

ST-H poly 01

La mesure du temps : outils et méthode

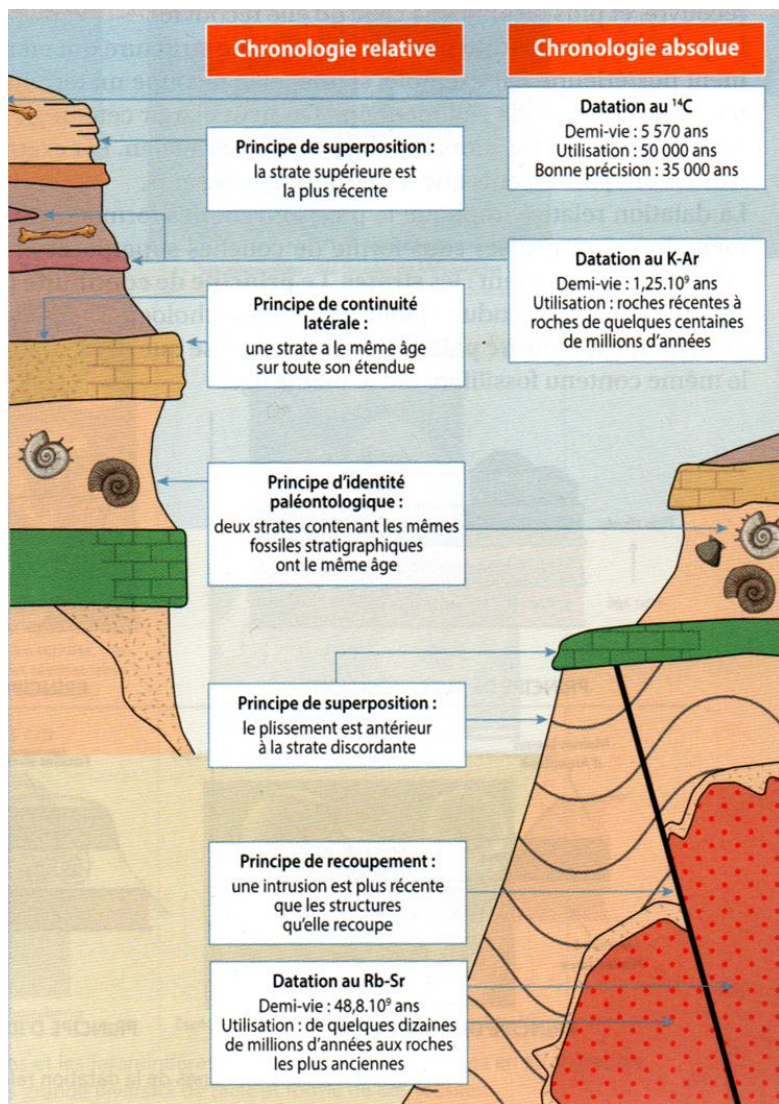


Fig. 1. Les méthodes de datation. ★★★ [2]

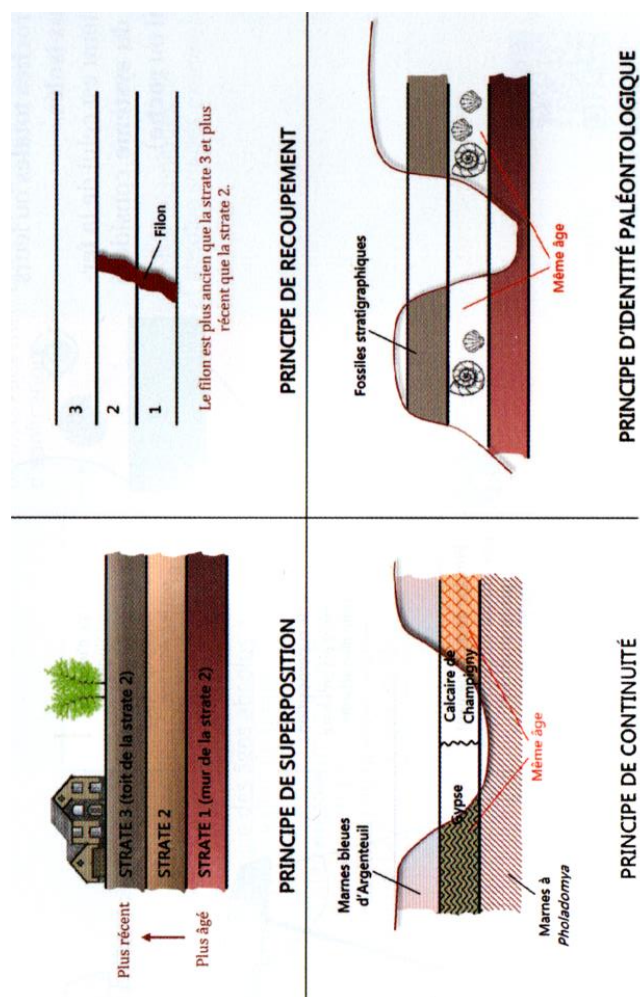


Fig. 2. Quatre principes de datation relative. ★★★ [2]

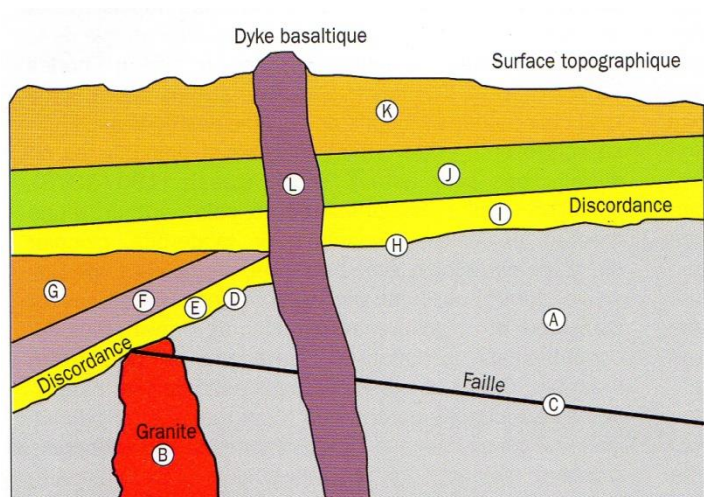


Fig. 3. Exemple de relations possibles entre diverses formations lithologiques. ★

La chronologie des événements ayant conduit à la situation représentée est la suivante :

- 1) Dépôt des sédiments A.
- 2) Déformation et métamorphisme des sédiments A.
- 3) Intrusion du granite B dans les sédiments A.
- 4) Faille C.
- 5) L'érosion est responsable de la discordance visible en D.
- 6) Dépôt des sédiments E, F et G.
- 7) Remontée, basculement et érosion sont responsables de la discordance visible en H.
- 8) Dépôts des sédiments I, J et K.
- 9) Intrusion d'un dyke basaltique L.
- 10) L'érosion forme l'actuelle surface topographique.

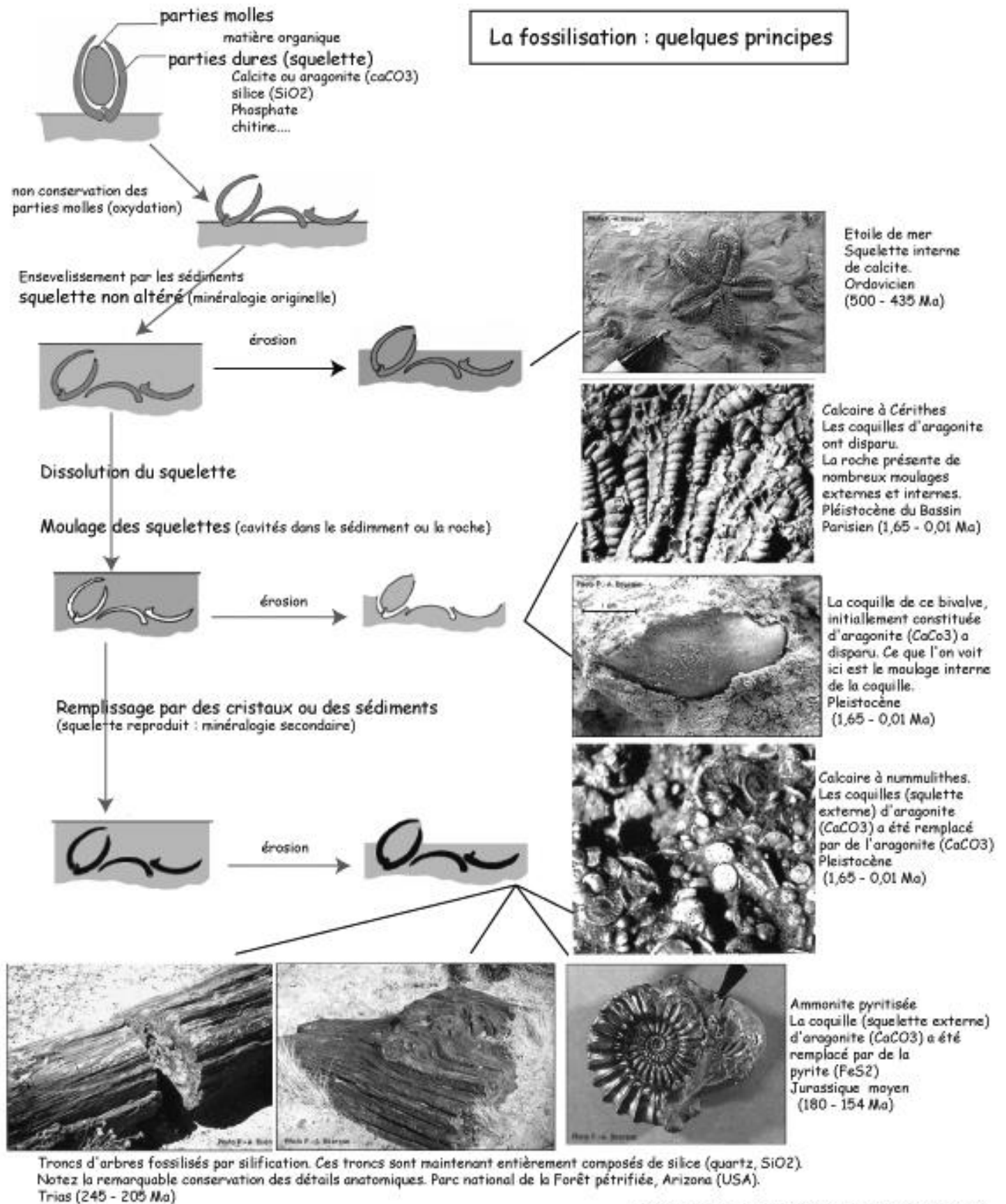
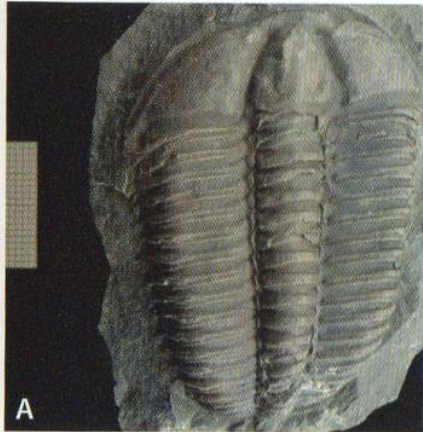
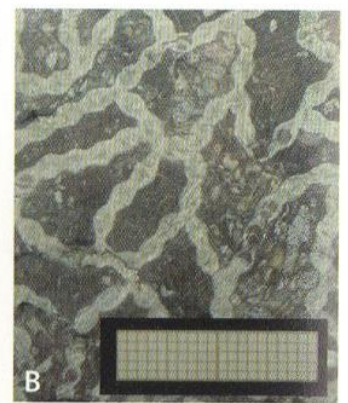


Fig. 4. Principe général de la fossilisation. ★ [5]

Fig. 5. Quelques exemples de fossiles stratigraphiques du Paléozoïques. [4]

**Trilobites** (arthropodes)A - *Conocoryphe sulzeri* (Cambrien, Bohême, Tchéquie)B - *Flexicalymene* sp. (Silurien, Ohio, USA)**Coraux** (Cnidaires, Tetracoralliaires)A - *Hexagonaria hexagona* (Dévonien, Ardennes, Belgique)B - *Halysites catenularia* (Silurien sup., Gothland, Suède)**Mollusques céphalopodes**A - *Goniatites gweni* (Carbonifère (Tournaisien), Indiana, USA)B - *Blakeoceras empiricum* (Dévonien, Bohême, Tchéquie)**Brachiopodes***Cyrtospirifer speciosus* (Dévonien sup. (Eifélien), Ardennes, France).**Hemichordés
Graptolithes***Monograptus* sp.

(Silurien sup., Ariège, France)

**Foraminifères benthiques**Fusulines en lame mince
(Carbonifère-Permien)

Collection de Paléontologie

**Chordés - Conodontes***Palmatolepsis quadrantinodosolobata*
(Élément P1 au MEB)

Dévonien (Fammenien)

★★★ : Trilobites, Ammonoïdés (Mollusques céphalopodes), Brachiopodes

★★ : Fusulines (Foraminifères benthiques)

★ : Coraux, Graptolithes, Conodontes

Fig. 6. Quelques exemples de fossiles stratigraphiques du Mésozoïque et du Cénozoïque. [4]



★★★ : Ammonoïdés (Mollusques céphalopodes), Mollusques bivalves (*Hippurites*) Brachiopodes, Foraminifères planctoniques (*Globotruncana* et Globigérines) et benthiques (Nummulites)

★★ : Coccolithes

Fig. 7. Chronozone et biozone. ★★ [4]

La **biozone** correspond à l'observation locale de l'extension stratigraphique d'une (ou plusieurs) espèce(s) fossile(s).

La **chronozone** correspond, elle, à l'extension temporelle réelle de l'espèce.

La biostratigraphie observe des biozones, à partir desquelles on cherche à reconstituer les chronozones des espèces, dans une optique de géochronologie (c'est-à-dire de datation).

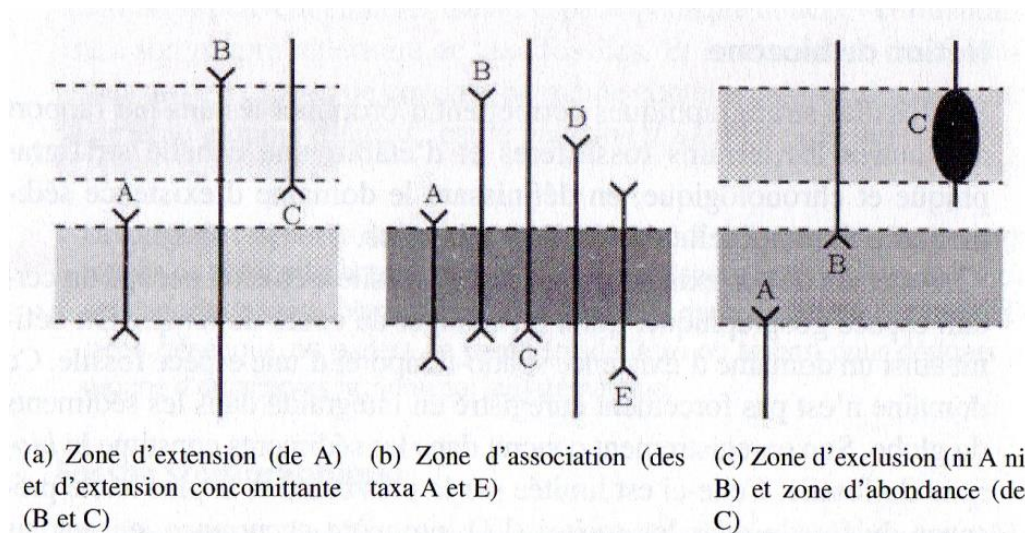
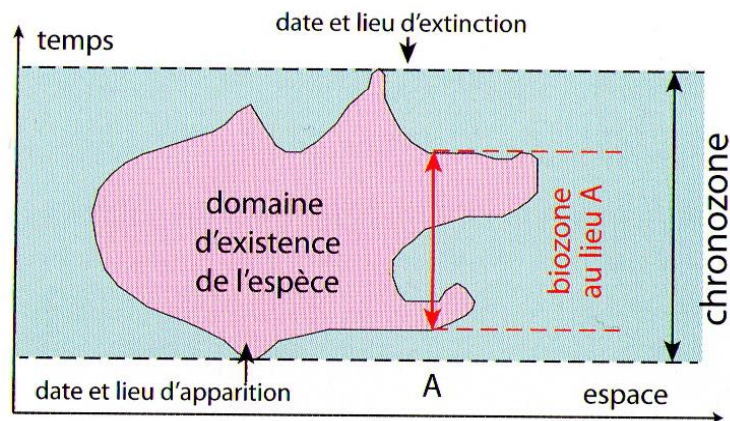


Fig. 8. Quelques exemples de biozones. ★★★

Fig. 9. Un exemple de stratotype : celui du Stampien (constitué de 8 sites), dans l'Essonne en région parisienne. ★



Fig. 10. Exemple de GSSP, ou « clou d'or ». ★

GSSP de la base de l'Ediacarien dans les collines d'Ediacara en Australie

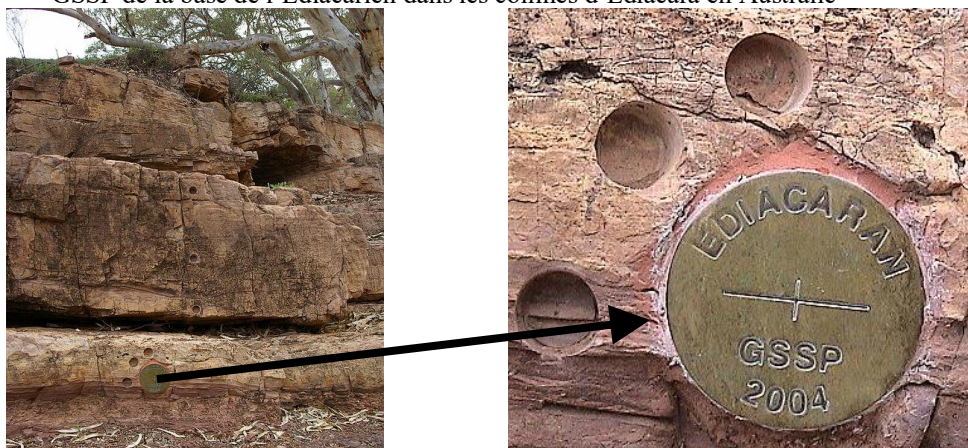


Fig. 11. Les différents types de stratotypes (pour information !). ★**1. Stratotype d'unité (ex : Fig. 9)**

Lorsqu'une formation (ou un groupe de formations) a été reconnu comme **point de repère à valeur internationale**, elle prend le nom de **stratotype**.

Un tel stratotype est défini en tant qu'unité, et permet de définir un **étage** de l'échelle stratigraphique. Cet étage est nommé en ajoutant le suffixe **-ien** au nom géographique du stratotype d'unité.

Ex : le lutétien défini en région parisienne, le turonien défini près de la ville de Tours, l'édicarien défini par la formation des schistes d'Ediacara (chaîne de collines australiennes)...

Un stratotype initial (l'holostratotype) peut parfois être complété (ou remplacé) par des affleurements plus représentatifs ou plus complets : ces derniers constituent alors un parastratotype.

2. Stratotype de limite : les GSSP (ex : Fig. 10)

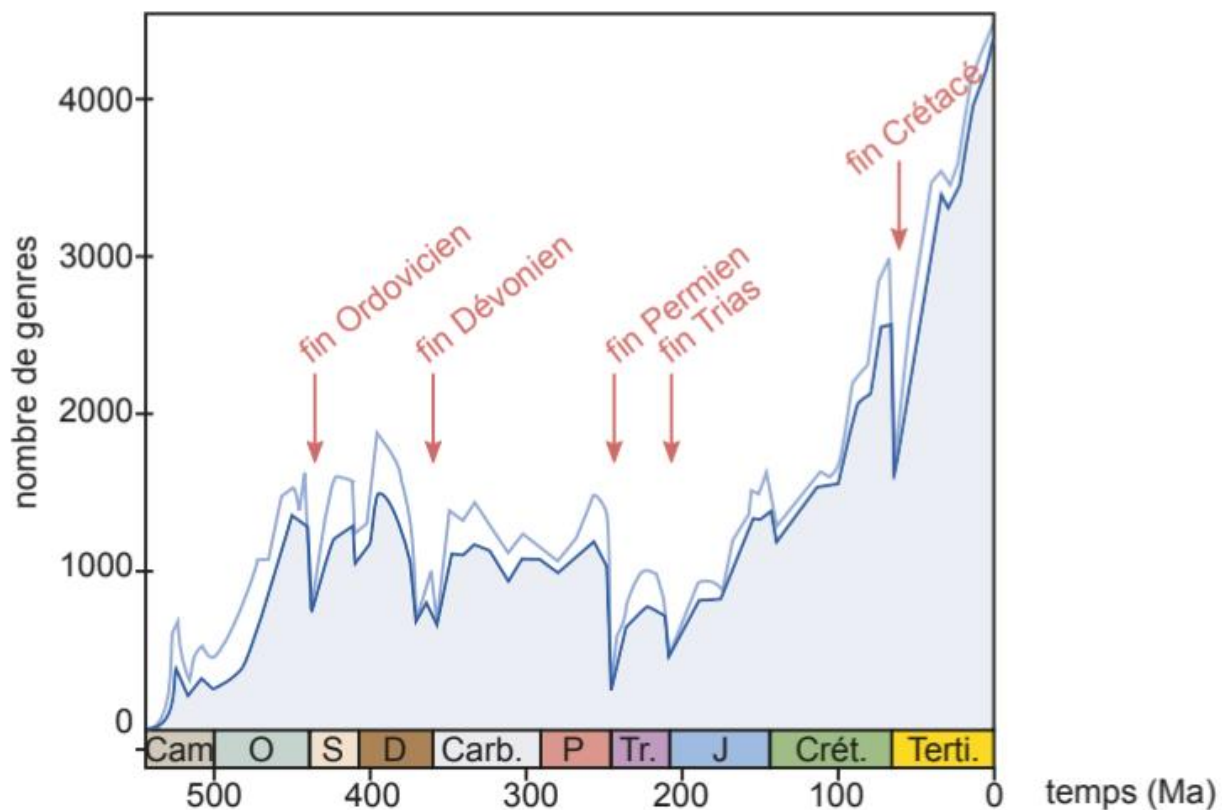
Les stratotypes d'unité ne sont pas toujours reconnaissable ou corrélables facilement à l'échelle mondiale... Pour tendre vers une datation stratigraphique plus précise et plus rigoureuse, les stratigraphes tentent de redéfinir les stratotypes, en y ajoutant un nouveau genre : le stratotype de limite.

Il s'agit toujours d'une coupe de référence, mais sur laquelle seule la **limite inférieure** d'une unité est prise en compte, car elle est nette et la plus documentée possible.

Dans ce système, une unité stratigraphique n'est plus représentée « entièrement » (ses sédiments, ses fossiles...), mais uniquement ses limites. Les limites en question, même si elles « se suivent » dans le temps, peuvent parfaitement être reconnues par des stratotypes de limite géographiquement très éloignés.

Les stratotypes de limite reconnus internationalement sont les **GSSP** (*Global Standard Stratotype-section and Point* : point et section-stratotype standard global). La limite ainsi reconnue (lors de congrès internationaux, suite à de longs travaux menant à un nécessaire accord de la communauté des stratigraphes) est physiquement signalée et balisée sur le terrain. On parle couramment de « clou d'or ».

Il est à noter qu'un GSSP doit impérativement être daté par une méthode de datation absolue (soit directement, soit indirectement).

**Fig. 12. Diversité des genres d'animaux marins au cours du Phanérozoïque. ★★ [3]**

La courbe du haut correspond à l'étude de tous les genres recensés (33 180), la courbe du bas ne prend en compte que les genres présents sur au moins deux intervalles de temps (18 130)

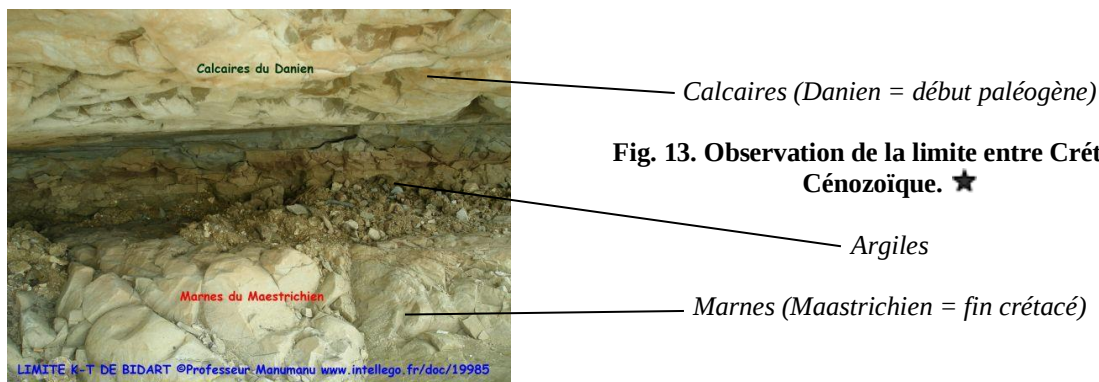


Fig. 13. Observation de la limite entre Crétacé et Cénozoïque. ★

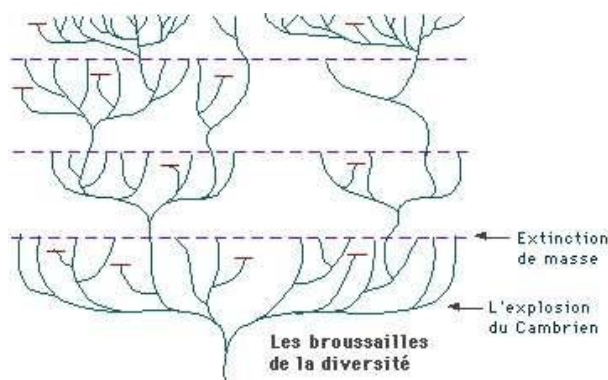


Fig. 14. Principe des radiations évolutives après les crises biologiques. ★★★

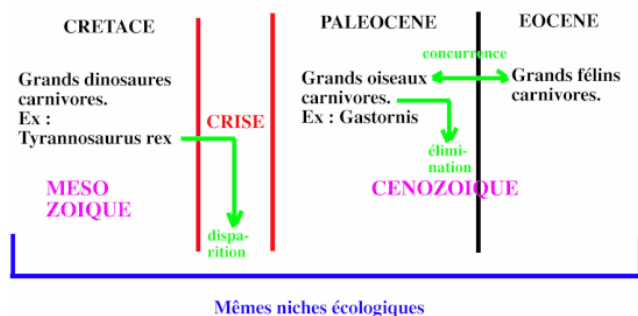


Fig. 16. « Remplacement » au sein de la niche des grands carnivores suite à la crise K-T. ★★

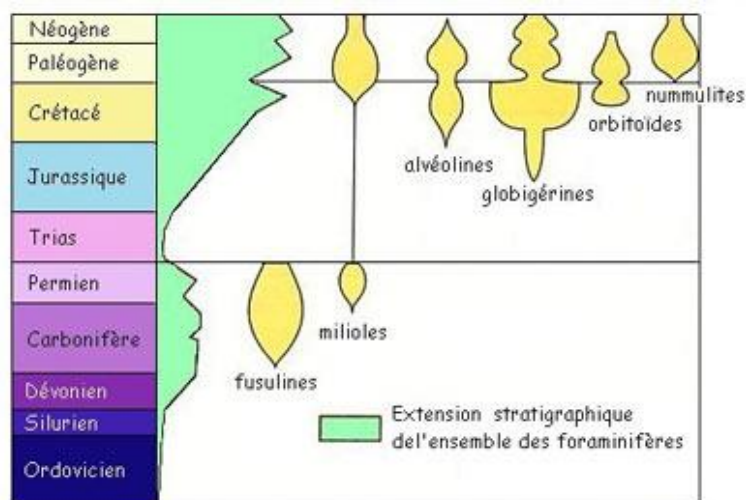


Fig. 15. Disparitions et radiations de groupes de Foraminifères au Phénérozoïque. ★★

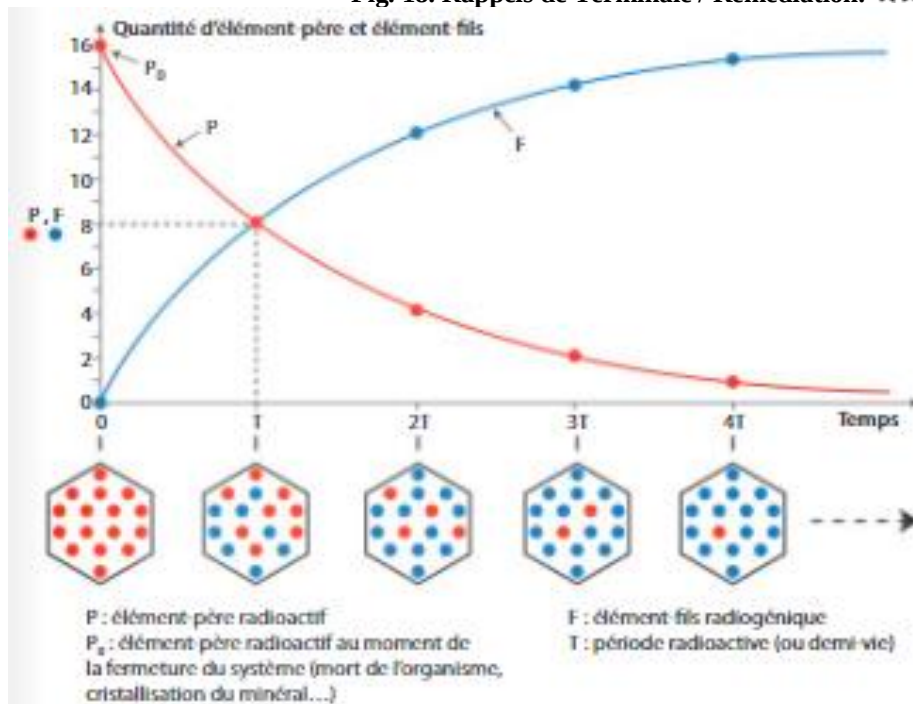
Le groupe des globigérine est ici indiqué au sens large du terme, et comprend en réalité :

- Les hétérohélécidés, qui traversent la crise crétacée-tertiaire (KT) sans problème
- Les globotruncana, qui disparaissent lors de la crise KT
- Les globigérines vraies, qui se diversifient après la crise KT

Fig. 17. Quelques couples utilisés en radiochronologie. ★★★

Couple	Réaction(s) et constantes radioactives	Période T (an)	Matériel daté et âges	remarques
U/Pb Uranium / Plomb ★★★	$^{238}\text{U} \longrightarrow ^{206}\text{Pb} + 8\ ^4\text{He}$ $\lambda = 1,551.10^{-10}\text{ a}^{-1}$ $^{235}\text{U} \longrightarrow \star + 7\ ^4\text{He}$ $\lambda = 9,849.10^{-10}\text{ a}^{-1}$	$4,468.10^9$ $0,704\ 10^9$	En général, minéral résistant : le Zircon (ZrSiO_4), inclus dans d'autres minéraux > 10 Ma	Datation avec la courbe Condordia
K/Ar Potassium / Argon ★★★	$^{40}\text{K} \longrightarrow ^{40}\text{Ar} + \gamma$ $\lambda = 5,55.10^{-11}\text{ a}^{-1}$ à 89,5% : $^{40}\text{K} \longrightarrow ^{40}\text{Ca}$	$1,25.10^9$	Minéraux riches en K > 1 Ma Possible aussi sur roche entière	Concerne 10,5% des désintégrations du ^{40}K $^{40}\text{Ar}_0 \approx 0$
C/N Carbone / Azote « Carbone 14 » ★★★	$^{14}\text{C} \longrightarrow ^{14}\text{N} + \beta^-$ $\lambda = 1,245\ 10^{-4}\text{ a}^{-1}$	5 568	Carbone organique ou CO_2 piégé 100 à 60 000 ans	$\text{C}_0 \approx 10^{-12}$ Corrections en fonction du taux C_0 réel
Rb/Sr Rubidium / Strontium ★	$^{87}\text{Rb} \longrightarrow ^{87}\text{Sr} + \beta$ $\lambda = 1,42.10^{-11}\text{ a}^{-1}$	$48,38.10^9$	Datations de roches ou minéraux magmatiques. Droite $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) = f((^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}))$ de pente $\alpha = e^{\lambda t} - 1 \approx \lambda t$	

Fig. 18. Rappels de Terminale / Remédiation. ★★★ [6][7]



Pour tout isotope radioactif, on appelle période radioactive (T), ou demi-vie, le temps nécessaire pour que la proportion d'élément-père soit divisée par deux. Au bout de cinq périodes, 98,5 % des éléments-pères radioactifs ont disparu, puis 99,9 % au bout de huit périodes radioactives. Au-delà, le géochronomètre n'est plus utilisé.

Géochronomètres disponibles	Demi-vie (période T) de l'élément-père	Type de matériau analysé
Méthode rubidium / strontium : $^{87}\text{Rb} / ^{87}\text{Sr}$	$48,8 \times 10^9$ ans	Roches magmatiques
Méthode potassium / argon : $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$	$1,25 \times 10^9$ ans	
Méthode uranium / plomb : $^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$	704×10^6 ans	
Méthode carbone 14 : $^{14}\text{C} / ^{14}\text{N}$	5 734 ans	Matière organique (charbons, os, etc.)

Application de la datation absolue aux roches

Principales roches datées

- Roches magmatiques
- Roches métamorphiques

Échantillons utilisés pour la mesure des isotopes

- Minéraux
- Fragments de roches

Phénomène daté

- Cristallisation
 - ou
 - Refroidissement
 - ou
 - Métamorphisme
- de la roche

Méthodes de détermination de l'âge

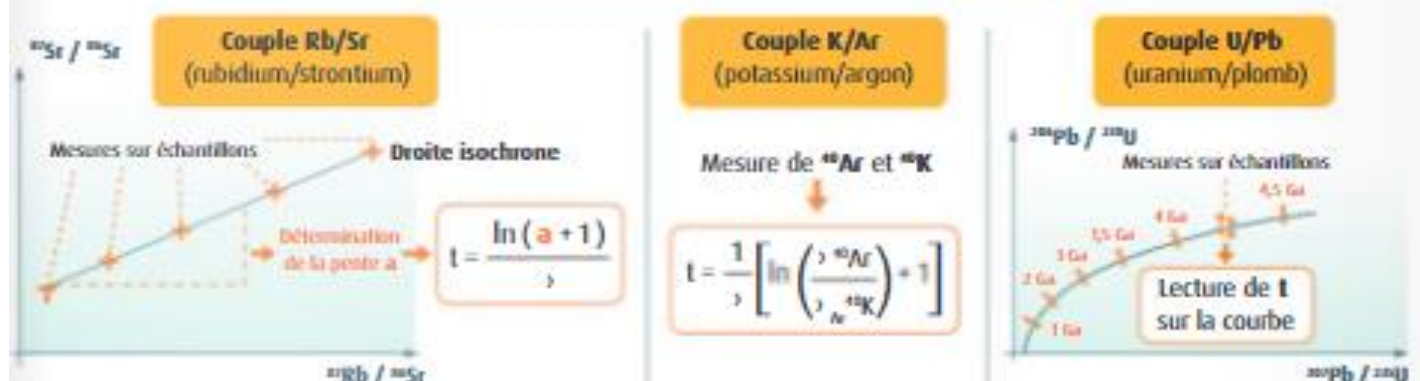


Fig. 19. Courbe Concordia et Discordia dans une datation U/Pb. ★★★ [3]

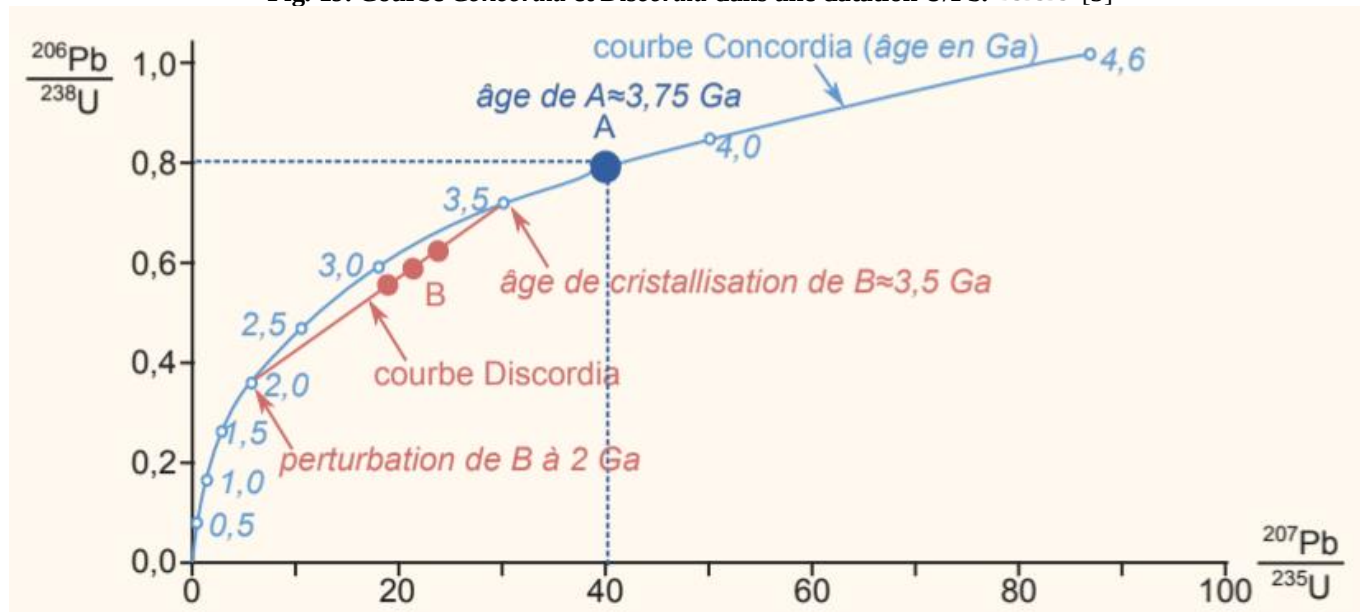


Fig. 20. Principales subdivision du Phanérozoïque. ★★★

Eres ★★★	Périodes ★★★	Epoques pour information	Age absolu
Cénozoïque	Quaternaire	Holocène	2,58 Ma
	Néogène	Pléistocène	
		Pliocène	
Mésozoïque	Paléogène	Miocène	23 Ma
		Oligocène	
		Eocène	
	Crétacé	Paléocène	66 Ma
		Supérieur	
		Inférieur	
	Jurassique	Supérieur	★
		Moyen	
		Inférieur	
Paléozoïque	Trias	Supérieur	★
		Moyen	
		Inférieur	
	Permien		252 Ma
	Carbonifère		359 Ma
	Dévonien		444 Ma
Protérozoïque ...	Silurien		
	Ordovicien		
	Cambrien		541 Ma
Ediacarien etc. ...			

Fig. 21. Subdivisions en Eons. ★

Eon	subdivisions	Ages absolus	Remarques
Phanérozoïque	3 ères : Paléozoïque >> Mésozoïque >> Cénozoïque	541 Ma à actuel	Abondance de fossiles, suite à l'explosion cambrienne
Protérozoïque	3 ères Dernière époque = Ediacarien	2,5 Ga à 541 Ma	Peu de fossiles. Faune édiacarienne : totale différente de la faune actuelle Ancien nom : « précambrien » « briovérien » : ancien nom pour Ediacarien + Cryogénien
Archéen	4 ères	4 Ga à 2,5 Ga	Peu de roches, quasi-absence de fossiles
Hadéen	aucune	4,6 Ga à 4 Ga	Seuls quelques minéraux subsistent. Tectonique globale différente, avec subductions continentales en particulier

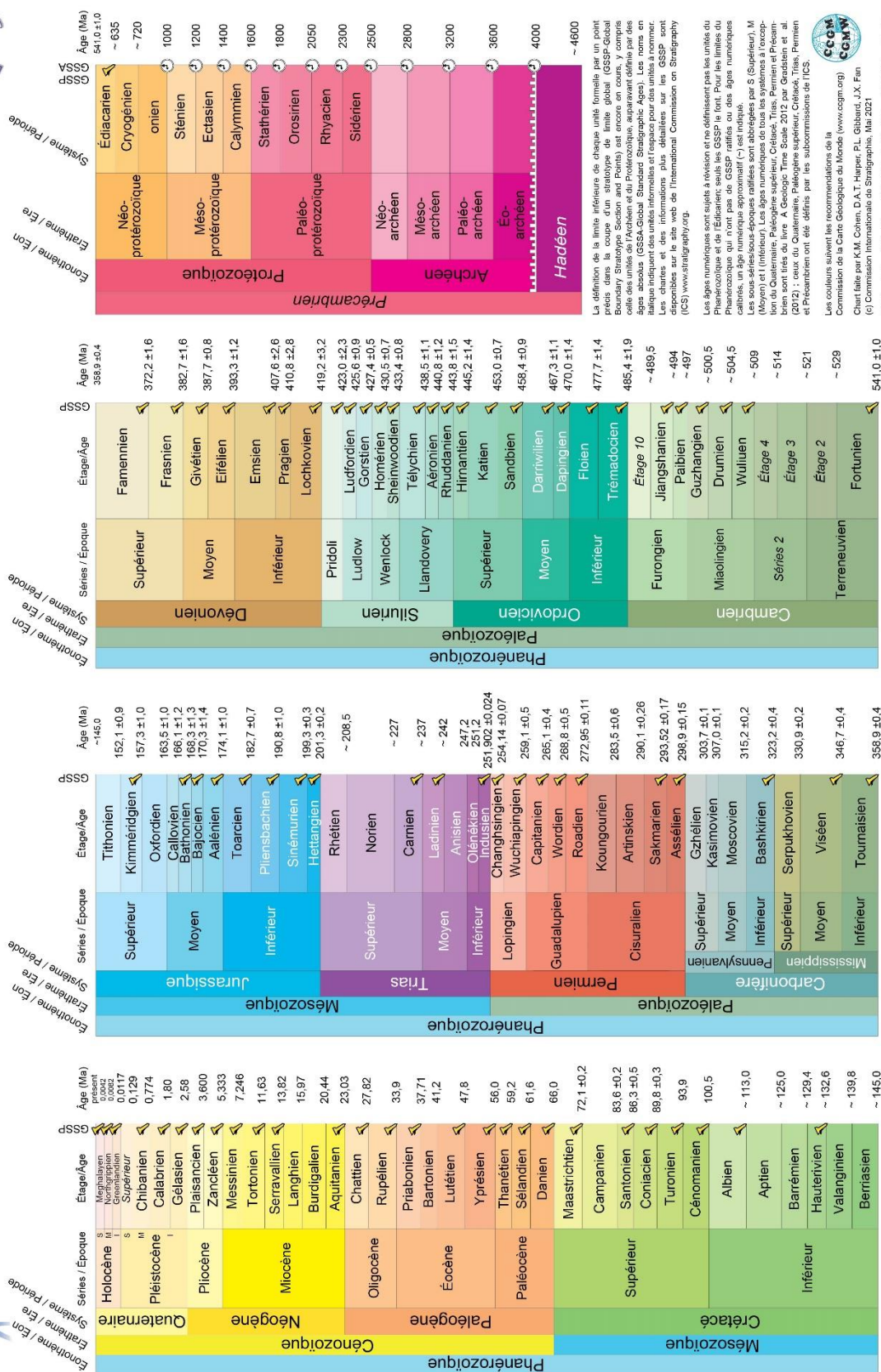
CHARTE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE INTERNATIONALE

v 2021/05

Commission Internationale de Stratigraphie

www.stratigraphy.org

IUGS



Références

- [1] ou absence de numéro : Ouvrage ou page Internet non précisé
- [2] O. Dautel *et al.* Biologie Géologie BCPST1. Vuibert
- [3] C. Perrier *et al.* Biologie BCPST1 tout-en-un. Dunod
- [4] Y. Lagabrielle *et al.* Mémo visuel de Géologie. Dunod
- [5] C. Bassaglia. *Communication personnelle*
- [6] manuel de spécialité SVT, terminale générale. Editions Hachette
- [7] manuel de spécialité SVT, terminale générale. Editions Belin
- [8] <https://stratigraphy.org/chart>