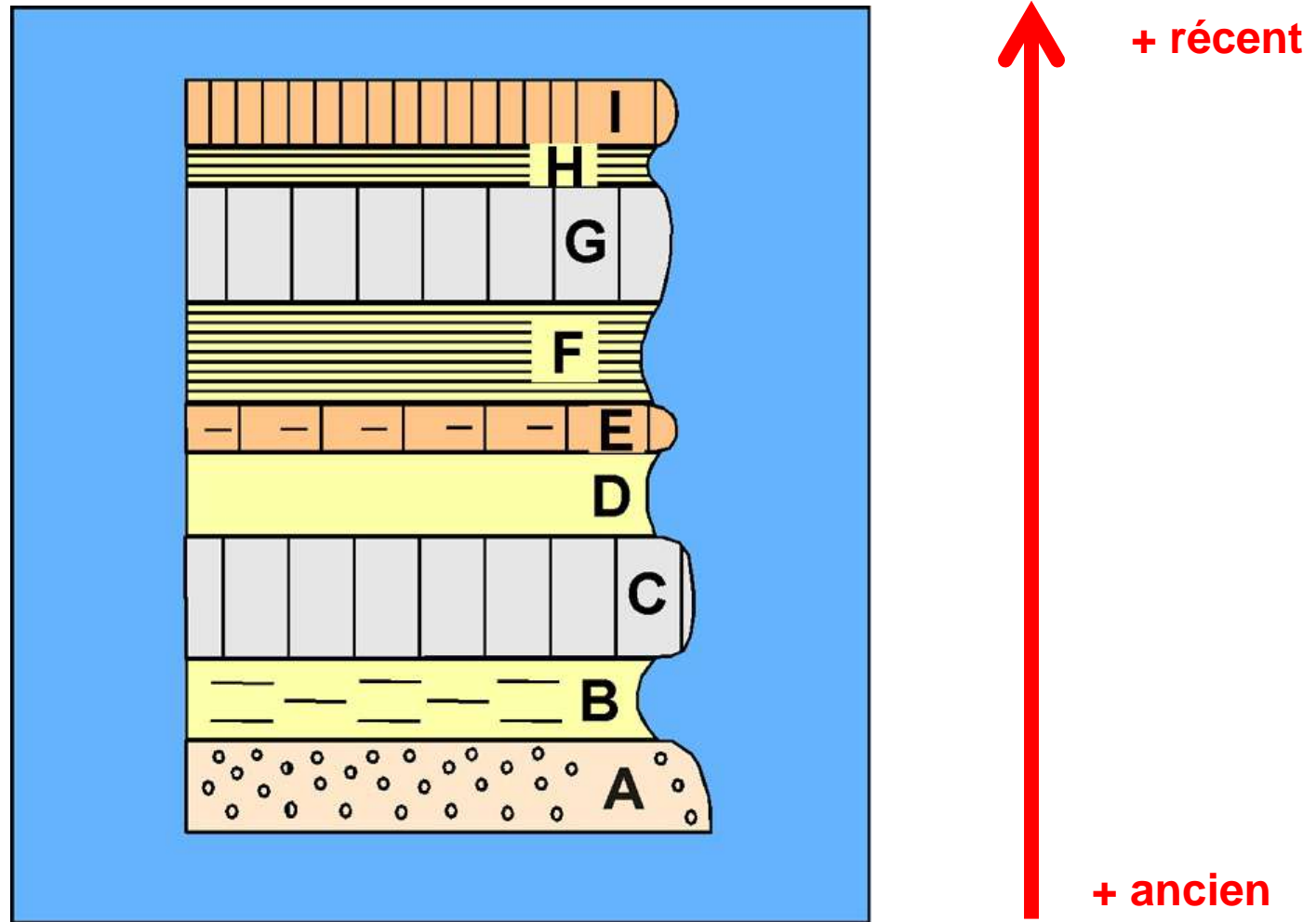


# Datation relative et datation absolue

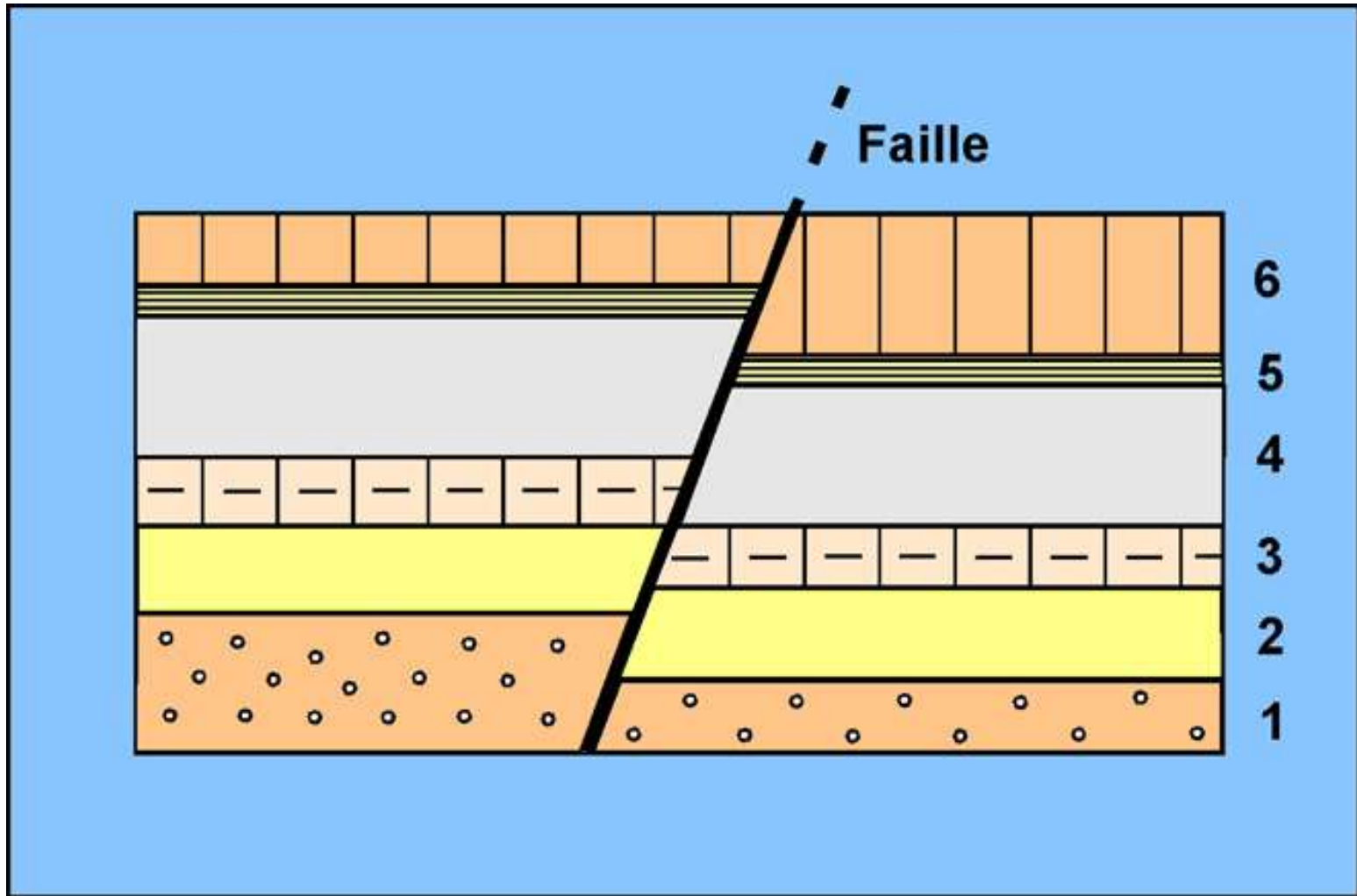


# Principe de superposition



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).

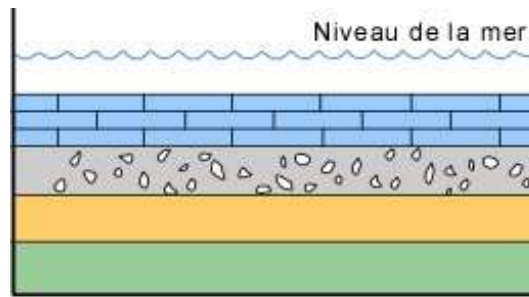
Enclave sombre de sédiments  
métamorphisés (cornéenne) et filons  
clairs de granite.



# La déformation continue

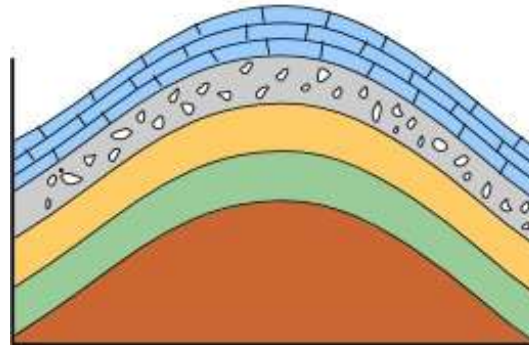


# Reconstitution de l'histoire



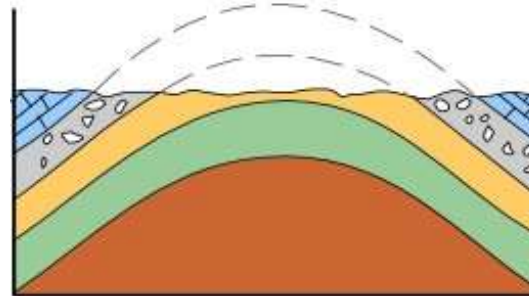
## Dépôt

Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale



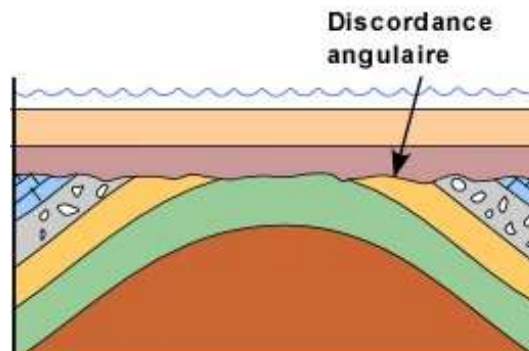
## Plissement et soulèvement

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



## Érosion

Les couches plissées sont subséquentement érodées et les reliefs aplanis



## Discordance angulaire

## 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.

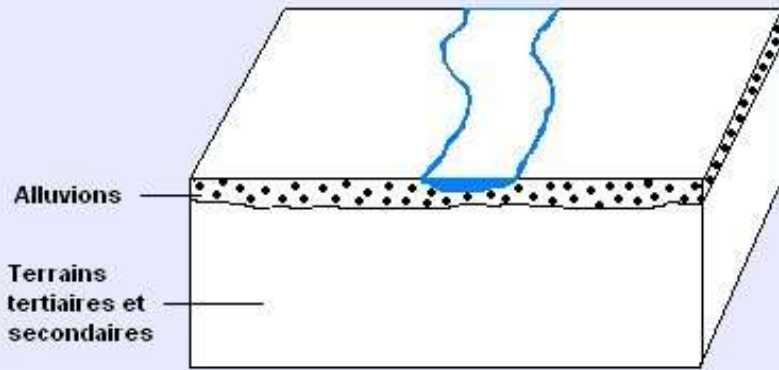


# Principe d'inclusion

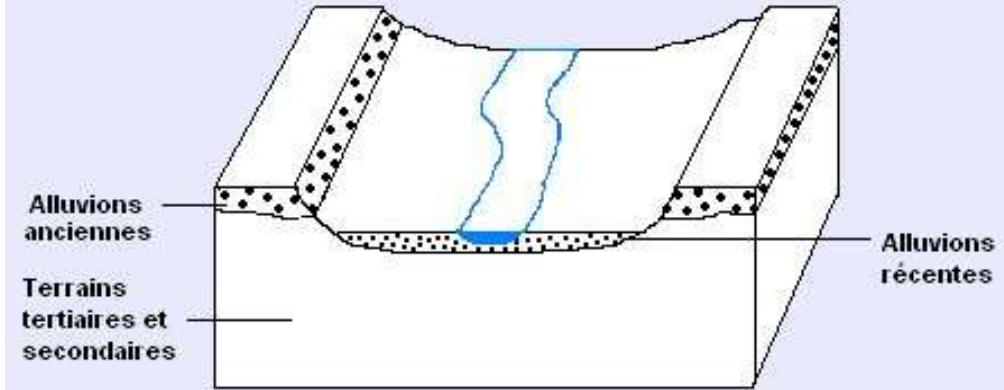


Granite de Ploumanach'  
et enclaves sédimentaires (cornéennes)

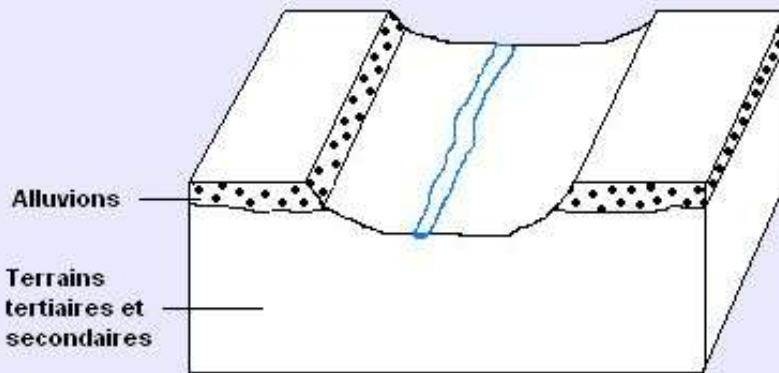
# Des limites d'application de ces principes : exemple des terrasses alluviales



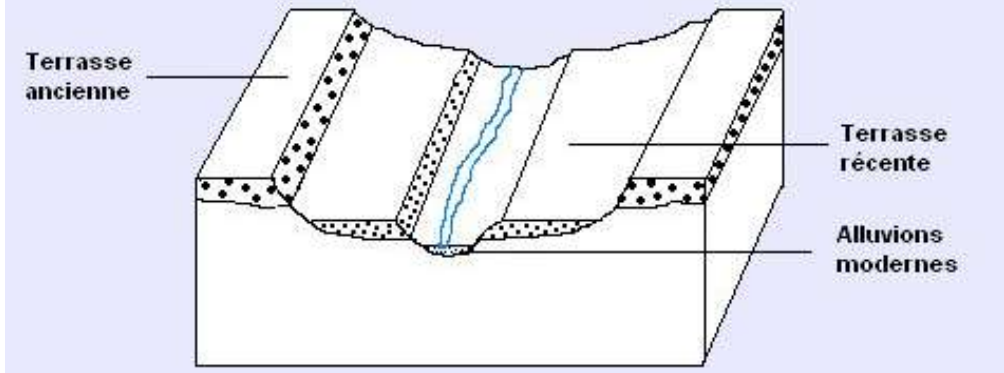
1 – Dépôt d'alluvions



3 – Dépôt d'alluvions plus récentes



2 – Creusement du lit de la rivière

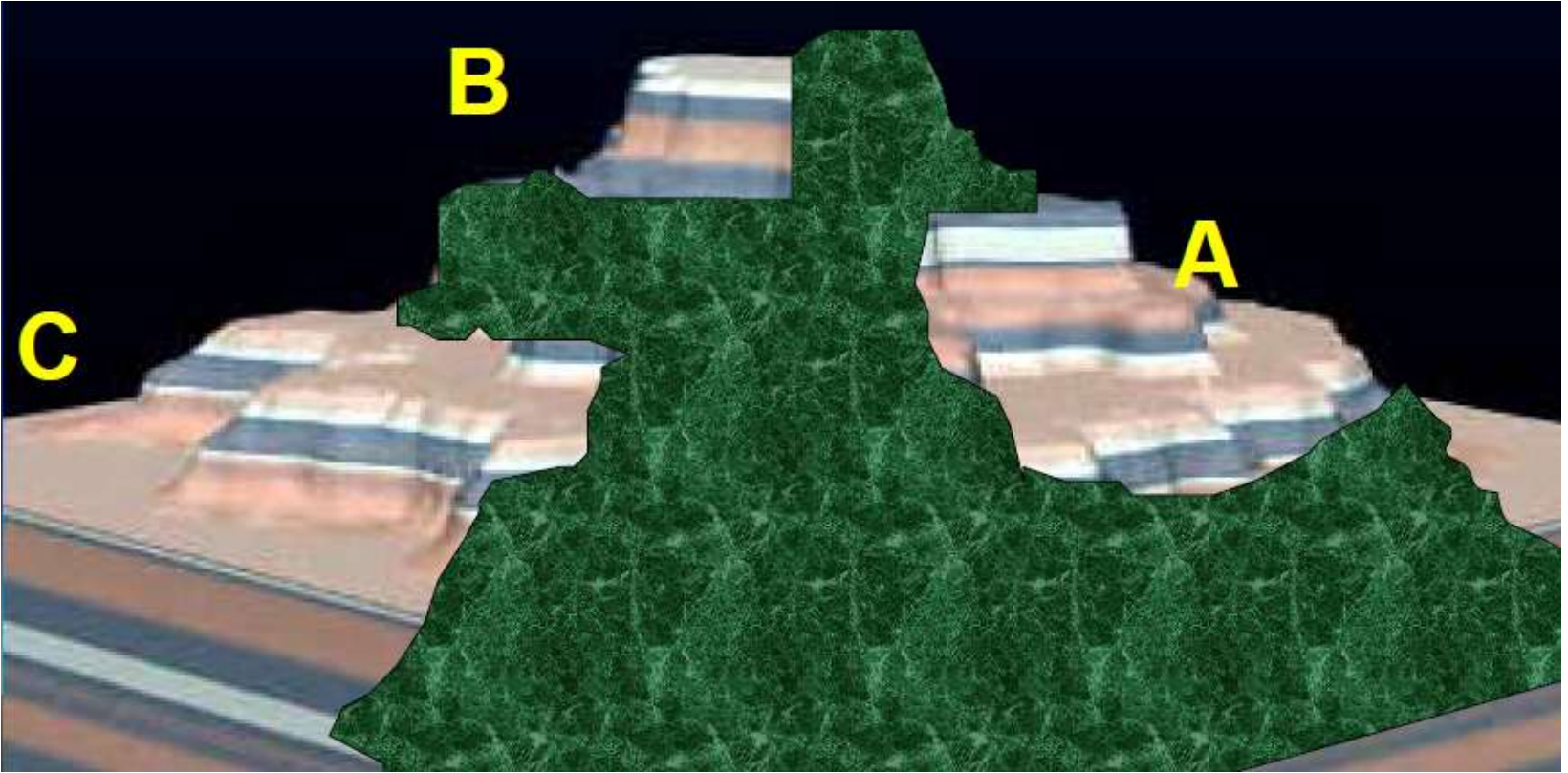


4 – Creusement des alluvions les plus récentes

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



# Principe de continuité

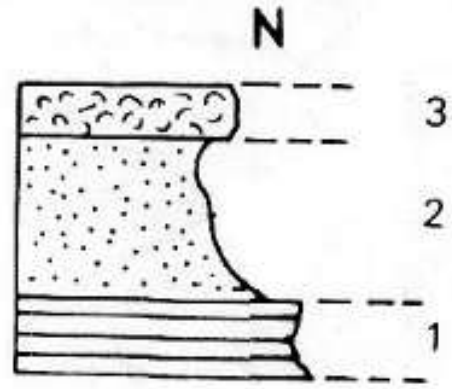


Les strates s'étendent sur une surface importante : on peut reconstituer une série par corrélations à partir des observations faites sur plusieurs affleurements (ici 3 : A, B et C).

Formation des

**SABLES DE FONTAINEBLEAU**

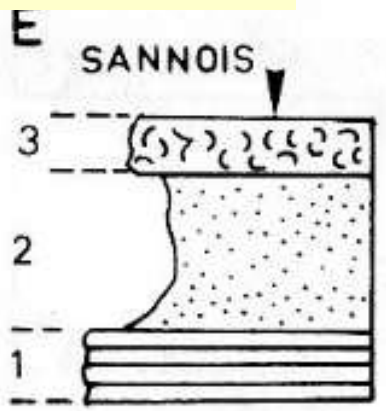
Sables blancs très purs avec des lentilles de grès et de rares fossiles de Mollusques bien identifiés



*Meulières*

ERMENONVILLE

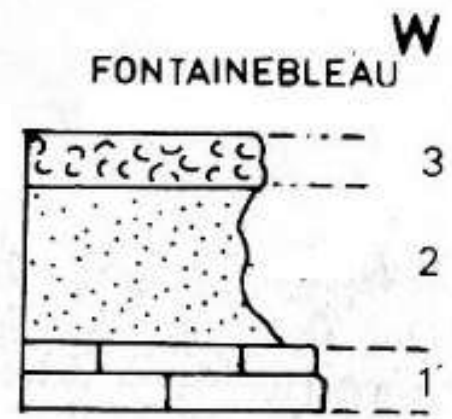
*Marnes à huîtres*



*Meulières*

PARIS

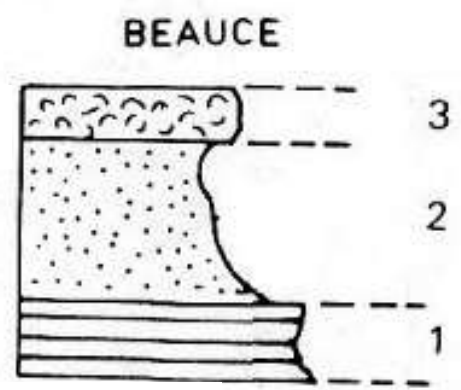
*Marnes à huîtres*



*Meulières*

FONTAINEBLEAU

*Calcaires lacustres*



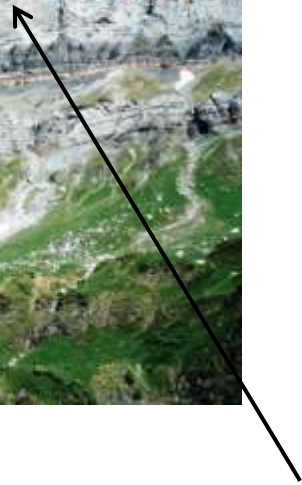
*Meulières*

BEAUCE

*Marnes à huîtres*

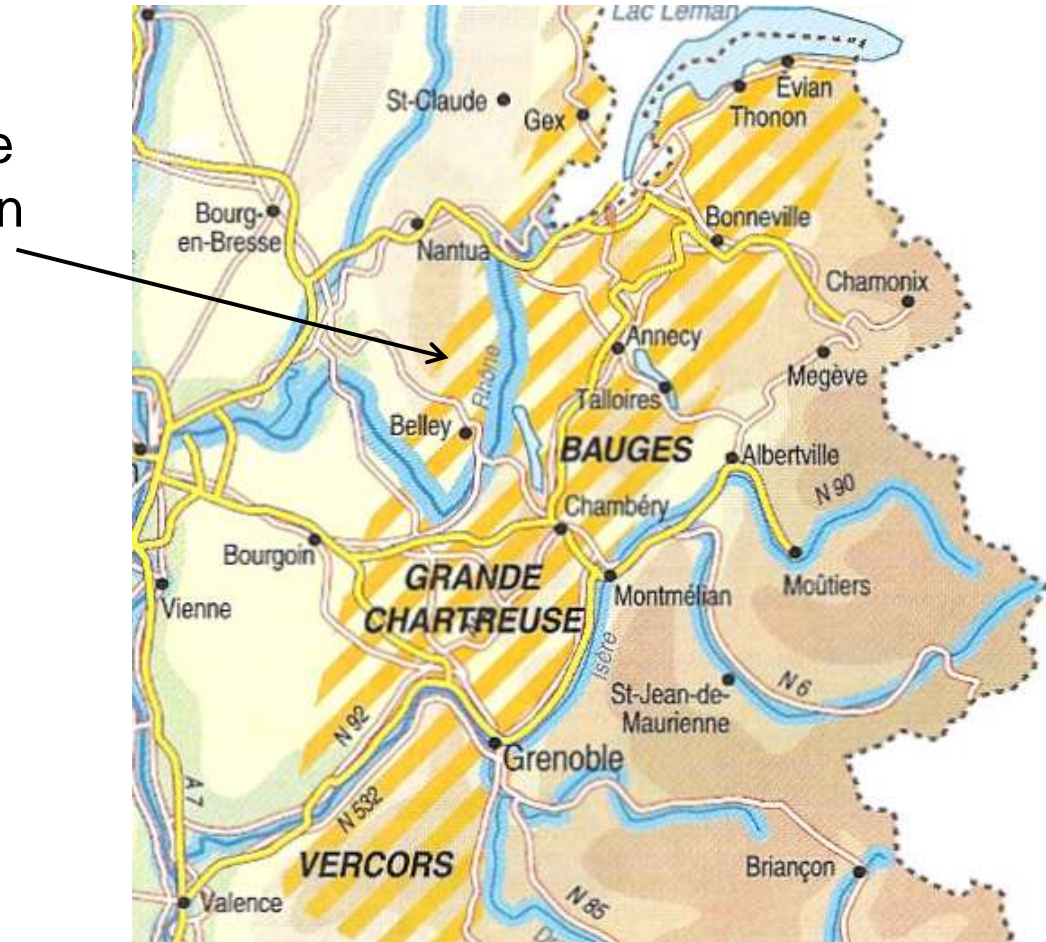


# Principe d'identité paléontologique



**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

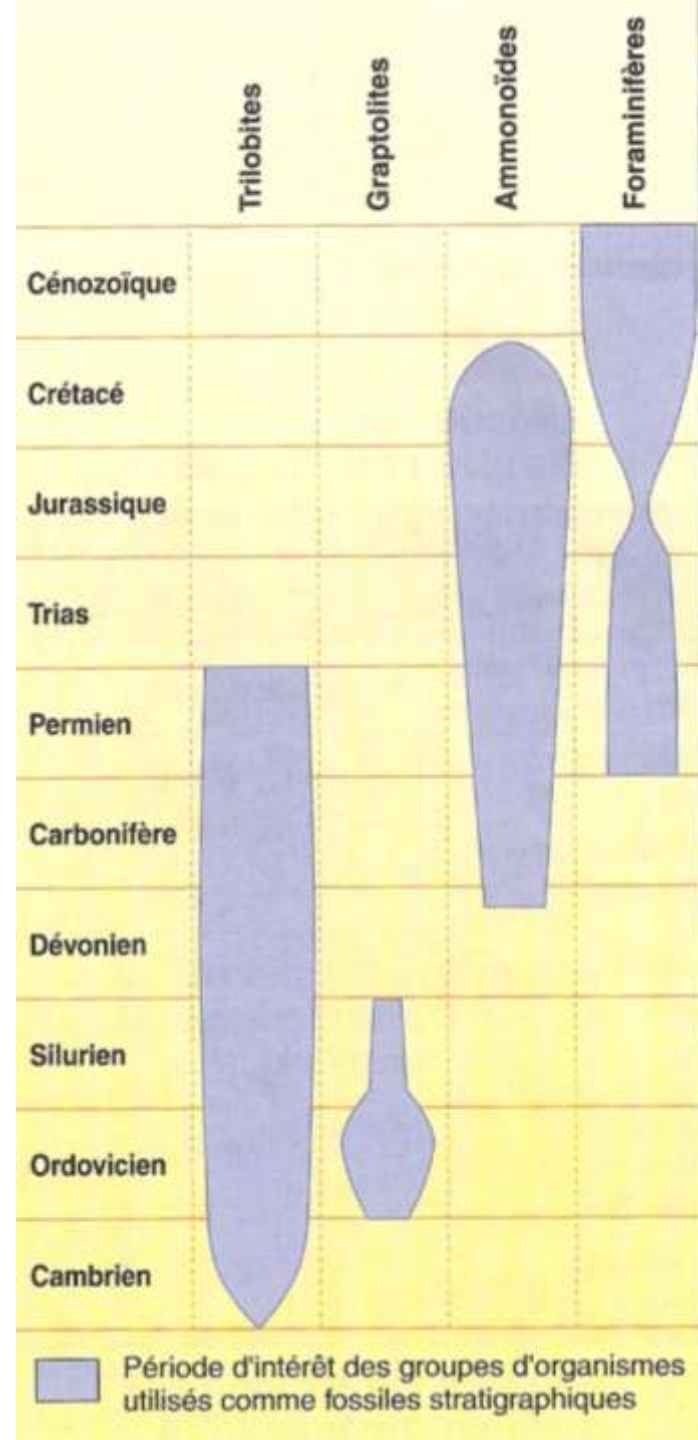




# Répartition dans le temps de quelques fossiles stratigraphiques



Ammonite  
(Dévonien sup. – fin Mésozoïque)



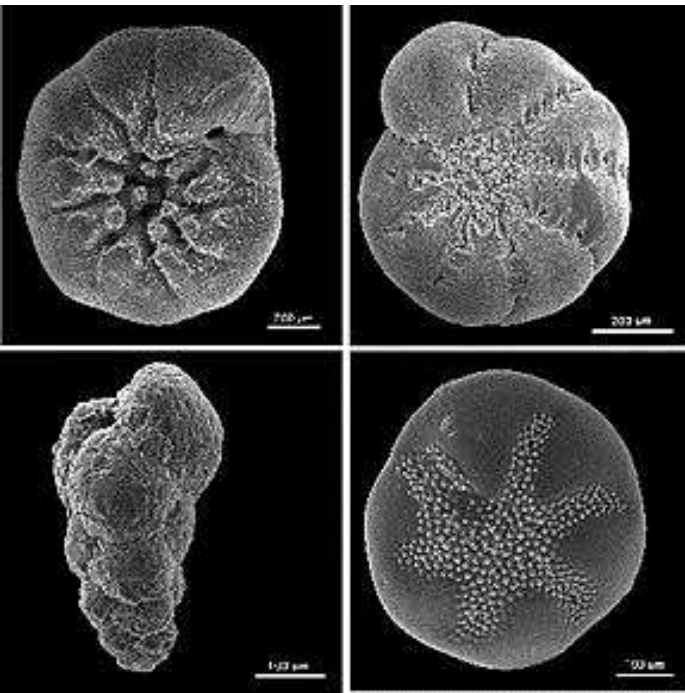


**Graptolites** : *Amplexograptus*,  
Ordovicien, Amérique du nord.



**Trilobites** : Arthropodes marins ayant  
vécu du Cambrien au Permien.

## Quelques fossiles stratigraphiques



### **Foraminifères benthiques.**

Les Foraminifères sont des Protozoaires  
apparus Cambrien inférieur.



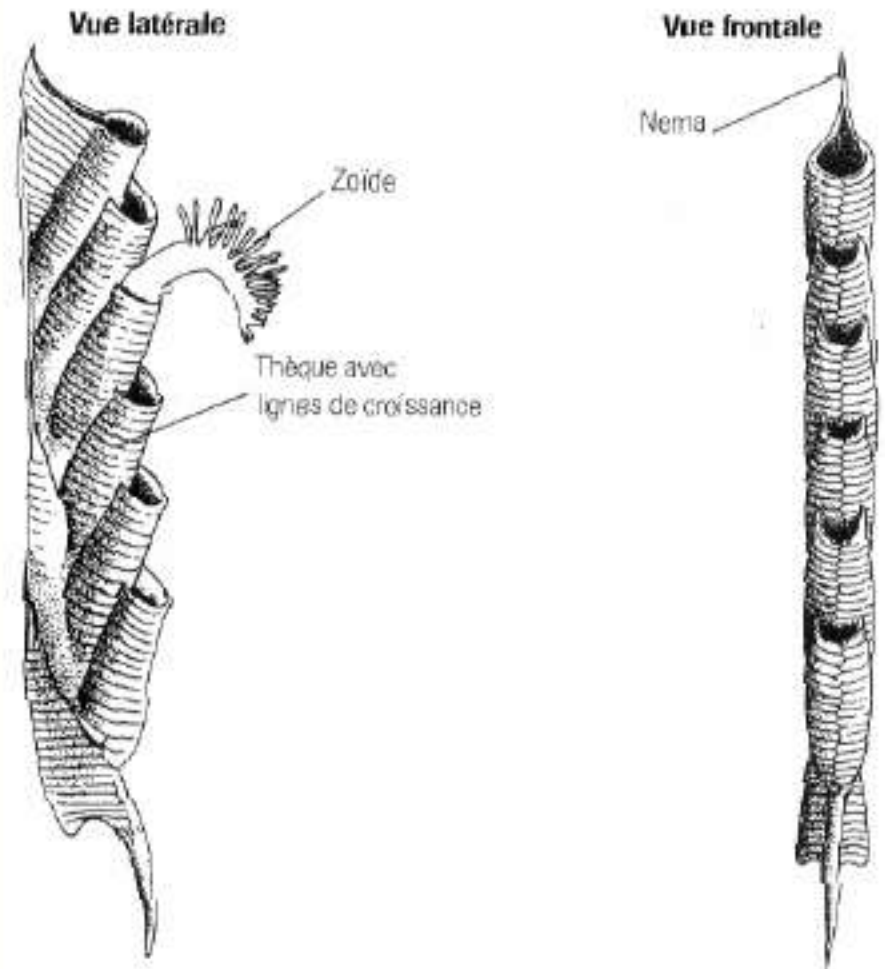
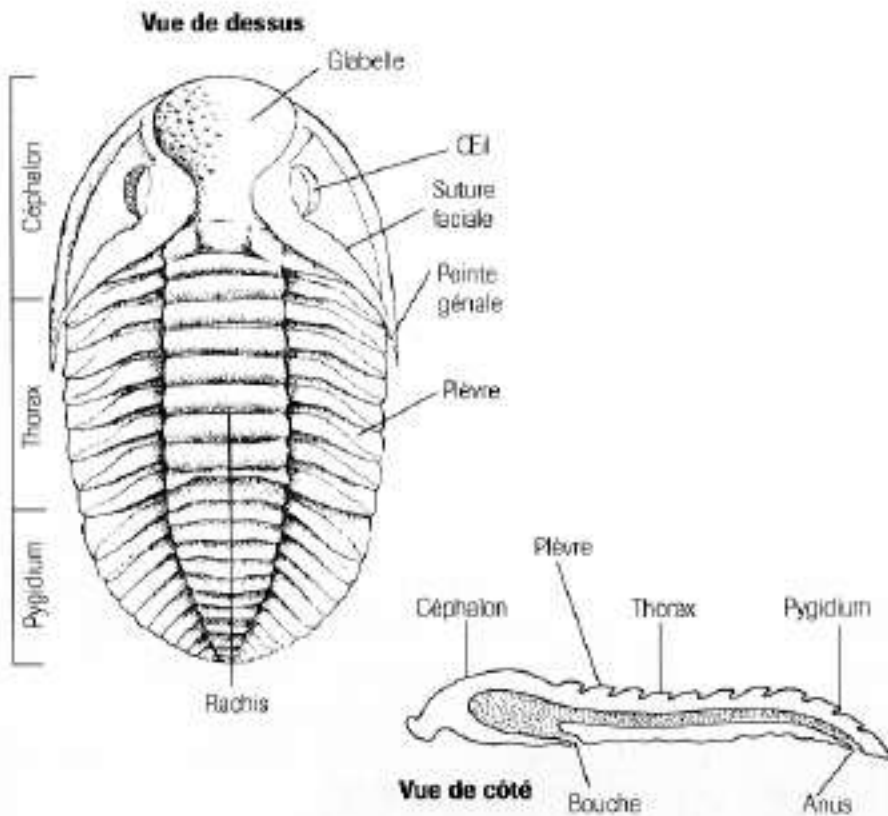
# Ere Primaire

## Trilobites

Arthropodes marins

## Graptolithes

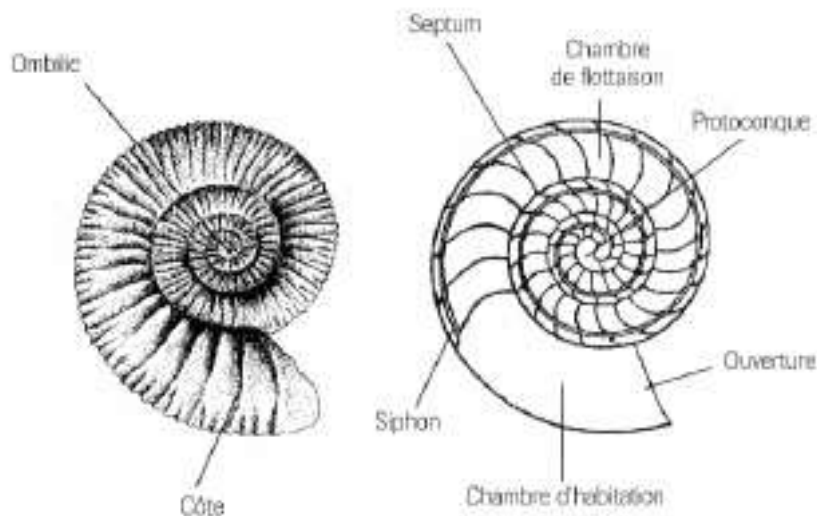
Prochordés coloniaux



# Ere Secondaire

## Ammonites

Mollusques Céphalopodes



Types de lignes de suture



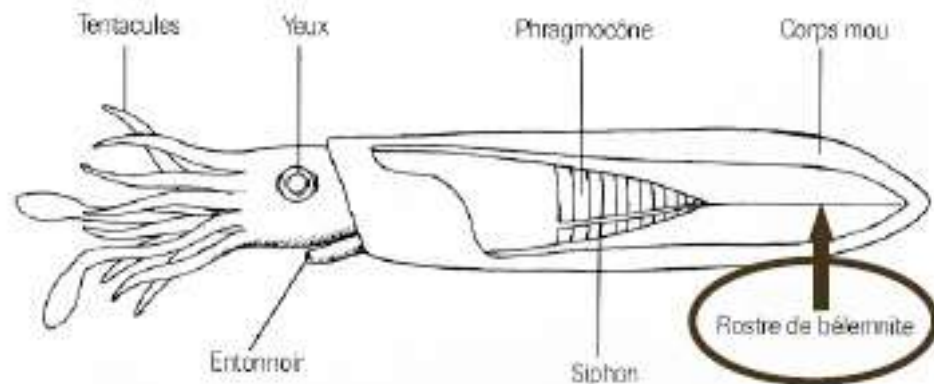
Goniatite



Ammonite

## Rostres de Belemnites

Mollusques Céphalopodes



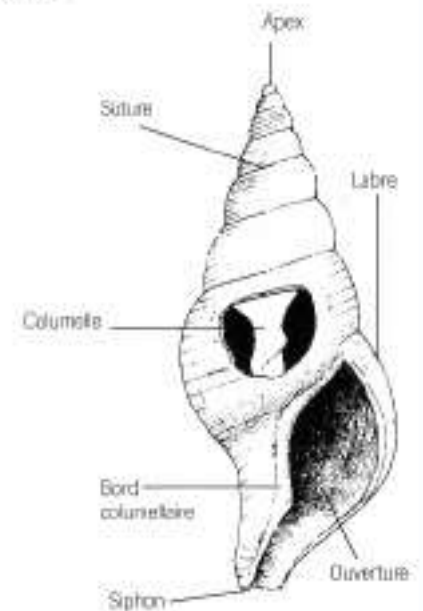
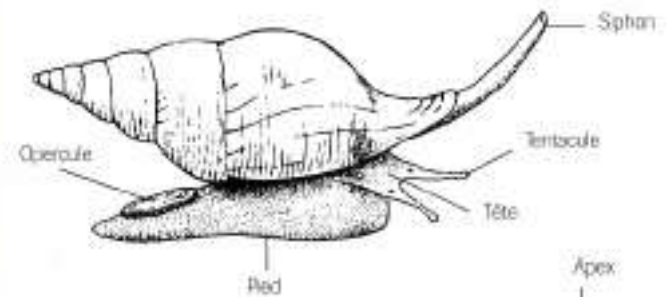


# Ere Tertiaire

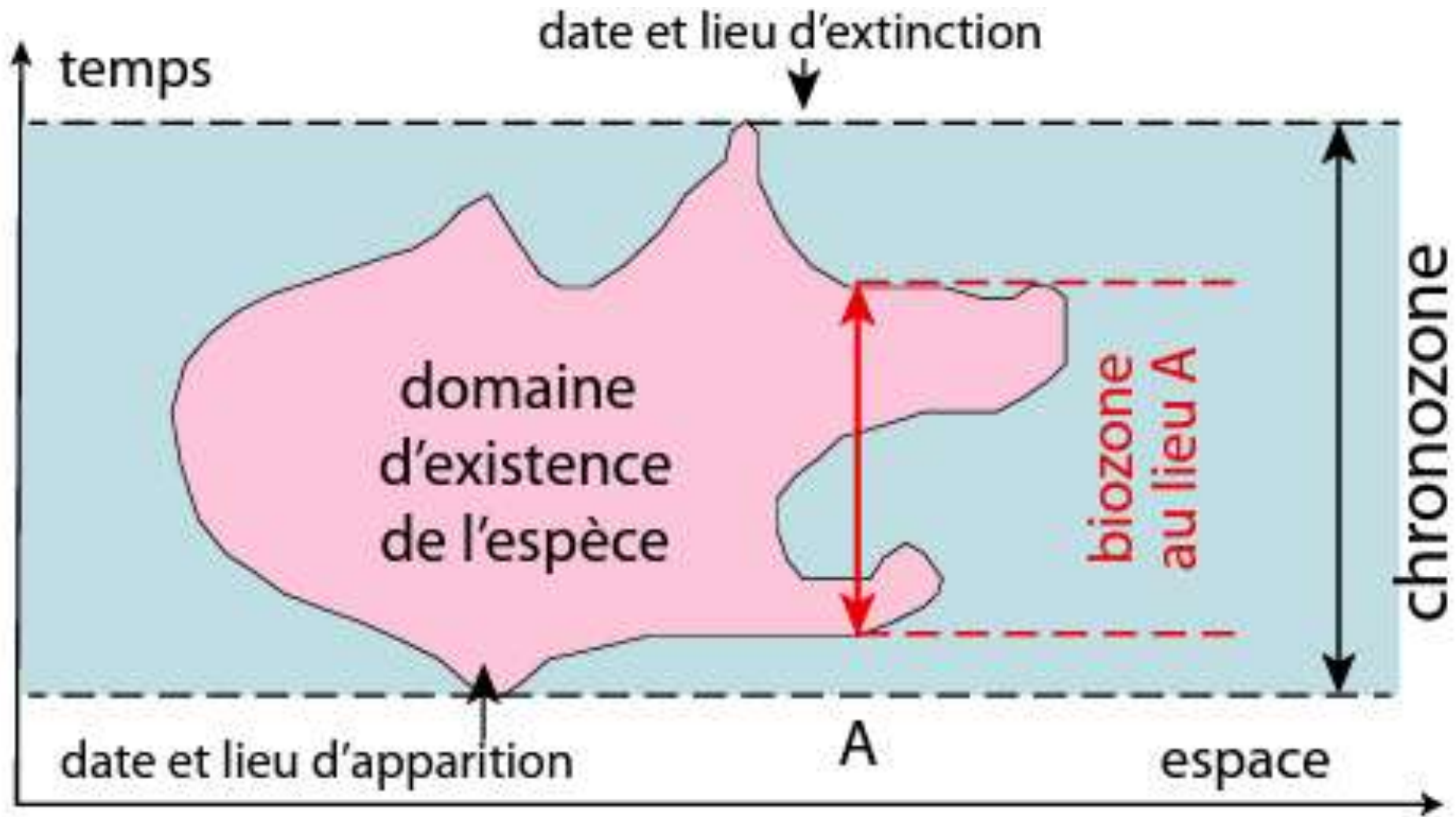
## Nummulites Foraminifères



## Turritelle Mollusque Gastéropode

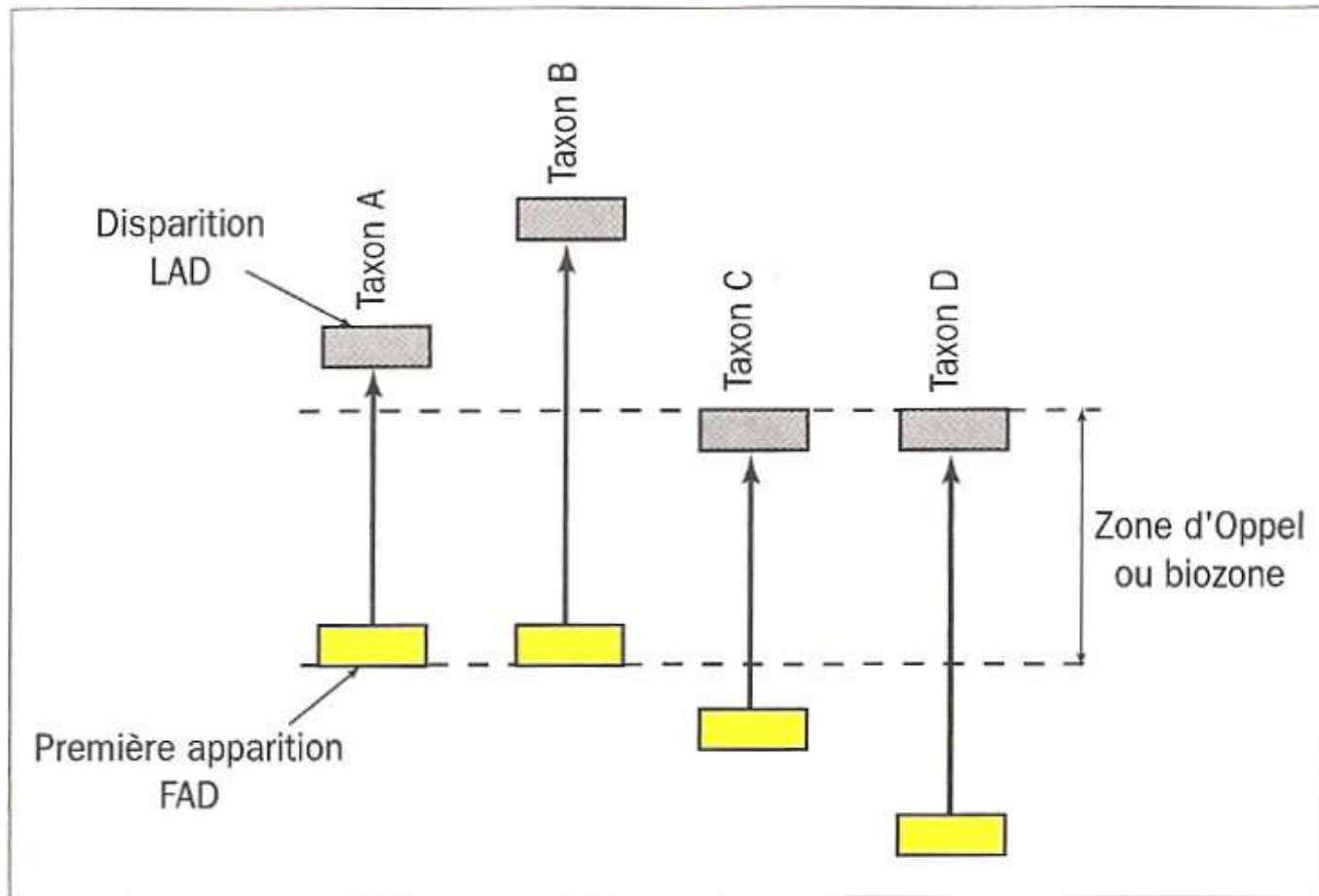


# Document 2. Notions de BIOZONE et CHRONOZONE





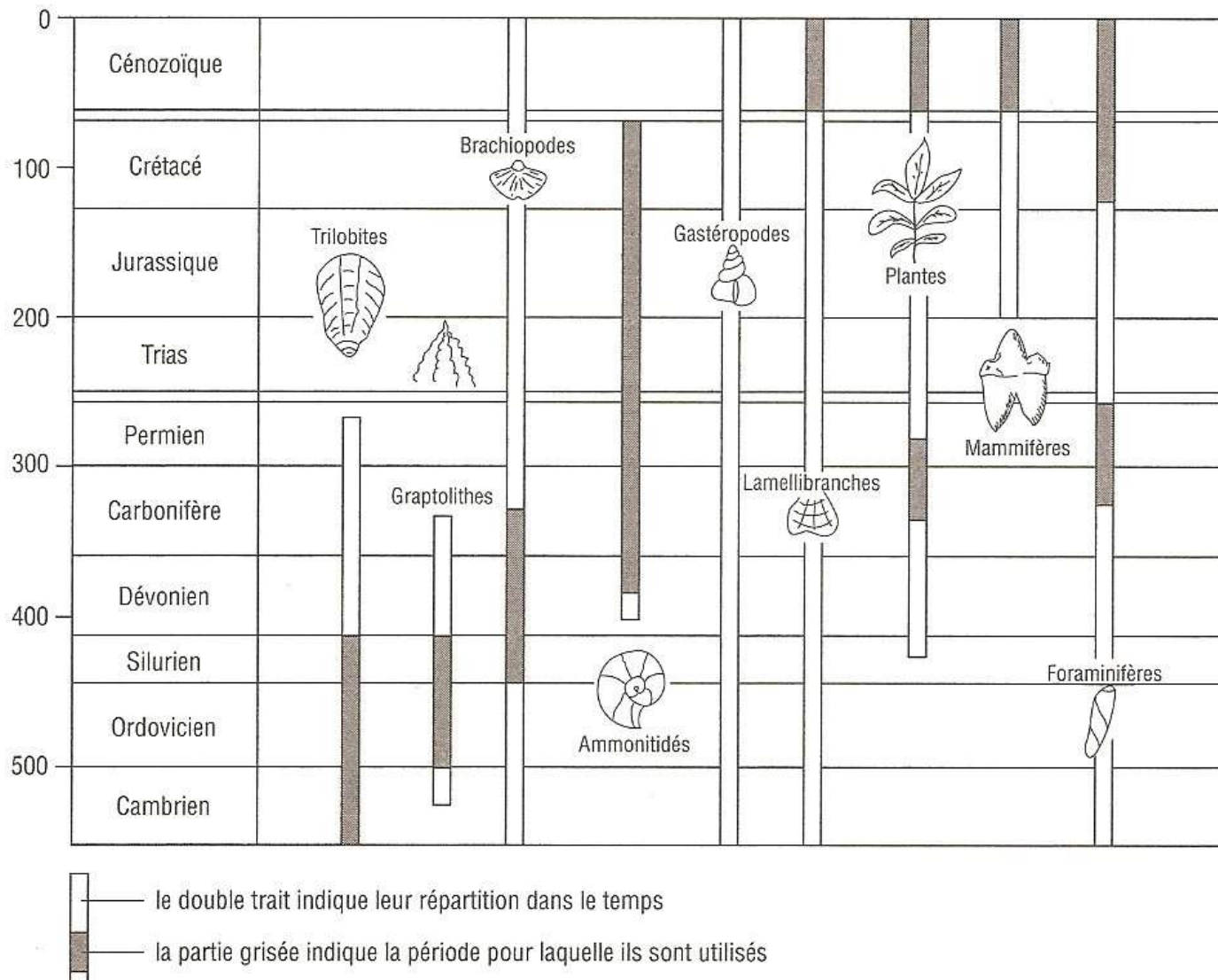
# Document 2. Notions de BIOZONE et CHRONOZONE



**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 5. 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



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

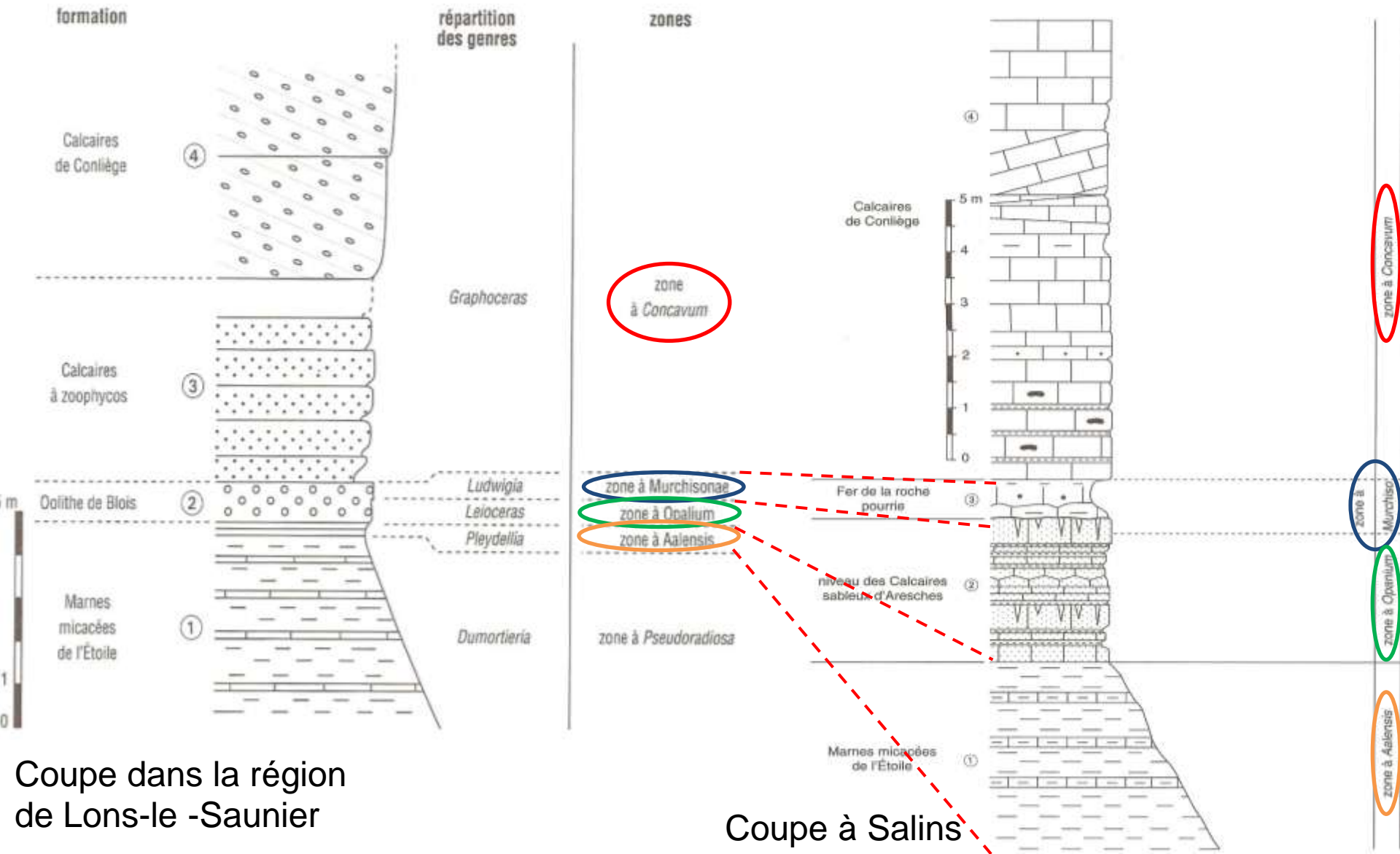


## **La vire à orbitolines au nord des Haberts du Charmant Som (Chartreuse)**

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.).

# 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.

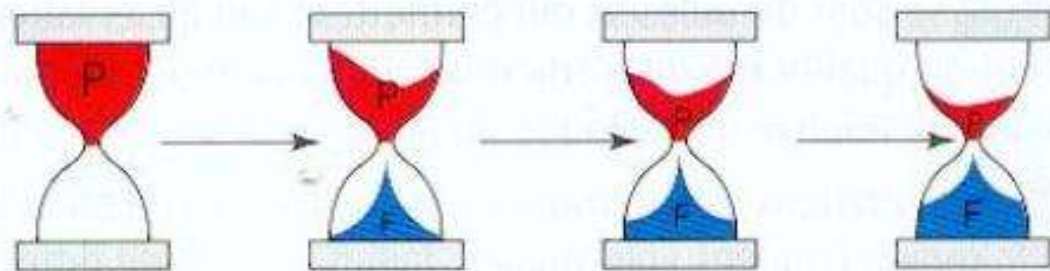
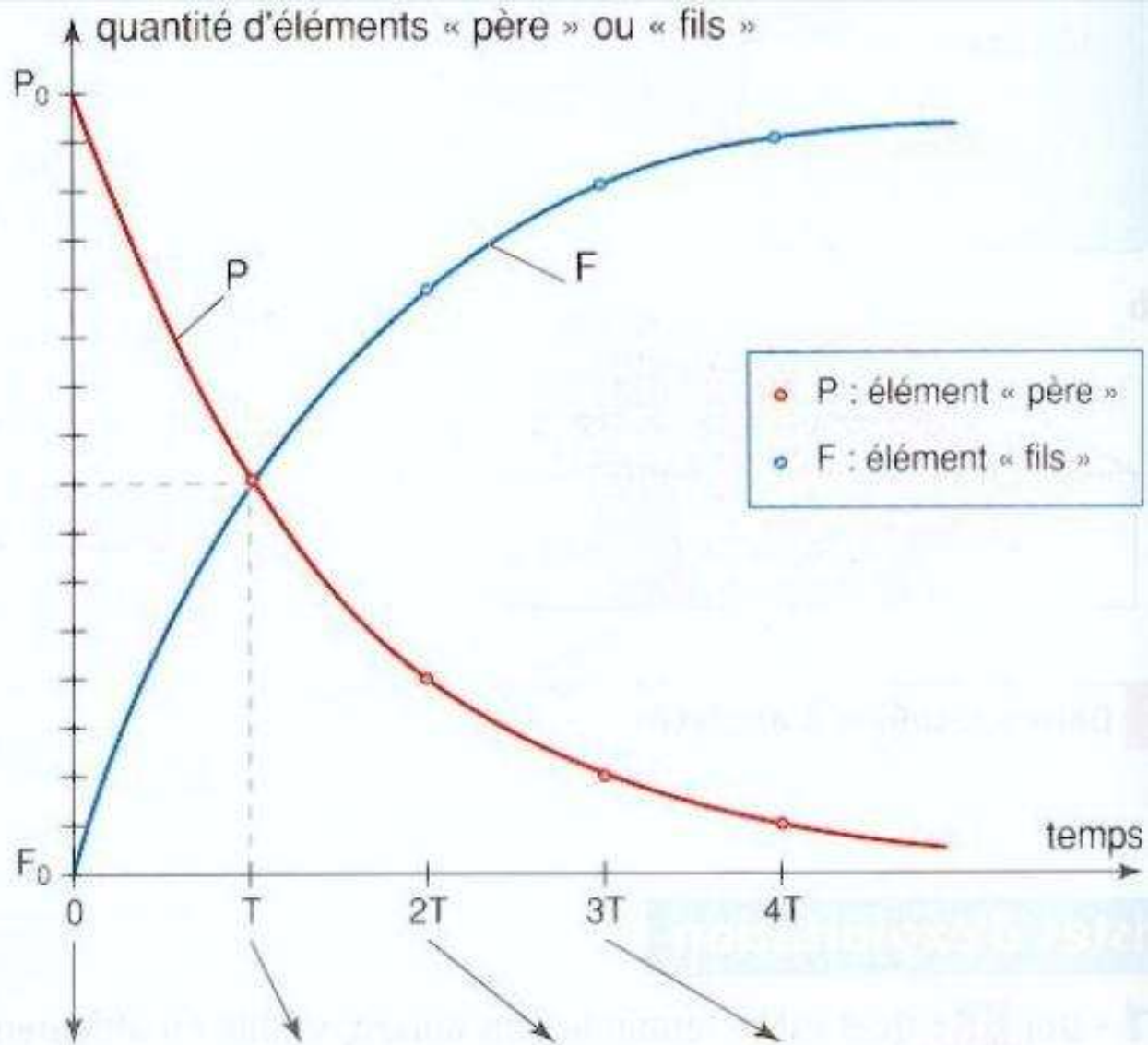


Coupe dans la région de Lons-le-Saunier

Coupe à Salins



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  
P<sub>0</sub> teneur initiale en élément père

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

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

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

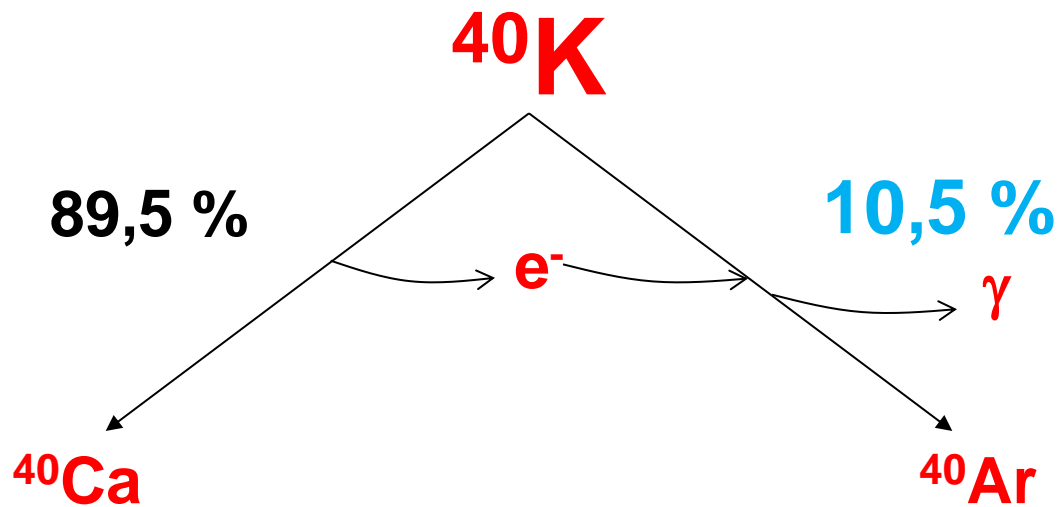
F teneur actuelle en élément fils

$F_0$  teneur initiale en élément fils

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

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





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

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

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

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

Cas du couple K / Ar



$$\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$$

$$T = 48,8 \cdot 10^9 \text{ an}$$

$$^{87}\text{Sr} = {}^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Rb} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

**termes inconnus !**

**Cas du couple Rb / Sr**

$${}^{87}\text{Sr} = {}^{87}\text{Sr}_0 + {}^{87}\text{Rb} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

**termes inconnus !**

**MAIS :**  $({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_0$  identiques pour les minéraux d'une même roche

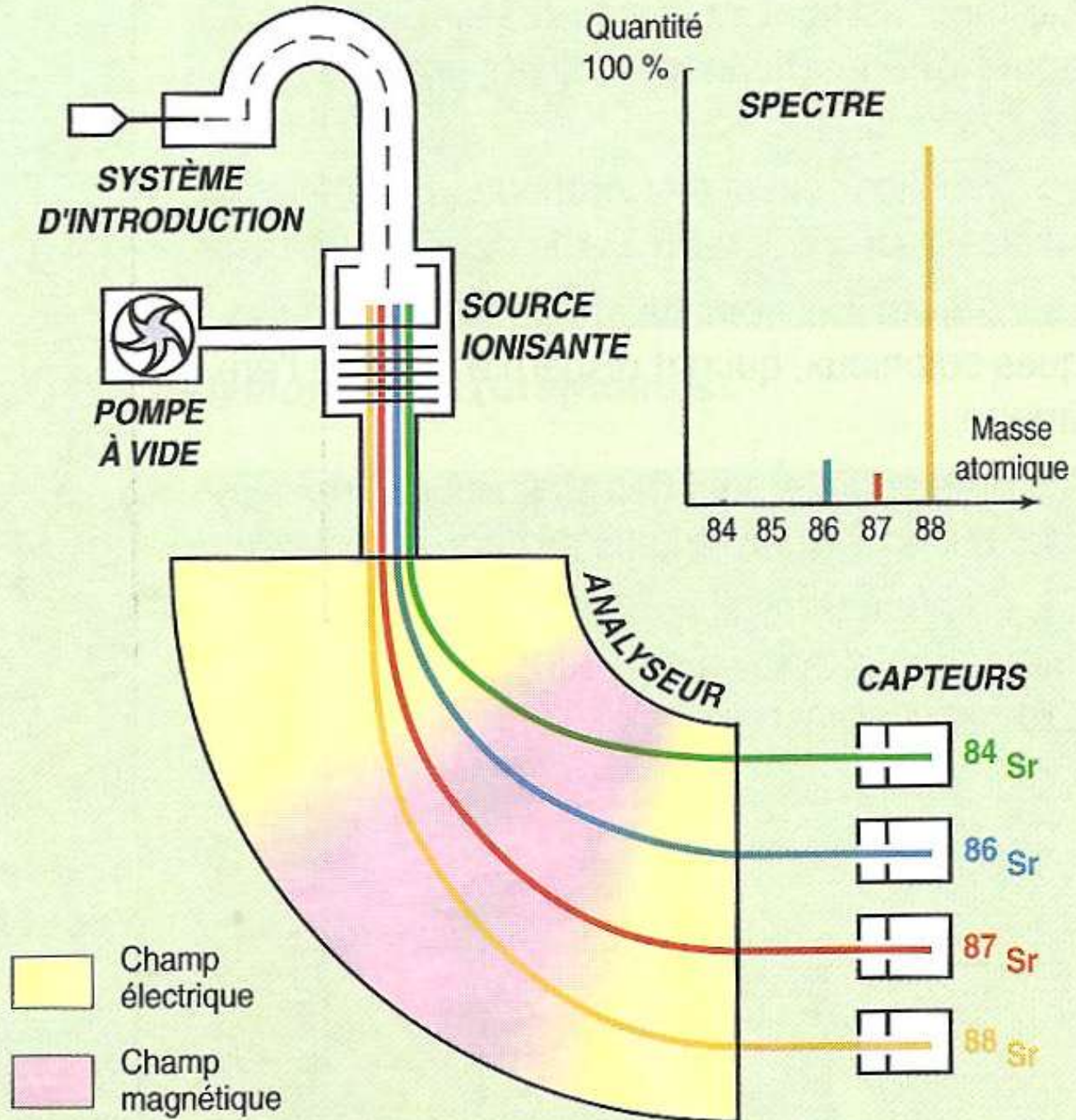
**L'équation précédente devient :**

$${}^{87}\text{Sr} / {}^{86}\text{Sr} = ({}^{87}\text{Sr} / {}^{86}\text{Sr})_0 + {}^{87}\text{Rb} / {}^{86}\text{Sr} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

**Terme inconnu mais constant pour tous les minéraux d'une même roche :  
c'est le rapport initial**

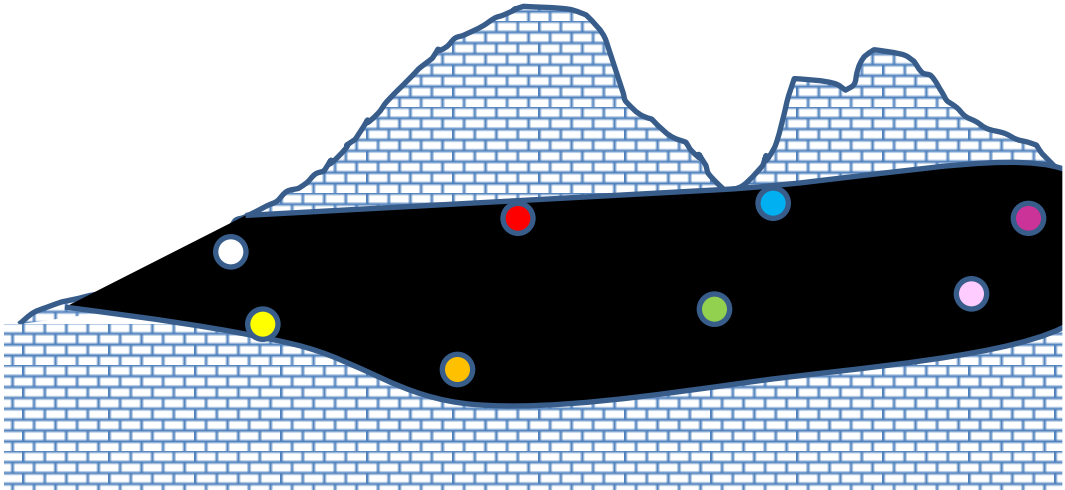


# Document 6. Principe d'un spectromètre de masse



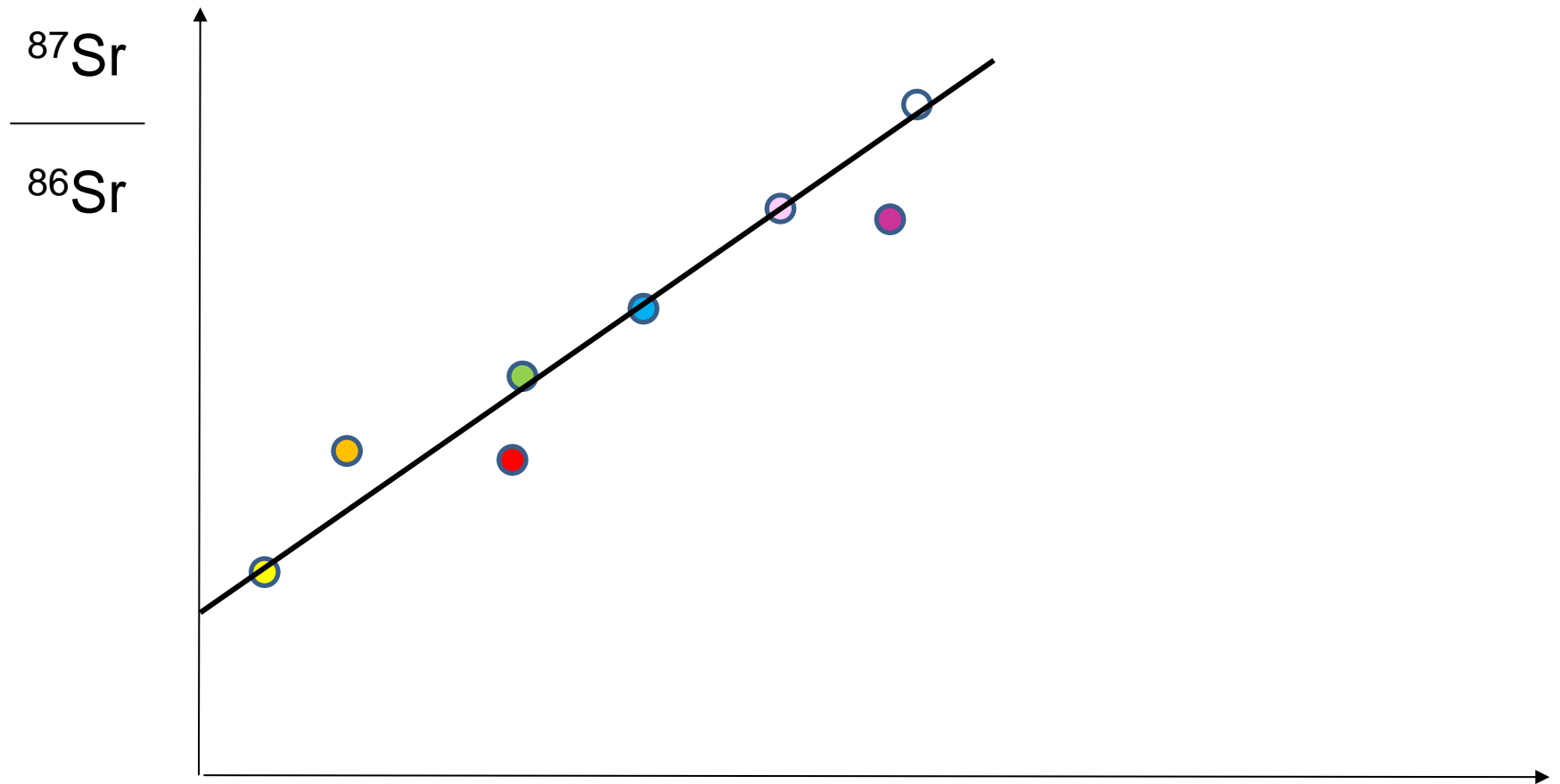


# Datation absolue d'un granite



échantillonnages

# Construction de l'isochrone

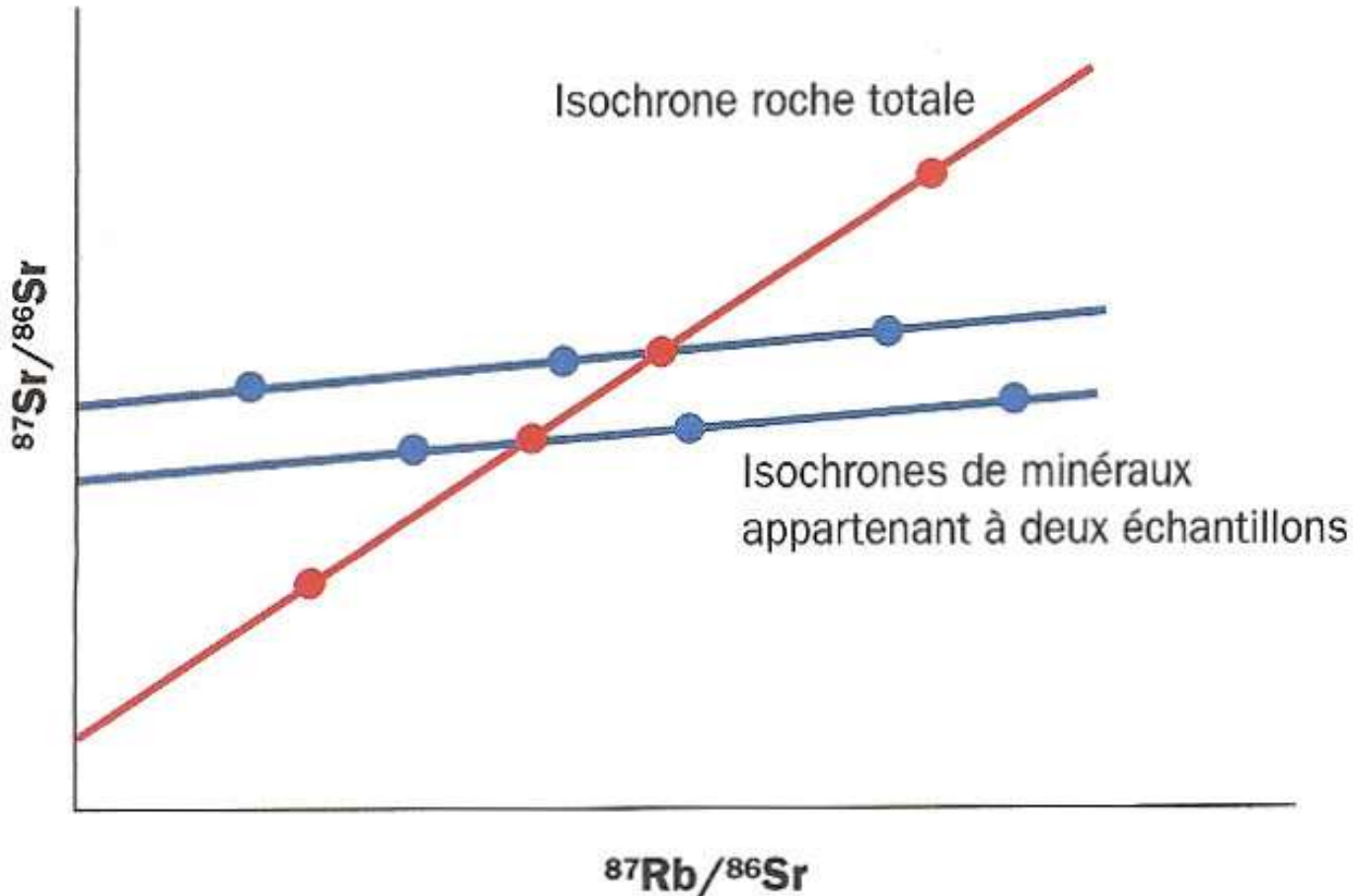


$$\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}} = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 + \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$
$$Y = aX + b$$

Y et X déterminés par spectrométrie de masse



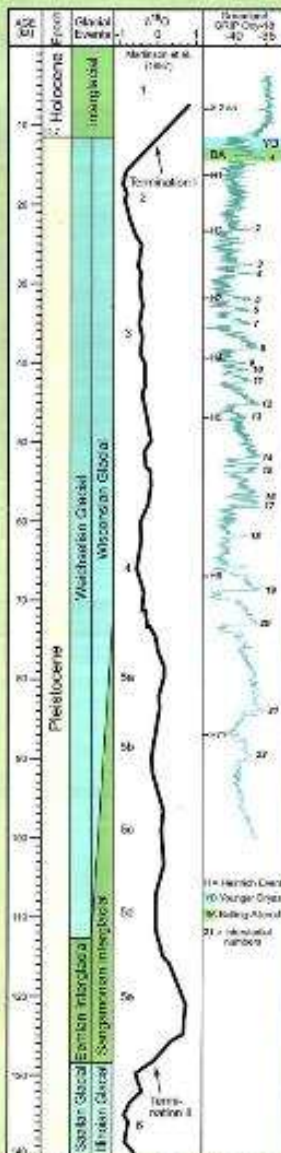
# Cas des roches métamorphiques



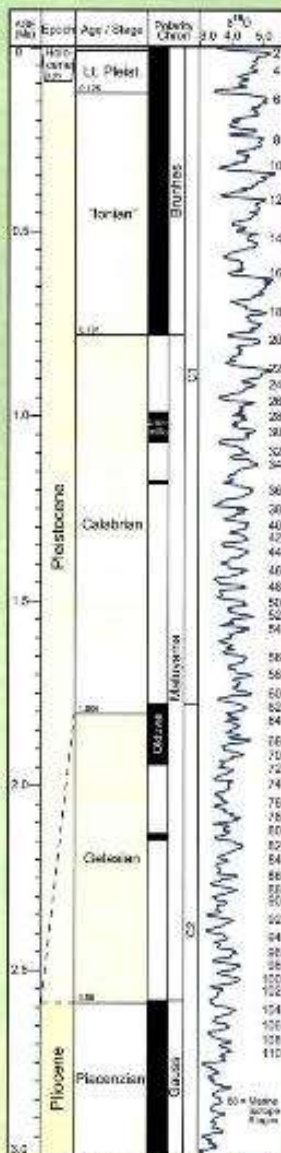
**Document 7. Isochrones Rb-Sr sur roche totale et sur minéraux d'un granite métamorphisé.**

## PHANEROZOIC

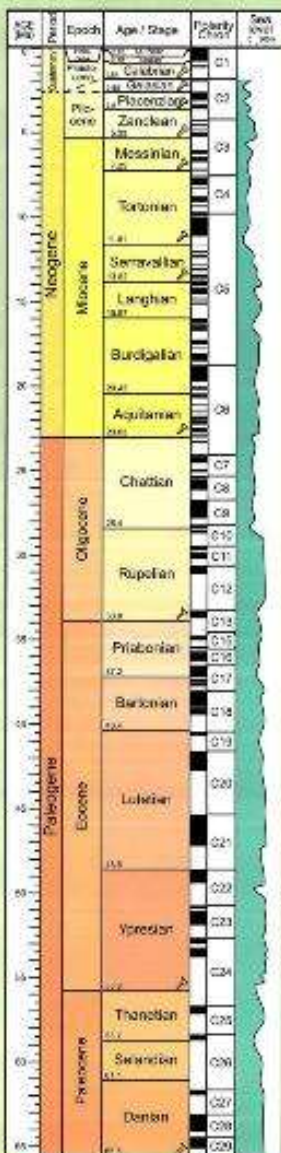
### LAST GLACIAL CYCLE



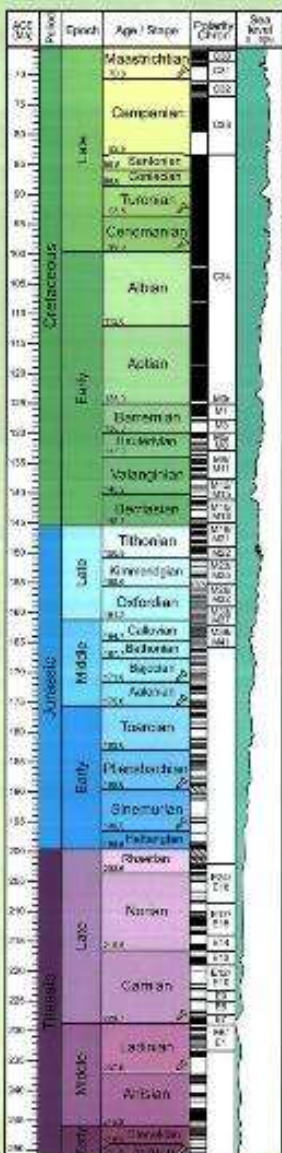
### QUATERNARY



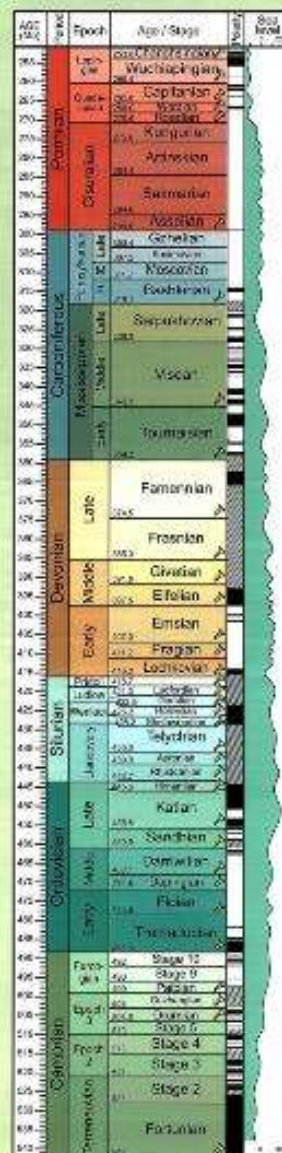
### CENOZOIC



### MESOZOIC



### PALEOZOIC



### PHANEROZOIC & PRECAMBRIAN



**Legend:**  
 □ Normal polarity  
 ■ Reversed polarity  
 ▨ Uncertain polarity  
 ▲ not bed GSP

For details see:  
 The Geologic Time Scale 2008 by F. M. Gradstein, J. G. Ogg, A. G. Smith, et al. (2004) with Cambridge University Press, and 'The Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, S. Ogg and F.M. Gradstein (2008), and the website of the International Commission on Stratigraphy (ICS) [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)

This chart was produced by Gabe Ogg using the Scale Creator software. <http://www.stratigraphy.org>



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 <b>formation</b> membre <b>banc</b>	<b>biozone</b>	érathème ..... <b>système</b> ..... étage ..... <b>chronozone</b> .....	..... ère ..... <b>période</b> ..... âge ..... chron

## Document 8. 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 9.

## 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

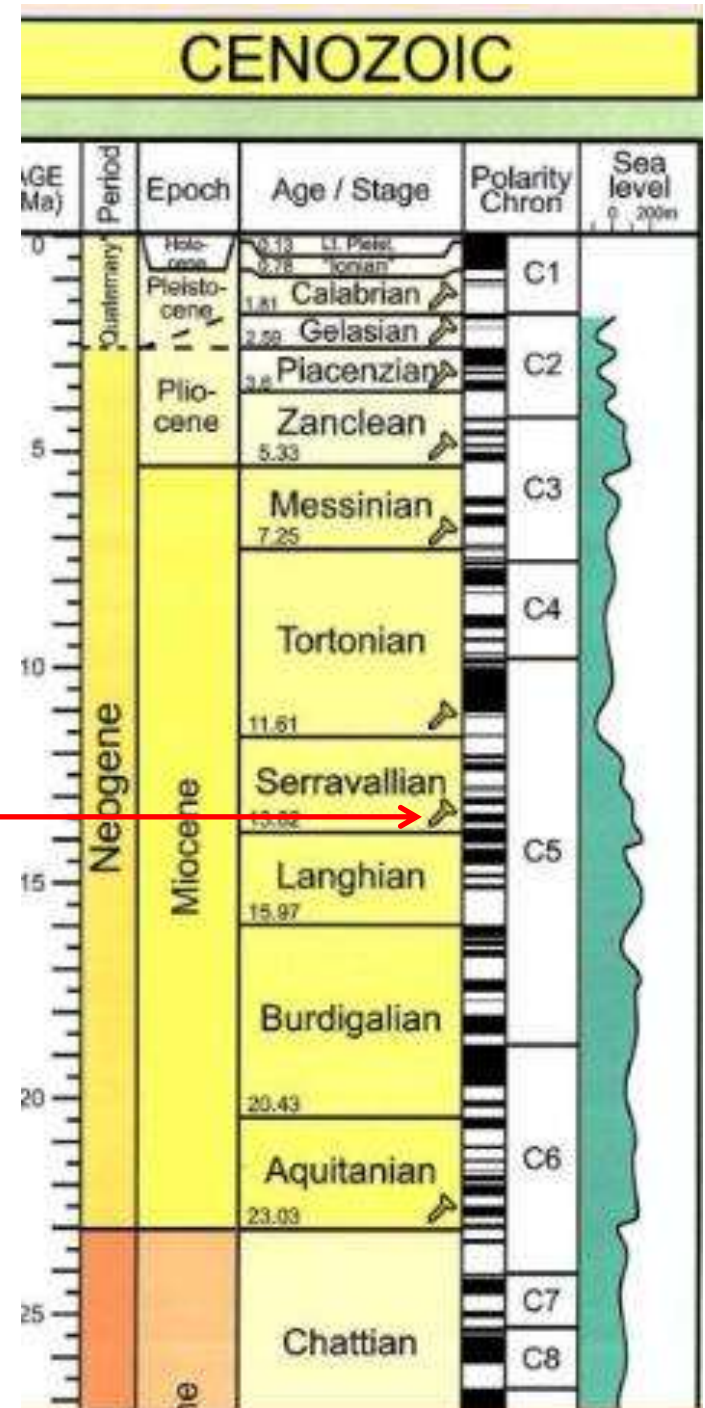
Le nom d'un étage est dérivé d'un lieu (localité ou région type) suivi du suffixe -ien



**GSSP** ou « clou d'or »



GSSP  
Dévonien -  
Carbonifère







# Les schistes de Burgess

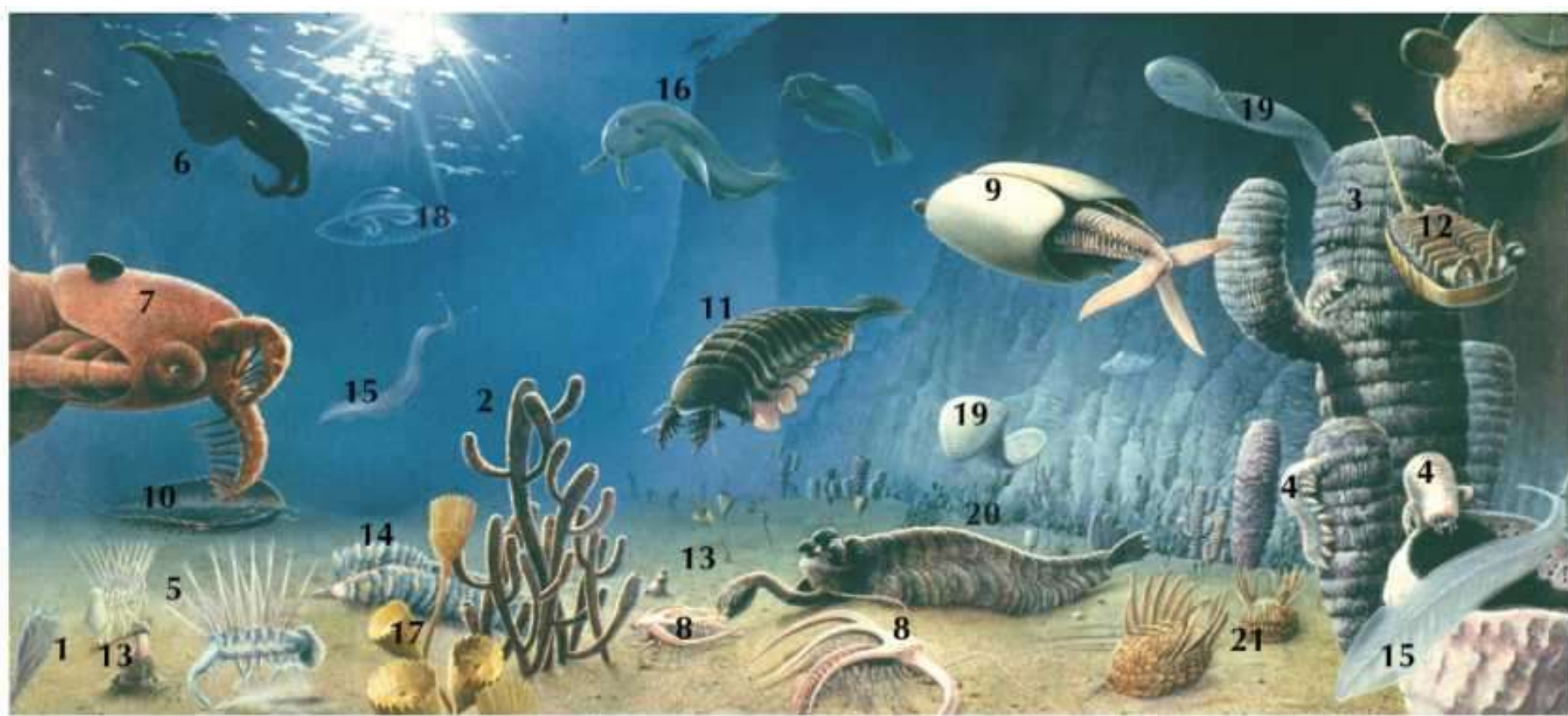
Parc National Yoho, Rocheuses canadiennes



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

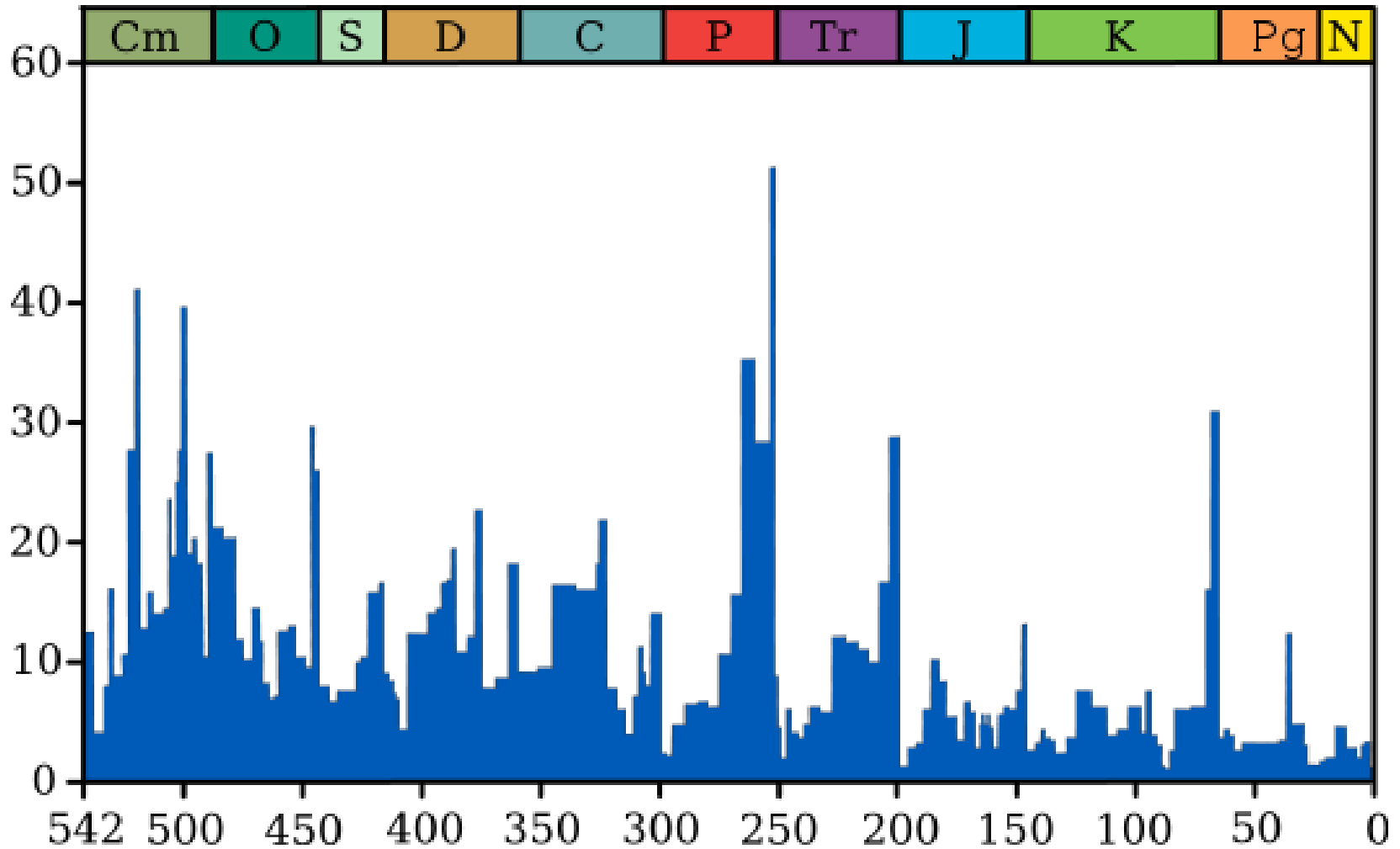
ÈRES	PÉRIODES	ÉPOQUES
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	Holocène (récent)
		Pléistocène
	TERTIAIRE	1,6 — Pliocène
		5,3 — Miocène
		23,7 — Oligocène
MÉSOZOÏQUE (Secondaire)	36,8 — Éocène	
	57,8 — Paléocène	
PALÉOZOÏQUE (Primaire)	66,4 — CRÉTACÉ	
	144 — JURASSIQUE	
	208 — TRIAS	
	246 — PERMIEN	
	286 — CARBONIFÈRE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





**Document 10.**  
**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	Crise biologique		
			Carbonifère	298	h	Bleu-vert	Formation de la Pangée		
		358		Forêts houillères du Carbonifère					
		Dévonien	358	d	Marron	Crise biologique			
Silurien		419	s	Vert pâle	Sortie des eaux des Vertébrés				
		443	o	Vert turquoise	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)				
					Faune d'Ediacara (-575 à -540 Ma)				
HADÉEN	4 000	Rose	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)		