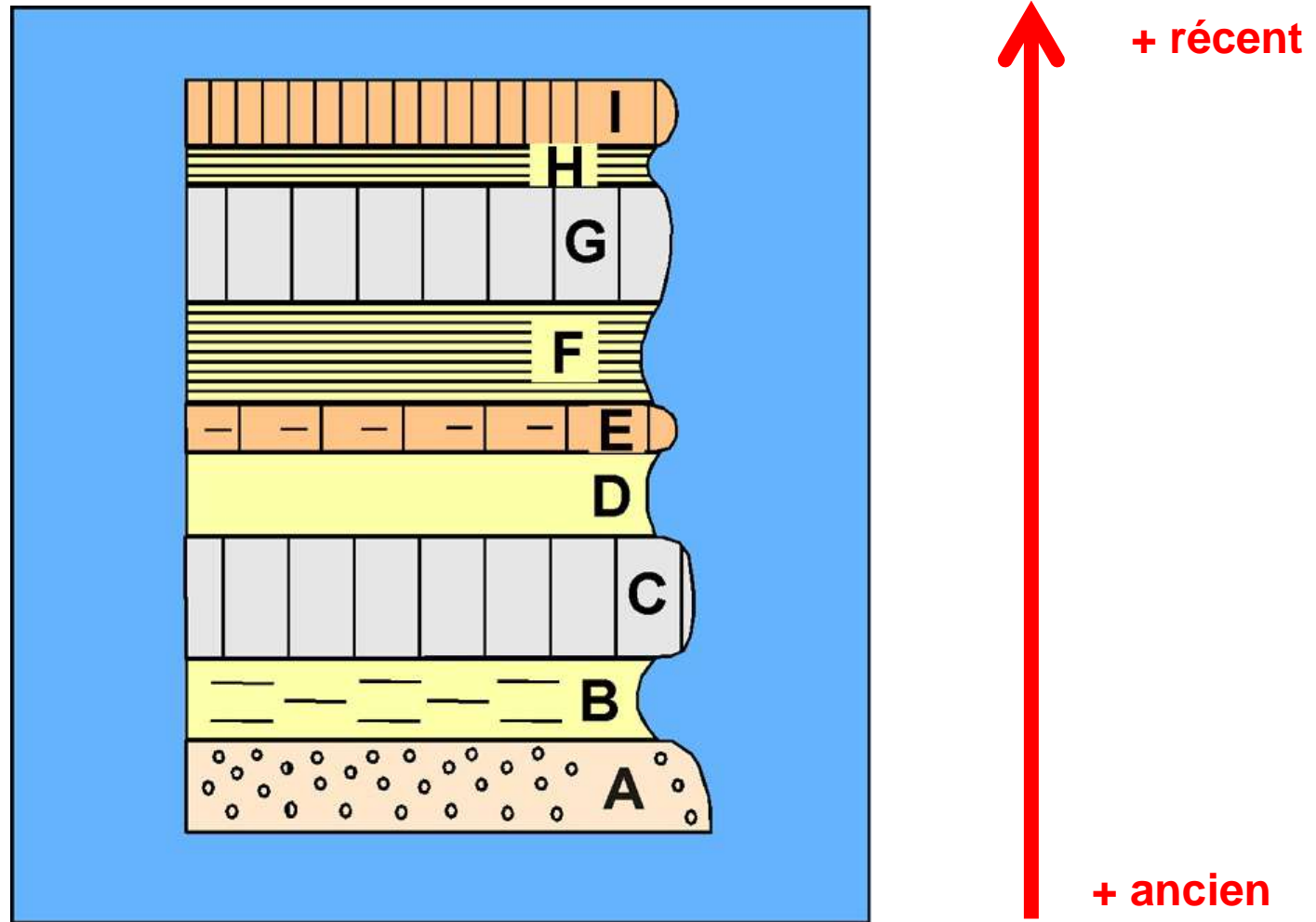
Le Grand Canyon : un livre d'histoire....

Près de 40 couches différentes de roches ont été identifiées sur les parois du Grand Canyon. Les principales formations du Grand Canyon sont :

- 6 – Hermit, Coconino, Toroweap et Kaibab
 - 6d – Calcaire de Kaibab (- 270 Ma)
 - 6c – Formation Toroweap
 - 6b – Grès de Coconino
 - 6a – *Shale* (schiste) d'Hermit
- 5 – Groupe de Supai
 - 5d – Formation d'Esplanade
 - 5c – Formation de Wescogame
 - 5b – Formation de Manakacha
 - 5a – Formation de Watahomigi
- 4 – Temple Butte, Redwall et Surprise Canyon
 - 4c – Formation de Surprise Canyon
 - 4b – Calcaire de Redwall
 - 4a – Calcaire de Temple Butte
- 3 – Groupe de Tonto
 - 3c – Calcaire de Muav
 - 3b – *Shale* (schiste) de Bright Angel
 - 3a – Grès de Tapeats
- 2 – Supergroupe du Grand Canyon
- 1 – Groupe de Vishnu
 - 1b – Granite de Zoroastre
 - 1a – Schiste de Vishnu (> 2 Ga)

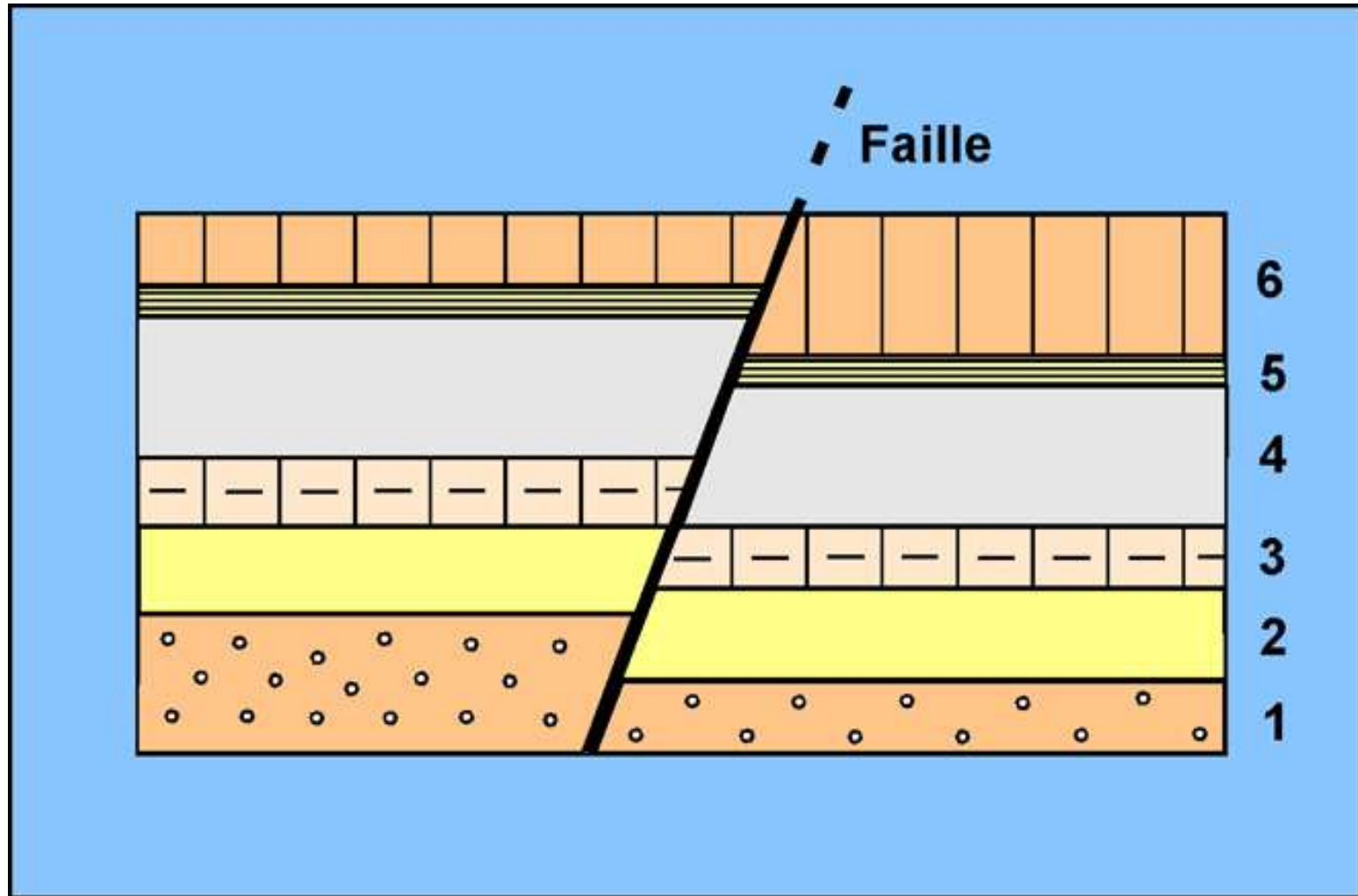


Principe de superposition



Respecté si la série sédimentaire n'a pas été renversée tectoniquement

Principe de recoupement



Le principe de recoupement : différentes échelles d'utilisation



Route de Las Vegas à la
Vallée de la Mort



Roches métamorphiques plissées et
foliées et filon de granite, plus clair.



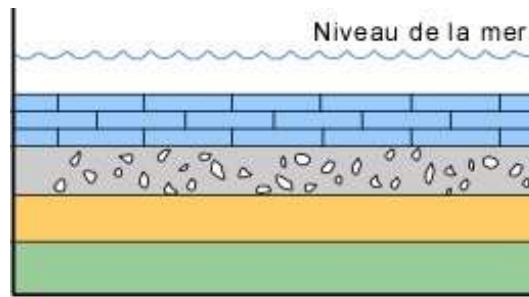
Echantillon de granite de Flamanville
(Manche).

Enclave sombre de sédiments
métamorphisés (cornéenne) et filons
clairs de granite.

La déformation continue

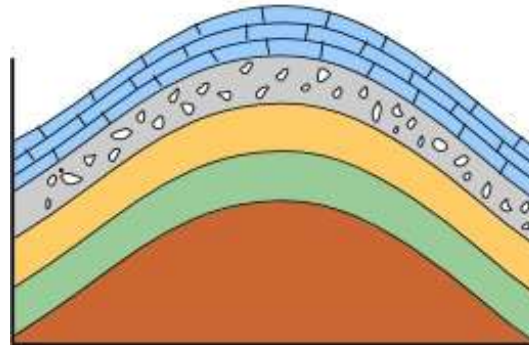


Reconstitution de l'histoire



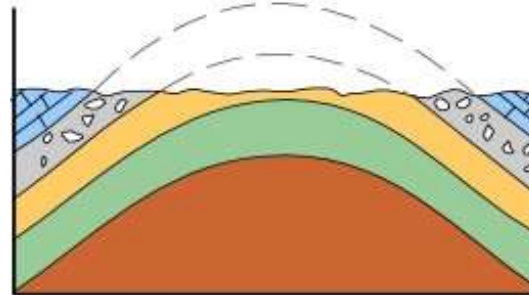
Dépôt

Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale



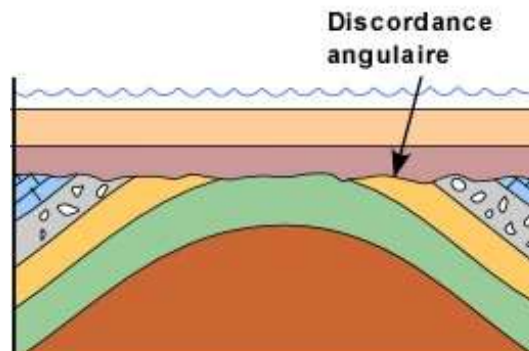
Plissement et soulèvement

Il est fréquent que les forces tectoniques de compression plissent ces couches originellement horizontales



Érosion

Les couches plissées sont subséquemment érodées et les reliefs aplanis



Nouveau dépôt

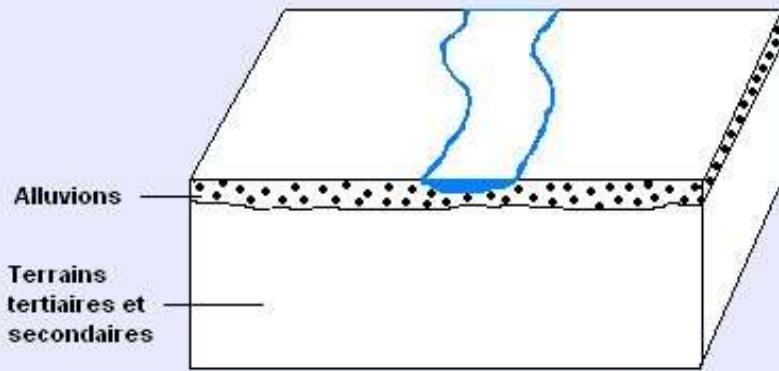
Si d'autres couches se déposent au-dessus, par exemple à la faveur d'un envahissement par la mer, il en résulte une relation d'angularité entre les deux ensembles. La surface qui sépare les deux ensembles est une discordance angulaire.

Principe d'inclusion

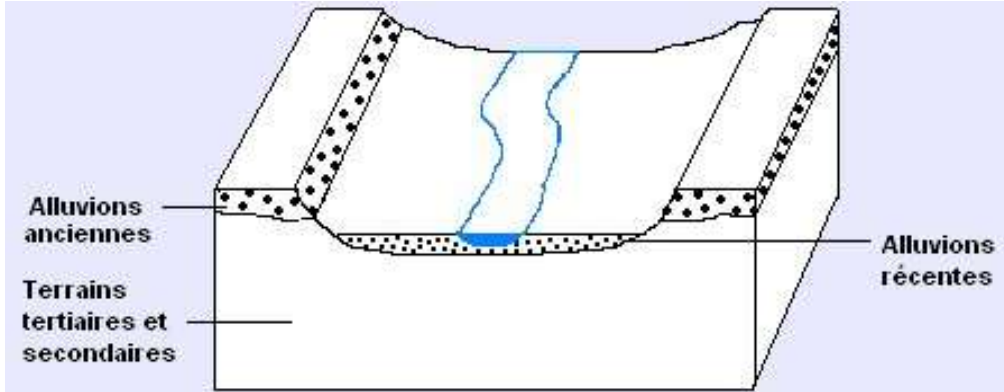


Granite de Ploumanach'
et enclaves sédimentaires (cornéennes)

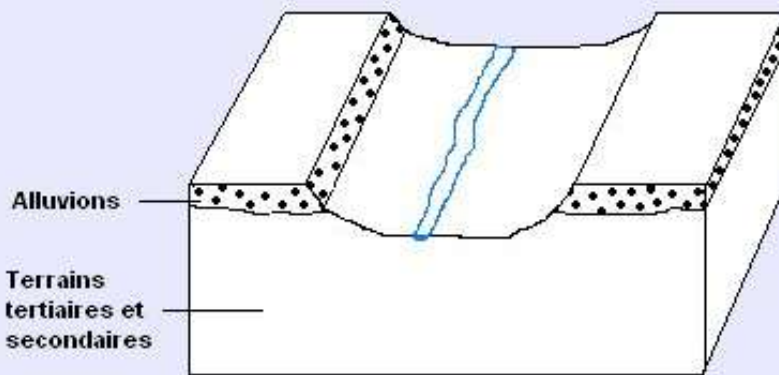
Des limites d'application de ces principes : exemple des terrasses alluviales



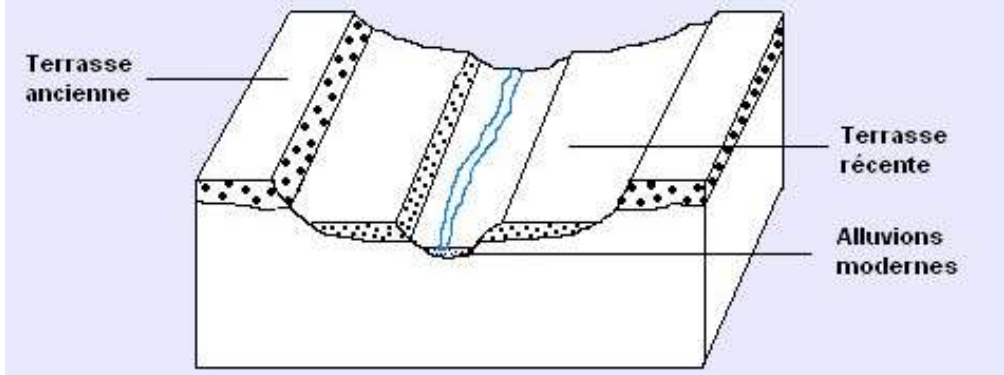
1 – Dépôt d'alluvions



3 – Dépôt d'alluvions plus récentes



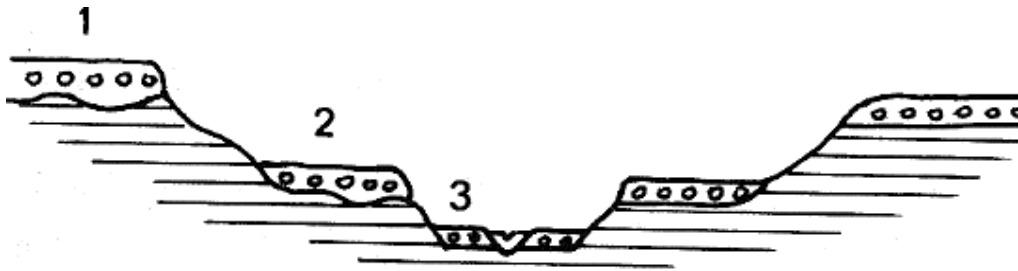
2 – Creusement du lit de la rivière



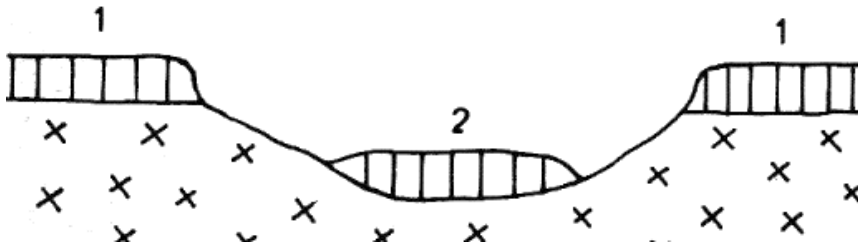
4 – Creusement des alluvions les plus récentes

→ Résultat : des terrasses étagées, les plus anciennes étant les plus hautes topographiquement

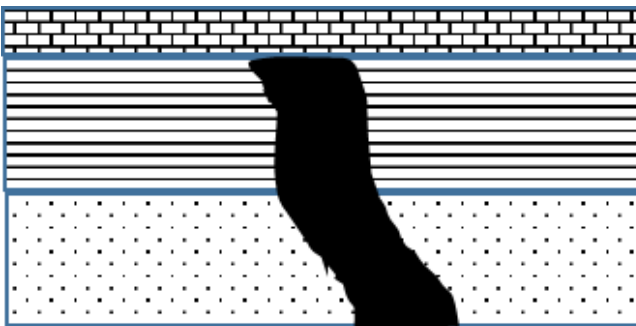
Document 2. Des limites d'application de ces principes.



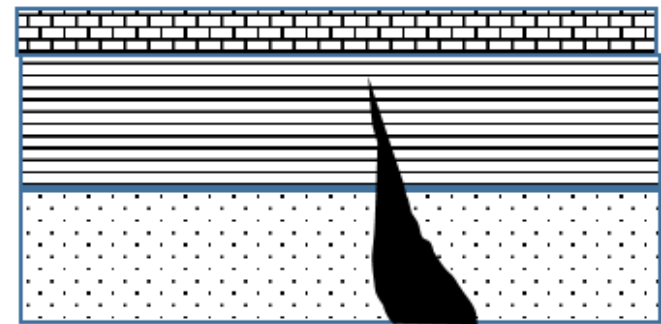
Terrasses alluviales



**Coulées basaltiques
dans une vallée**

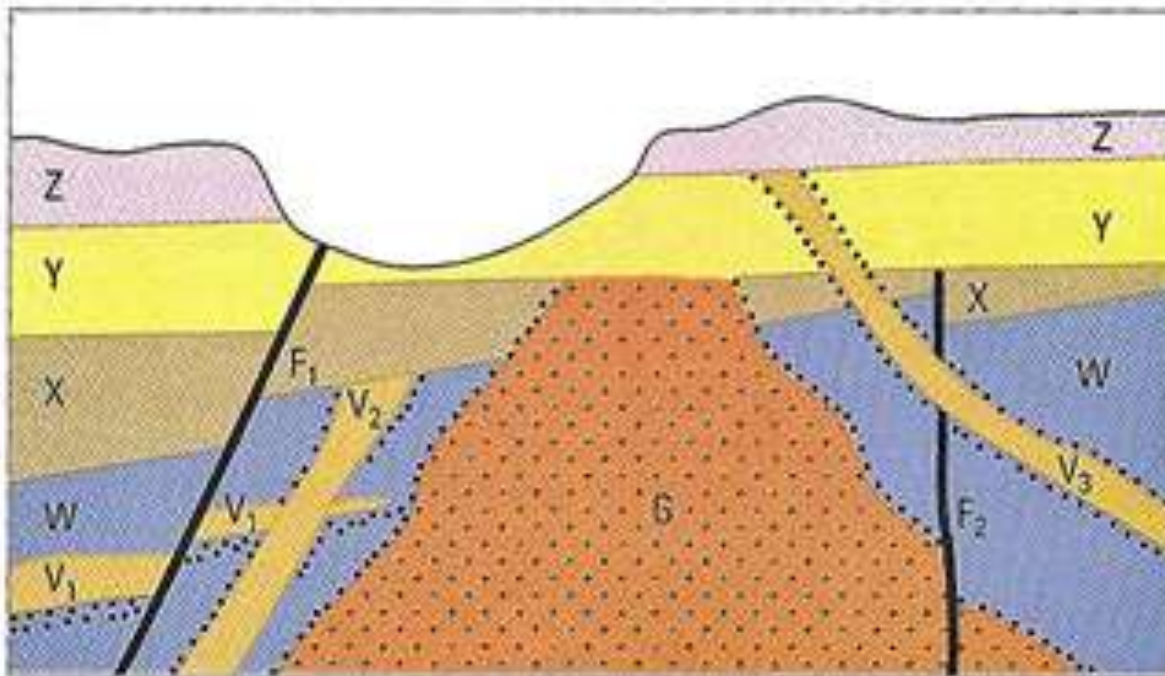


Dykes



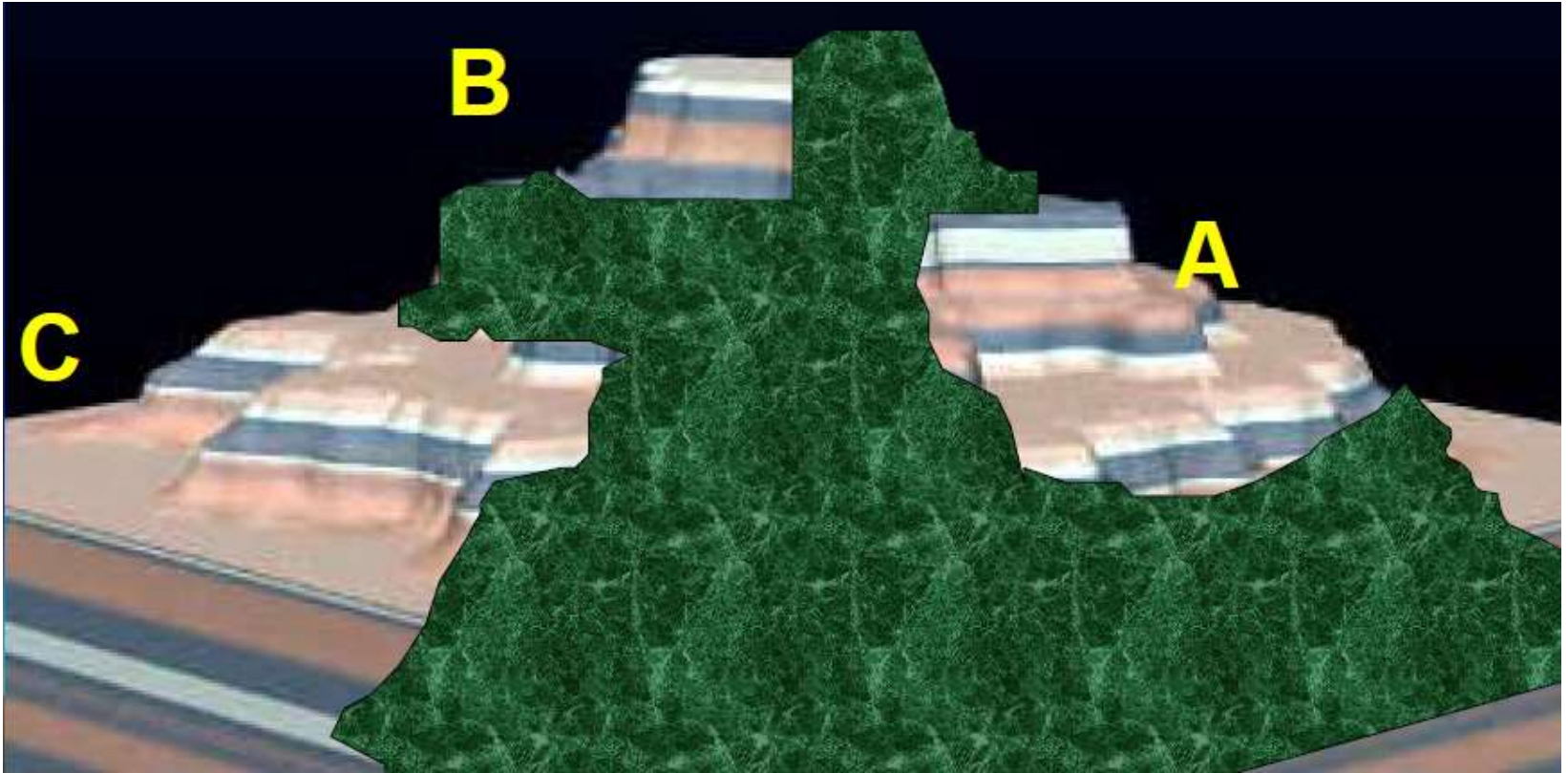
Document 3. Déduisez la chronologie des évènements ayant conduit à la mise en place de ces structures.

Le document ci-dessous présente une coupe géologique (théorique). On distingue quatre séries sédimentaires (W, X, Y et Z), un massif granitique G, trois formations volcaniques notées V_1 , V_2 et V_3 et deux failles F_1 et F_2 . Les petits points signalent des roches ayant subi des transformations minéralogiques après la mise en place de G ou de V.



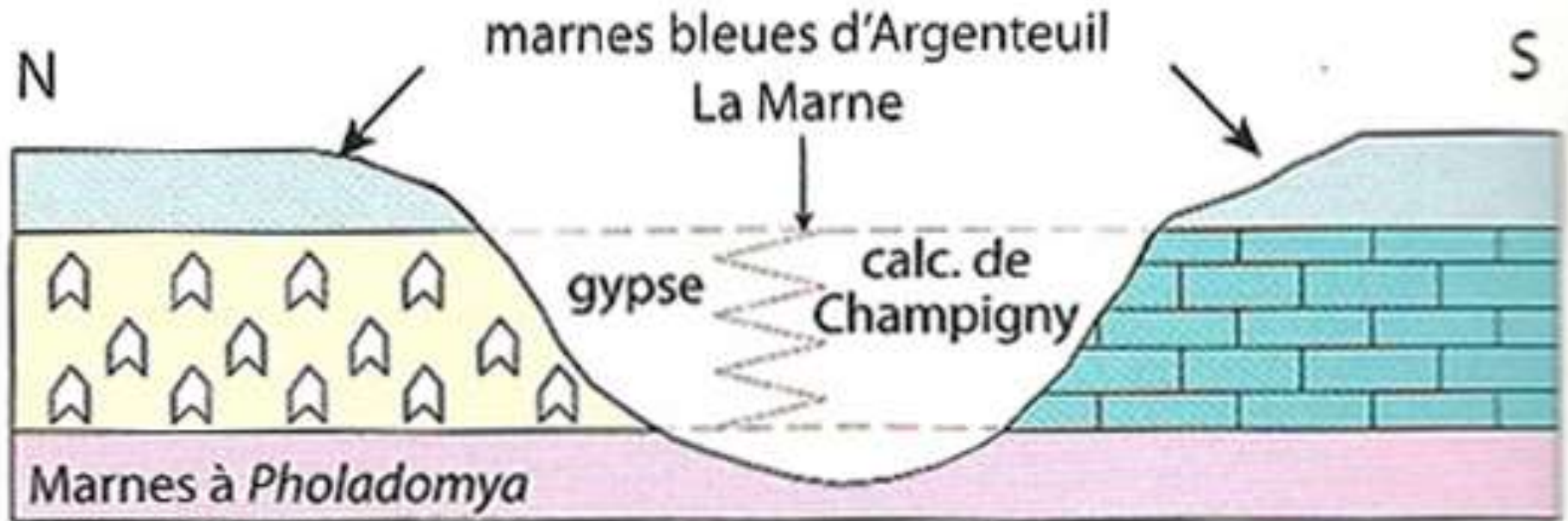
Une coupe géologique théorique.

Principe de continuité



Les strates s'étendent sur une surface importante : on peut reconstituer une série par corrélations à partir des observations faites sur plusieurs affleurements (ici 3 : A, B et C).

Voir document 4.



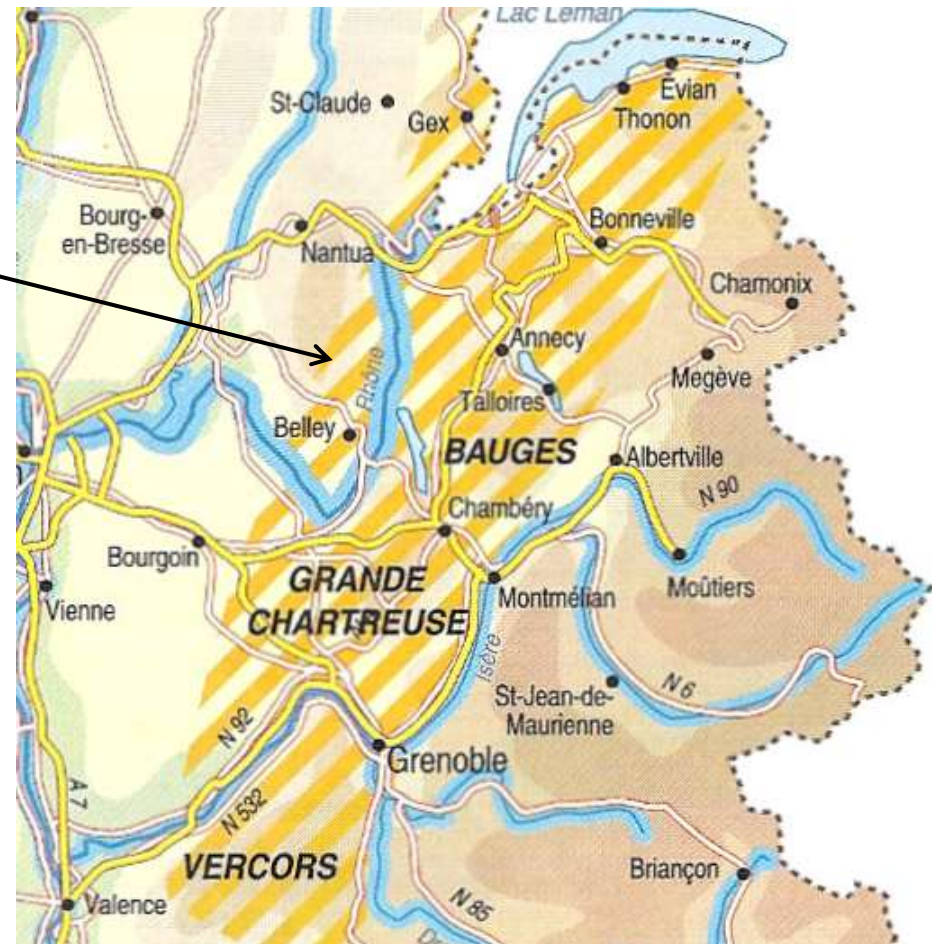
Un passage latéral de faciès dans l'Eocène supérieur du bassin de Paris

Principe d'identité paléontologique



**Rochers des Fiz
(Haute-Savoie) en haut
et Mont Aiguille
(Vercors, Isère) en bas**

Calcaire Urgonien



Les coraux, des fossiles de faciès



La grande barrière de corail (Australie)

Conditions de vie des coraux :

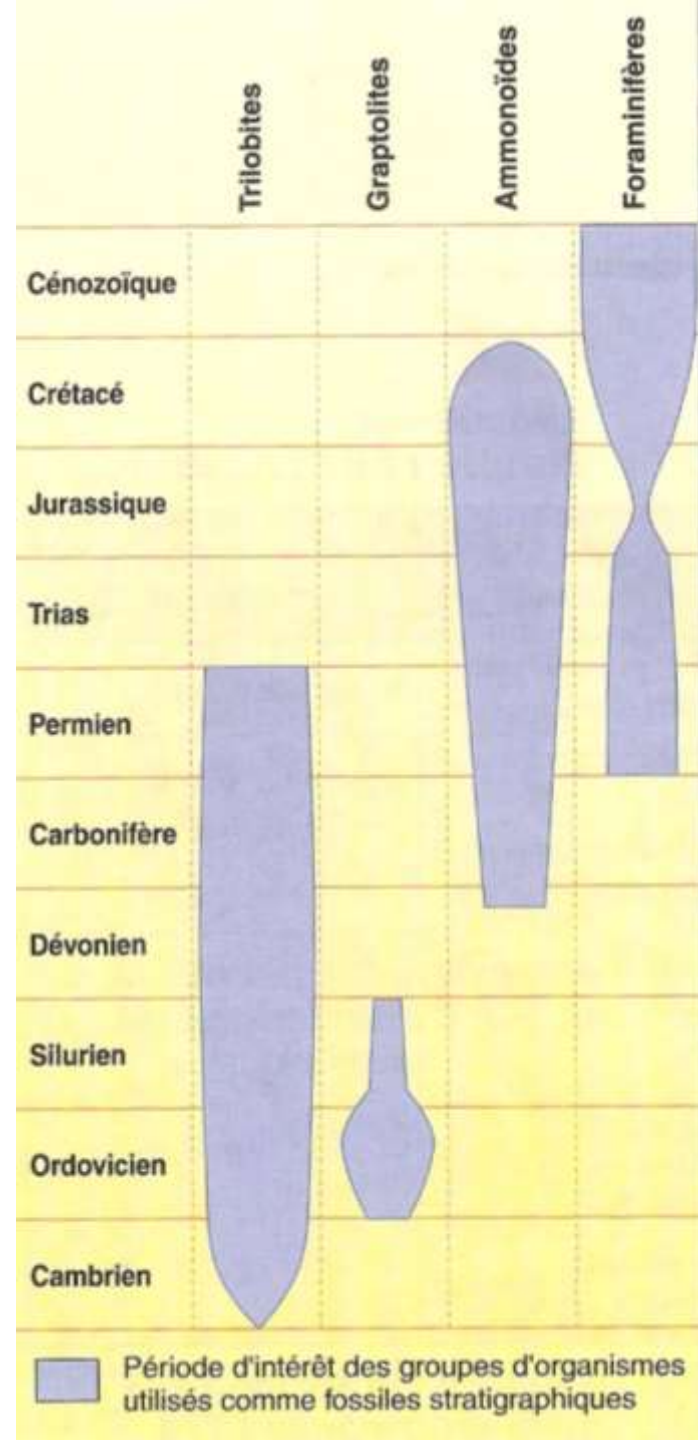
- Milieu marin
- Eaux peu profondes, transparentes, bien oxygénées
- Température optimale : 25 à 30 °C



Répartition dans le temps de quelques fossiles stratigraphiques



Ammonite
(Dévonien sup. – fin Mésozoïque)



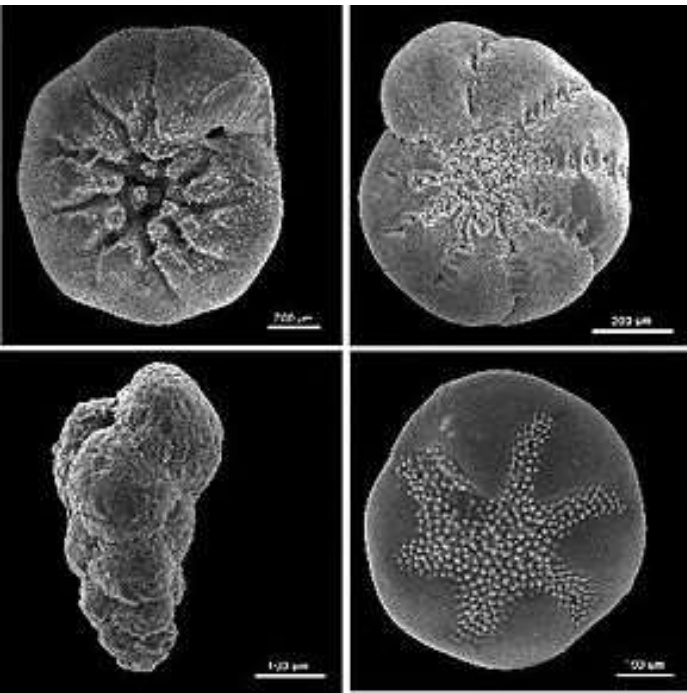


Graptolites : *Amplexograptus*,
Ordovicien, Amérique du nord.



Trilobites : Arthropodes marins ayant
vécu du Cambrien au Permien.

Quelques fossiles stratigraphiques



Foraminifères benthiques.

Les Foraminifères sont des Protozoaires
apparus Cambrien inférieur.

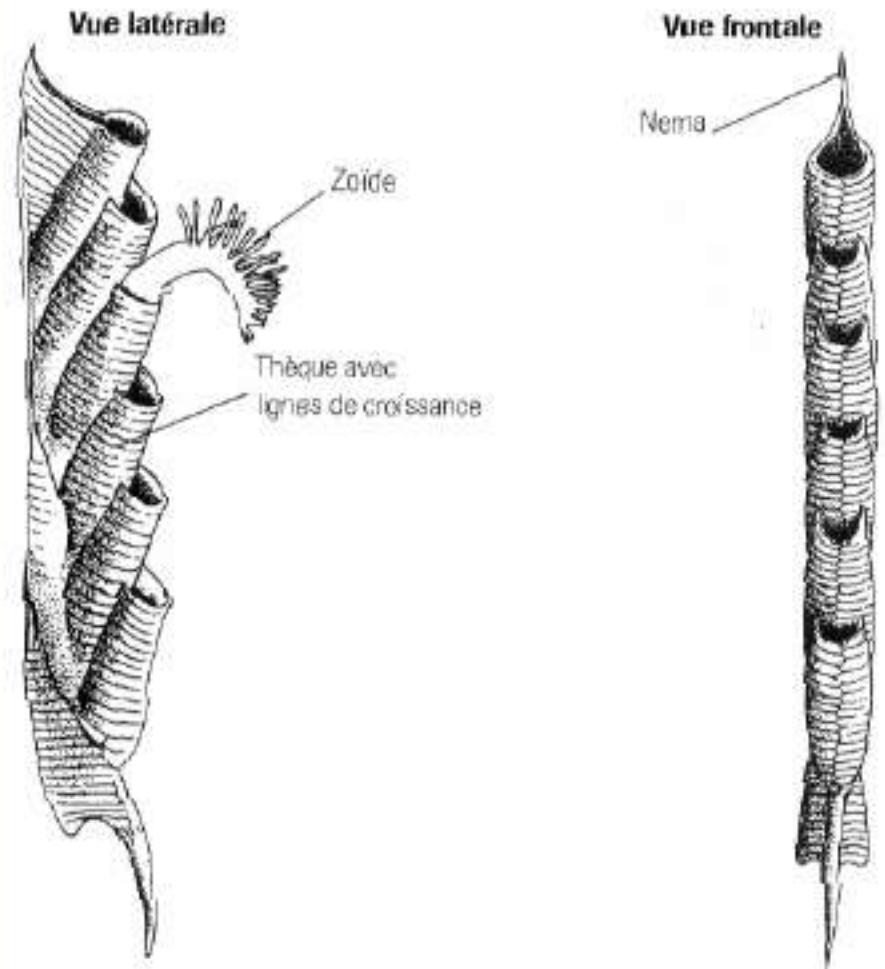
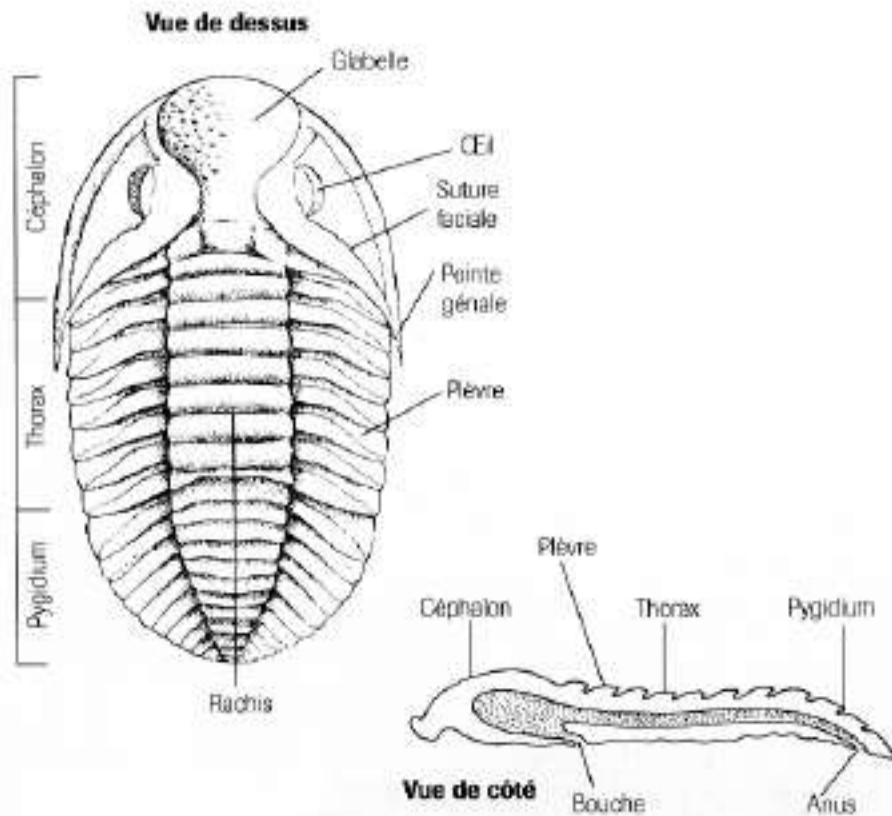
Ere Primaire

Trilobites

Arthropodes marins

Graptolithes

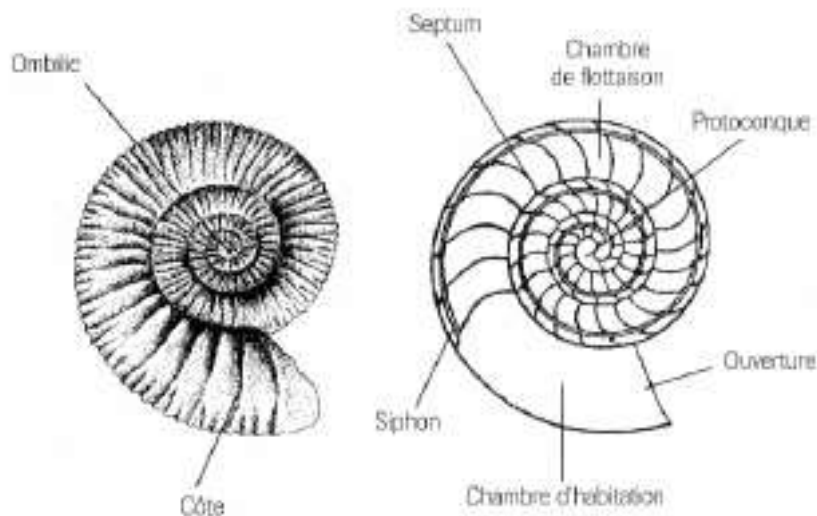
Prochordés coloniaux



Ere Secondaire

Ammonites

Mollusques Céphalopodes



Types de lignes de suture



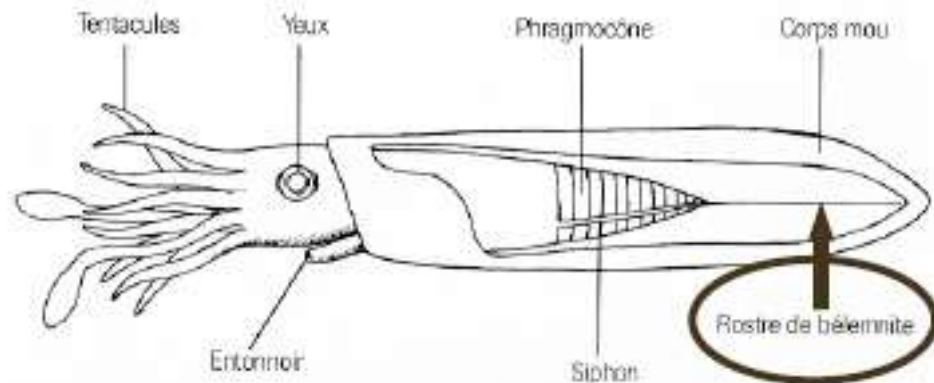
Goniatite



Ammonite

Rostres de Belemnites

Mollusques Céphalopodes

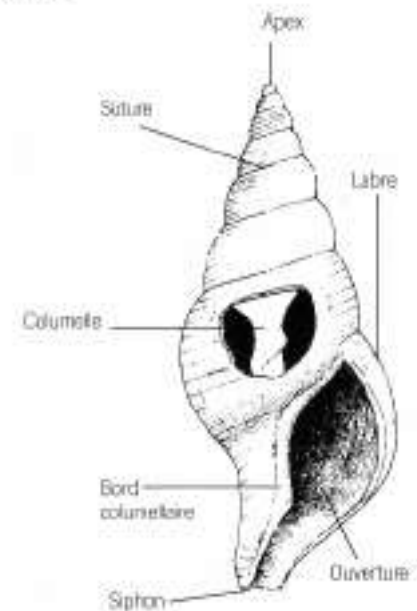
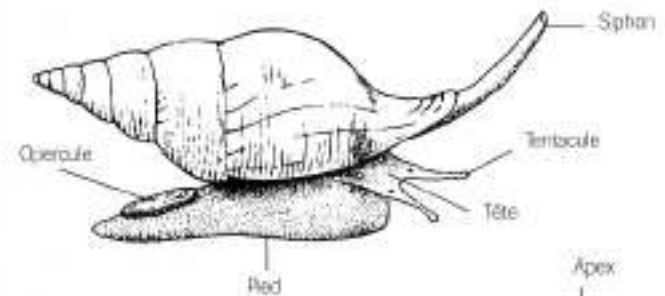


Ere Tertiaire

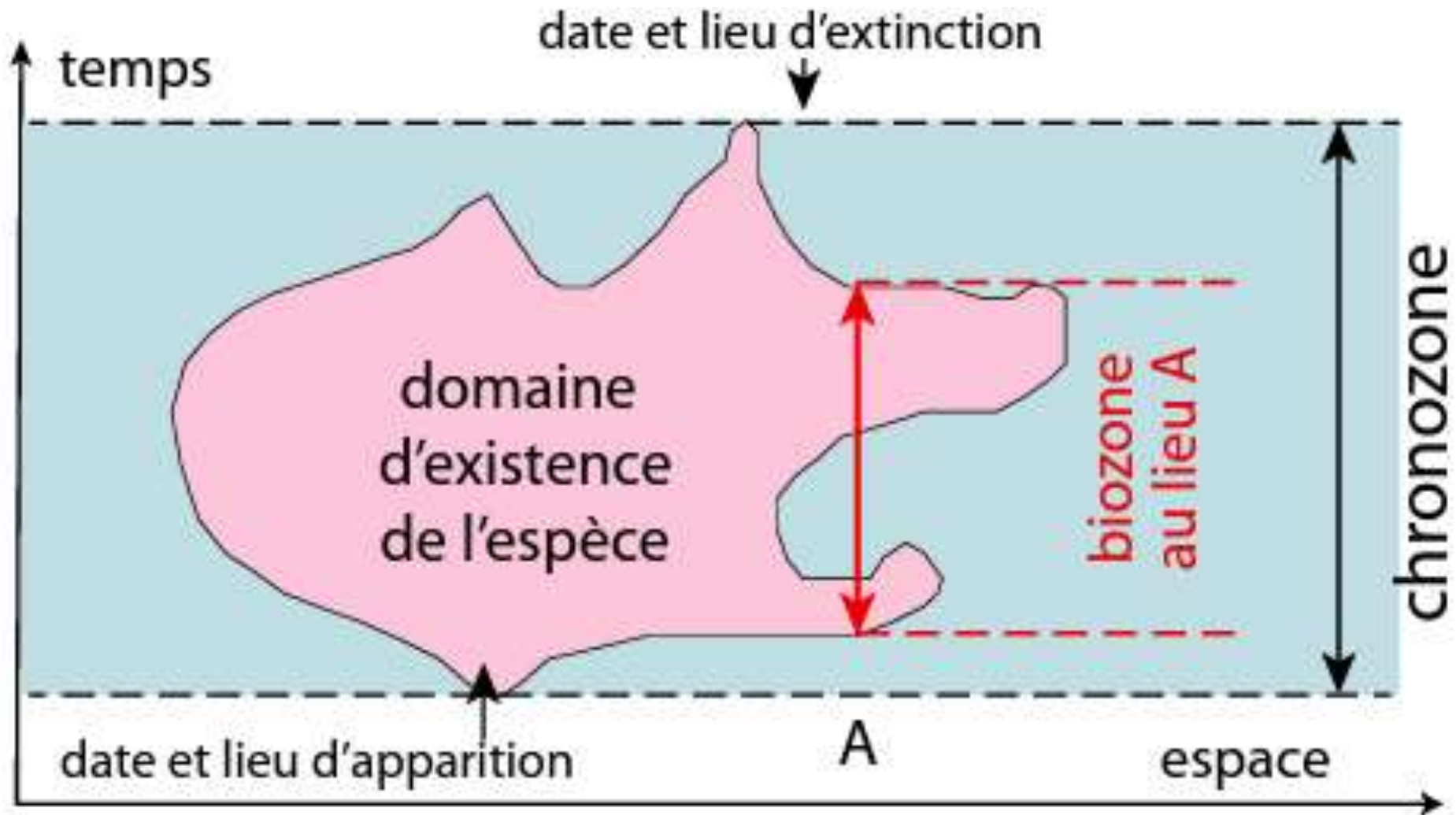
Nummulites Foraminifères



Turritelle Mollusque Gastéropode



Document 8. Notions de BIOZONE et CHRONOZONE



Document 8. Notions de BIOZONE et CHRONOZONE

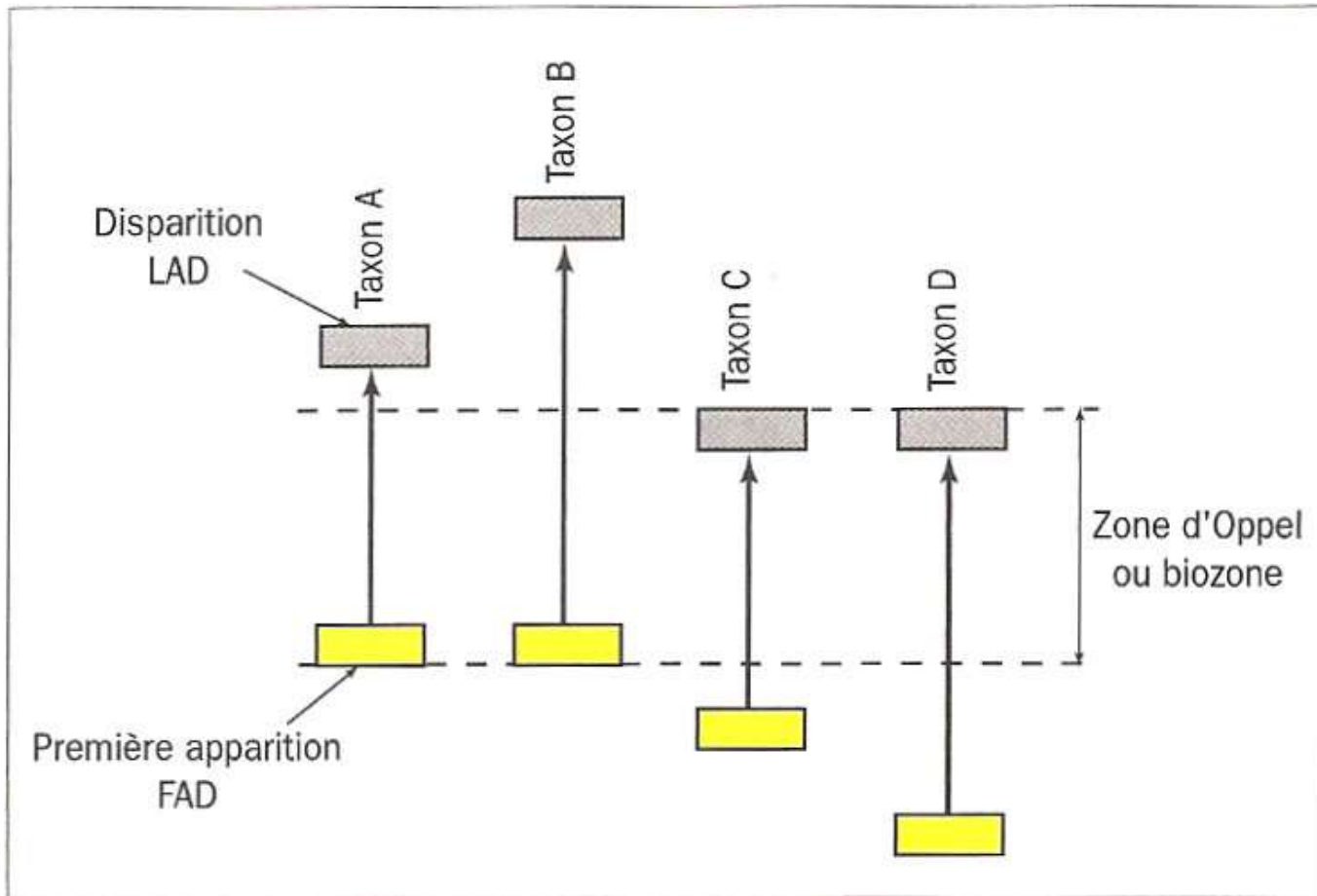
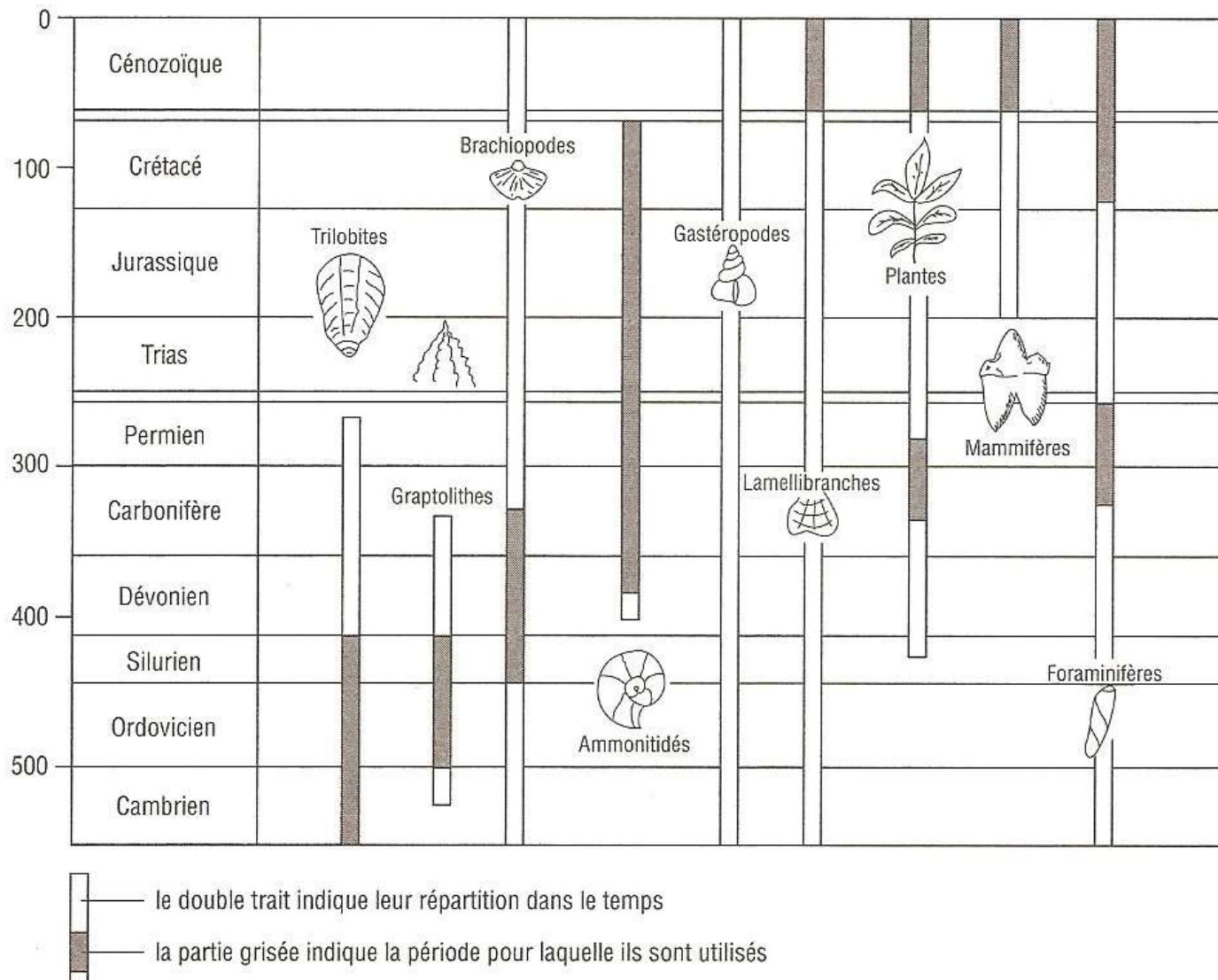


Figure 6.2. La notion de biozone (A. Oппel)

Une biozone est définie par le domaine de recouvrement de deux taxons (ou plus). La première apparition d'un taxon (FAD) est indiquée par un rectangle jaune et sa disparition (LAD) par un rectangle gris.

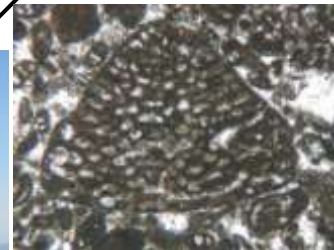
Document 7. Principaux groupes fossiles utilisés pour établir la zonation biostratigraphique.



Exemple de zone nommée d'après une espèce index : la vire à Orbitolines de l'Urgonien



Calcaire Urgonien



Orbitoline petit côté de la photo ~2,5 mm)



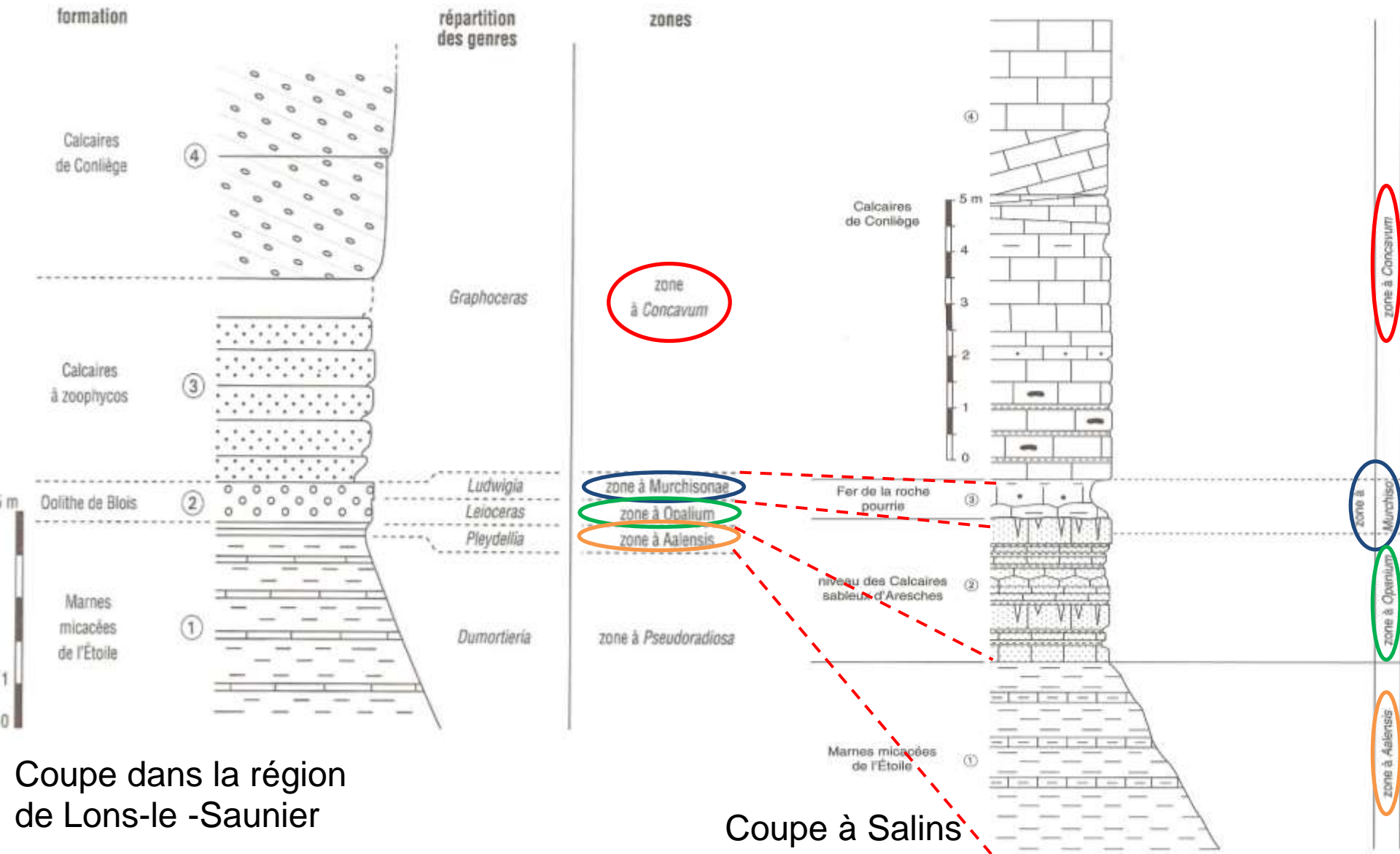
La vire à orbitolines au nord des Haberts du Charmant Som (Chartreuse)

La vire des couches à orbitolines marque la limite entre la "masse urgonienne inférieure", la plus épaisse (plus de 200 m., soit les 3/4 de la hauteur totale) et la "masse urgonienne supérieure", plus mince (50 à 100 m.).

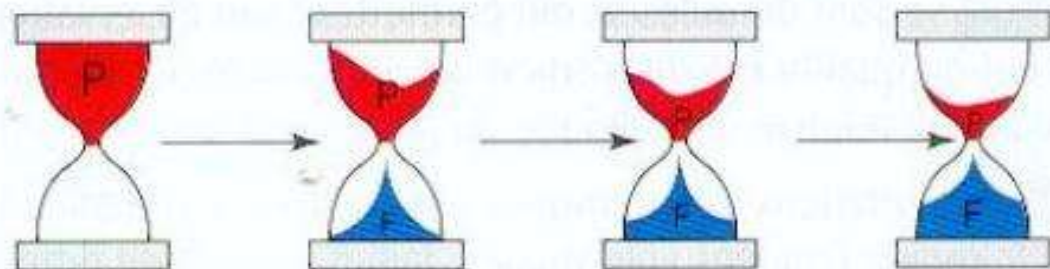
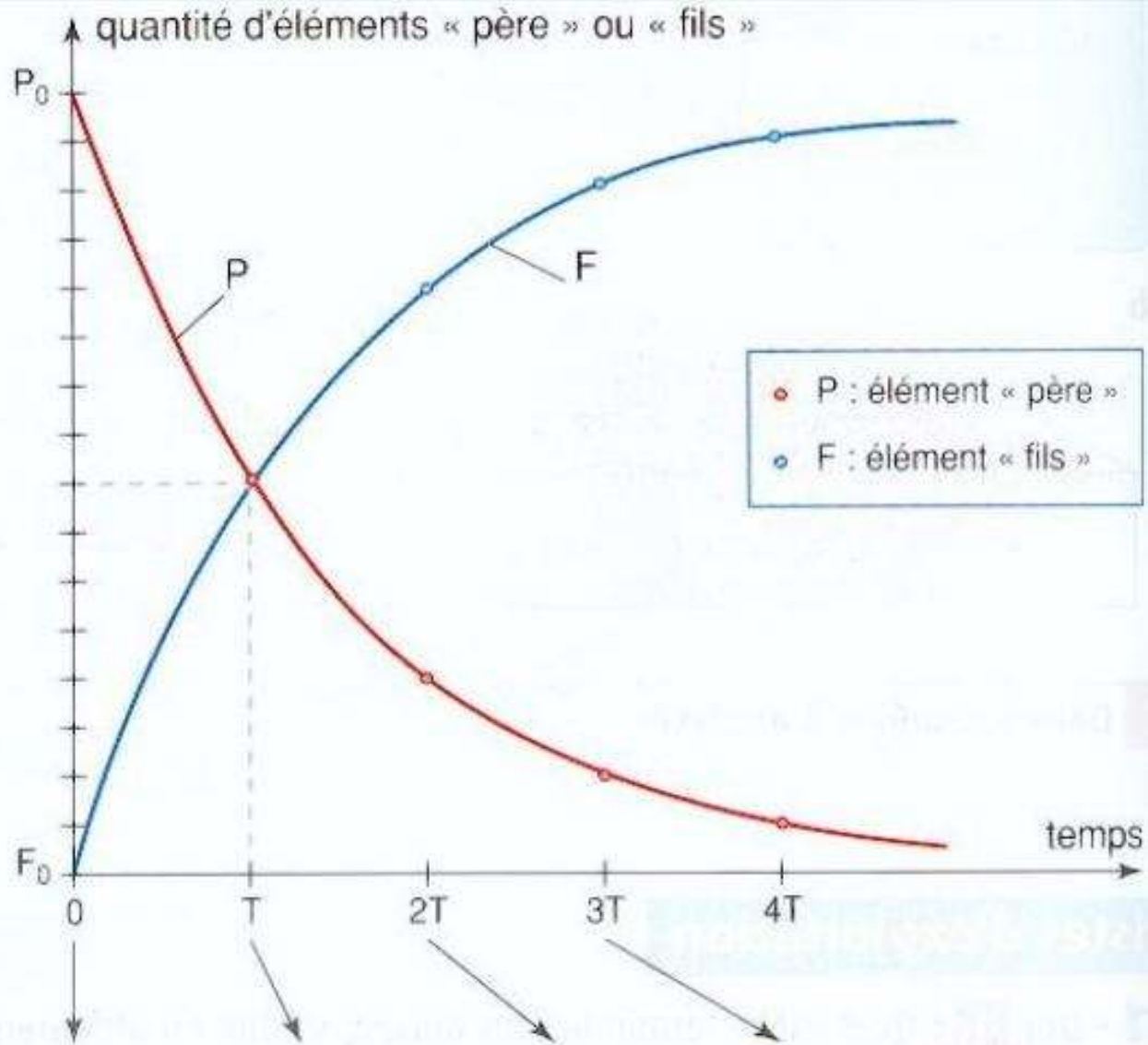
Rochers des Fiz (Haute-Savoie) en haut et Mont Aiguille (Vercors, Isère) en bas

Un exemple de corrélation régionale reposant sur la biostratigraphie

Malgré une succession différente des faciès, la succession des genres d'Ammonites est identique dans les deux régions.



Evolution au cours du temps de la quantité d'élément père radiogène et d'élément fils radiogénique.



$$\frac{dP}{dt} = -\lambda \cdot P$$

$$P = P_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

P teneur actuelle en élément père
P₀ teneur initiale en élément père

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$P = P_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$\text{or : } F = F_0 + (P_0 - P)$$

F teneur actuelle en élément fils

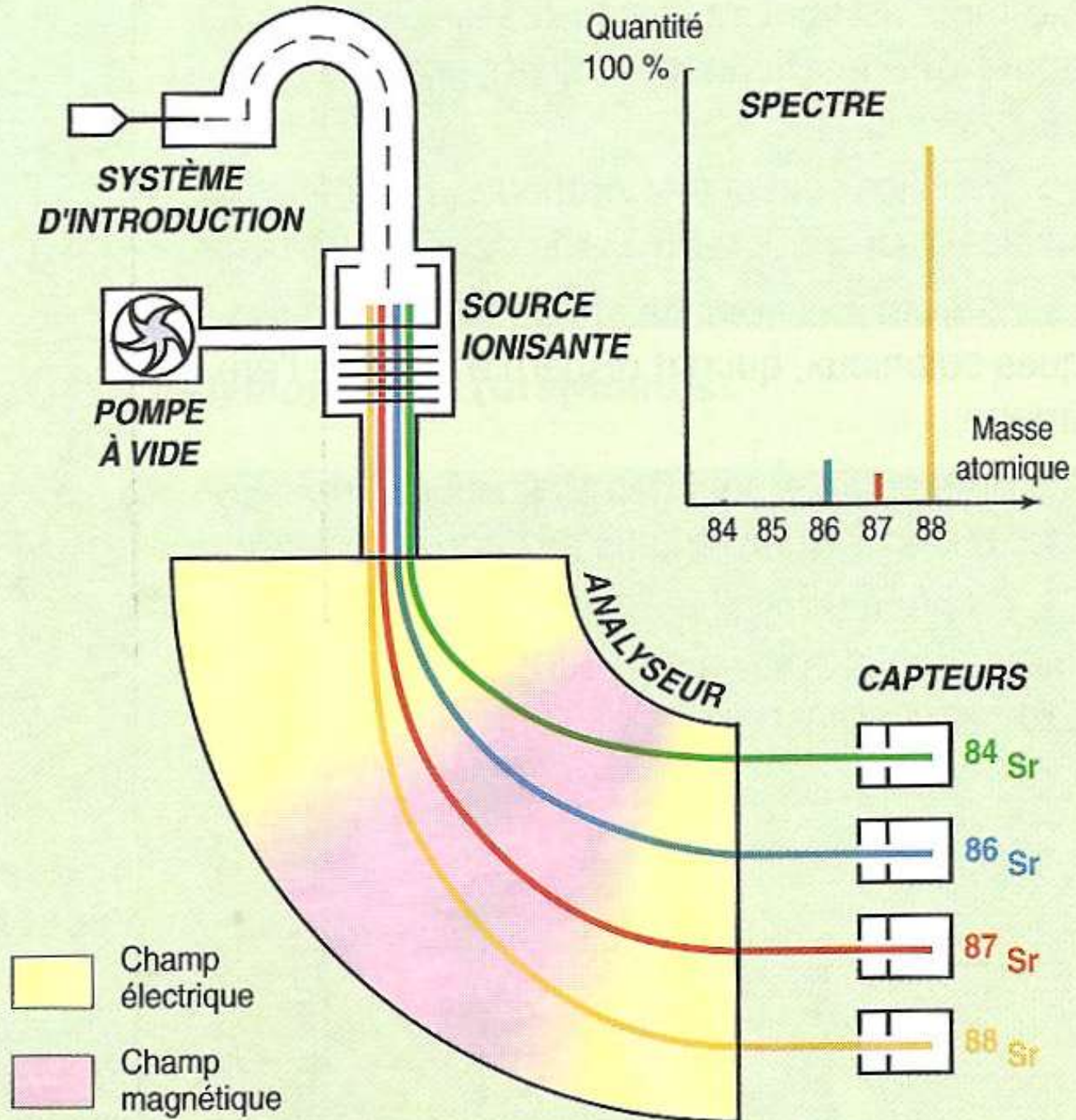
F_0 teneur initiale en élément fils

$$\text{D'où : } F = F_0 + (P \cdot e^{\lambda t} - P)$$

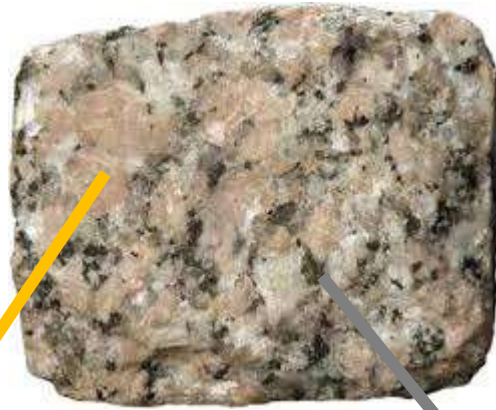
$$F = F_0 + P (e^{\lambda t} - 1) \quad (2)$$

Document 9.

Principe d'un spectromètre de masse



Granite



Orthose



Biotite



Isotopes

Abondance
(% molaire)

^{39}K

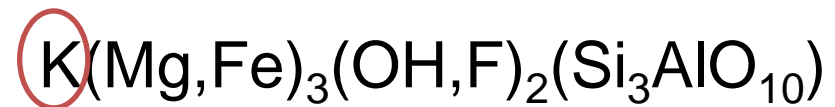
44 %

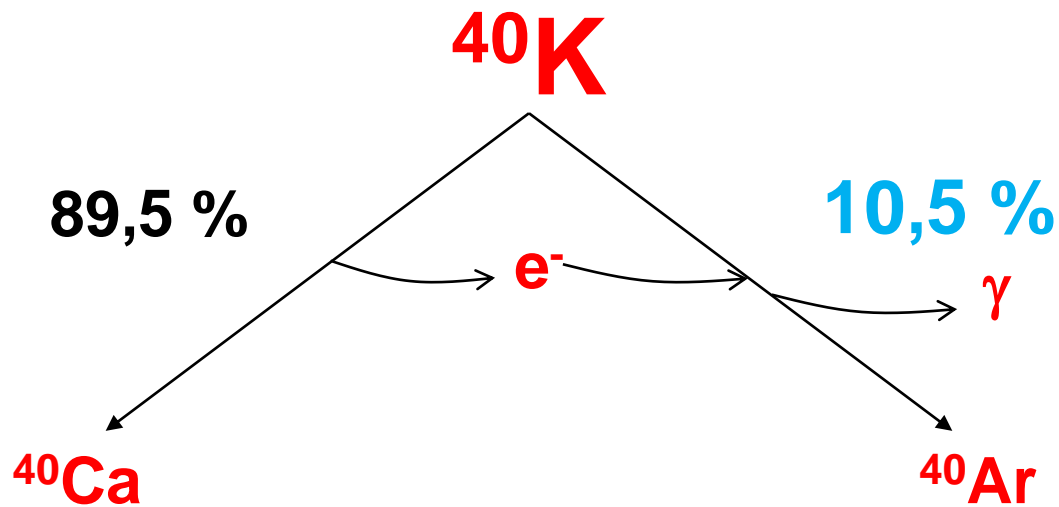
^{40}K

1 %

^{41}K

44 %





$$\lambda_{\text{Ar}} = 5,54 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$$

$$T_{\text{Ar}} = 1,25 \cdot 10^9 \text{ an}$$

$F = F_0 + P (e^{\lambda t} - 1)$ (2) devient alors :

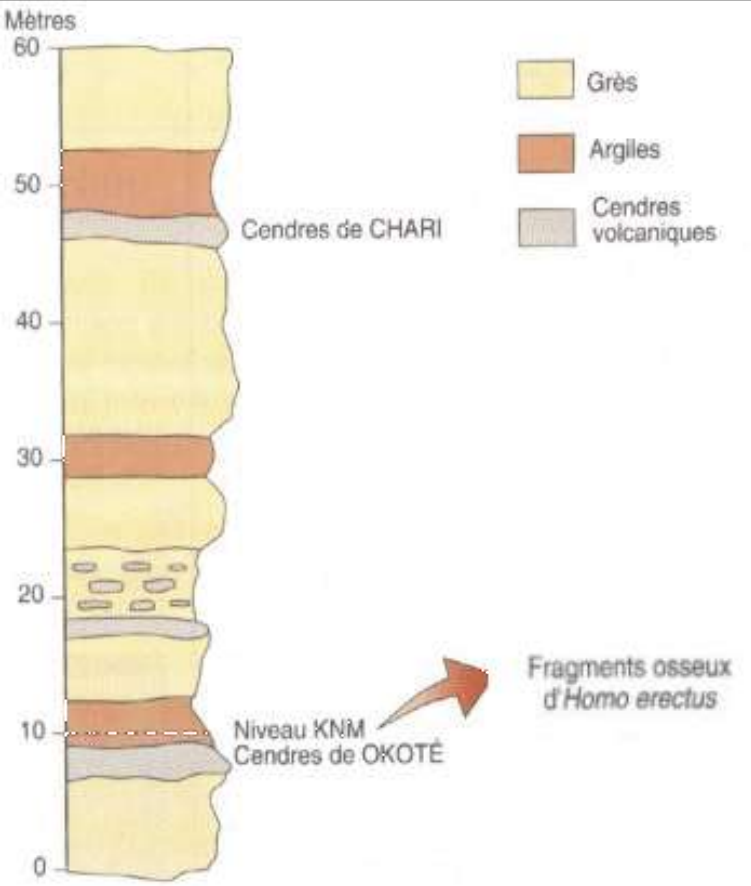
$$^{40}\text{Ar} = ^{40}\text{Ar}_0 + 0,105 ^{40}\text{K} (e^{\lambda t} - 1)$$

Cas du couple K / Ar

Exercice 4

Extrait de la colonne stratigraphique de Koobi Fora.
 Les niveaux argileux renferment de nombreux restes de Mammifères.
 Le niveau NKM contient de nombreux ossements d'*Homo erectus*.

Résultats isotopiques obtenus sur les feldspaths potassiques des cendres volcaniques de Okoté.



Niveaux	Numéro de l'analyse	⁴⁰ K atomes / g	⁴⁰ Ar atomes / g
Cendres de Okote	1	8,54.10 ¹⁶	8,4.10 ¹²
	2	8,65.10 ¹⁶	8,15.10 ¹²
	3	8,53.10 ¹⁶	8,09.10 ¹²
	4	8,46.10 ¹⁶	8,37.10 ¹²
Cendres de Chari	1	7,46.10 ¹⁶	5,86.10 ¹²
	2	7,58.10 ¹⁶	6,22.10 ¹²
	3	7,30.10 ¹⁶	5,91.10 ¹²
	4	7,41.10 ¹⁶	5,88.10 ¹²

Exercice 4

$${}^{40}\text{Ar} = 0,105 {}^{40}\text{K} (e^{\lambda t} - 1)$$

$$e^{\lambda t} - 1 = {}^{40}\text{Ar} / 0,105 {}^{40}\text{K}$$

Or : $e^{\lambda t} - 1 \approx \lambda t$ D'où :

$$t = {}^{40}\text{Ar} / {}^{40}\text{K} \cdot 1 / (0,105 \cdot \lambda)$$

avec $\lambda_{\text{Ar}} = 5,54 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$

→ Âge compris
entre 1,7 et 1,35 Ma

Niveaux	Numéro de l'analyse	${}^{40}\text{K}$ atomes / g	${}^{40}\text{Ar}$ atomes / g	t (an)
Cendres de Okote	1	$8,54 \cdot 10^{16}$	$8,4 \cdot 10^{12}$	1 690 917
	2	$8,65 \cdot 10^{16}$	$8,15 \cdot 10^{12}$	1 619 729
	3	$8,53 \cdot 10^{16}$	$8,09 \cdot 10^{12}$	1 630 424
	4	$8,46 \cdot 10^{16}$	$8,37 \cdot 10^{12}$	1 700 811
Cendres de Chari	1	$7,46 \cdot 10^{16}$	$5,86 \cdot 10^{12}$	1 350 392
	2	$7,58 \cdot 10^{16}$	$6,22 \cdot 10^{12}$	1 410 659
	3	$7,30 \cdot 10^{16}$	$5,91 \cdot 10^{12}$	1 391 764
	4	$7,41 \cdot 10^{16}$	$5,88 \cdot 10^{12}$	1 364 143

Cas du couple U / Pb

L'uranium naturel est formé majoritairement de deux isotopes : ^{235}U et ^{238}U



période $T = 700 \text{ Ma}$ et $\lambda_{235} = 0,99 \cdot 10^{-9} \text{ an}^{-1}$

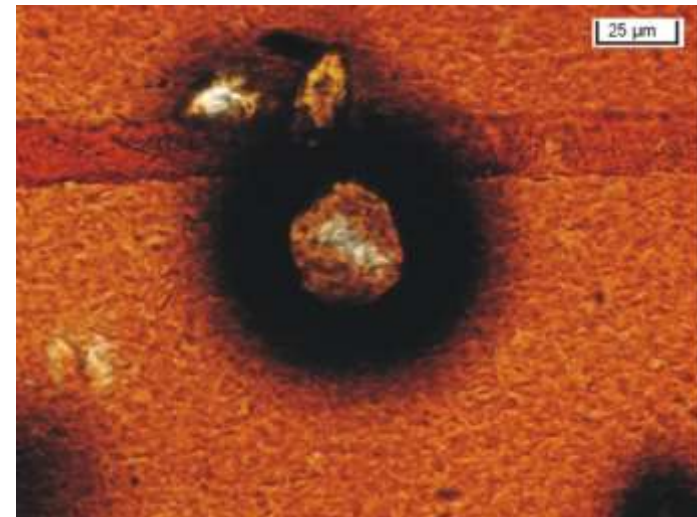


période $T = 4,5 \text{ Ga}$ et $\lambda_{238} = 0,154 \cdot 10^{-9} \text{ an}^{-1}$

→ **Deux géochronomètres indépendants applicables au même échantillon !**

L'élément U peut se substituer en quantité très faibles à certains éléments chimiques, comme le zirconium Zr contenu dans le zircon (minéral, de formule ZrSiO_4).

Ici un zircon inclus dans un cristal de biotite.



Cas du couple U / Pb

Considérons un zircon contenu
dans une roche à dater

En appliquant la relation : $F = F_0 + P (e^{\lambda t} - 1)$

on peut écrire pour ce minéral :

$$^{207}\text{Pb} = ^{207}\text{Pb}_0 + ^{235}\text{U} (e^{\lambda_{235}t} - 1)$$

$$^{206}\text{Pb} = ^{206}\text{Pb}_0 + ^{238}\text{U} (e^{\lambda_{238}t} - 1)$$

termes inconnus !

$$^{207}\text{Pb} = ^{207}\text{Pb}_0 + ^{235}\text{U} (e^{\lambda_{235}t} - 1)$$

$$^{206}\text{Pb} = ^{206}\text{Pb}_0 + ^{238}\text{U} (e^{\lambda_{238}t} - 1)$$

termes inconnus !

MAIS : $(^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb})_0$ et $(^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb})_0$ identiques pour les minéraux d'une même roche

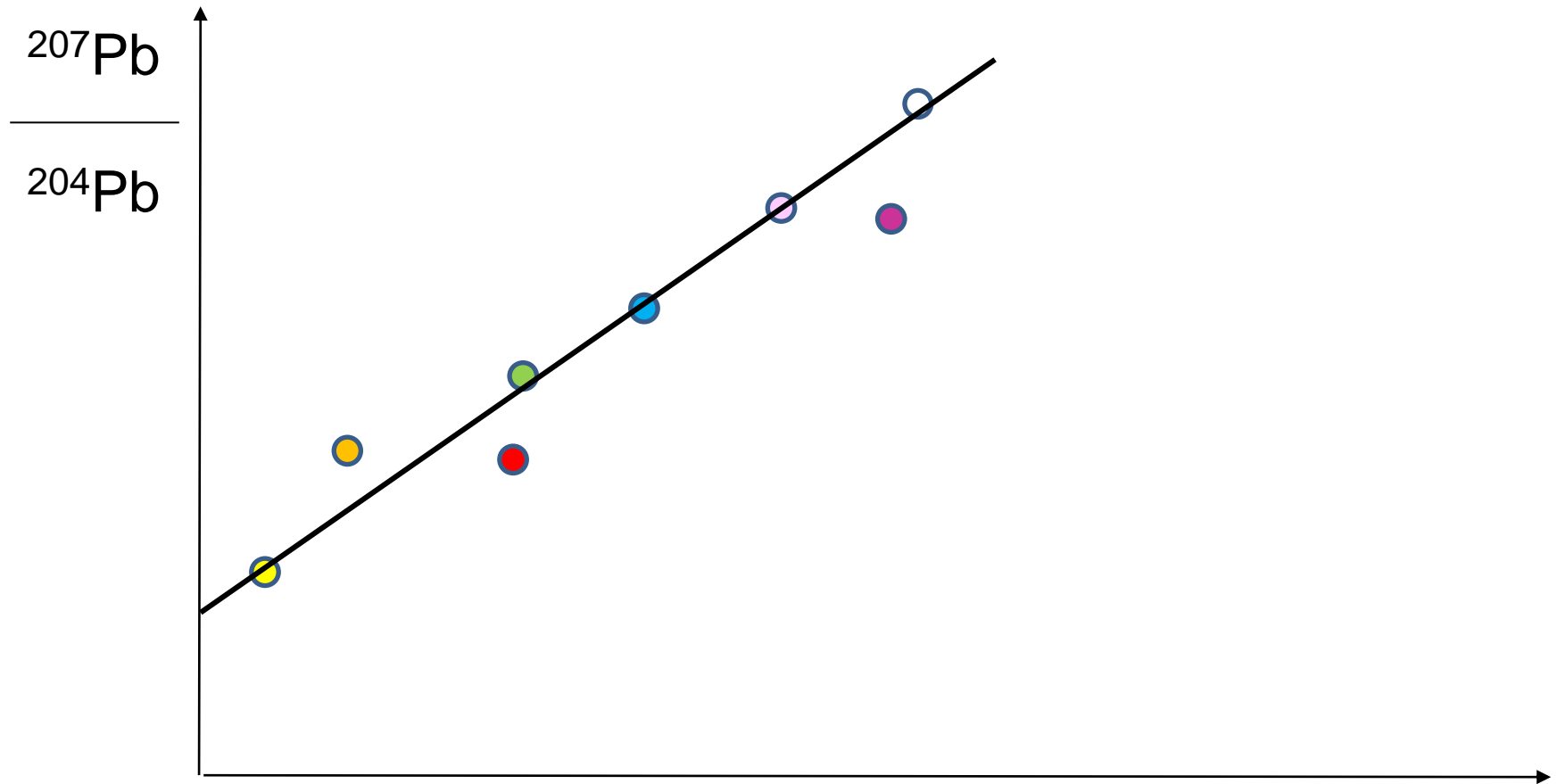
Les équations précédentes deviennent :

$$(^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}) = (^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb})_0 + (^{235}\text{U} / ^{204}\text{Pb}) \cdot (e^{\lambda_{235}t} - 1)$$

$$(^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}) = (^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb})_0 + (^{238}\text{U} / ^{204}\text{Pb}) \cdot (e^{\lambda_{238}t} - 1)$$

Termes inconnus mais constants pour tous les minéraux d'une même roche

Cas d'un système pauvre en U et Pb : Pb initial ne peut pas être négligé → construction de l'isochrone



$$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}\right)_0 + \frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

$Y = a X + b$

Y et X déterminés par spectrométrie de masse

Cas d'un système beaucoup plus riche en U qu'en Pb (cas du zircon) : **Pb initial négligeable**

$$\begin{aligned}({}^{207}\text{Pb} / {}^{204}\text{Pb}) &= \cancel{({}^{207}\text{Pb} / {}^{204}\text{Pb})_0} + ({}^{235}\text{U} / {}^{204}\text{Pb}) \cdot (e^{\lambda_{235}t} - 1) \\({}^{206}\text{Pb} / {}^{204}\text{Pb}) &= \cancel{({}^{206}\text{Pb} / {}^{204}\text{Pb})_0} + ({}^{238}\text{U} / {}^{204}\text{Pb}) \cdot (e^{\lambda_{238}t} - 1)\end{aligned}$$

deviennent :

$${}^{207}\text{Pb} = {}^{235}\text{U} (e^{\lambda_{235}t} - 1) \text{ et } {}^{206}\text{Pb} = {}^{238}\text{U} (e^{\lambda_{238}t} - 1)$$

d'où :

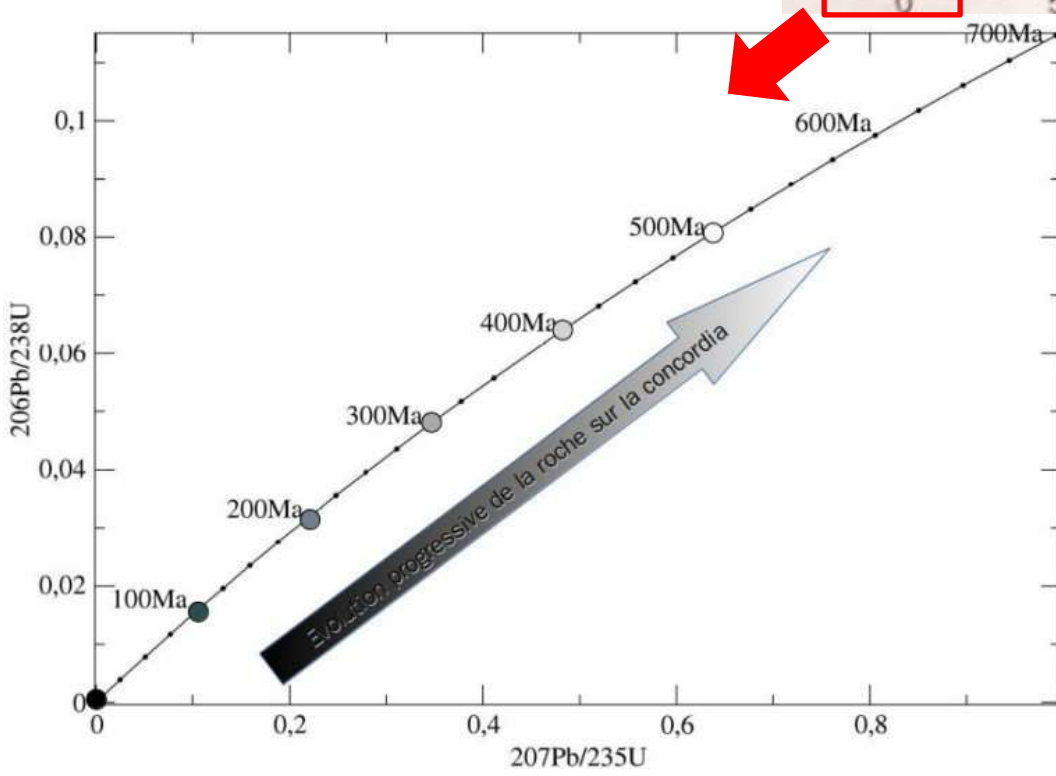
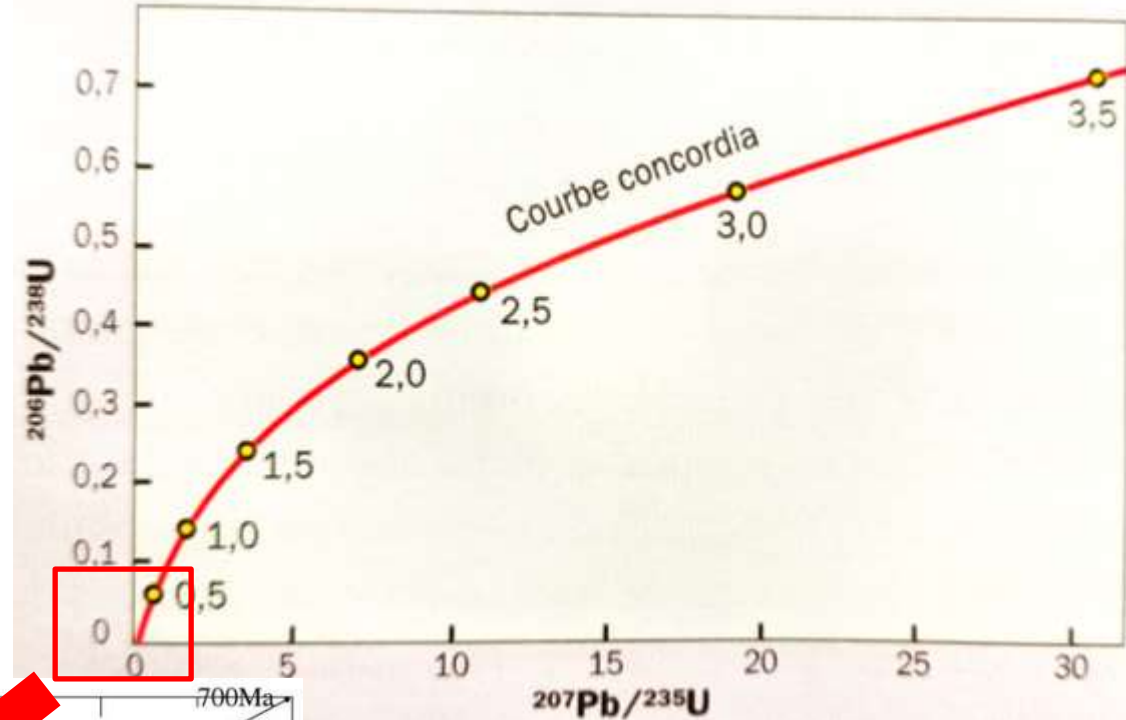
$$e^{\lambda_{235}t} - 1 = {}^{207}\text{Pb} / {}^{235}\text{U} \text{ et } t = 1/\lambda_{235} \ln [{}^{207}\text{Pb} / {}^{235}\text{U} + 1]$$

et

$$e^{\lambda_{238}t} - 1 = {}^{206}\text{Pb} / {}^{238}\text{U} \text{ et } t = 1/\lambda_{238} \ln [{}^{206}\text{Pb} / {}^{238}\text{U} + 1]$$

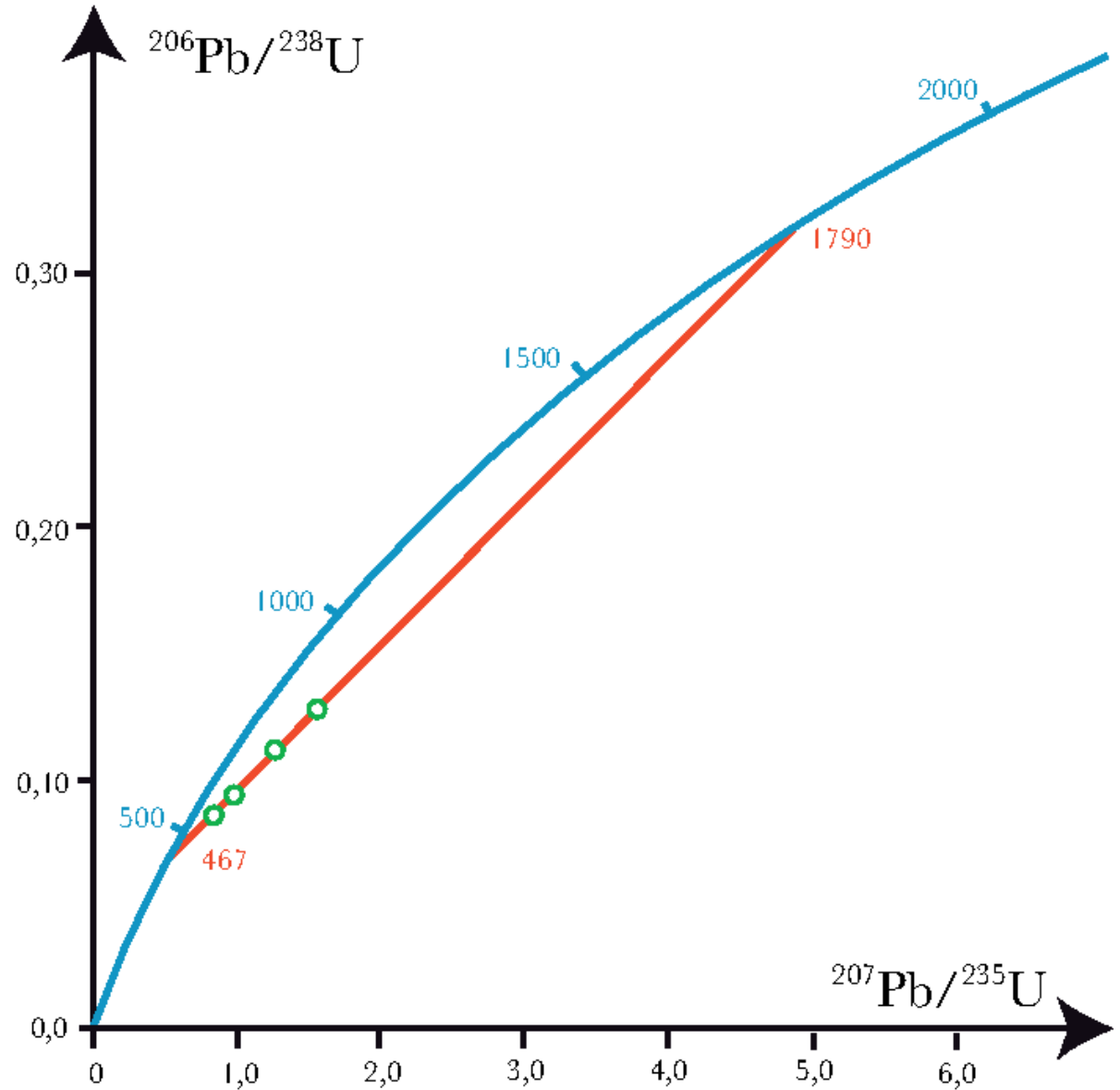
Dans le cas d'un système fermé on obtiendra des
résultats concordants

Document 10. Diagramme concordia.



Des échantillons d'âge discordant

Cas des orthogneiss de Port-Béni (exercice 5)



La méthode au carbone 14

Le carbone possède 3 isotopes :

^{12}C (98,892 %)

^{13}C (1,108 %)

^{14}C (en quantité infime), **isotope instable**

$^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$ avec **$T = 5730$ ans** et $\lambda = 1,21 \cdot 10^{-4} \cdot \text{an}^{-1}$

d'où : $^{14}\text{C} = ^{14}\text{C}_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$^{14}\text{C}_0$ est connu !!!

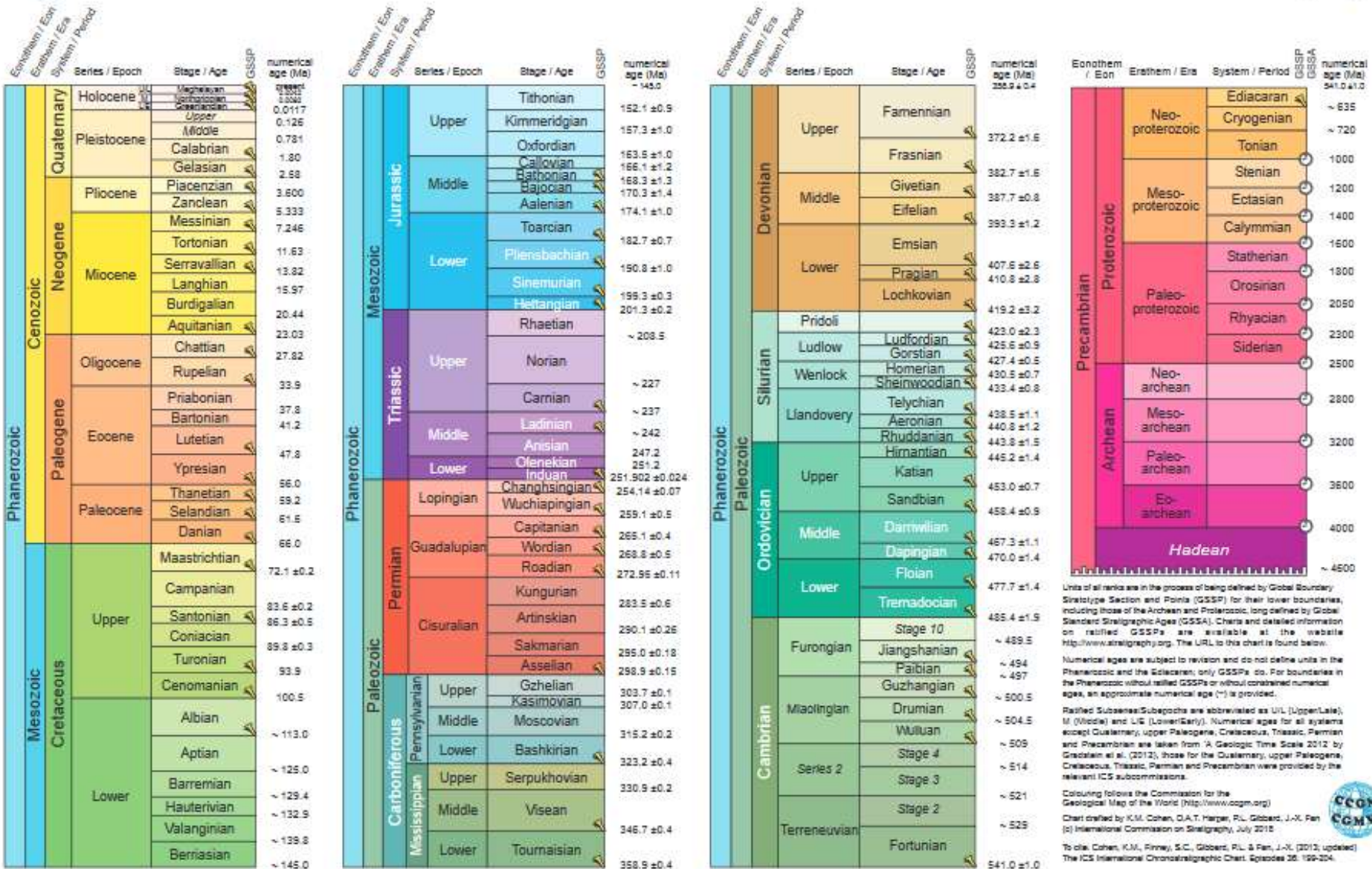


INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2018/07



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSAs). Charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Hadean; only GSSPs do. For boundaries in the Proterozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (±) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as UL (Upper/Late), M (Middle) and LL (Lower/Late). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (<http://www.cgmw.org>)

Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, R.L. Gibberd, J.-X. Fan (c) International Commission on Stratigraphy, July 2018

To cite: Cohen, K.M., Rinney, S.C., Gibberd, R.L. & Fan, J.-X. (2018) updated. The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36, 159-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2018-07.pdf>



Unités définies sur le terrain		Unités correspondant à des intervalles de temps	
Unités lithostratigraphiques (définies à l'aide du faciès)	Unités biostratigraphiques (définies par la présence de fossiles)	Unités chronostratigraphiques (ensembles des couches déposées pendant une unité de temps)	Unités géochronologiques (unités de temps représentant une durée)
groupe formation membre banc	biozone	érathème système étage chronozone ère période âge chron

Document 12. Terminologie des unités stratigraphiques.

Les unités couramment utilisées sont en gras.

(J.J. Bernard et coll. « Le temps en géologie » Hachette éducation ed. 1995)

Document 13.

Divisions stratigraphiques des temps géologiques.

Phanérozoïque

4 Eons :

1. **L'Hadéen** (-4 600 à -3 800 Ma)
Formation de la Terre et de la Lune

2. **L'Archéen** (-3 800 à -2 500 Ma)
Apparition de la vie

3. **Le Protérozoïque** (-2 500 à -530 Ma)
Apparition des pluricellulaires

1+2+3= le Précambrien

4. **Le Phanérozoïque** (depuis - 530 Ma)
Essor de la vie

+ Hadéen = 4,5 Ga → 3,8 Ga

Age (Ma)	ERE	Période
	QUATERNAIRE	
2	CENOZOIQUE ou TERTIAIRE	Néogène
25		Paléogène
65	MESOZOIQUE ou SECONDAIRE	Crétacé
144		Jurassique
205		Trias
245	PALEOZOIQUE ou PRIMAIRE	Permien
290		Carbonifère
360		Dévonien
400		Silurien
425		Ordovicien
495		Cambrien
530	PRECAMBRIEN	Protérozoïque
2500		Archéen
3800		

L'étage

Unité de base de l'échelle chronostratigraphique

La référence : le stratotype

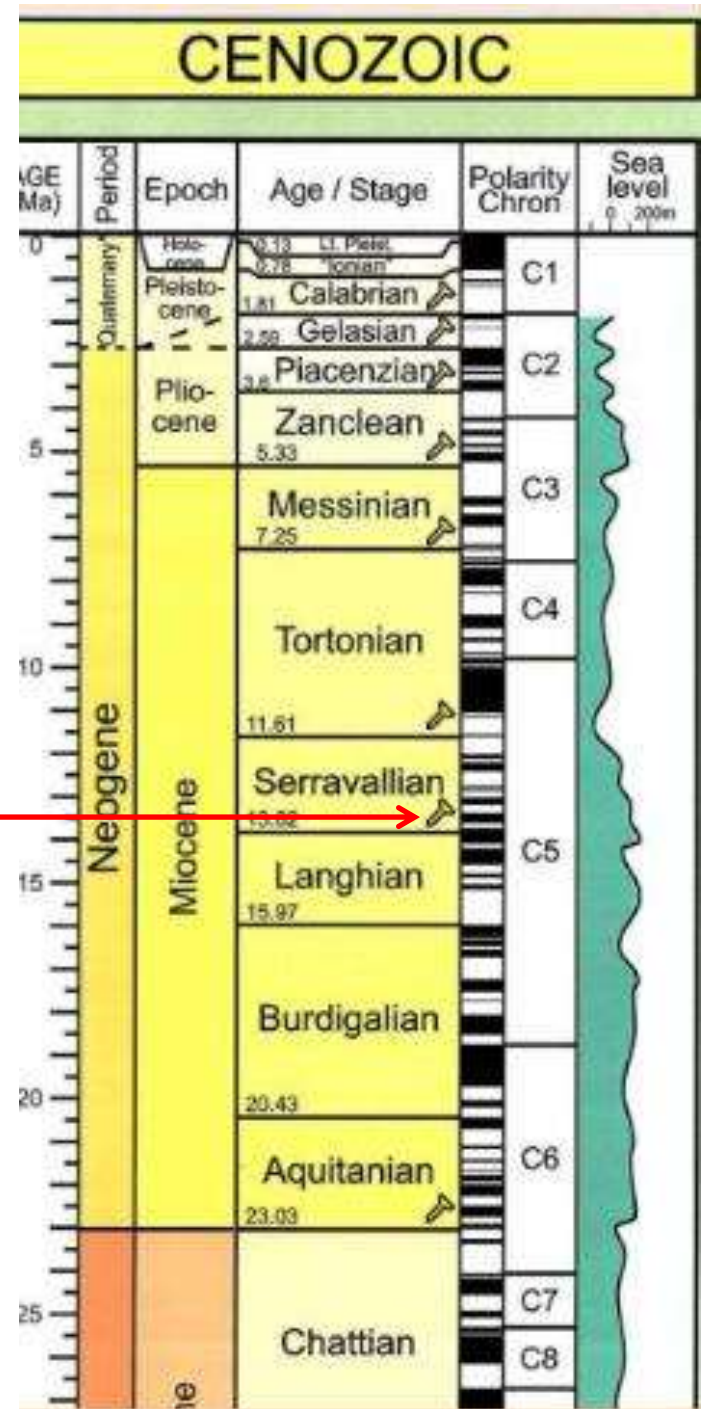
Le nom d'un étage est dérivé d'un lieu (localité ou région type) suivi du suffixe -ien



GSSP ou « clou d'or »



GSSP
Dévonien -
Carbonifère



Document 13.

Divisions stratigraphiques des temps géologiques.

Phanérozoïque

4 Eons :

1. **L'Hadéen** (-4 600 à -3 800 Ma)
Formation de la Terre et de la Lune

2. **L'Archéen** (-3 800 à -2 500 Ma)
Apparition de la vie

3. **Le Protérozoïque** (-2 500 à -530 Ma)
Apparition des pluricellulaires

1+2+3= le Précambrien

4. **Le Phanérozoïque** (depuis - 530 Ma)
Essor de la vie

+ Hadéen = 4,5 Ga → 3,8 Ga

Age (Ma)	ERE	Période
	QUATERNAIRE	
2	CENOZOIQUE ou TERTIAIRE	Néogène
25		Paléogène
65	MESOZOIQUE ou SECONDAIRE	Crétacé
144		Jurassique
205		Trias
245	PALEOZOIQUE ou PRIMAIRE	Permien
290		Carbonifère
360		Dévonien
400		Silurien
425		Ordovicien
495	Cambrien	
530	PRECAMBRIEN	Protérozoïque
2500		Archéen
3800		



Les schistes de Burgess

Parc National Yoho, Rocheuses canadiennes



Découverts en 1909, leur signification n'a été comprise que dans les années 1970.

Une reconstitution de la faune de Burgess, témoin de l' « explosion cambrienne »

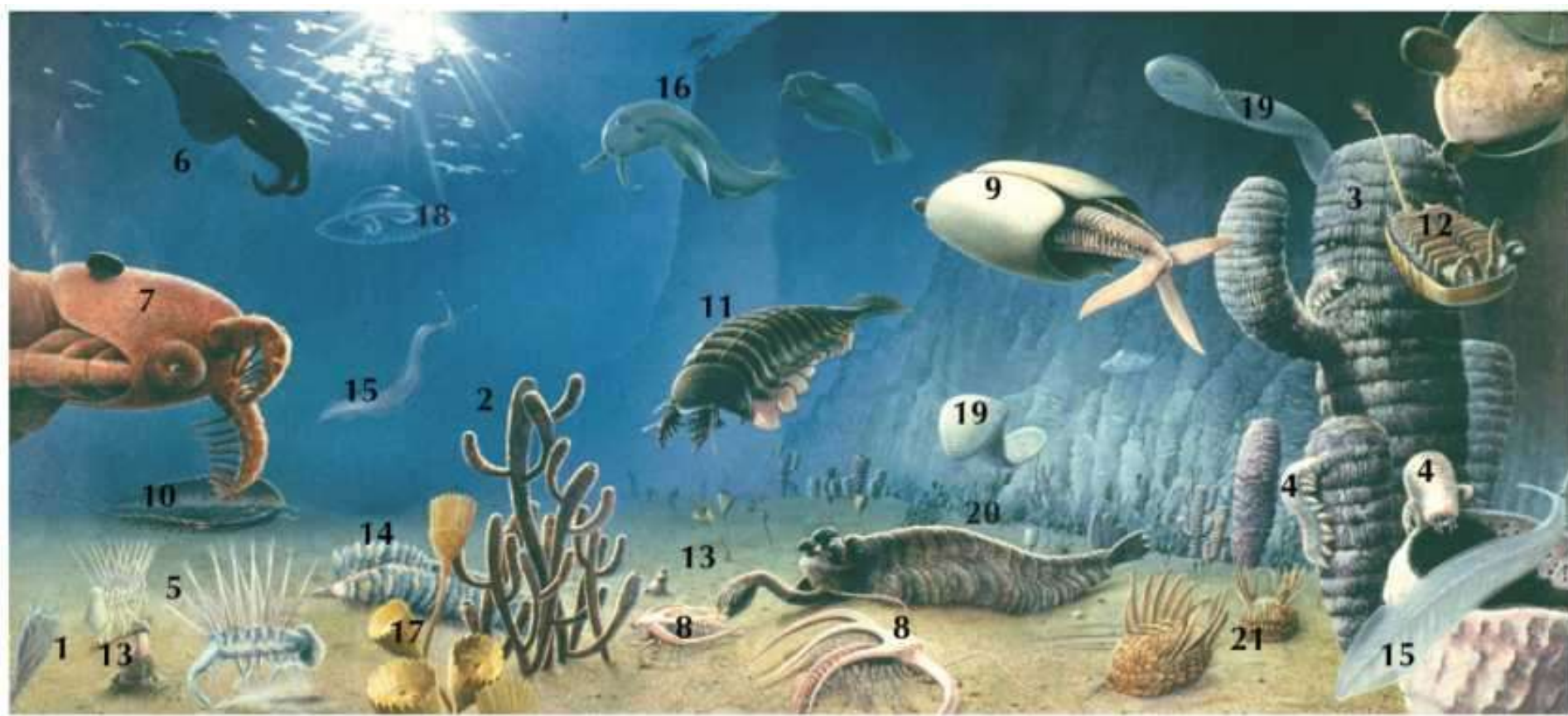


FIGURE 10.15. Restoration of the Burgess Shale fauna. Key to the animals is as follows. Sponges: *Pirania* (1), *Vauxia* (2), *Wapkia* (3). Lobopods: *Aysheaia* (4), *Hallucigenia* (5). Anomalocaridids: *Anomalocaris* (6), *Laggania* (7). Arthropods: *Marrella* (8), *Odaraia* (9), trilobite *Olenoides* (10), *Sanctacaris* (11), *Sarotrocercus* (12). Priapulid: *Ottoia* (13). Polychaete annelid: *Canadia* (14). Chordate: *Pikaia* (15). Animals of disputed or uncertain affinity: *Amiskwia* (16), *Dinomischus* (17), *Eldonia* (18), *Odontogriphus* (19), *Opabinia* (20), *Wiwaxia* (21).

Les ères et périodes

Durée relative

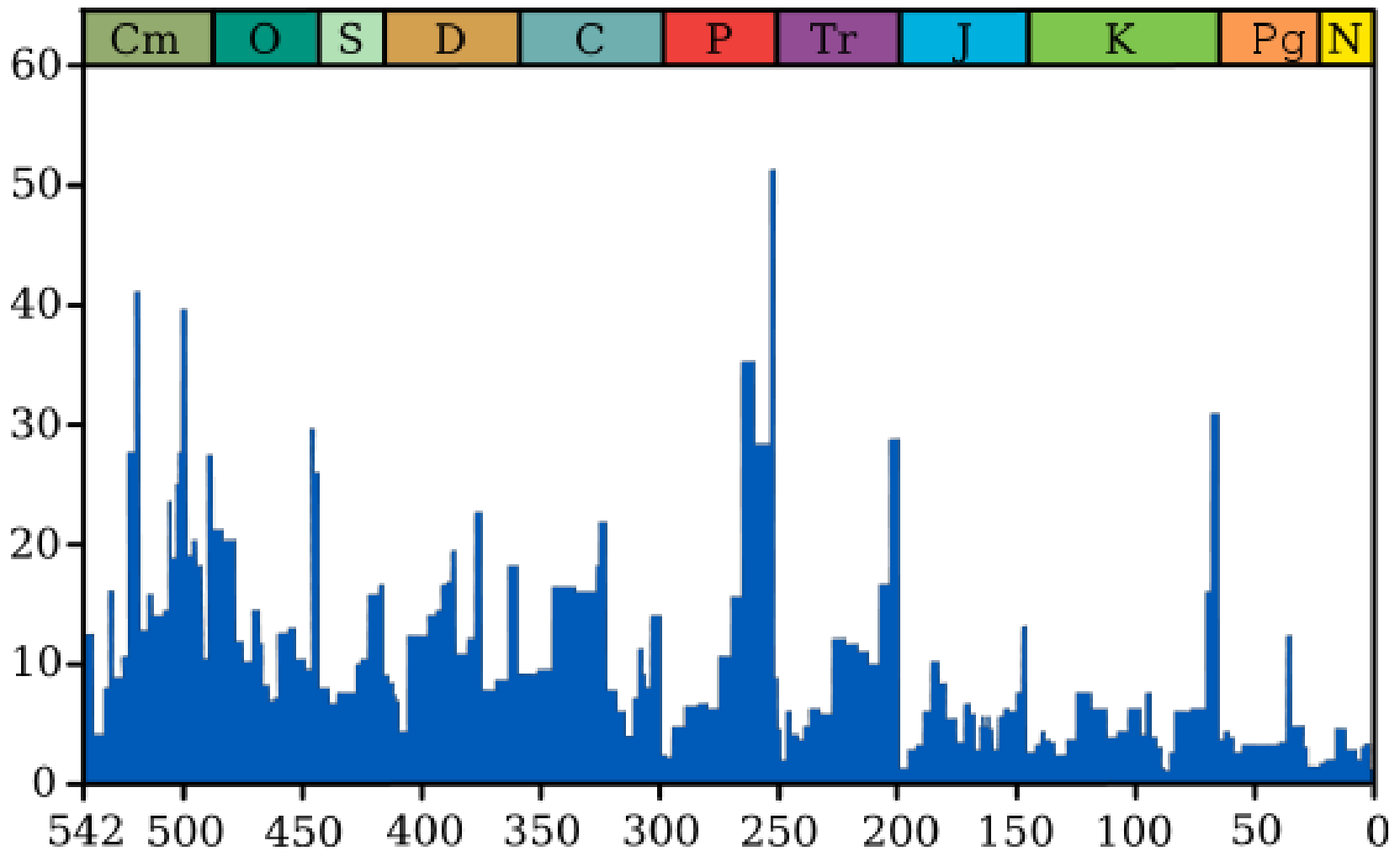
ÈRES	PÉRIODES	ÉPOQUES
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	Holocène (récent)
		Pléistocène
	TERTIAIRE	1,6 — Pliocène
		5,3 — Miocène
		23,7 — Oligocène
MÉSOZOÏQUE (Secondaire)	36,8 — Éocène	
	57,8 — Paléocène	
PALÉOZOÏQUE (Primaire)	66,4 — CRÉTACÉ	
	144 — JURASSIQUE	
	208 — TRIAS	
	246 — PERMIEN	
	286 — CARBONIFÈRE	
	360 — DÉVONIEN	
	408 — SILURIEN	
438 — ORDOVICIEN		
PRÉCAMBRIEN	505 — CAMBRIEN	
	544 Ma — PROTÉROZOÏQUE	
	NÉO- 1,0 Ga	
ARCHÉEN	MÉSO- 1,5 Ga	
	PALÉO- 2,5 Ga	
HADÉEN	4,03 Ga	
	4,55 Ga	

Extinctions biologiques majeures

Leur fin est le plus souvent marquée par une crise biologique



Intensité des extinctions marines à travers le temps



Pourcentage apparent de genres d'animaux marins
ayant disparu au cours d'un intervalle de temps.

Une reconstitution de la faune d'Ediacara, témoin de la diversification d'organismes à corps mou au Protérozoïque (Reconstitution du Smithsonian Museum, Washington)



Document 14.
Echelle des
temps
géologiques avec
les principaux
évènements.

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		m				
		Paléogène	Oligocène	23	g	Orange		Collision Europe - Apulie	
					Éocène			e	Collision Inde Eurasie
			Paléo-cène		e			Premiers Primates	
					e			Premières Graminées	
		MÉSOZOÏQUE	Crétacé	66	Sup.	c		Vert	Crise biologique (crise K/T)
					Inf.				Subduction de l'océan alpin
	Jurassique		145	Sup.	j ou l (si inf. Lias)	Bleu	Premières Angiospermes		
				Moy.			Premiers Oiseaux		
				Inf.			Ouverture Atlantique Sud		
	Trias		201	Sup.	t	Violet	Crise biologique		
				Moy.			Premiers Mammifères		
				Inf.			Crise biologique		
	PALÉOZOÏQUE		Permien	252	r	Rouge	Formation de la Pangée		
			Carbonifère	298	h	Bleu-vert	Premiers reptiles		
		358		Forêts houillères du Carbonifère					
		Dévonien	358	d	Marron	Crise biologique			
Silurien		419	s	Vert pâle	Sortie des eaux des Vertébrés				
			443	Apparition Insectes					
Ordovicien		443	o	Vert turquoise	Premiers végétaux vasculaires terrestres				
Cambrien	485	k	Vert kaki	Crise biologique					
PRECAMBRIEN	PROTERO-ZOÏQUE	541	b (carte de France)	Rose-orange	Premiers Vertébrés				
	ARCHÉEN	2 500		Rose	Explosion cambrienne (schistes de Burgess)				
	HADÉEN	4 000			Faune d'Ediacara (-575 à -540 Ma)				
					Premiers Eucaryotes (- 1,8 Ga)				
					Oxygénation de l'atmosphère (- 2,3 Ga)				
					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)				