

Jacques REY

# LA TERRE ET LE TEMPS



**Tortonien**  
**7,5 Ma**



**Hettangien**  
**195 Ma**





# LA TERRE ET LE TEMPS

**L'identification du temps dans l'histoire de la Terre relève d'une discipline :**

**La Stratigraphie**



# **LA TERRE ET LE TEMPS**

**Trois objectifs :**

**- établir une chronologie**

**- dater**

**- Estimer des durées**

# Chronologie

janvier 2011	février 2011	mars 2011		juillet 2011	août 2011	septembre 2011	octobre 2011	novembre 2011	décembre 2011
1 S	1 M	1 M		1 V	1 L	1 J	1 S	1 M	1 J
2 D	2 M	2 M		2 S	2 M	2 V	2 D	2 M	2 V
3 L	3 J	3 J		3 D	3 M	3 S	3 L	3 J	3 S
4 M	4 V	4 V		4 L	4 J	4 D	4 M	4 V	4 D
5 M	5 S	5 S		5 M	5 V	5 L	5 M	5 S	5 L
6 J	6 D	6 D		6 M	6 S	6 M	6 J	6 D	6 M
7 V	7 L	7 L		7 J	7 D	7 M	7 V	7 L	7 M
8 S	8 M	8 M		8 V	8 L	8 J	8 S	8 M	8 J
9 D	9 M	9 M		9 S	9 M	9 V	9 D	9 M	9 V
10 L	10 J	10 J		10 D	10 M	10 S	10 L	10 J	10 S
11 M	11 V	11 V		11 L	11 J	11 D	11 M	11 V	11 D
12 M	12 S	12 S		12 M	12 V	12 L	12 M	12 S	12 L
13 J	13 D	13 D		13 M	13 S	13 M	13 J	13 D	13 M
14 V	14 L	14 L		14 J	14 D	14 M	14 V	14 L	14 M
15 S	15 M	15 M		15 V	15 L	15 J	15 S	15 M	15 J
16 D	16 M	16 M		16 S	16 M	16 V	16 D	16 M	16 V
17 L	17 J	17 J		17 D	17 M	17 S	17 L	17 J	17 S
18 M	18 V	18 V		18 L	18 J	18 D	18 M	18 V	18 D
19 M	19 S	19 S		19 M	19 V	19 L	19 M	19 S	19 L
20 J	20 D	20 D		20 M	20 S	20 M	20 J	20 D	20 M
21 V	21 L	21 L		21 J	21 D	21 M	21 V	21 L	21 M
22 S	22 M	22 M		22 V	22 L	22 J	22 S	22 M	22 J
23 D	23 M	23 M		23 S	23 M	23 V	23 D	23 M	23 V
24 L	24 J	24 J		24 D	24 M	24 S	24 L	24 J	24 S
25 M	25 V	25 V		25 L	25 J	25 D	25 M	25 V	25 D
26 M	26 S	26 S		26 M	26 V	26 L	26 M	26 S	26 L
27 J	27 D	27 D		27 M	27 S	27 M	27 J	27 D	27 M
28 V	28 L	28 L		28 J	28 D	28 M	28 V	28 L	28 M
29 S		29 M		29 V	29 L	29 J	29 S	29 M	29 J
30 D		30 M		30 S	30 M	30 V	30 D	30 M	30 V
31 L		31 J		31 D	31 M		31 L		31 S

Ascension

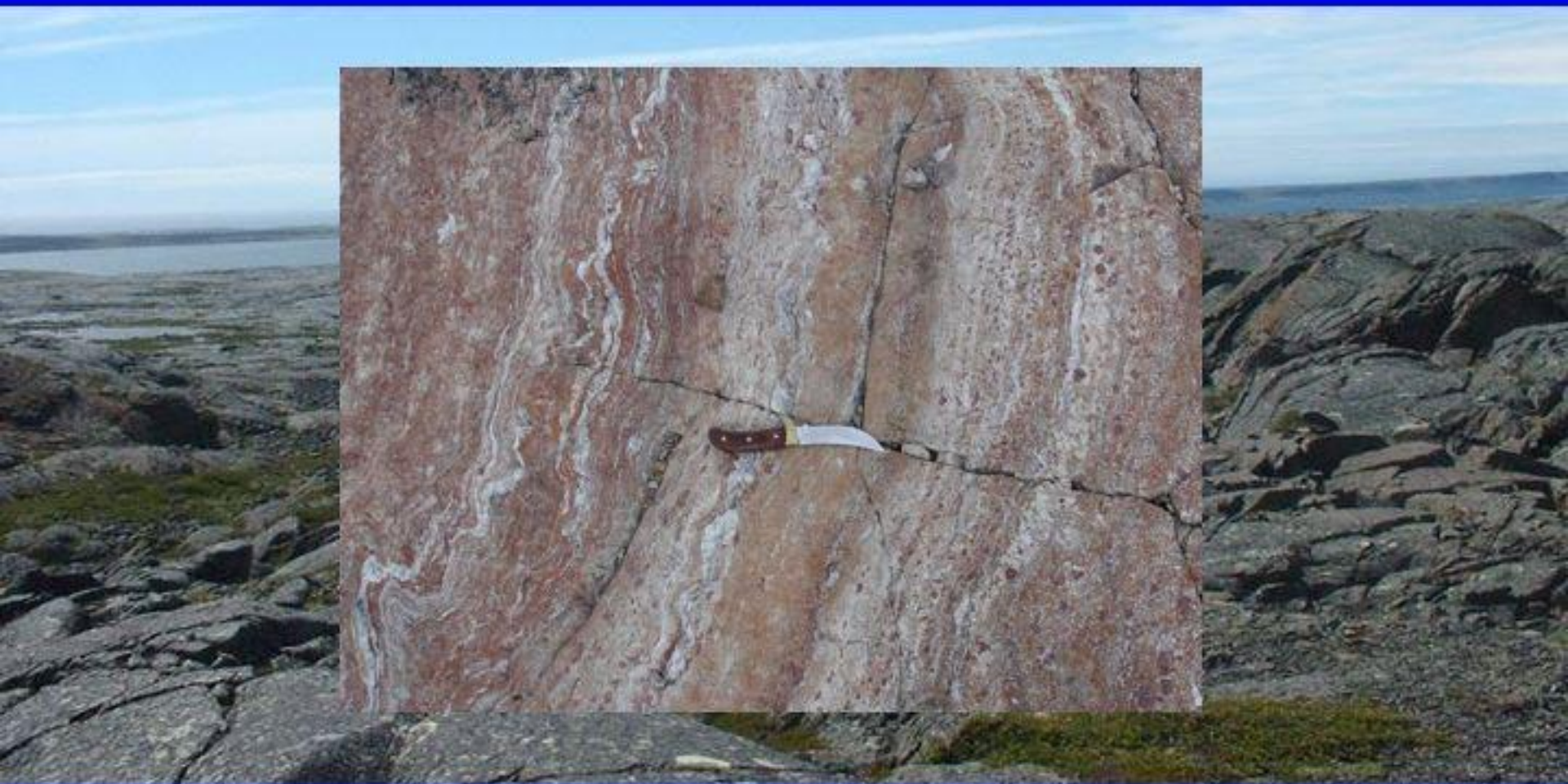
Pâques





# Datations

janvier 2011	février 2011	mars 2011	avril 2011	mai 2011	juin 2011	juillet 2011	août 2011	septembre 2011	octobre 2011	novembre 2011	décembre 2011
1 S	1 M	1 M	1 V	1 D	1 M	1 V	1 L	1 J	1 S	1 M	1 J
2 D	2 M	2 M	2 S	2 L	2 J	2 S	2 M	2 V	2 D	2 M	2 V
3 L	3 J	3 J	3 D	3 M	3 V	3 D	3 M	3 S	3 L	3 J	3 S
4 M	4 V	4 V	4 L	4 M	4 S	4 L	4 J	4 D	4 M	4 V	4 D
5 M	5 S	5 S	5 M	5 J	5 D	5 M	5 V	5 L	5 M	5 S	5 L
6 J	6 D	6 D	6 M	6 V	6 L	6 M	6 S	6 M	6 J	6 D	6 M
7 V	7 L	7 L	7 J	7 S	7 M	7 J	7 D	7 M	7 V	7 L	7 M
8 S	8 M	8 M	8 V	8 D	8 M	8 V	8 L	8 J	8 S	8 M	8 J
9 D	9 M	9 M	9 S	9 L	9 J	9 S	9 M	9 V	9 D	9 M	9 V
10 L	10 J	10 J	10 D	10 M	10 V	10 D	10 M	10 S	10 L	10 J	10 S
11 M	11 V	11 V	11 L	11 M	11 S	11 L	11 J	11 D	11 M	11 V	11 D
12 M	12 S	12 S	12 M	12 J	12 D	12 M	12 V	12 L	12 M	12 S	12 L
13 J	13 D	13 D	13 M	13 V	13 L	13 M	13 S	13 M	13 J	13 D	13 M
14 V	14 L	14 L	14 J	14 S	14 M	14 J	14 D	14 M	14 V	14 L	14 M
15 S	15 M	15 M	15 V	15 D	15 M	15 V	15 L	15 J	15 S	15 M	15 J
16 D	16 M	16 M	16 S	16 L	16 J	16 S	16 M	16 V	16 D	16 M	16 V
17 L	17 J	17 J	17 D	17 M	17 V	17 D	17 M	17 S	17 L	17 J	17 S
18 M	18 V	18 V	18 L	18 M	18 S	18 L	18 J	18 D	18 M	18 V	18 D
19 M	19 S	19 S	19 M	19 J	19 D	19 M	19 V	19 L	19 M	19 S	19 L
20 J	20 D	20 D	20 M	20 V	20 L	20 M	20 S	20 M	20 J	20 D	20 M
21 V	21 L	21 L	21 J	21 S	21 M	21 J	21 D	21 M	21 V	21 L	21 M
22 S	22 M	22 M	22 V	22 D	22 M	22 V	22 L	22 J	22 S	22 M	22 J
23 D	23 M	23 M	23 S	23 L	23 J	23 S	23 M	23 V	23 D	23 M	23 V
24 L	24 J	24 J	24 D	24 M	24 V	24 D	24 M	24 S	24 L	24 J	24 S
25 M	25 V	25 V	25 L	25 M	25 S	25 L	25 J	25 D	25 M	25 V	25 D
26 M	26 S	26 S	26 M	26 J	26 D	26 M	26 V	26 L	26 M	26 S	26 L
27 J	27 D	27 D	27 M	27 V	27 L	27 M	27 S	27 M	27 J	27 D	27 M
28 V	28 L	28 L	28 J	28 S	28 M	28 J	28 D	28 M	28 V	28 L	28 M
29 S		29 M	29 V	29 D	29 M	29 V	29 L	29 J	29 S	29 M	29 J
30 D		30 M	30 S	30 L	30 J	30 S	30 M	30 V	30 D	30 M	30 V
31 L		31 J		31 M		31 D	31 M		31 L		31 S



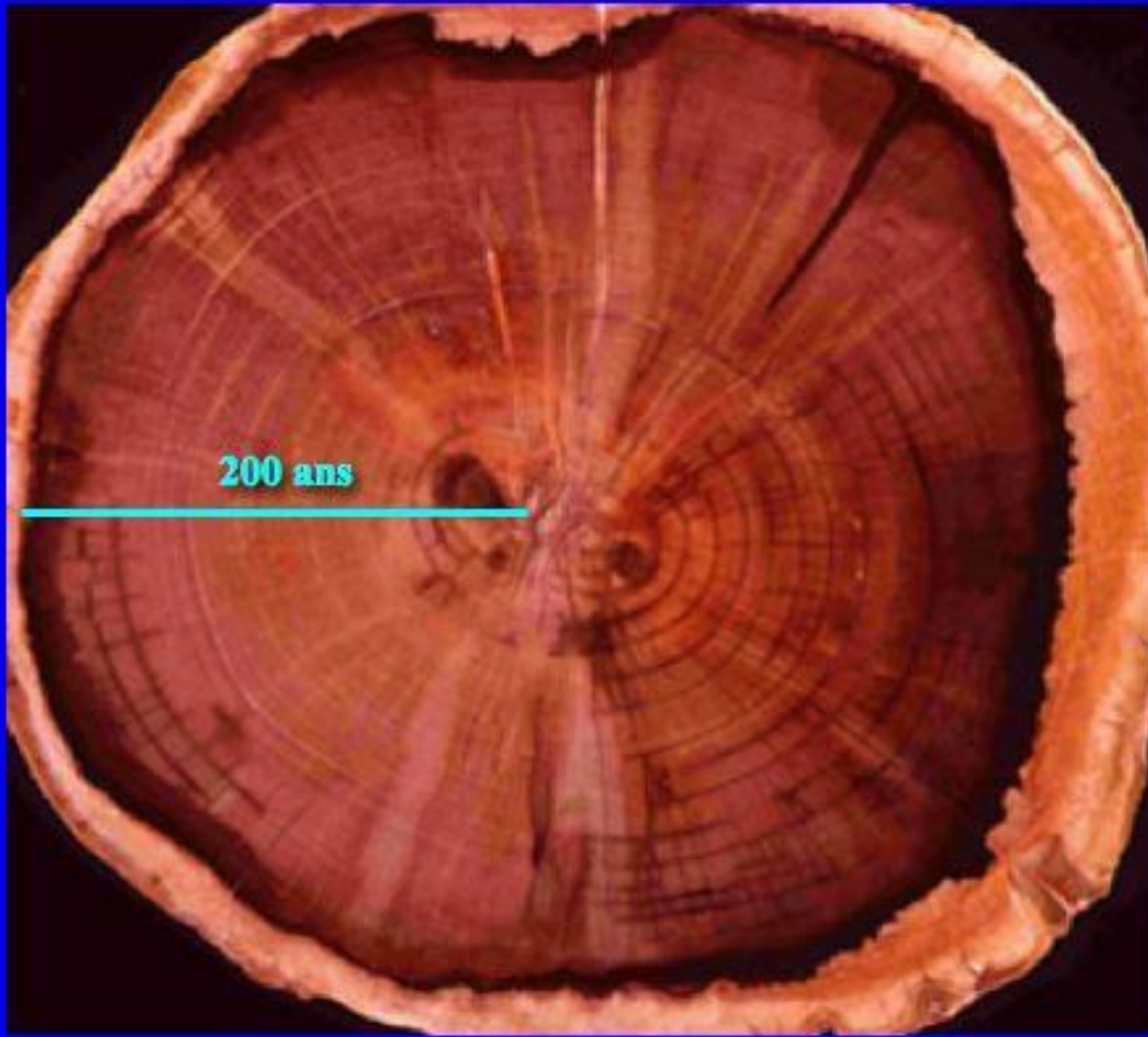
**Les roches les plus anciennes connues sur Terre : 4,28 Milliards d'années**

*Nuvvuagituq (baie d'Hudson)*



# Durées

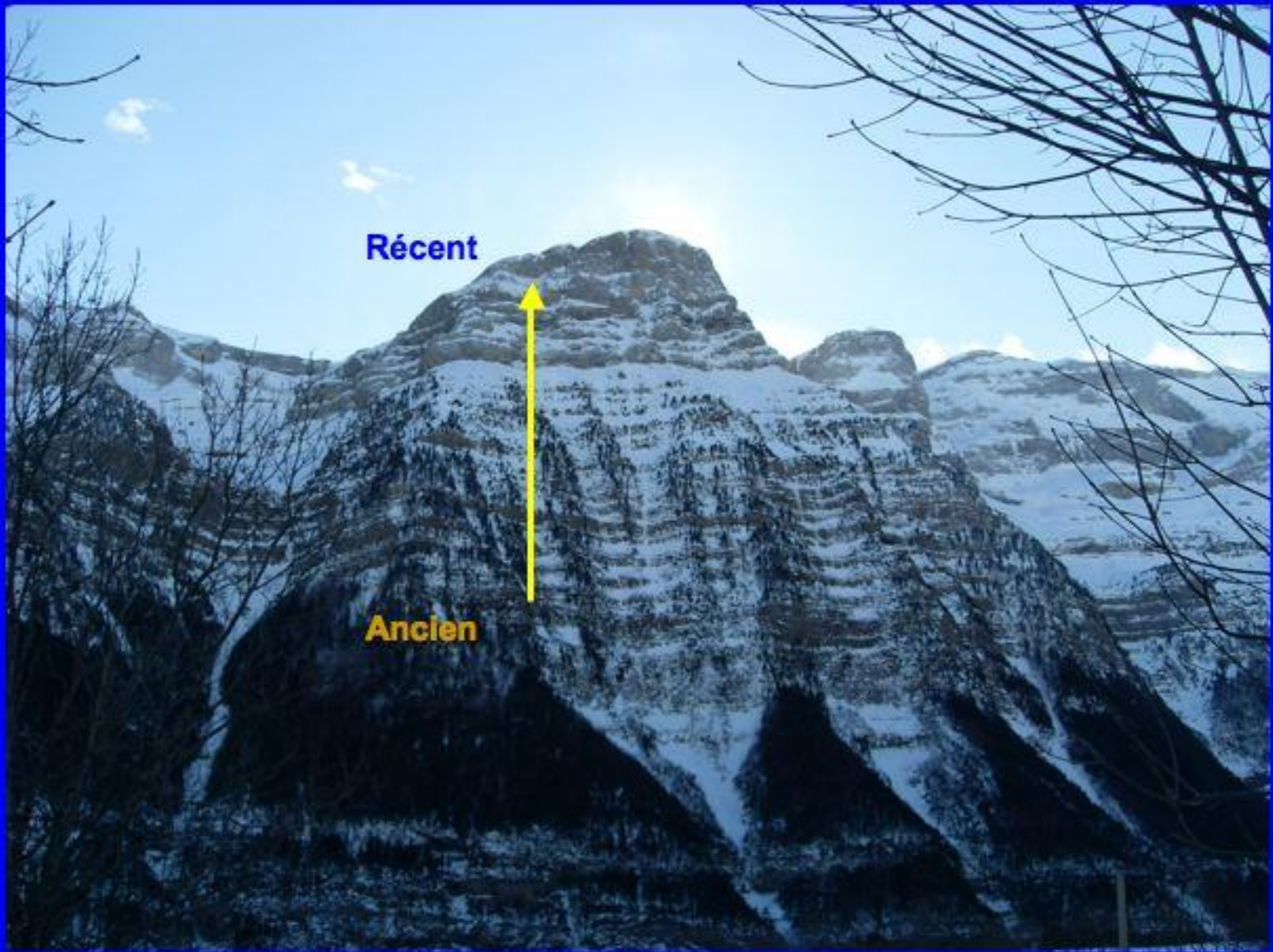
janvier 2011	février 2011	mars 2011	avril 2011	mai 2011	juin 2011	juillet 2011	août 2011	septembre 2011	octobre 2011	novembre 2011	décembre 2011
1 S	1 M	1 M	1 V	1 D	1 M	1 V	1 L	1 J	1 S	1 M	1 J
2 D	2 M	2 M	2 S	2 L	2 J	2 S	2 M	2 V	2 D	2 M	2 V
3 L	3 J	3 J	3 D	3 M	3 V	3 D	3 M	3 S	3 L	3 J	3 S
4 M	4 V	4 V	4 L	4 M	4 S	4 L	4 J	4 D	4 M	4 V	4 D
5 M	5 S	5 S	5 M	5 J	5 D	5 M	5 V	5 L	5 M	5 S	5 L
6 J	6 D	6 D	6 M	6 V	6 L	6 M	6 S	6 M	6 J	6 D	6 M
7 V	7 L	7 L	7 J	7 S	7 M	7 J	7 D	7 M	7 V	7 L	7 M
8 S	8 M	8 M	8 V	8 D	8 M	8 V	8 L	8 J	8 S	8 M	8 J
9 D	9 M	9 M	9 S	9 L	9 J	9 S	9 M	9 V	9 D	9 M	9 V
10 L	10 J	10 J	10 D	10 M	10 V	10 D	10 M	10 S	10 L	10 J	10 S
11 M	11 V	11 V	11 L	11 M	11 S	11 L	11 J	11 D	11 M	11 V	11 D
12 M	12 S	12 S	12 M	12 J	12 D	12 M	12 V	12 L	12 M	12 S	12 L
13 J	13 D	13 D	13 M	13 V	13 L	13 M	13 S	13 M	13 J	13 D	13 M
14 V	14 L	14 L	14 J	14 S	14 M	14 J	14 D	14 M	14 V	14 L	14 M
15 S	15 M	15 M	15 V	15 D	15 M	15 V	15 L	15 J	15 S	15 M	15 J
16 D	16 M	16 M	16 S	16 L	16 J	16 S	16 M	16 V	16 D	16 M	16 V
17 L	17 J	17 J	17 D	17 M	17 V	17 D	17 M	17 S	17 L	17 J	17 S
18 M	18 V	18 V	18 L	18 M	18 S	18 L	18 J	18 D	18 M	18 V	18 D
19 M	19 S	19 S	19 M	19 J	19 D	19 M	19 V	19 L	19 M	19 S	19 L
20 J	20 D	20 D	20 M	20 V	20 L	20 M	20 S	20 M	20 J	20 D	20 M
21 V	21 L	21 L	21 J	21 S	21 M	21 J	21 D	21 M	21 V	21 L	21 M
22 S	22 M	22 M	22 V	22 D	22 M	22 V	22 L	22 J	22 S	22 M	22 J
23 D	23 M	23 M	23 S	23 L	23 J	23 S	23 M	23 V	23 D	23 M	23 V
24 L	24 J	24 J	24 D	24 M	24 V	24 D	24 M	24 S	24 L	24 J	24 S
25 M	25 V	25 V	25 L	25 M	25 S	25 L	25 J	25 D	25 M	25 V	25 D
26 M	26 S	26 S	26 M	26 J	26 D	26 M	26 V	26 L	26 M	26 S	26 L
27 J	27 D	27 D	27 M	27 V	27 L	27 M	27 S	27 M	27 J	27 D	27 M
28 V	28 L	28 L	28 J	28 S	28 M	28 J	28 D	28 M	28 V	28 L	28 M
29 S		29 M	29 V	29 D	29 M	29 V	29 L	29 J	29 S	29 M	29 J
30 D		30 M	30 S	30 L	30 J	30 S	30 M	30 V	30 D	30 M	30 V
31 L		31 J		31 M		31 D	31 M		31 L		31 S











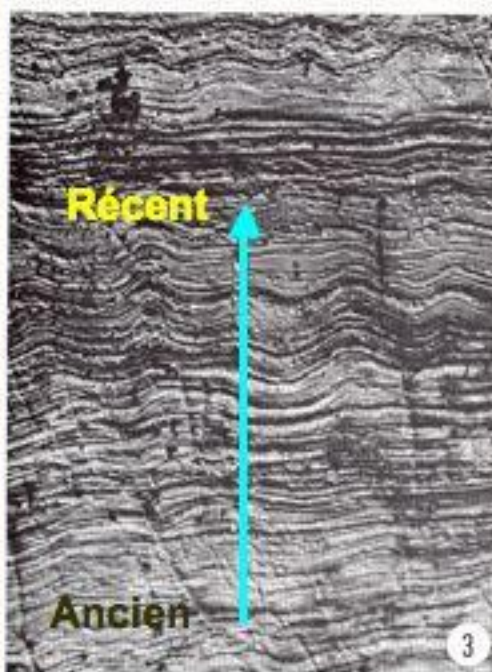
**Chronologie : Superposition**



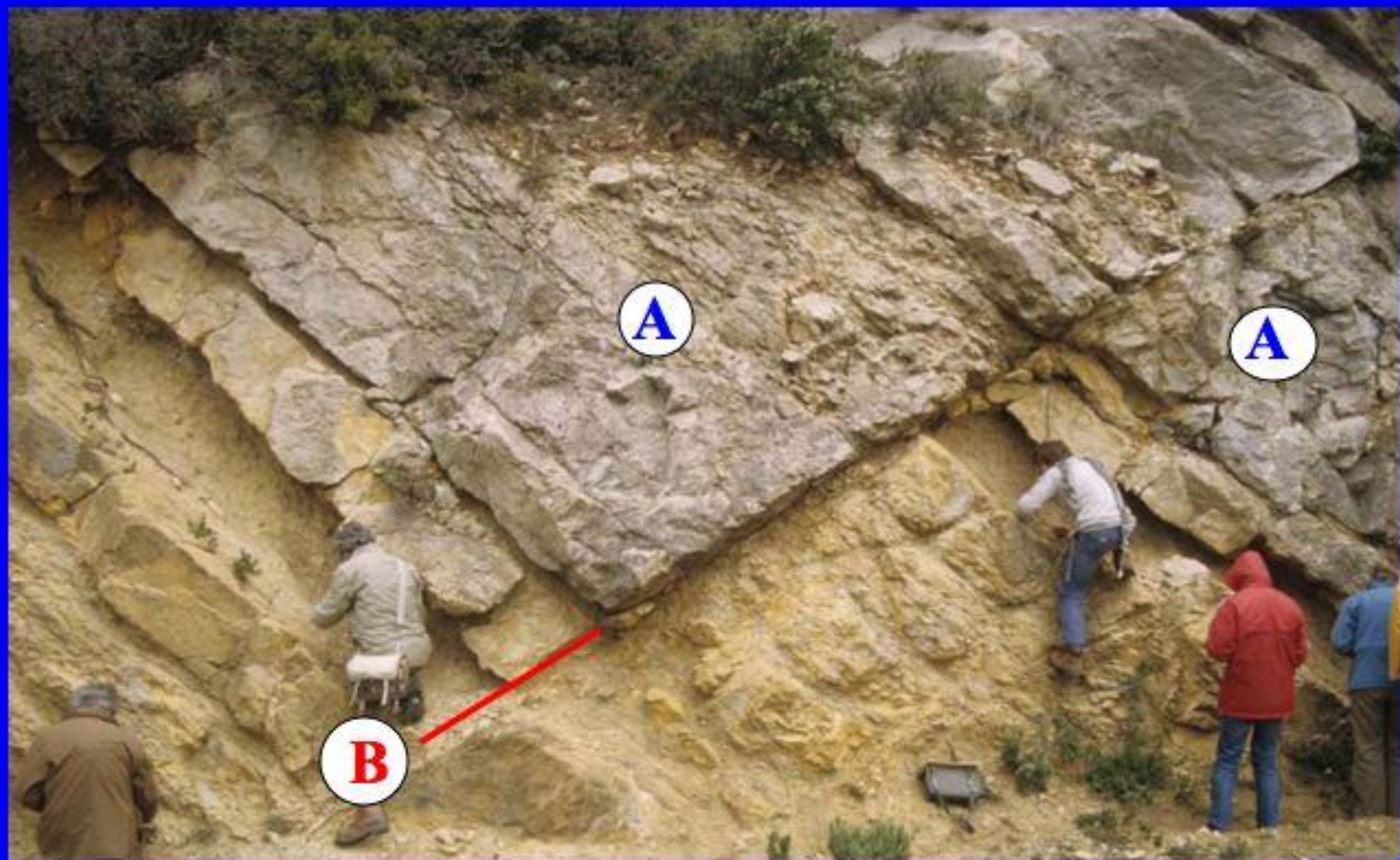
**Chronologie : Superposition**



## Chronologie : Superposition







**Chronologie : Recoupement**





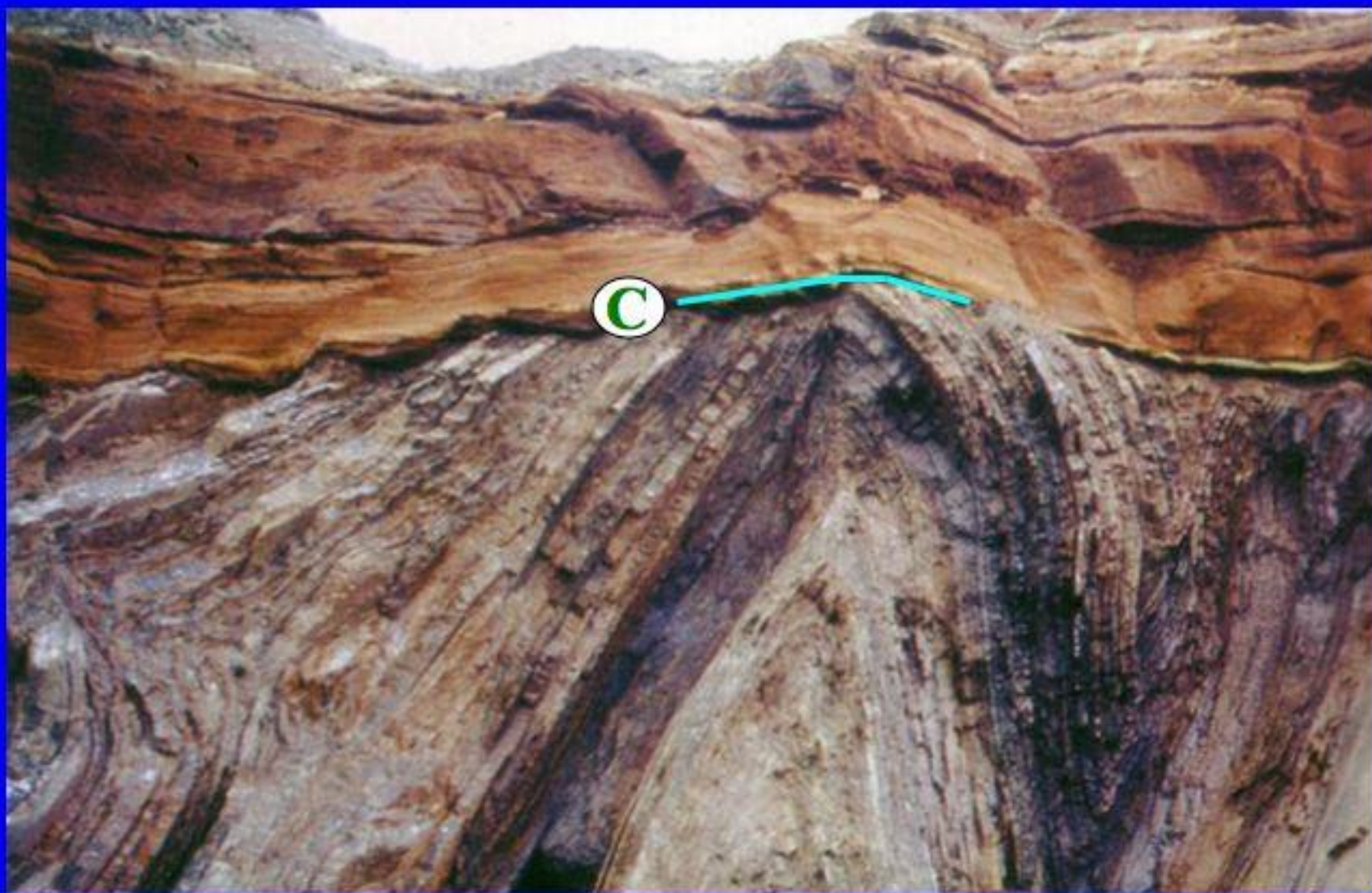
**Chronologie : Recoupement**





**Chronologie : Recoupement**





**Chronologie : Recoupelement**

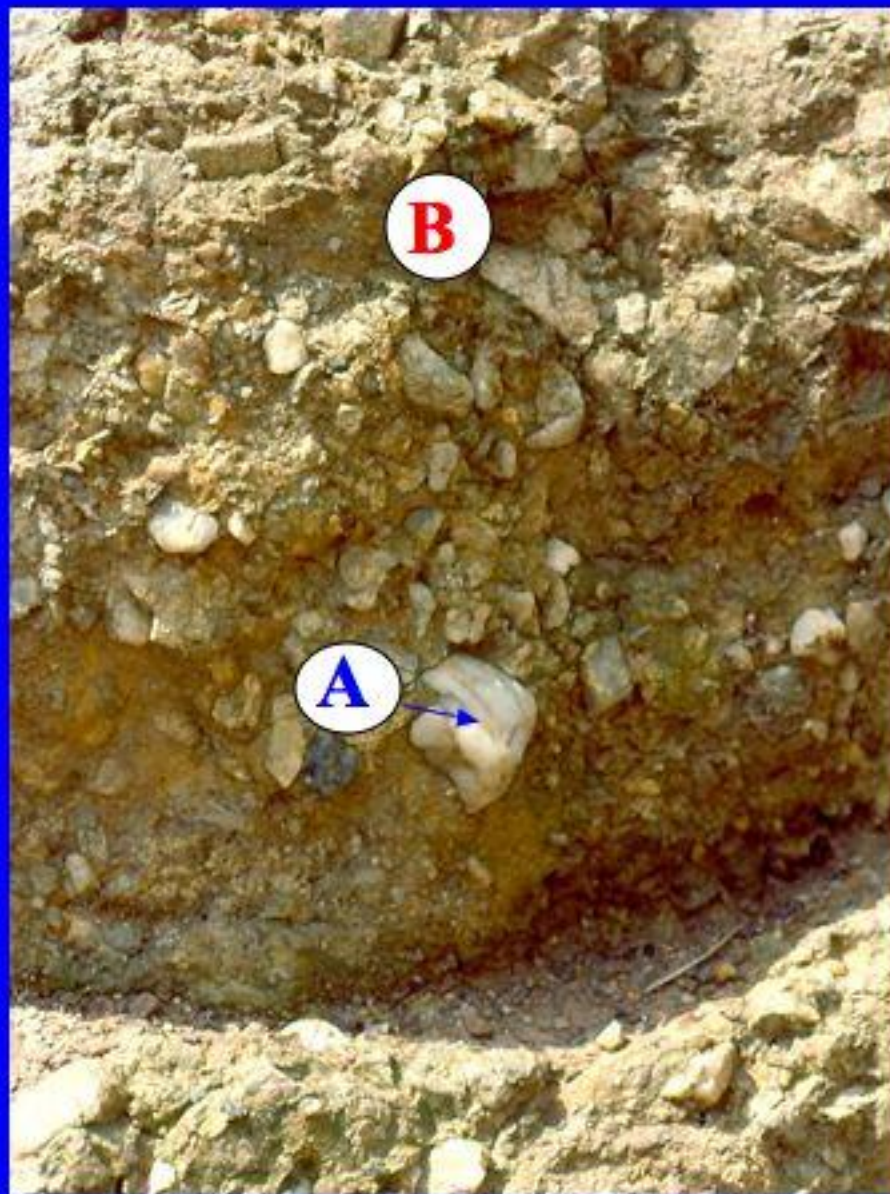




**Chronologie :  
Recoupement**



# Chronologie : Inclusions



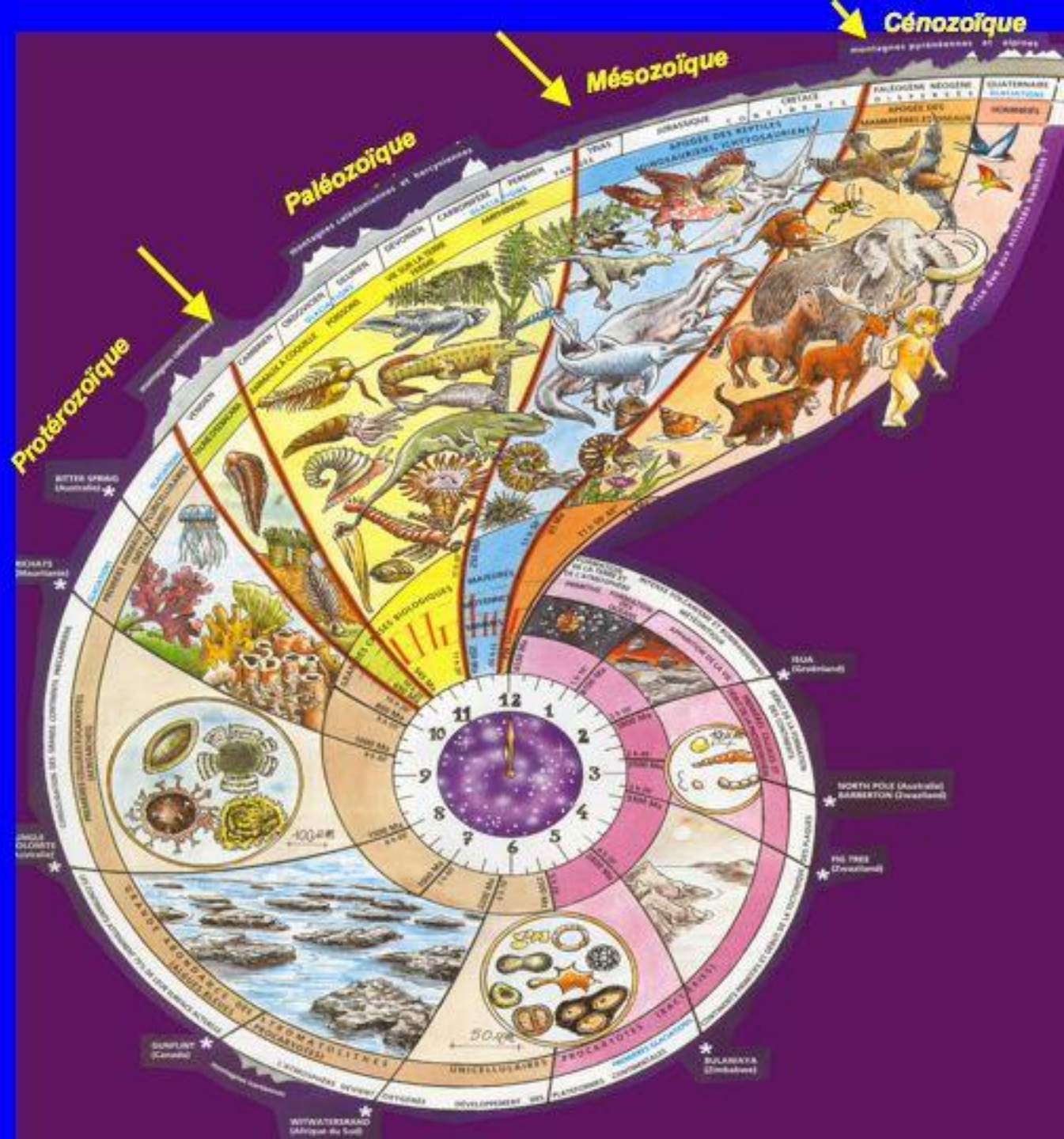
# Datations

**2 types :**

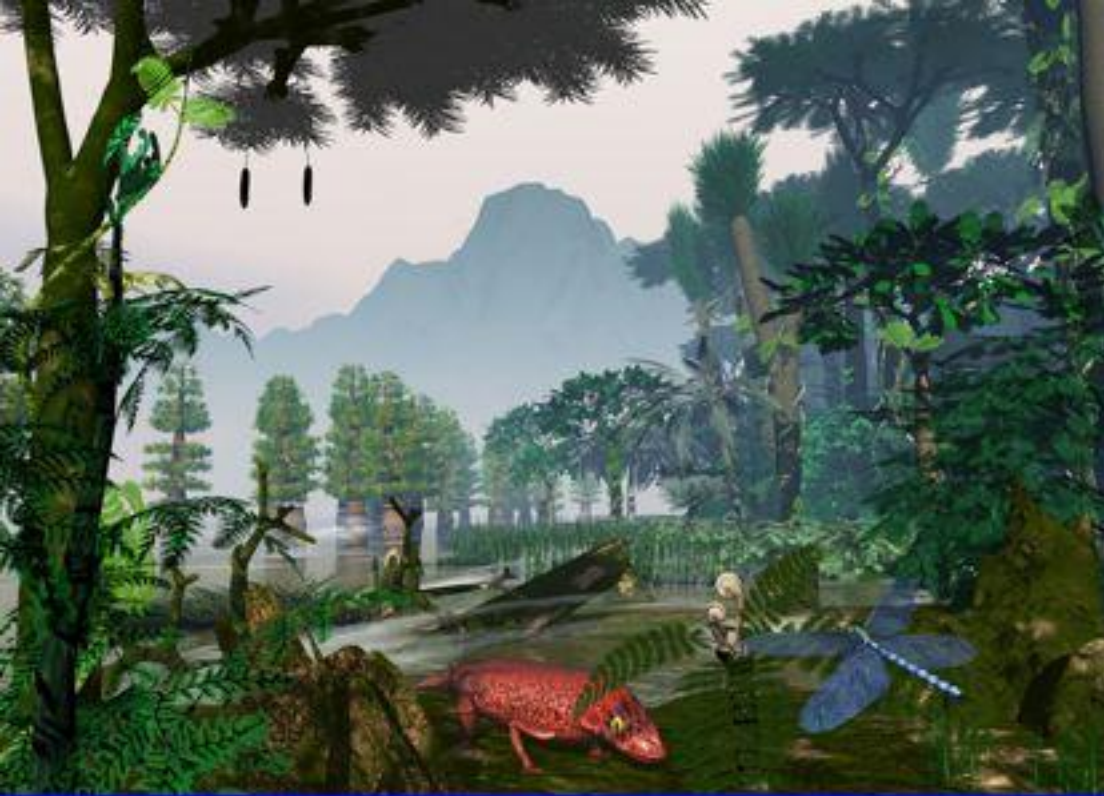
**- datations relatives**

**- datations numériques (chiffrées)**





**Datations relatives**



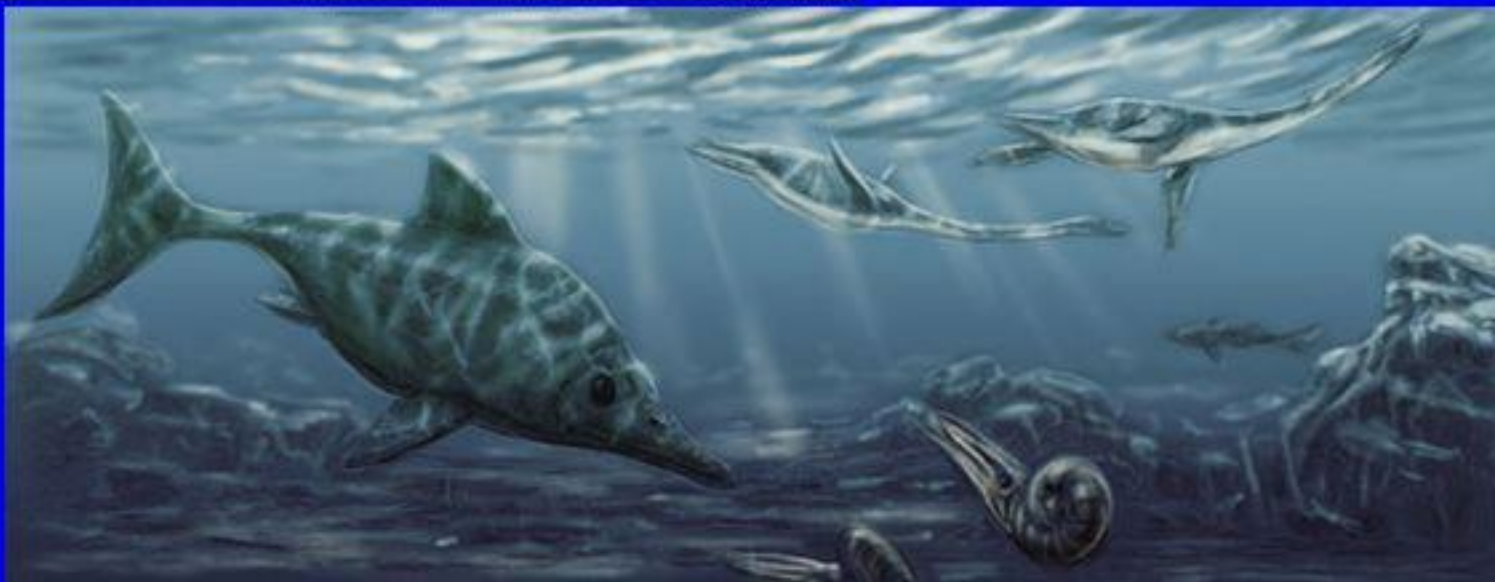
## La vie au Carbonifère







## La vie au Jurassique







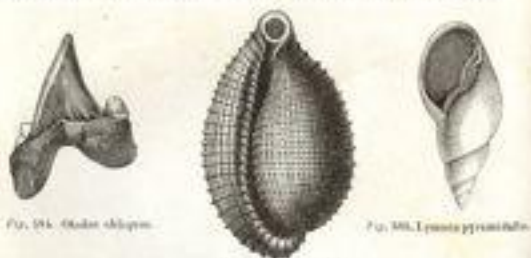


Fig. 284. Ostracod obliquus.

Fig. 286. Cyprina obliqua.

Fig. 285. Lymnaea pyriformis.

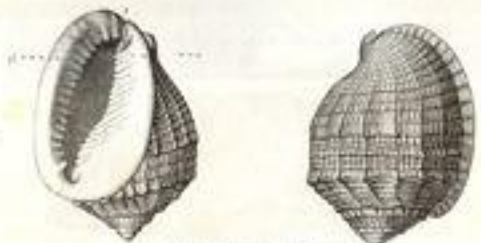


Fig. 287. Cardium rotundatum.



Fig. 289. Turris tubifera.

Fig. 290. Turris tubifera.

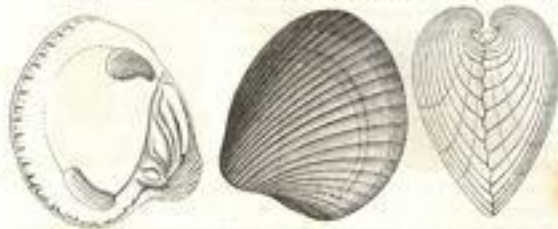


Fig. 289. Cardium planissimum.

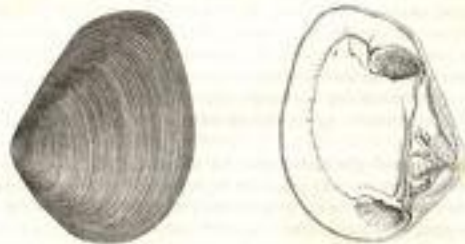


Fig. 291. Cardium planissimum.

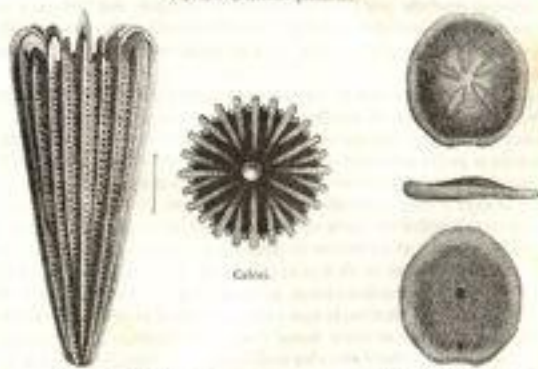
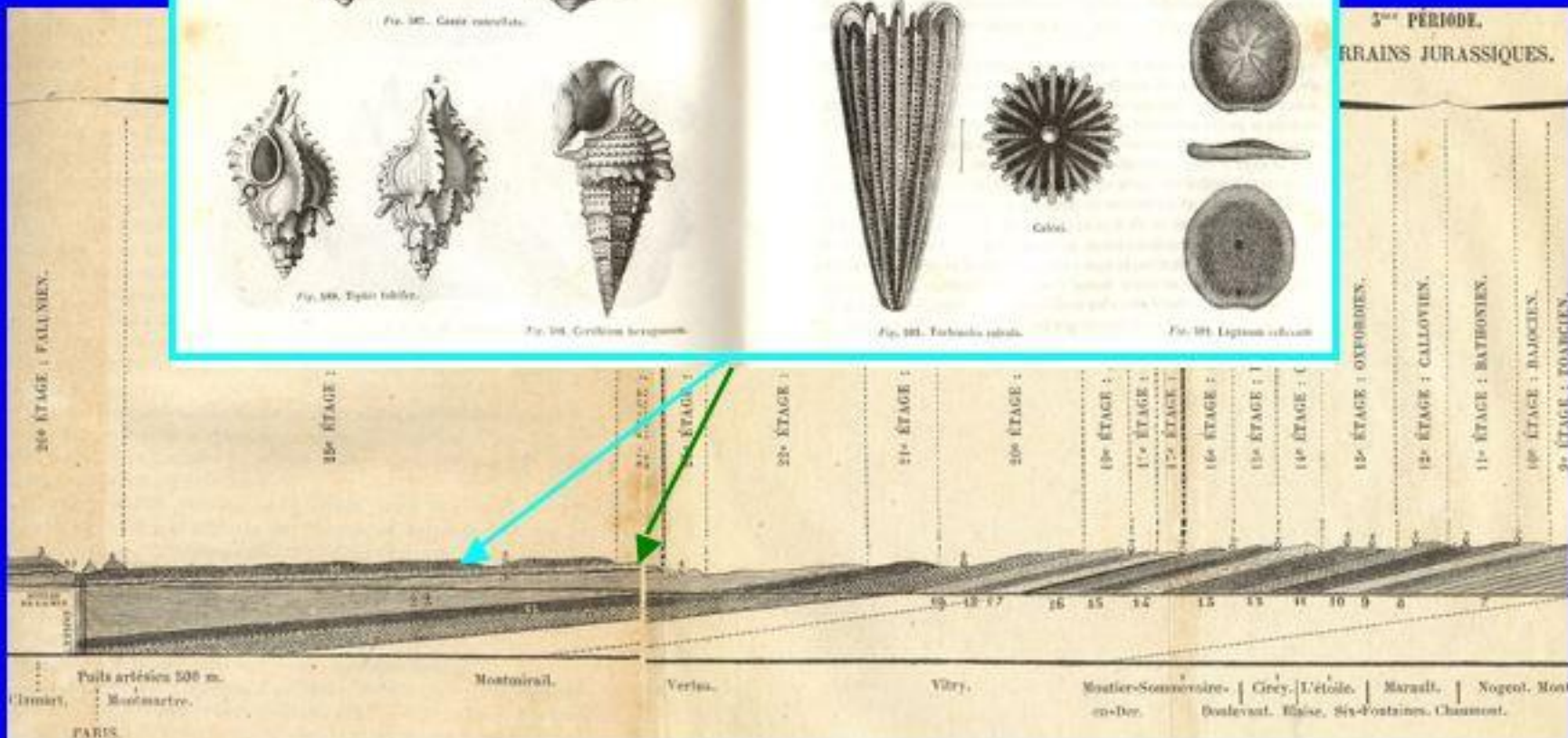


Fig. 292. Turris tubifera.

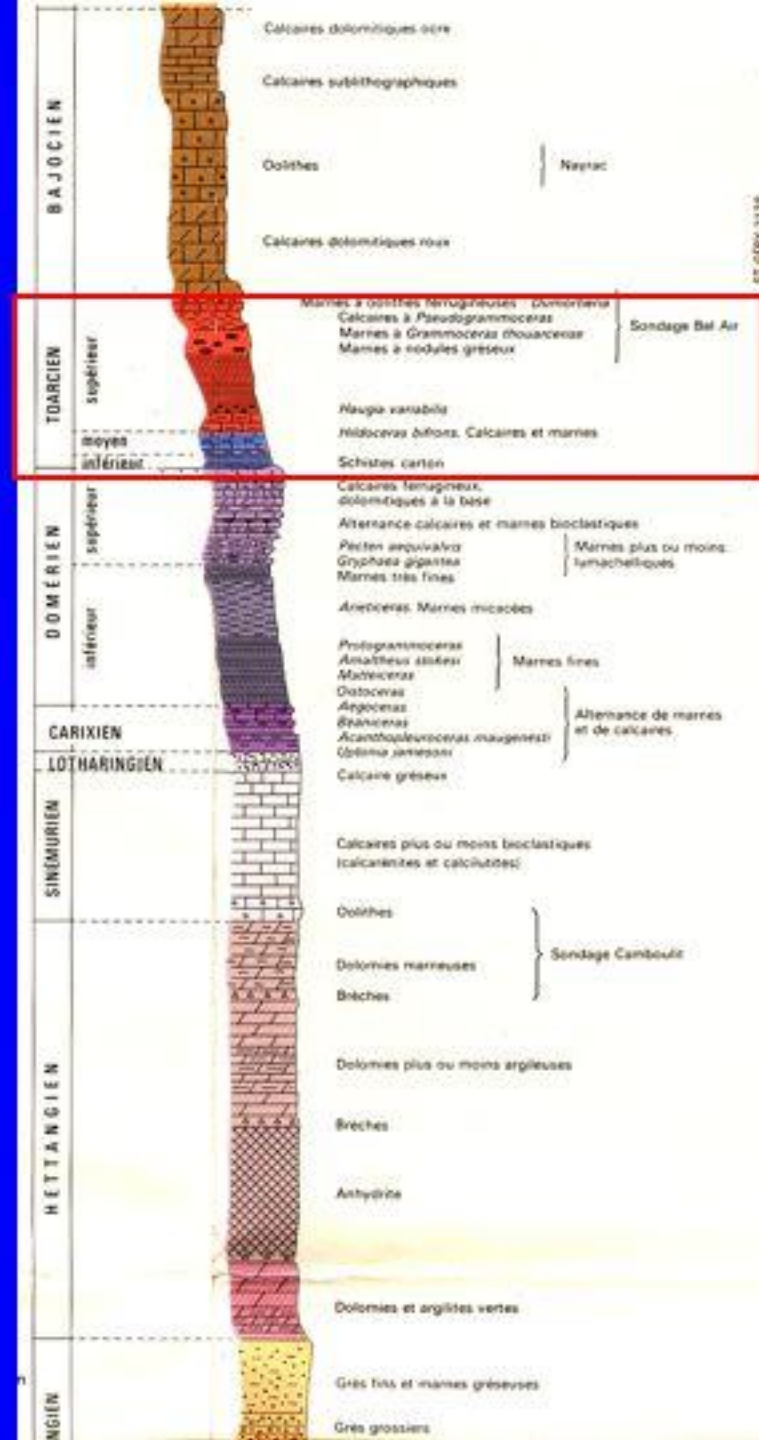
Fig. 293. Turris tubifera.

5<sup>ME</sup> PÉRIODE.  
STRATIGRAPHIE JURASSIQUES.



# L'unité de référence pour les datations relatives :

## L'étage





**Coupe du Toarcien,  
à Thouars**





*Hildoceras bifrons*



**Les biozones :  
un découpage  
fondé  
sur les fossiles**

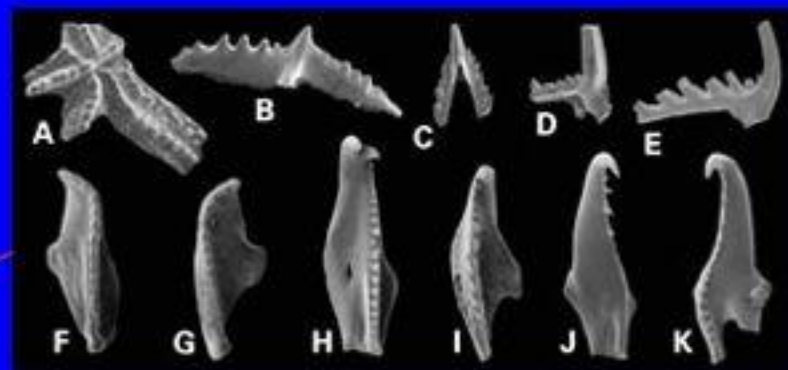
ODIN&ODDIN, 1990	HARLAND, 1990	HAO <i>et al.</i> , 1987	Sous-étages	PROVINCE NW EUROPÉENNE			PROVINCE MÉDITERRANÉENNE						
				Horizons (Pisina, Sud-Est)	Sous-zones	ZONES	ZONES	Sous-zones	Horizons				
180	178	179	Toarcien supérieur Yeoivilien	Backman	Lugdunensis	AALENSIS	MENEGHINI	Fluitans	?				
				Lugdunensis						Fluitans			
				Celtica	Mactra					Mactra	Fiamand		
				Mactra							Mactra		
				Tectiforma									
				Pseudoradiosa	Pseudoradiosa								
				Manieri	Levesquei			PSEUDORADIOSA				Meneghini	
				Dumetieri									
				Gruneri	Gruneri								
				Pacla	Insigne			DISPANSUM		SPECIOSUM	Reynesi		
				Cappuccinum								Speciosum	
				Fallaciosum	Fallaciosum			BONARELLI	THOUARSENSE		Fallaciosum		
				Fascigerum	Fascigerum								
				Thouarsense	Thouarsense								Mediterraneum
				Doerriense									
				Bingmanni	Bingmanni								
				Vitiosa	Vitiosa			VARIABILIS	GRADATA		Alticarinatus	Subegale Aratum	
				Phillipi	Illustris								
			Illustris										
			Variabilis	Variabilis						Gemma			
			Toarcien moyen Whitbyen	Sempiternum	Bifrons	BIFRONS		Bifrons	Sempiternum				
				Bifrons						Bifrons	Bifrons		
				Apertum							Apertum		
				Lusitanicum	Sublevisoni					Lusitanicum	Tetysi		
				Tetysi							Sublevisoni		
				Sublevisoni									
			Doavilley	Falciferum	SERPENTINUM	LEVISIONI		Falciferum ?					
			Pseudoserpentinum										
			Strangewaysi	Elegantulum					Levisoni				
			Elegantulum						Strians				
			Semicelatum	Semicelatum	TENUICOSTATUM	POLYMORPHUM		Semicelatum					
			Tenuicostatum								Palparites		
			Crosbyi										
187	187	186	Toarcien inférieur Whitbyen	Paltus	Paltus			Mirabile					

# Echelles de référence





# Echelles de référence



*Conodontes*



*Graptolites*



# Echelles de référence



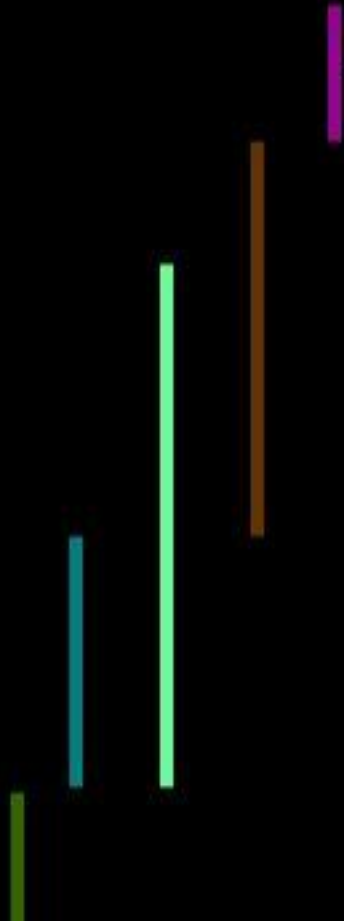
*Goniatites*



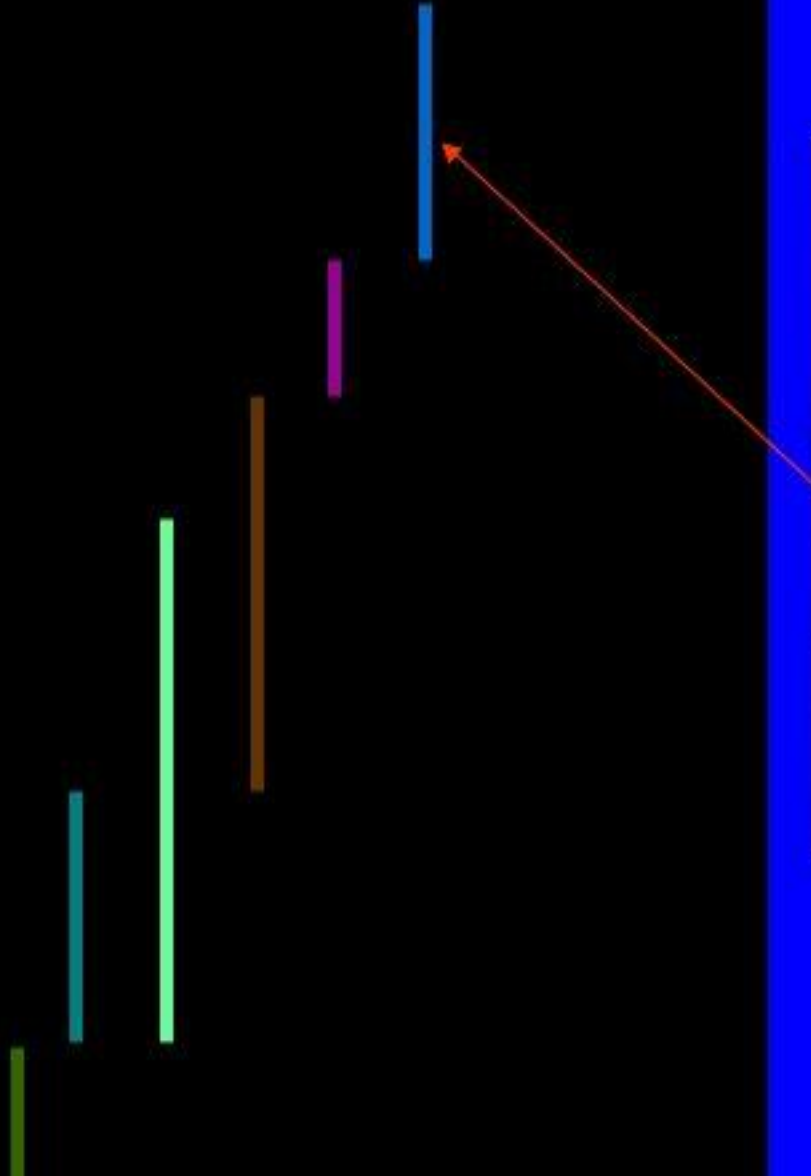
# Echelles de référence



*Cératites*



# Echelles de référence



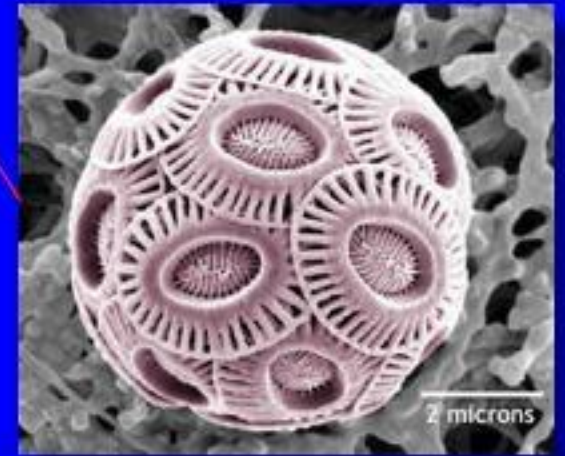
*Ammonites*



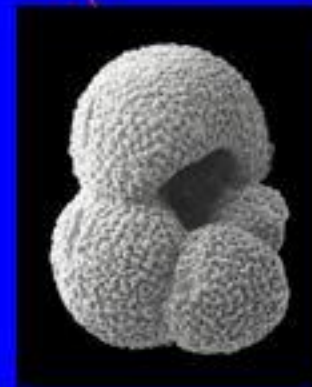
# Echelles de référence



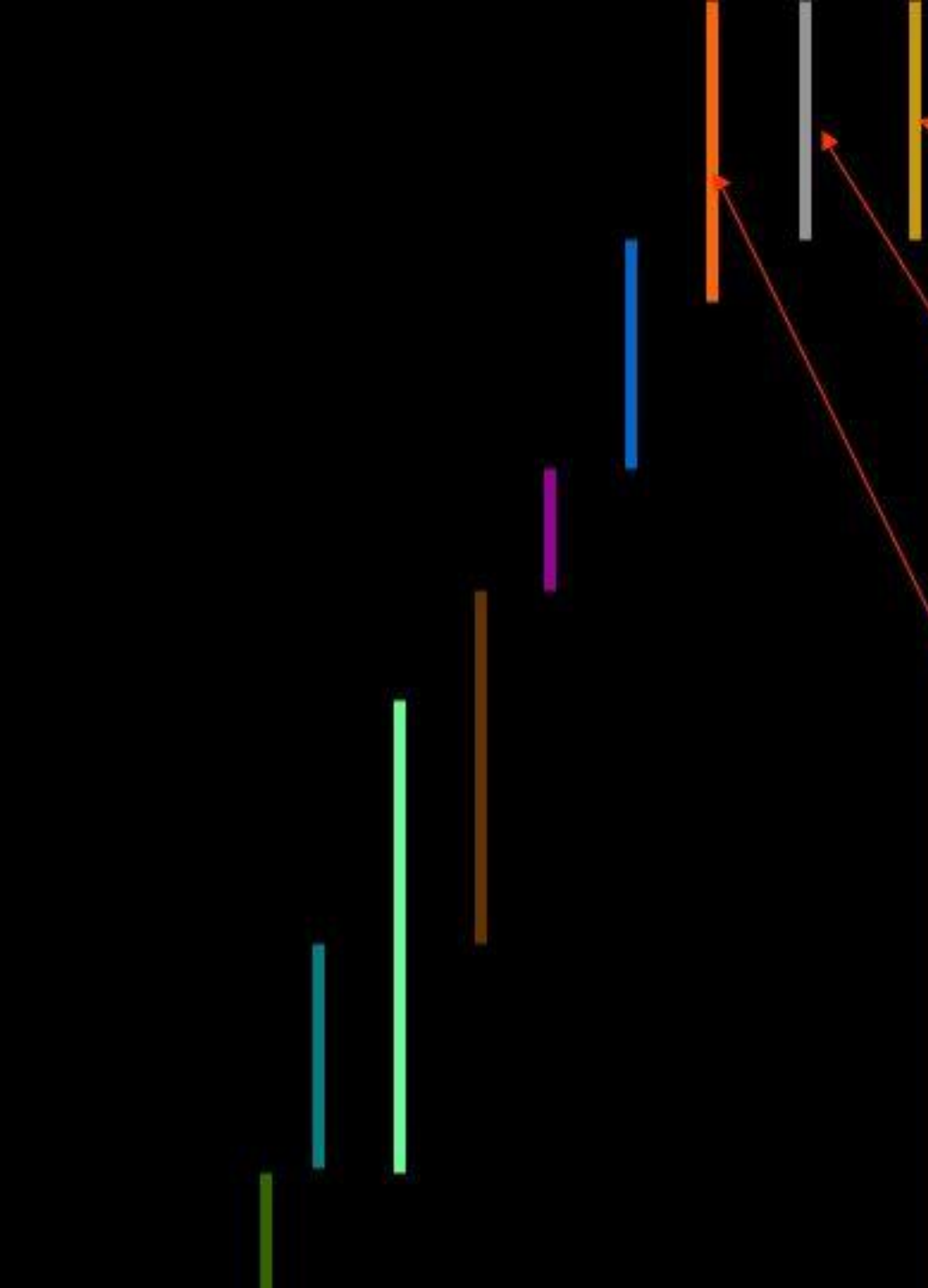
**Micromammifères**

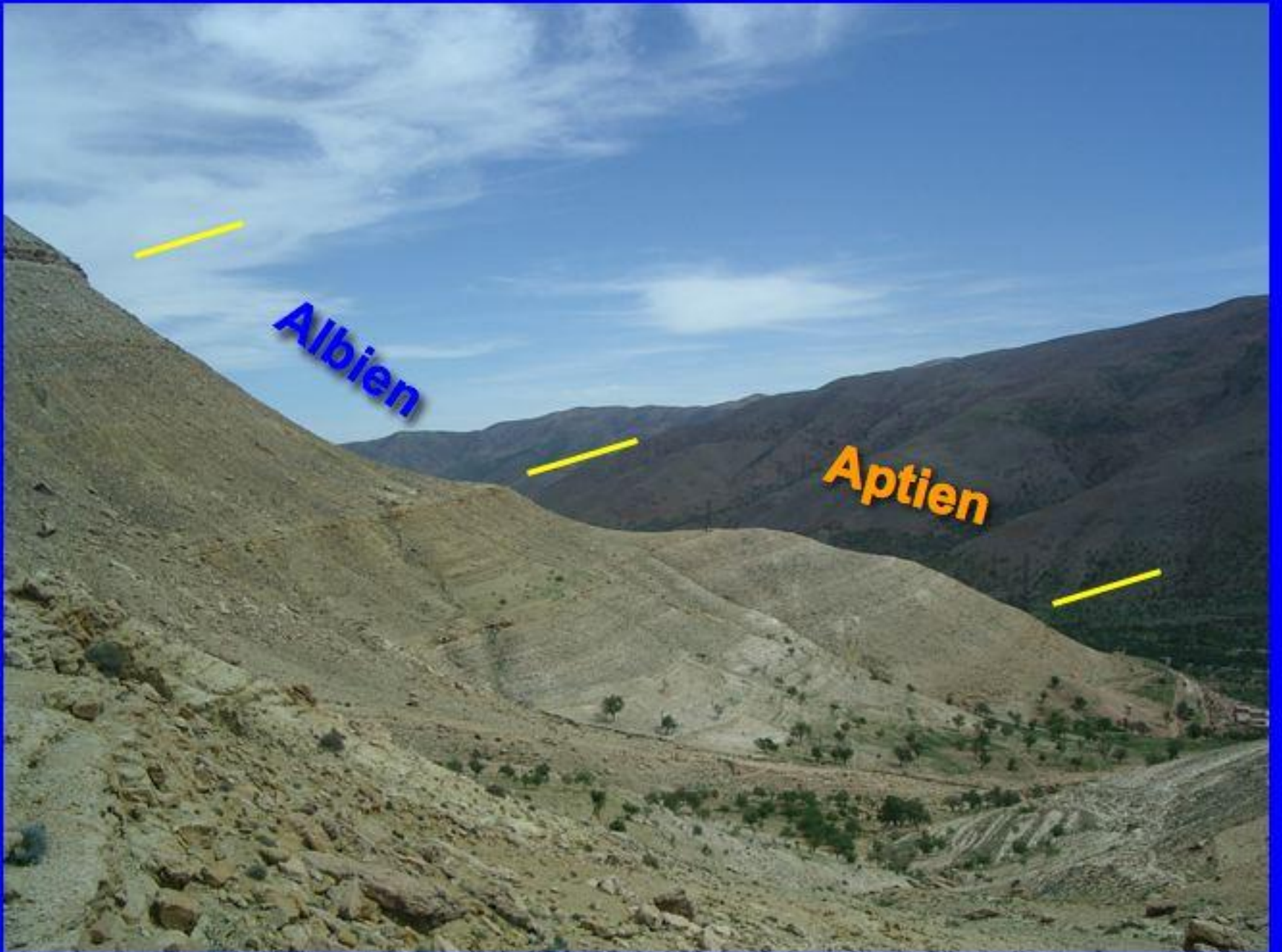


**Nannoplancton**



**Foraminifères  
planctoniques**





**Albien**

**Aptien**



**Etage : 2 à 14 Ma (en moyenne, 6 Ma)**

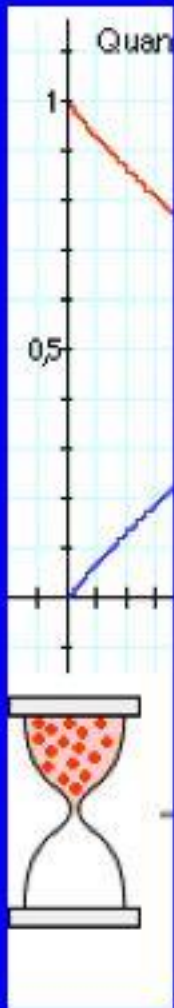
**Zone : en moyenne, 1 Ma**

**Horizon ou sous-zone : au mieux, 120 000 ans**



**Les datations par les fossiles ne permettent de dater relativement qu'un court laps de temps dans l'histoire de la Terre**





**Datations numériques**

Père	Fils	Désintégration	Demie-vie (en Ga)
$^{39}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}$	$\beta^+$	1,250
$^{87}\text{Rb}$	$^{87}\text{Sr}$	$\beta^-$	48,800
$^{147}\text{Sm}$	$^{143}\text{Nd}$	$\alpha$	106,000
$^{176}\text{Lu}$	$^{176}\text{Hf}$	$\beta^-$	35,900
$^{187}\text{Re}$	$^{187}\text{Os}$	$\beta^-$	43,000
$^{232}\text{Th}$	$^{208}\text{Pb}$	$\alpha, \beta^-$	14,000
$^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}$	$\alpha, \beta^-$	704,000
$^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}$	$\alpha, \beta^-$	4,470
$^{14}\text{C}$	$^{14}\text{N}$	$\beta^-$	5730 ans

**Quelques isotopes utilisés**





**Feldspath  
(orthose)**



**Glauconite**

**Exemples de minéraux utilisés**



**Un exemple de datation  
de terrains volcano-sédimentaires :  
Le plateau de Perrier (région d'Issoire)**





**Comment donner des âges numériques aux étages ?**



**Comment donner des  
âges numériques aux  
étages ?**







**Comment donner des âges numériques aux étages ?**



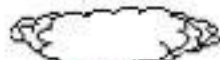
RAYONS COSMIQUES

NEUTRONS



AZOTE 14

CARBONE 14



Le carbone 14 se crée dans la haute atmosphère par interaction des neutrons cosmiques sur l'azote 14

Le carbone 14 s'oxyde en gaz carbonique et se propage sur la terre sous forme de  $^{14}\text{CO}_2$

Le carbone 14 est stocké par les matières vivantes et les océans par :

Photosynthèse



Respiration  
Nutrition



Echanges Isotopiques



Dès la mort des matières vivantes, le carbone 14 va disparaître et on pourra dater des échantillons sous forme de :



Bois



Charbons



Ossements

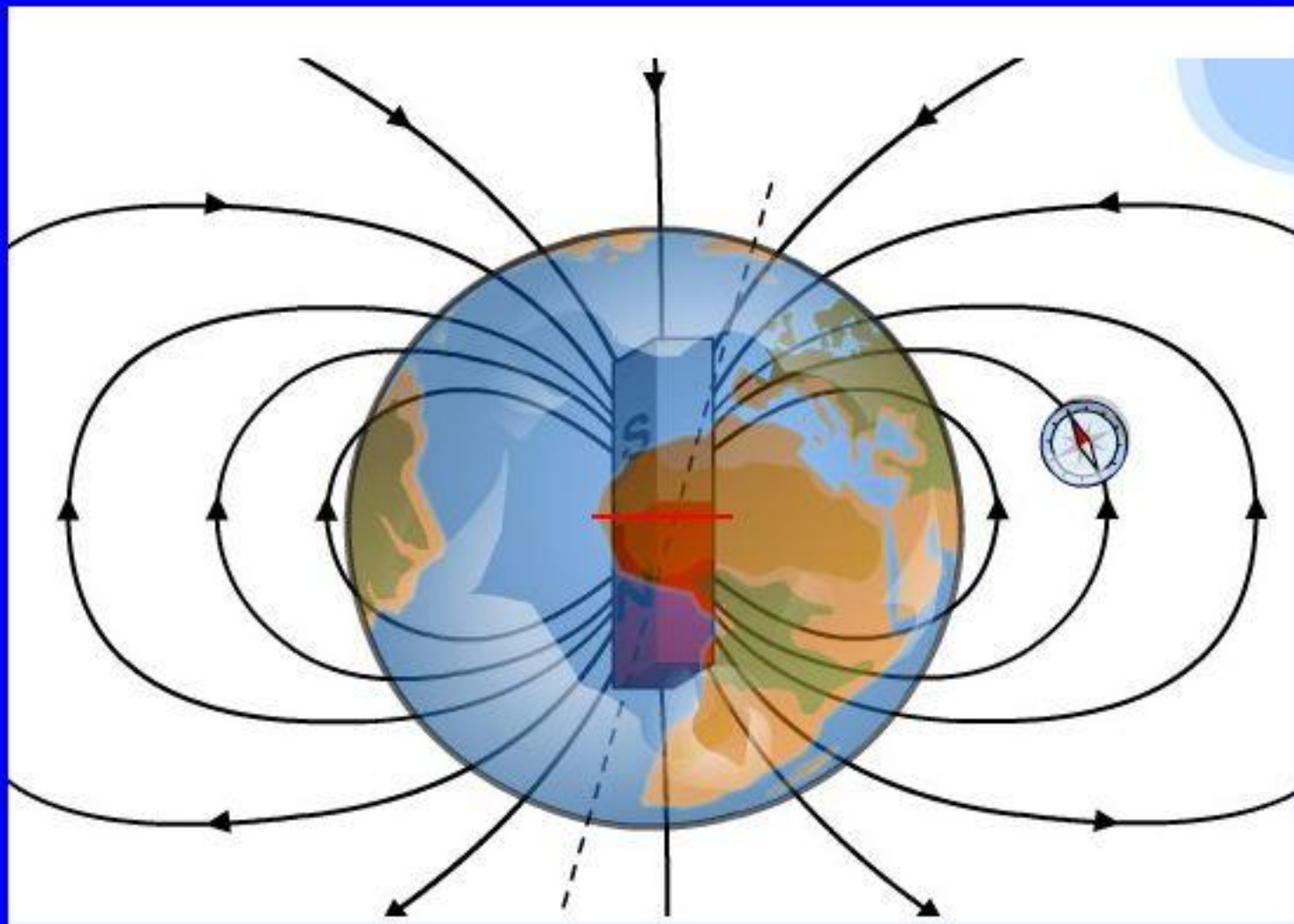
Carbonates  
Coquilles

## Le cas du Carbone 14

Père	Fils	Désintégration	Demie-vie (en Ga)
$^{39}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}$	$\beta^+$	1,250
$^{87}\text{Rb}$	$^{87}\text{Sr}$	$\beta^-$	48,800
$^{147}\text{Sm}$	$^{143}\text{Nd}$	$\alpha$	106,000
$^{176}\text{Lu}$	$^{176}\text{Hf}$	$\beta^-$	35,900
$^{187}\text{Re}$	$^{187}\text{Os}$	$\beta^-$	43,000
$^{232}\text{Th}$	$^{208}\text{Pb}$	$\alpha, \beta^-$	14,000
$^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}$	$\alpha, \beta^-$	704,000
$^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}$	$\alpha, \beta^-$	4,470
$^{14}\text{C}$	$^{14}\text{N}$	$\beta^-$	5730 ans

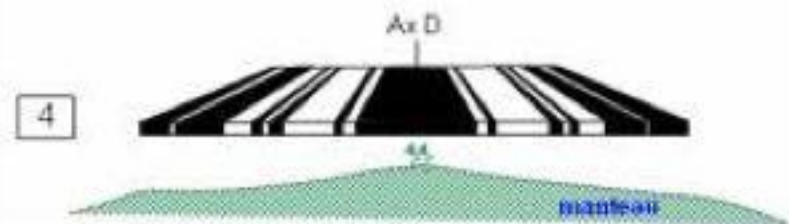
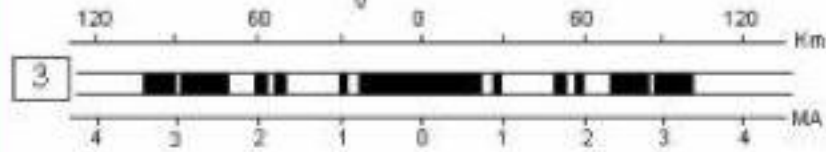
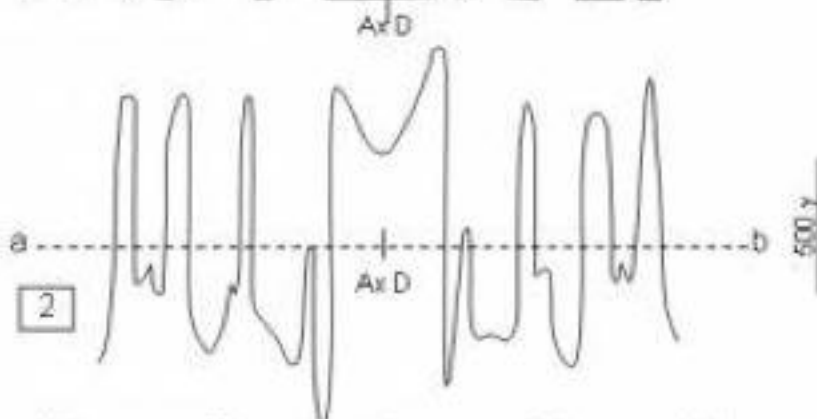
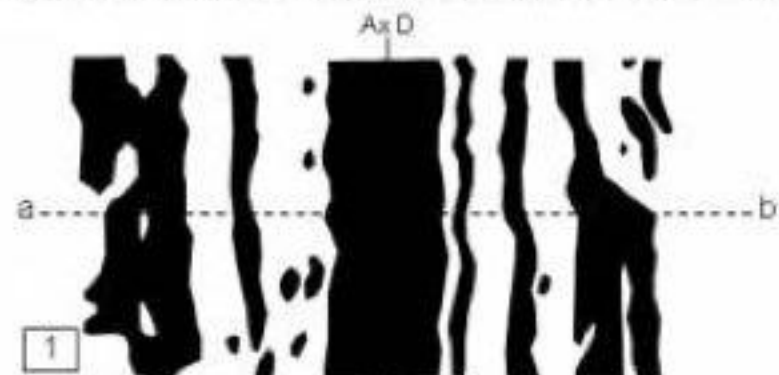
**Quelques isotopes utilisés**





**Un complément pour les datations :  
les inversions du champ magnétique**

anomalies magnétiques de part et d'autre de la dorsale de Juan de Fuca



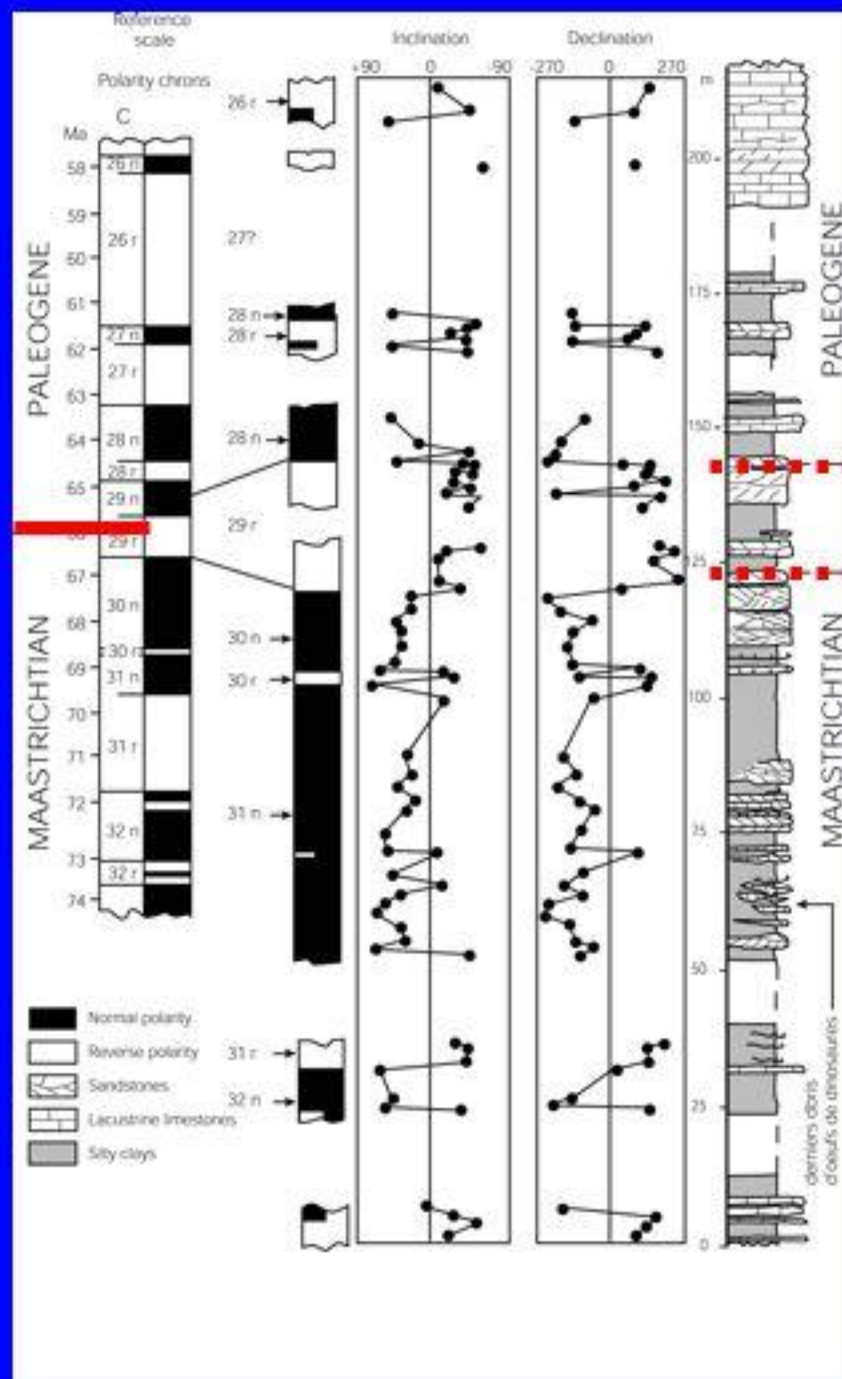
1 : cartographie des anomalies magnétiques (anomalies positives en noir)  
2 : profil magnétique calculé  
3 : iconographie réalisée à partir du profil magnétique calculé  
4 : représentation "3D" des anomalies magnétiques et leur rapport au manteau d'après P. Souquet

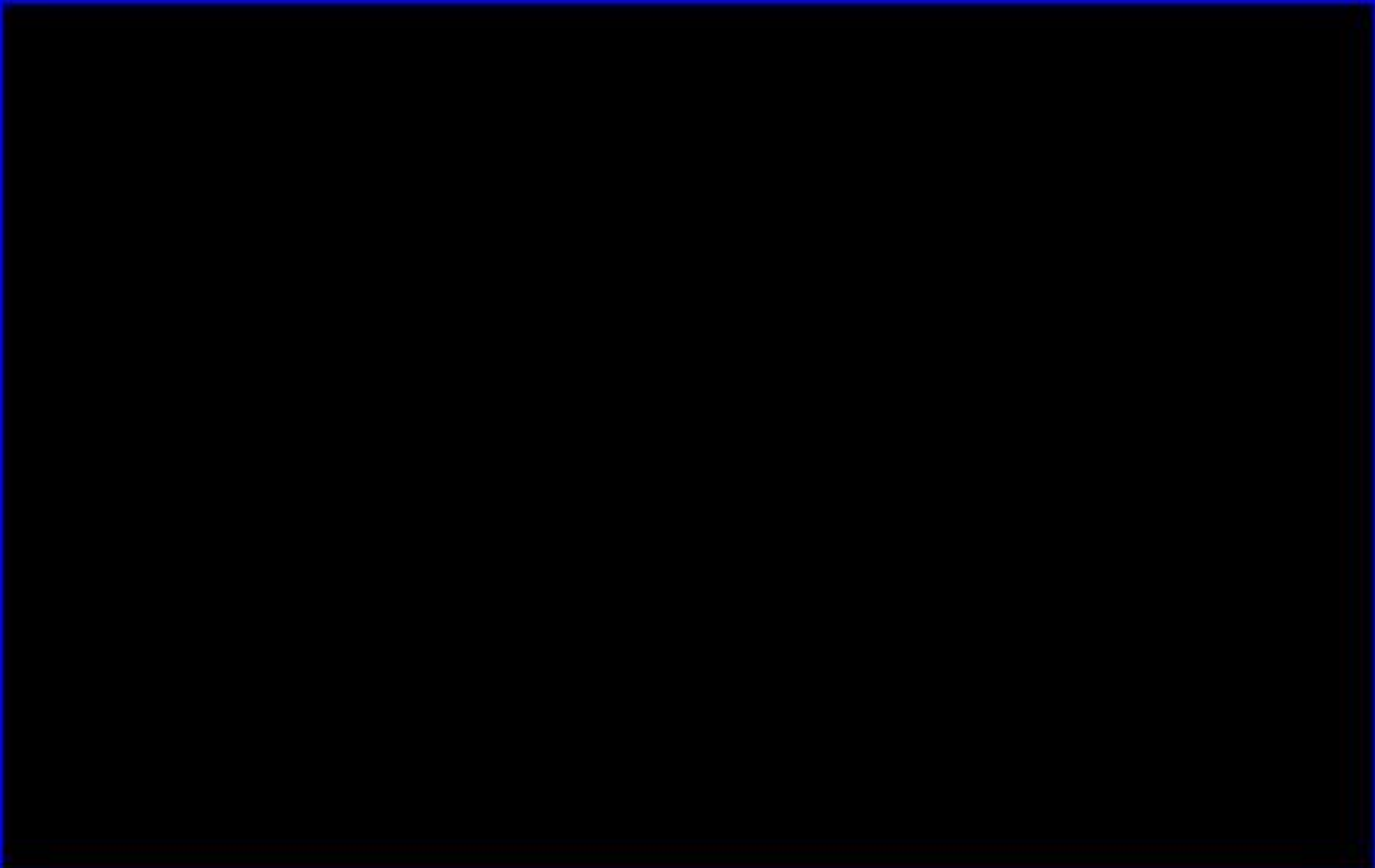
**Comment établir une échelle des inversions du champ magnétique ?**



**L' échelle des  
inversions du  
champ  
magnétique**

**Comment dater avec l'échelle des inversions du champ magnétique ?**





**Un complément pour les datations :  
les variations du rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de l'eau de mer**



# Durées

**Les phénomènes géologiques ont des durées très variables**

- **certaines peuvent être évaluées par comparaison avec les phénomènes actuels ;**



**Les dépôts de marées : un laps de temps très court**



**Les turbidites : un laps de temps très court**





**Les turbidites : accumulées sur une longue période**

# Durées

**Les phénomènes géologiques ont des durées très variables**

**- d'autres sont évalués à partir de paramètres astronomiques.**



## **Les cycles de Milankovitch**





**Les cycles de précession dans une alternance calcaires - marnes**



**Les cycles de précession et  
d'excentricité dans une  
alternance calcaires - marnes**



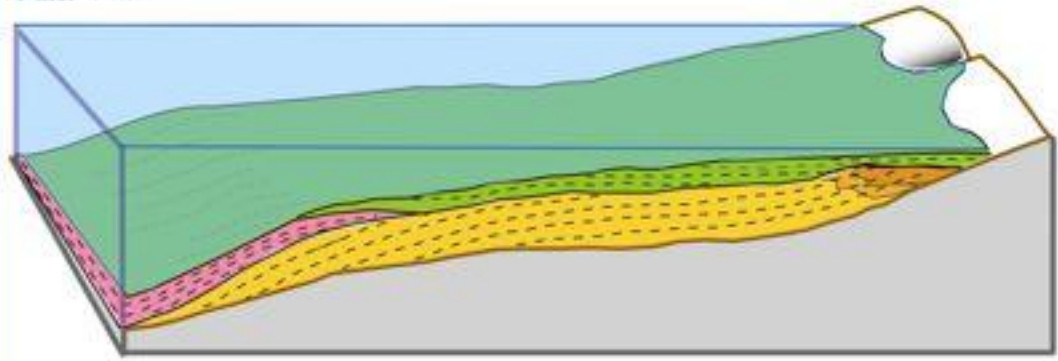
# Durées

**Les phénomènes géologiques ont des durées très variables**

**- d'autres correspondent à des cycles de variation du niveau marin.**

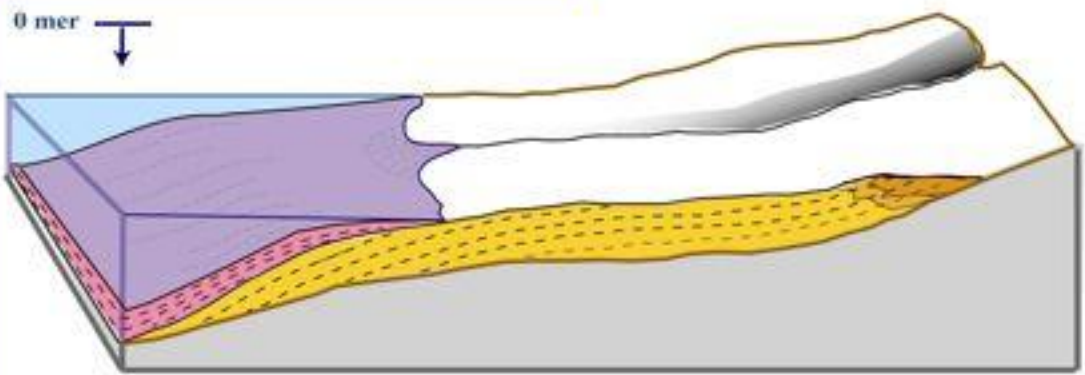


0 mer ↑

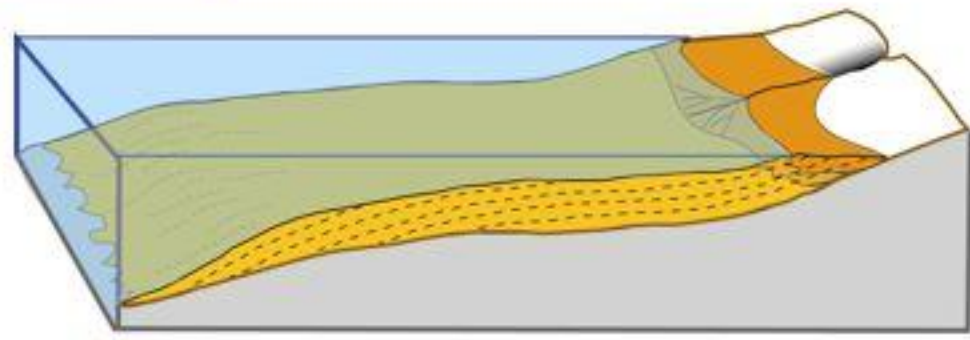


Stade 3 : CORTEGE TRANSGRESSIF

0 mer ↓



Stade 2 : CORTEGE DE BAS NIVEAU



Stade 1 : CORTEGE DE HAUT NIVEAU

# Les cycles de variation du niveau marin



**Un exemple de séquence de dépôt**





**Les durées sans dépôt sont souvent bien plus longues  
que les durées avec dépôts**



**Il y a beaucoup de vides dans l'enregistrement géologique**

**Un exemple de  
stratotype d'étage :  
Le Toarcien de  
Thouars (Vendée)**





**Un exemple de  
stratotype de  
limite d'étage :  
La limite du  
Toarcien à  
Peniche  
(Portugal)**





**Un exemple de  
« clou d'or » :  
La limite du  
Faménien à  
Coumiac  
(Montagne Noire)**



