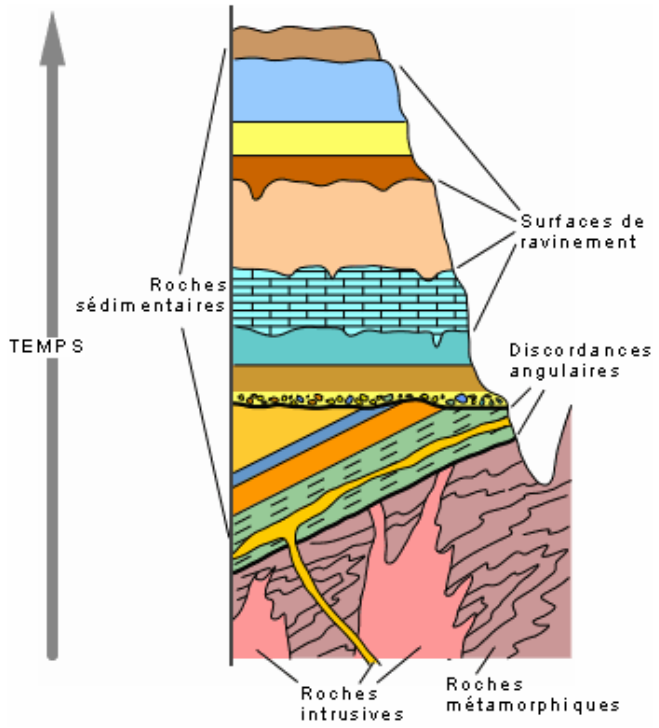
INTRODUCTION : GÉNÉRALITÉS

1- Définitions: (Géologie et sciences de la terre)
2- Notions de temps en géologie : (géochronologie)
Temps relatif - Temps absolu.



INTRODUCTION - GENERALITES

1- Définitions :

Le mot **géologie** a été utilisé pour la première fois par l'anglais de BURY en 1344.

dérivé du grec, c'est un mot composé de

géo = Terre
logos = «discours» étude ou science

géologie= science qui étudie la terre

Etudier la Terre signifie non seulement voir comment elle nous apparaît, mais aussi :

- comprendre comment et quand elle s'est formée,
- de quoi elle est construite,
- apprendre ce qui se passe en son centre invisible
- et aussi peut-être pourquoi elle a vu naître un phénomène bien particulier : la vie.

La géologie est une science, elle exige le suivi d'une démarche scientifique : toute théorie y est donc le fruit d'un travail de constatation, questionnement, hypothèse, expérience et conclusion

La planète terre est un système dynamique, La discipline qui étudie ses changements dans le passé ou le présent est la **géologie** qui s'intéresse également aux autres planètes.

on distingue :

La géologie physique

s'occupe de la compréhension:

(1) des processus qui agissent à la surface ou au-dessous de la surface de la Terre (éruptions volcaniques, tremblements de terre, érosions…),

(2) des matériaux sur lesquels ces processus agissent de manière physiques et/ou chimiques (exemples: minéraux, roches, sol, eau marine…).

La géologie historique

a pour but d'établir la chronologie d'événements, physiques ou biologiques, qui ont eu lieu dans le passé (exemples: quand les dinosaures ont disparu, quand les océans et montagnes se sont formés…).

En conclusion

- **la géologie s'intéresse**

  - **à la structure** → description
  - **à la composition** → analyse
  - **à l'histoire** → origine et à l'évolution

De la terre et de la vie

- ***Géologie et sciences de la terre : ÉVOLUTION***

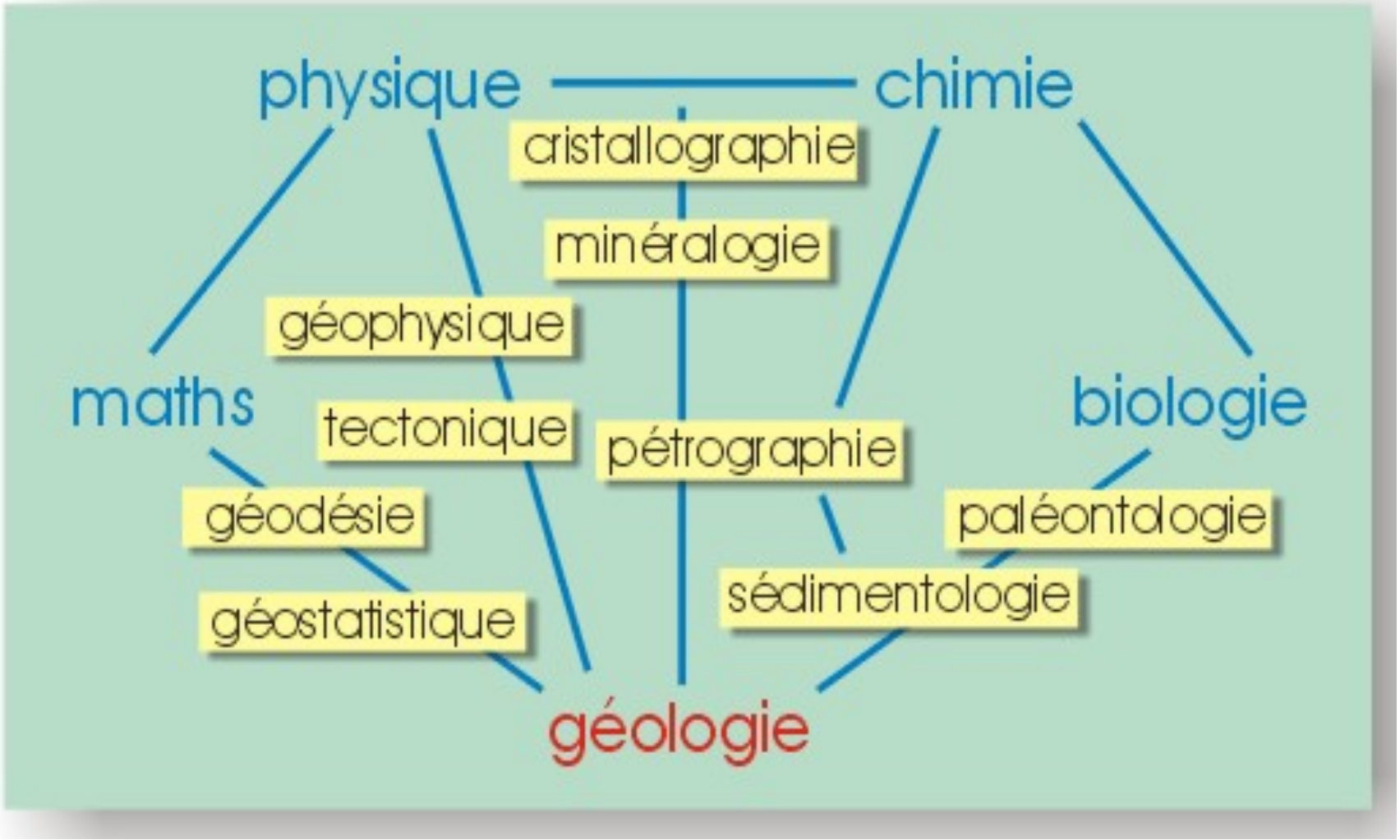
le principe de superposition des couches avait été énoncé depuis 1669 par STENO,

il a fallu attendre le 19eme siècle pour que la géologie s'individualise véritablement.

Récemment la géologie, s'est intéressé à des domaines très larges et diversifiés

→ la ramification de la géologie en plusieurs branches et disciplines appelées **sciences de la terre.**

Inter-disciplinarité des sciences de la terre



2- Notions de temps en géologie :

La connotation physique et historique des sciences de la terre, le dynamisme et le perpétuel changement du globe terrestre font que la notion espace/temps est très importante pour le géologue.

La dimension des phénomènes géologiques s'étend depuis l'échelle de l'atome → réseau cristallin → roche → des montagnes → globe terrestre → la lune → autres planètes → univers

❑ Le temps géologique

Le temps d'une vie humaine ne suffit pas pour observer les phénomènes géologiques très long. Ce n'est qu'en opérant avec des durées plus longues (de centaines de milliers ou millions d'années) qu'on peut se faire une idée des processus géologiques qui ont défini la physionomie actuelle de notre planète.

Les tentatives de déterminer l'âge des roches (de le Terre) et d'élaborer un système harmonieux de la chronologie géologique datent depuis bien longtemps.

Les géologues considèrent deux types de temps :

le ***temps relatif*** : indique relativement l'ordre dans lequel un événement s'est déroulé par rapport aux autres

le ***temps absolu*** : indique le temps sous forme d'années et précise exactement quand un événement s'est déroulé.

A- Datation relative :

Pour raconter **l'histoire de la Terre**, il faut disposer de **repères temporels**, **situer dans le temps**, **les objets** ou les **événements géologiques**, les uns par rapport aux autres.

Le **passage** d'une **succession géométrique** à une **succession temporelle** repose sur quelques principes élémentaires, appelés "**principes de chronologie**" ou "**principes de stratigraphie**"

Ces principes ont permis d'établir l'**échelle stratigraphique des temps géologiques**. Ces principes sont :

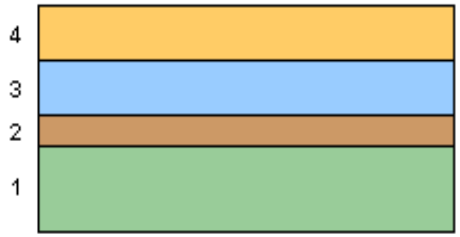
1. **le principe de superposition,**
2. **le principe de continuité,**
3. **le principe de recoupement,**
4. **le principe d'inclusion,**
5. **le principe d'identité paléontologique.**

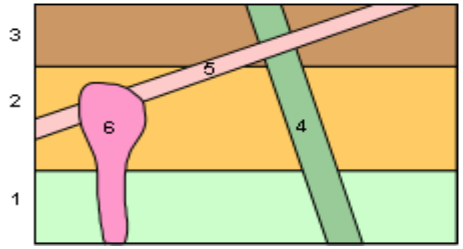
] Méthodes Physiques

] Fossiles

A-1- méthodes physiques

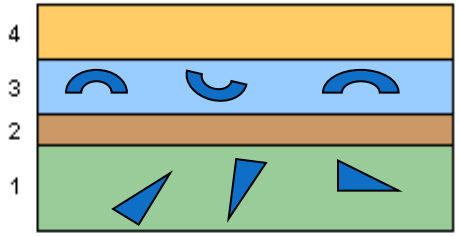
Principe de superposition

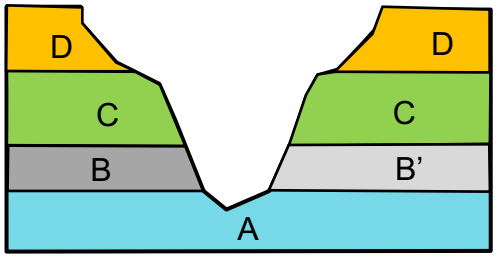




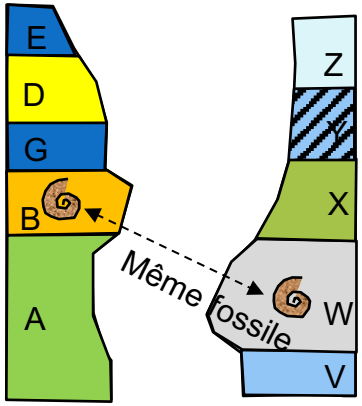
Principe de recoupement

Principe d'inclusion

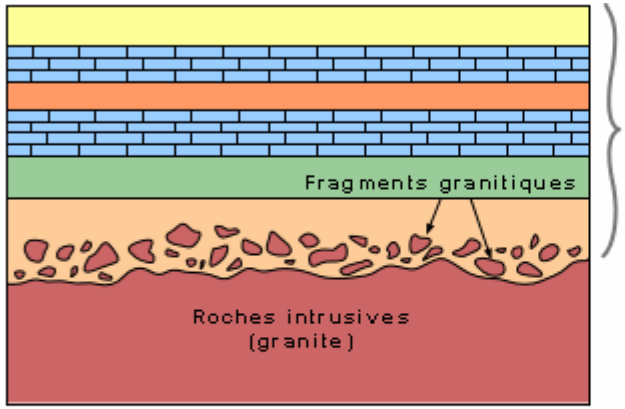




Principe de continuité



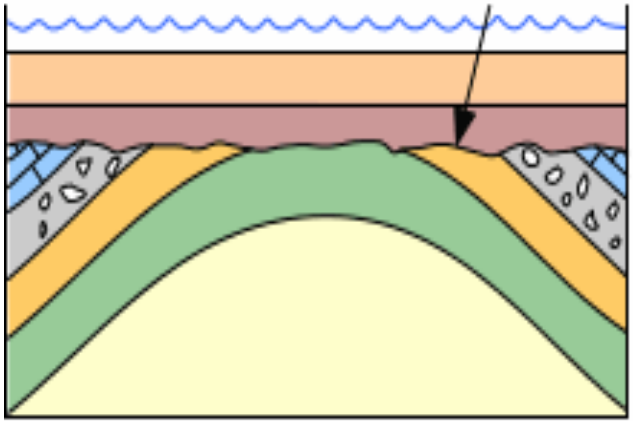
Principe d'identité paléontologique



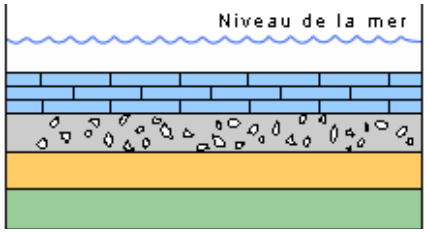
Roches sédimentaires

Discordance d'érosion

Discordance angulaire

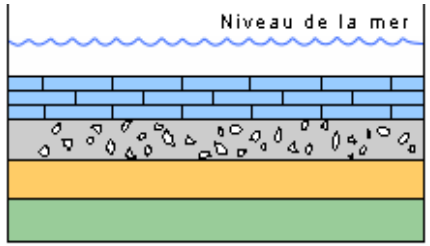


1



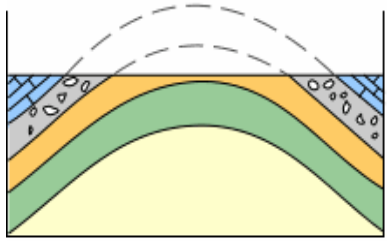
Dépôt
Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale

2



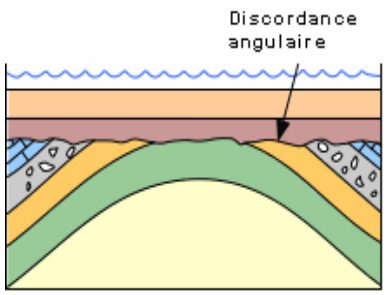
Dépôt
Les couches sédimentaires se déposent à l'horizontale

3



Érosion
Les couches plissées sont subséquemment érodées et les reliefs aplanis

4



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.

A-2- méthodes paléontologiques: Les fossiles

Un fossile = restes d'êtres vivants, incluant leurs traces, qu'on retrouve dans un sédiment ou une roche.

Un ensemble de strates de **même contenu paléontologique** est de **même âge :** (principe d'identité paléontologique)

On utilise communément **trois façons** de dater les couches par les fossiles :

1. par les fossiles pilotes,
2. par assemblages fossilifères,
3. par lignées évolutives.

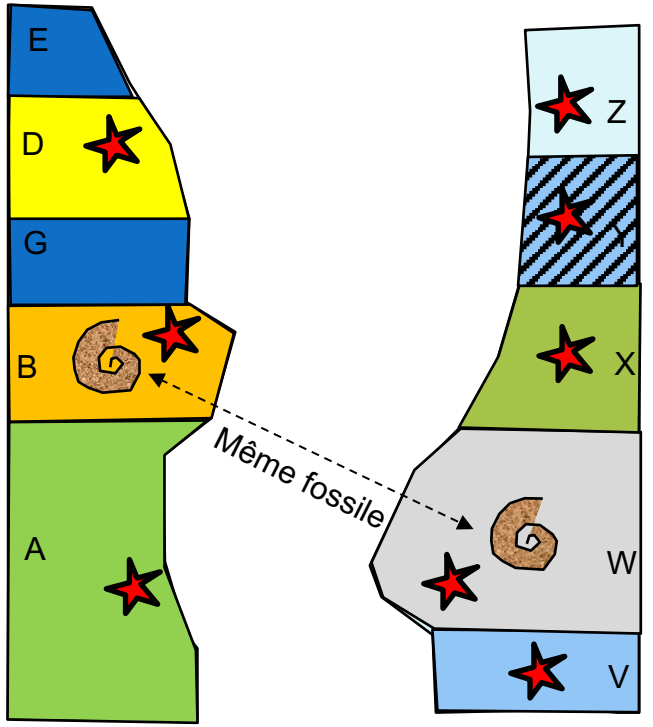
Le fossile pilote:

les fossiles à grande répartition géographique mais de courte durée de vie qui indiquent des âges bien précis

Une couche contenant **un de ces fossiles** pourra donc être datée avec **précision**. Cependant, on ne trouve pas toujours de tels fossiles.

on parle de :

fossiles stratigraphiques / fossiles pilotes ou fossiles index).



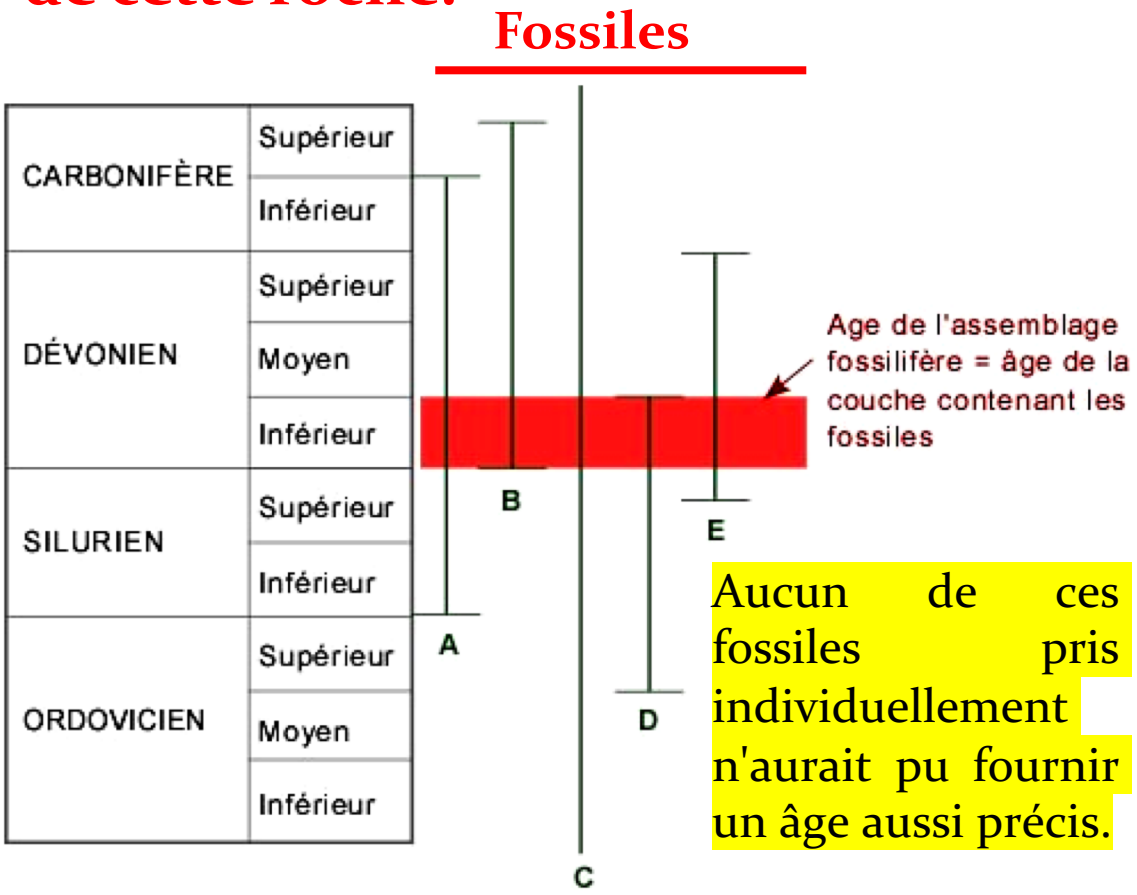
La couche B à le même âge que la couche w

L'assemblage fossilifère cette autre méthode se fonde sur **la somme des fossiles trouvés dans une couche donnée**. On assume que tous les fossiles trouvés ensemble dans une couche sédimentaire représentent des organismes qui **ont tous vécu au moment de la formation de cette roche.**

L'utilisation des fossiles A ou B ou C ou D seul ne permet pas de donner une datation sure et /ou précise.

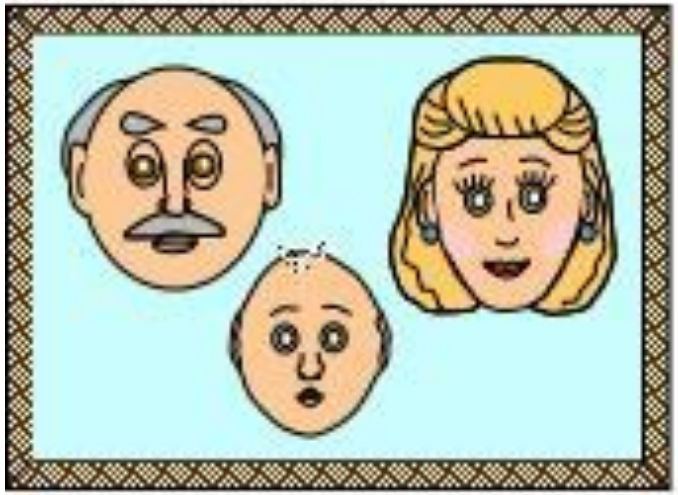
C'est l'assemblage de ces fossiles qui donne un âge correcte.

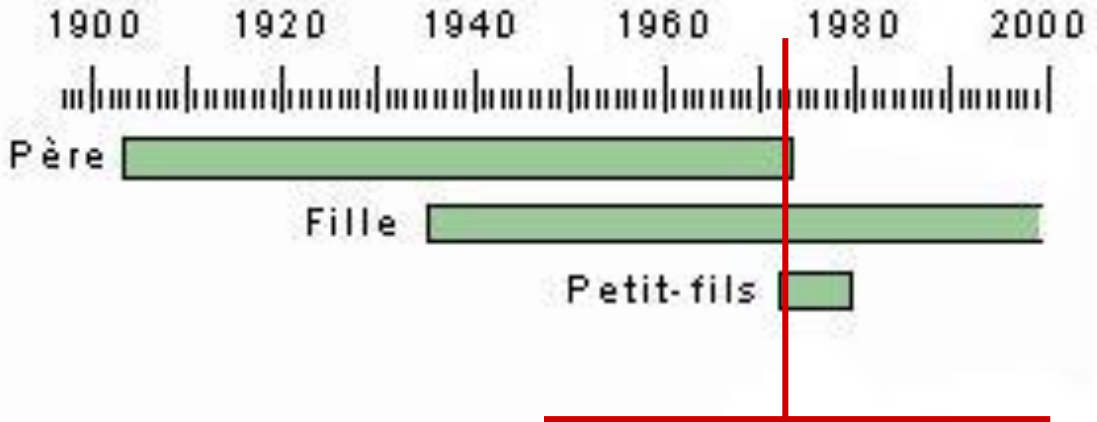
Dans notre cas le **seul temps** où ces formes ont pu se retrouver **ensemble** dans le même milieu correspond au temps où elles ont pu vivre toutes en même temps, soit le **Dévonien inférieur**.



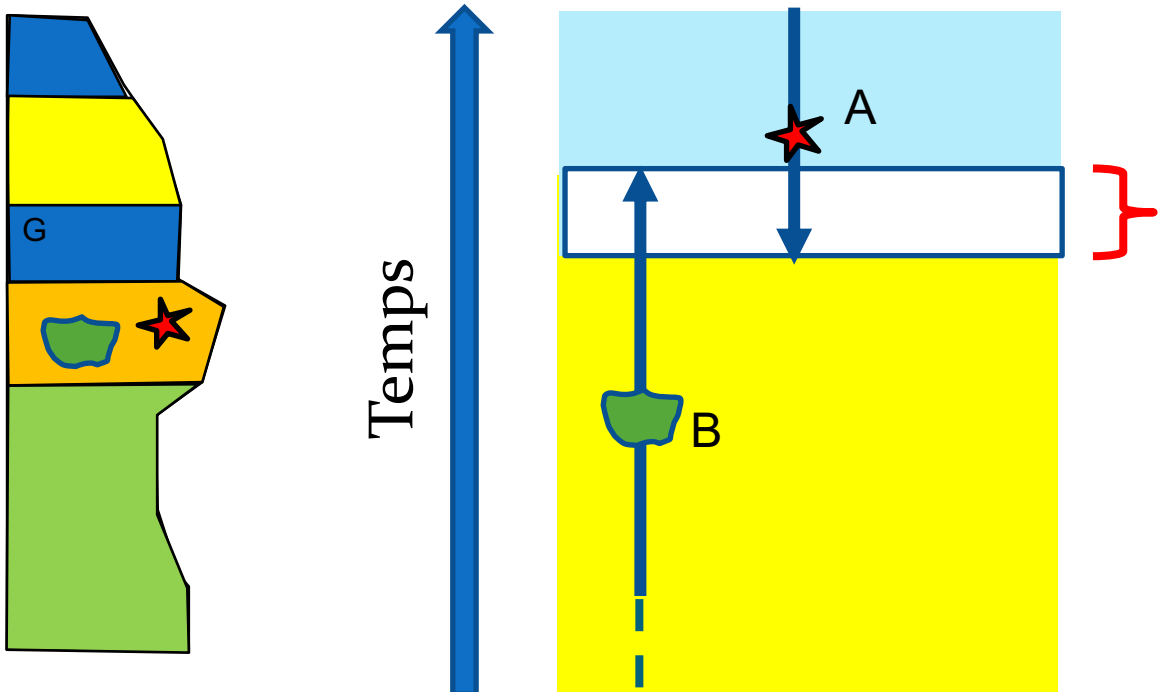
Aucun de ces fossiles pris individuellement n'aurait pu fournir un âge aussi précis.

Photo de famille





Courant 1972



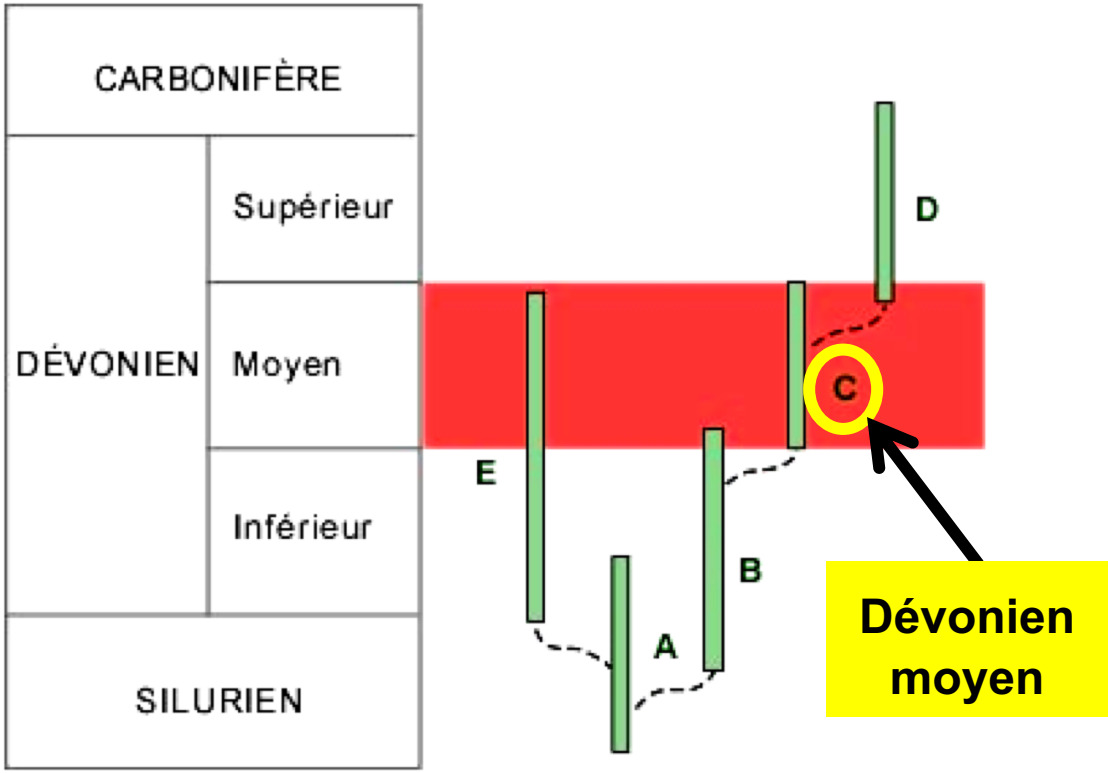
Fossiles A & B

la recherche paléontologique sur l'évolution de divers groupes biologiques durant les temps géologiques a mis en évidence **plusieurs lignées évolutives**, souvent **sur de courtes durées de temps**.

La lignée évolutive

Soient les espèces A, B, C, D et E, avec **un bon contrôle de la répartition temporelle** de chacune des espèces.

Puisqu'il s'agit d'une lignée évolutive, **la durée de vie d'une espèce marque un temps bien précis**. La **présence d'une de ces espèces** dans une couche, **fixe donc une limite d'âge précise** à cette couche.

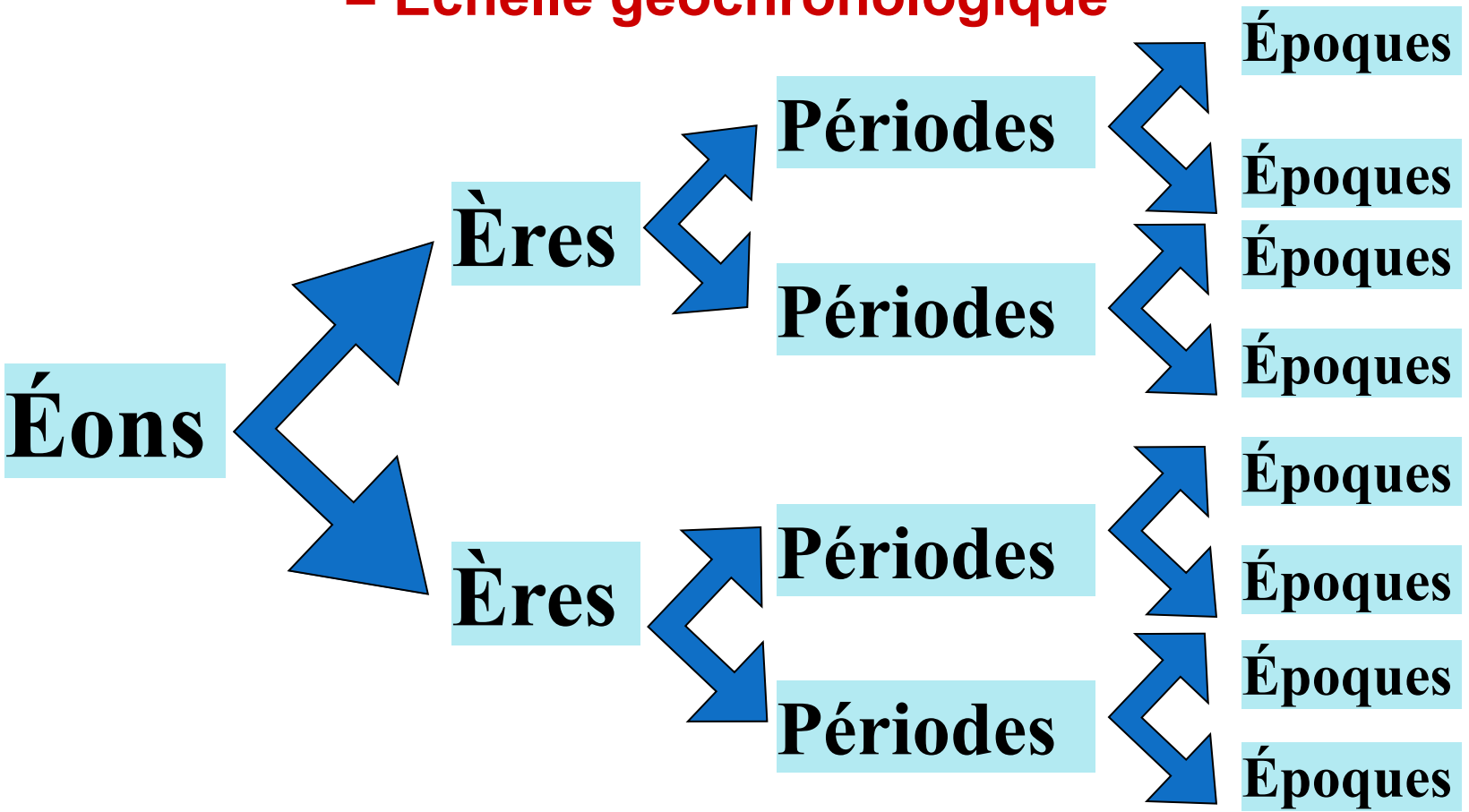


Par exemple, une couche contenant **l'espèce C**, doit avoir un âge **Dévonien moyen**.

LA PALÉONTOLOGIE + LA STRATIGRAPHIE
(Les fossiles) (les roches)

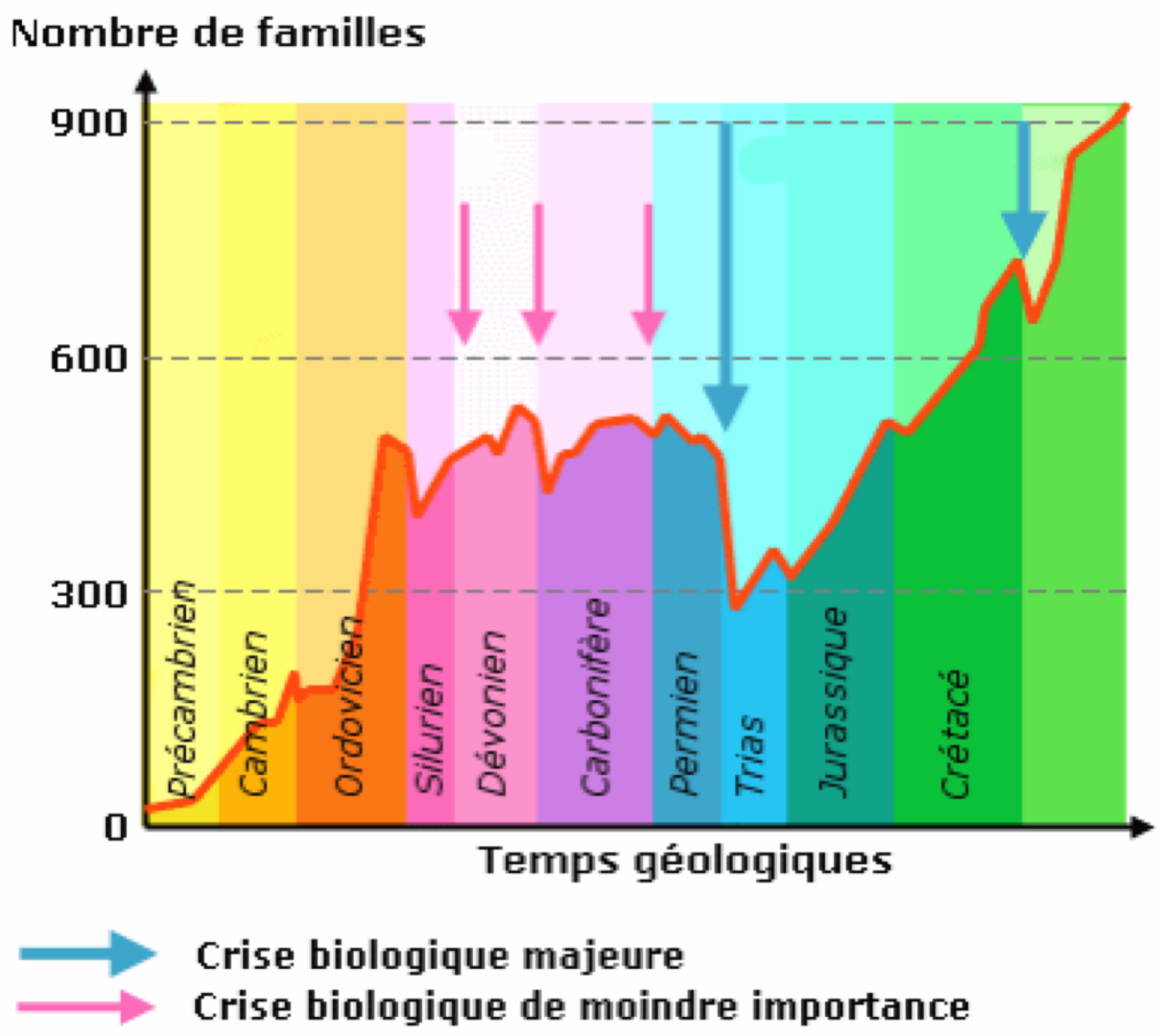
ont permis de développer un calendrier relatif des temps géologiques

= Échelle géochronologique



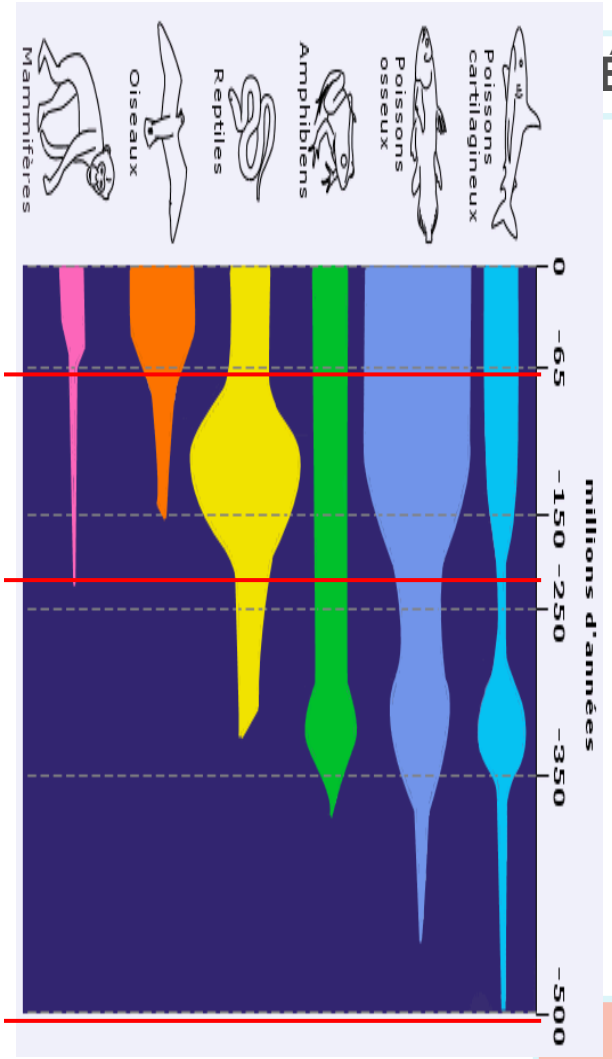
Réaliser les coupures

- Au cours du temps, des espèces animales et végétales apparaissent et disparaissent.
- **L'apparition**, le **maximum** ou **la disparition irréversible** d'une espèce constituent des repères chronologiques et permettent ainsi d'établir des coupures dans les temps géologiques.
- **les extinctions** se sont produites à tout moment au cours de l'histoire de la vie, elles sont plus rares et considérées comme le signe d'événements écologiques d'ampleur planétaire qualifiés de **crises**.
- Ces **crises peuvent être massives** ou **sélectives** au niveau des espèces.
- Ainsi, à chaque **crise** correspond une **coupure**.

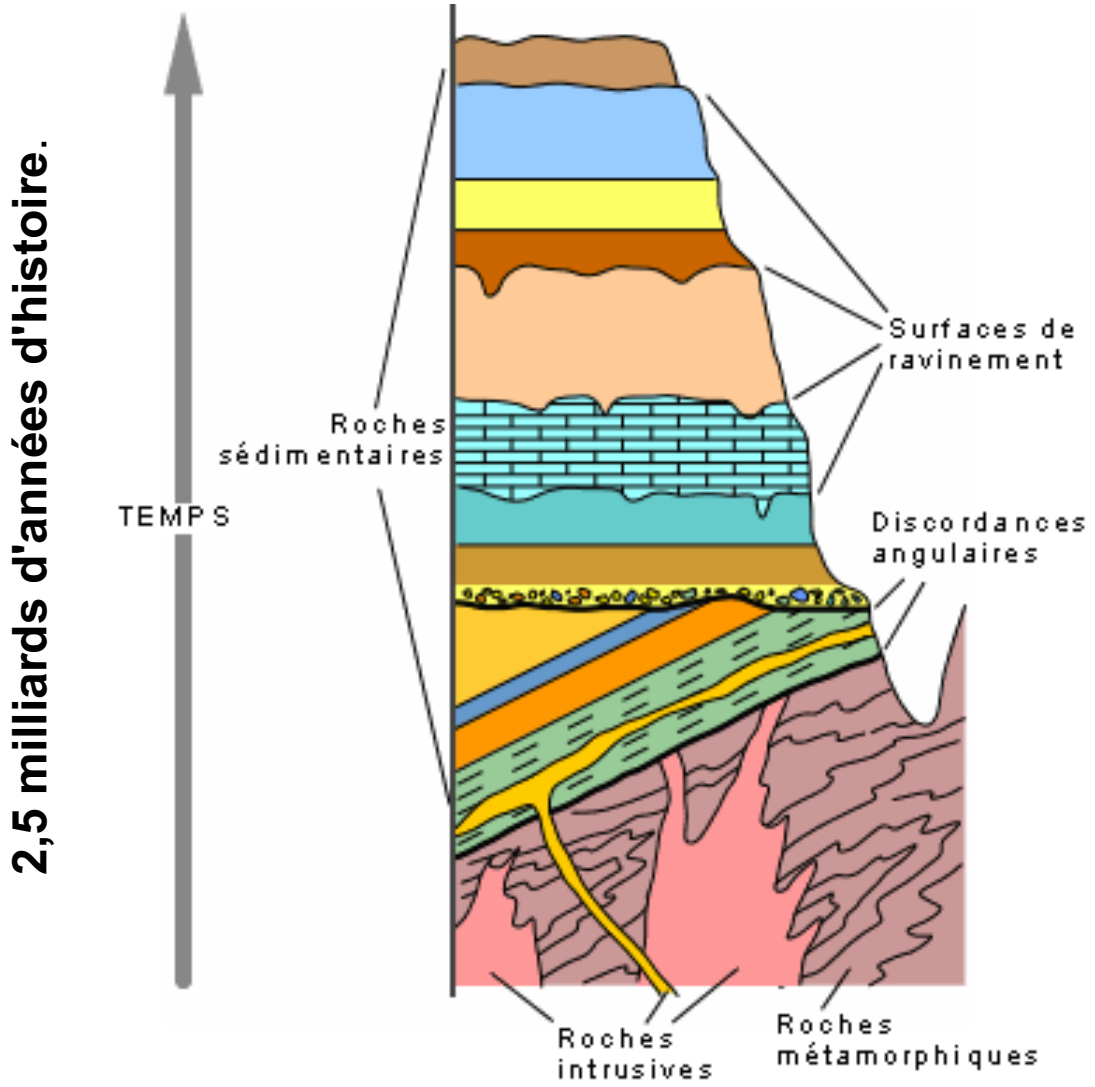


les **crises biologiques majeures** ont permis de **délimiter des ères géologiques**

Les crises biologiques de moindre importance ont permis de **réaliser des coupures** à l'intérieur des **ères**

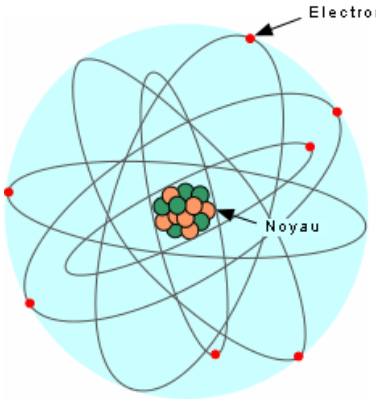


ÉON	ÈRES	PÉRIODES	ÉPOQUES	Extinctions majeures
PHANÉROZOÏQUE	CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	Holocène (récent) Pléistocène	Vie récente (Mammifères)
		TERTIAIRE	Pliocène Miocène Oligocène Éocène Paléocène	
	MÉSOZOÏQUE (Secondaire)	CRÉTACÉ		Vie moyenne (Reptiles)
		JURASSIQUE		
		TRIAS		
	PALÉOZOÏQUE (Primaire)	PERMIEN		Vie ancienne (Poissons)
		CARBONIFÈRE		
		DÉVONIEN		
		SILURIEN		
		ORDOVICIEN		
		CAMBRIEN		
PROTÉROZOÏQUE			NÉO-	Antérieur à la vie
			MÉSO-	
			PALÉO-	
ARCHÉEN				



La séquence stratigraphique du Grand Canyon – Colorado - USA

B- Datation absolue : Radiométrie



Chaque élément chimique est caractérisé par:
une masse atomique MA et un numéro atomique NA

MA = noyau = nb de protons (+) + nb de neutrons (±)

NA = nombre de protons (+)

Nb de neutrons peut être différent → isotopes (sables et instables)

Les isotopes instables subissent une désintégration radioactive du noyau par:

- émission de **Particule α** = 2 p (+) +2 n (±)
  Ce qui implique une diminution de la **M.A** de 4 et du N.A de 2
- émission/capture de **Particule β** = 1 n (±) ⟷ 1 p (+)
  Ceci implique que la M.A est constante et le N.A est augmenté ou diminué de 1. **n --> p + e- + ne** β émission ou β-
  p --> n + e+ + ne β capture ou β+

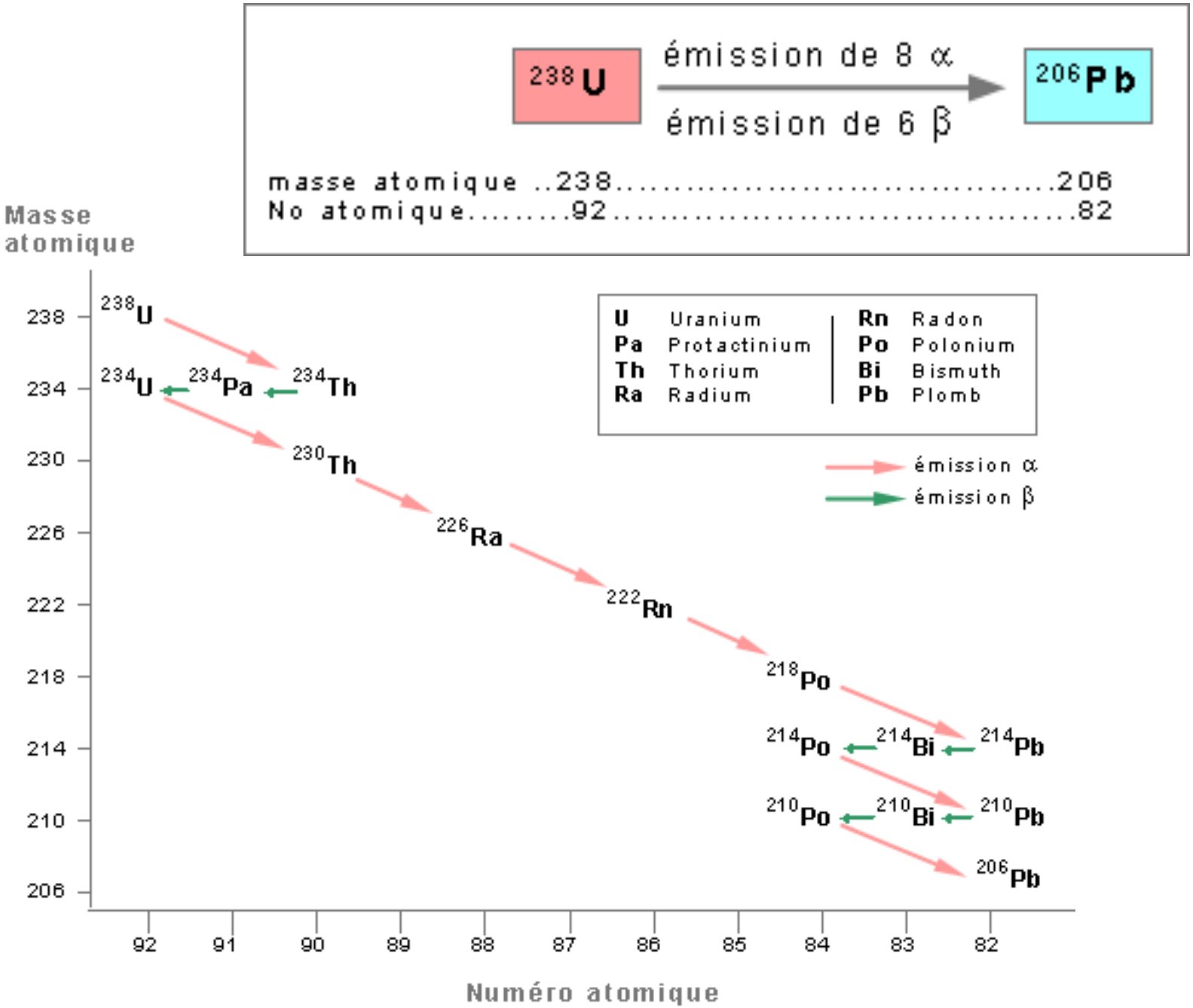
NB. Ces réactions de désintégration sont associées à la libération d'une énergie

Désintégration radioactive

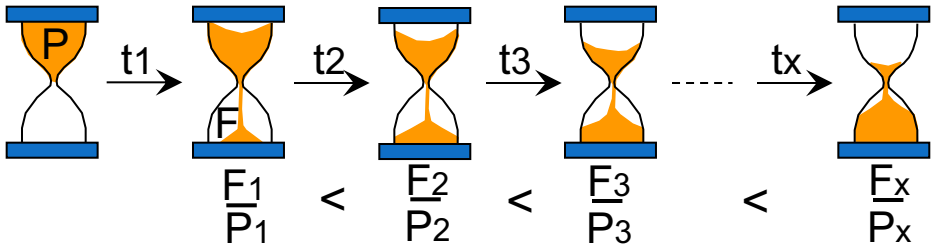
Lois de conservations vérifiées

Noyau (dit « père ») → Noyau (dit « fils ») + d'autre(s) particule(s) éventuelle(s)

Type de radioactivité	particule émise	Équation de réaction du type
alpha α	noyau d'hélium (particule alpha α)	${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y^{*} + {}^{4}_{2}He$
bêta + β^+	positon (ou positron) ${}^{0}_{1}e^{+}$	${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y^{*} + {}^{0}_{1}e^{+}$
bêta - β^-	électron ${}^{0}_{-1}e^{-}$	${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y^{*} + {}^{0}_{-1}e^{-}$
gamma γ	rayon gamma γ	${}^{A}_{Z}Y^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$


^{238}U
émission de 8 α
émission de 6 β
^{206}Pb
masse atomique ..238.....206
No atomique.....92.....82
Masse atomique
U Uranium
Pa Protactinium
Th Thorium
Ra Radium
Rn Radon
Po Polonium
Bi Bismuth
Pb Plomb
émission α
émission β
^{238}U
^{234}U
^{234}Pa
^{234}Th
^{230}Th
^{226}Ra
^{222}Rn
^{218}Po
^{214}Po
^{214}Bi
^{214}Pb
^{210}Po
^{210}Bi
^{210}Pb
^{206}Pb
238
234
230
226
222
218
214
210
206
92
91
90
89
88
87
86
85
84
83
82
Numéro atomique

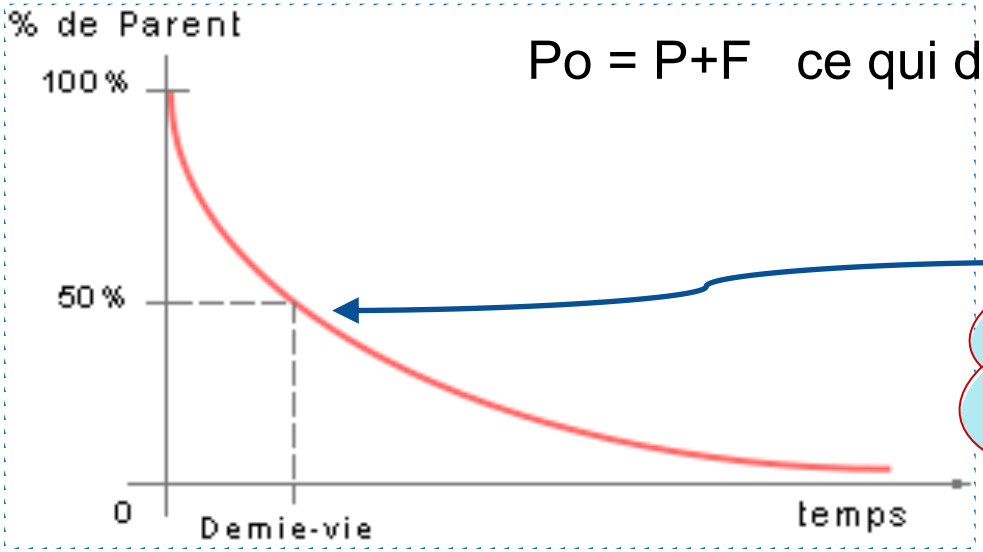
Un élément Père (P) —Vitesse λ désintégration / Temps t→ **Un élément Fils (F)**



le rapport F/P est fonction du temps de désintégration écoulée.

$$dP = -\lambda P\, dt \quad \rightarrow \quad dP/dt = -\lambda P$$

dont la solution générale est : $\mathbf{P = Po \,.\, e^{-\lambda t}}$

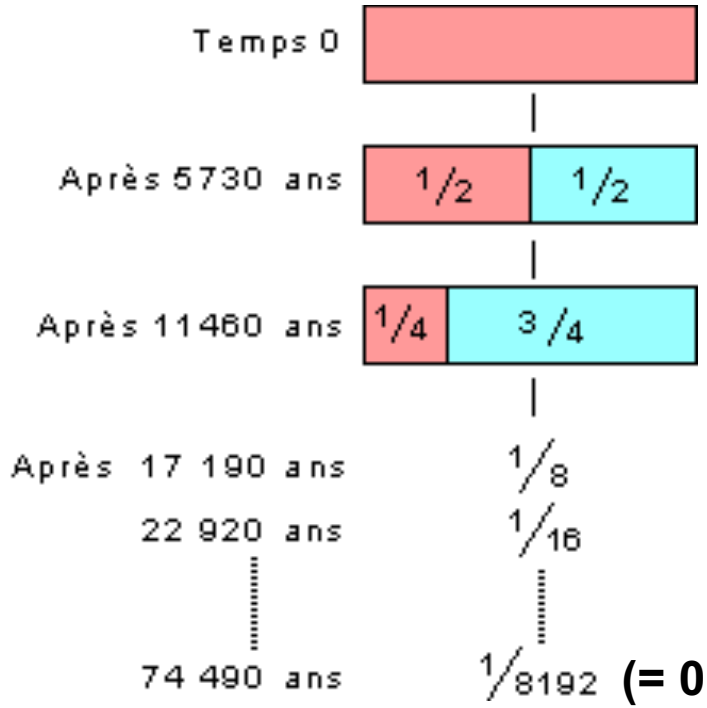


Po = P+F ce qui donne **$t = 1_{/\lambda} \ln (1+F/P)$**

demi-vie = temps qu'il faut pour que la moitié de la quantité initiale (P_0) de l'élément P se transforme en F c.a.d. F/P = 1

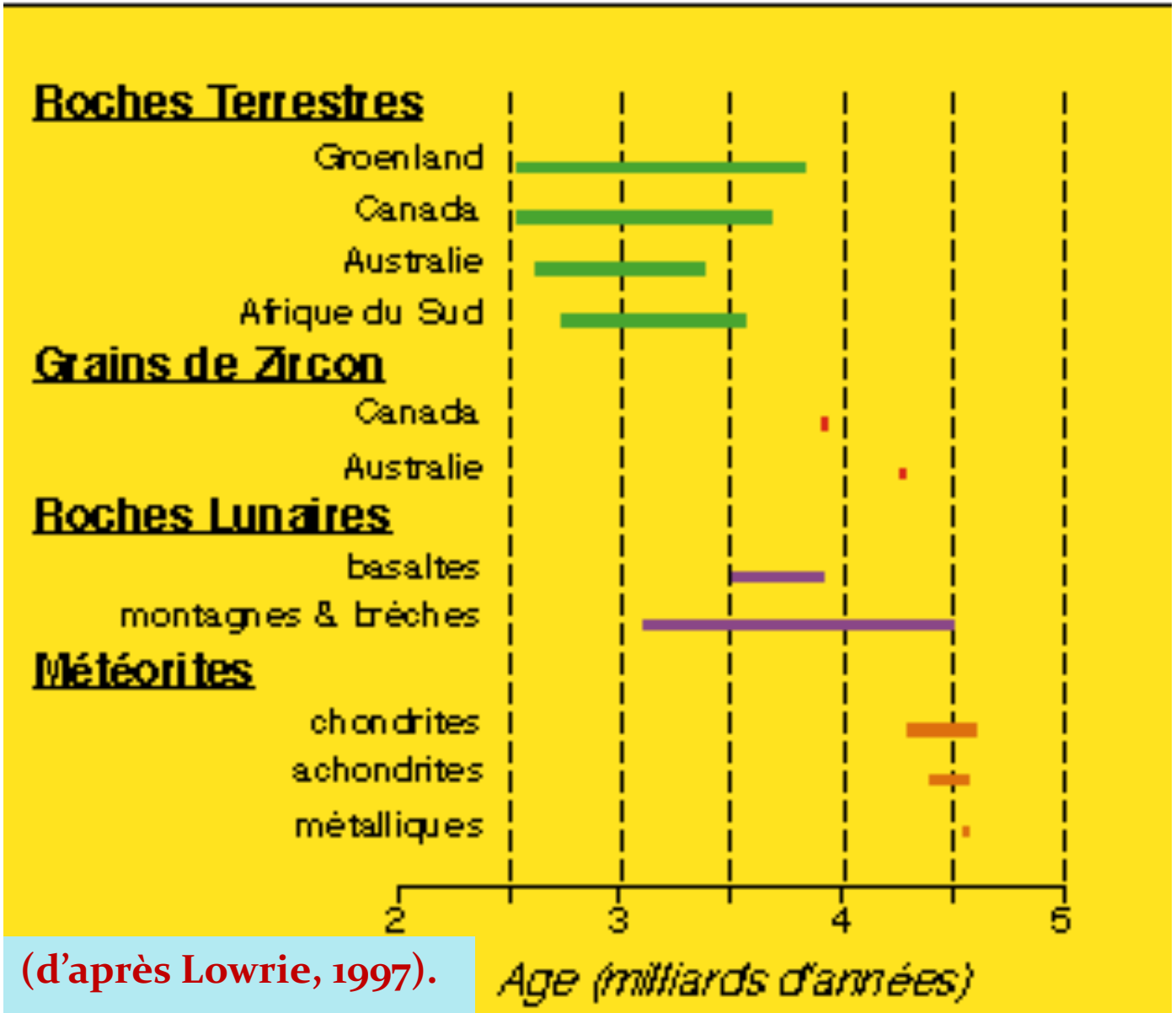
Les éléments couramment utilisé en datation

PARENT	REJETON	DEMIE-VIE
238 Uranium	206 Plomb	4,5 milliards d'années
87 Rubidium	87 Strontium	47 milliards d'années
40 Potassium	40 Argon	1,3 milliards d'années
14 Carbone	14 Azote	5730 années



(= 0,000122)

Ages Radiométriques - Roches Terrestres Anciennes, Roches Lunaires et Météorites



(d'après Lowrie, 1997).

Age de la Terre

- **Les roches terrestres**,
  - métasédiments d'Isua au Groenland - **âge de 3,77 Ga**
  - gneiss au nord du Canada - **âges U-Pb de 3,96 Ga**
  - des zircons de roches sédimentaires en Australie - **âges jusqu'à 4,3 Ga**.

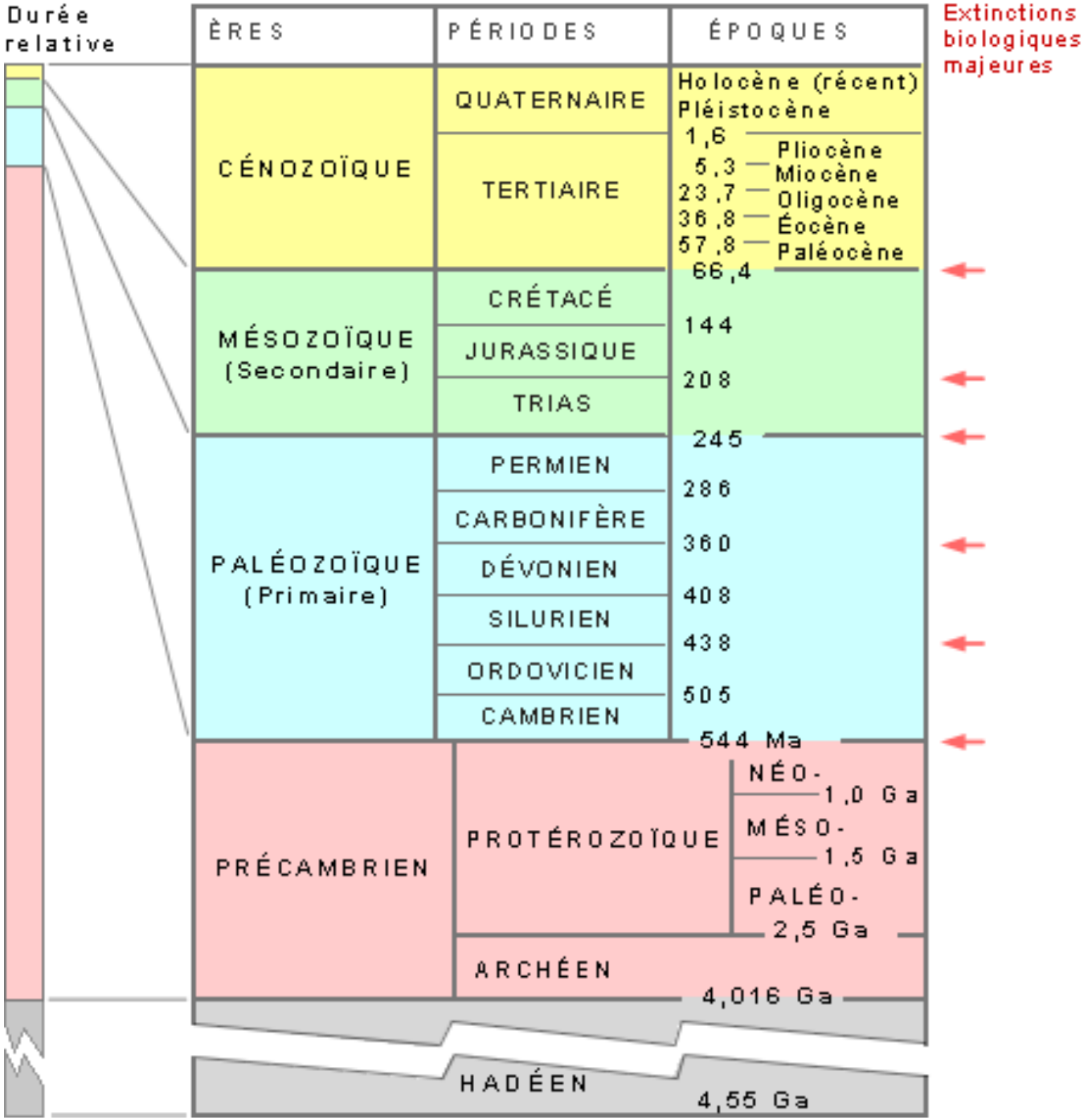
- **Des roches de la Lune**,
  - Les mers lunaires, les régions noires formées par des laves basaltiques, donnent des âges allant de 3,9 à 1 Ga.
  - Les montagnes lunaires (altitudes de 3000 à 4000 m) qui sont les régions blanches formées par des brèches d'anorthosite et d'autres roches riches en plagioclase, **d'âges de 3,5 à 4,5 Ga**.

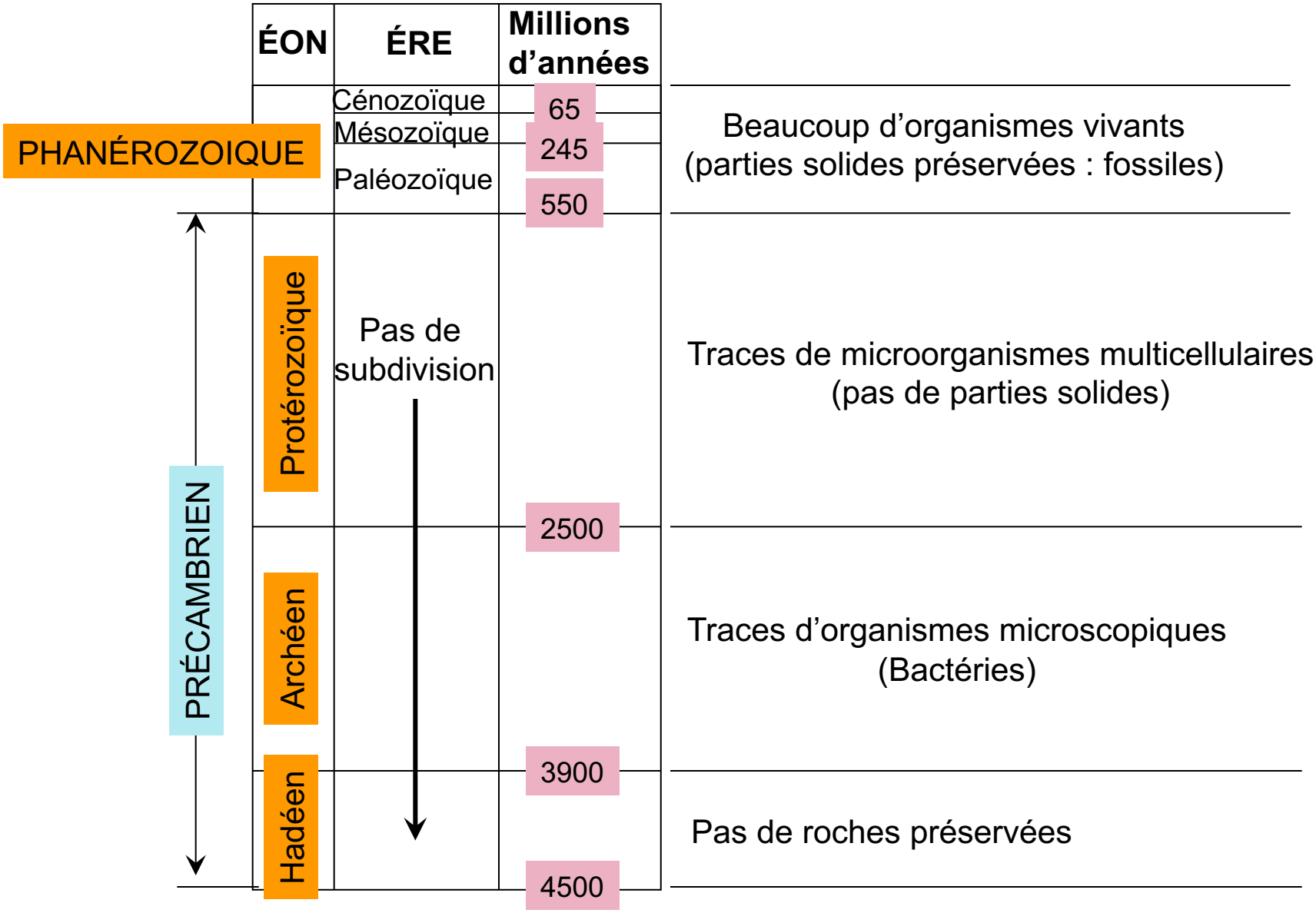
  L'âge de la plus ancienne roche lunaire est de **4,51 ± 0,07 Ga.**

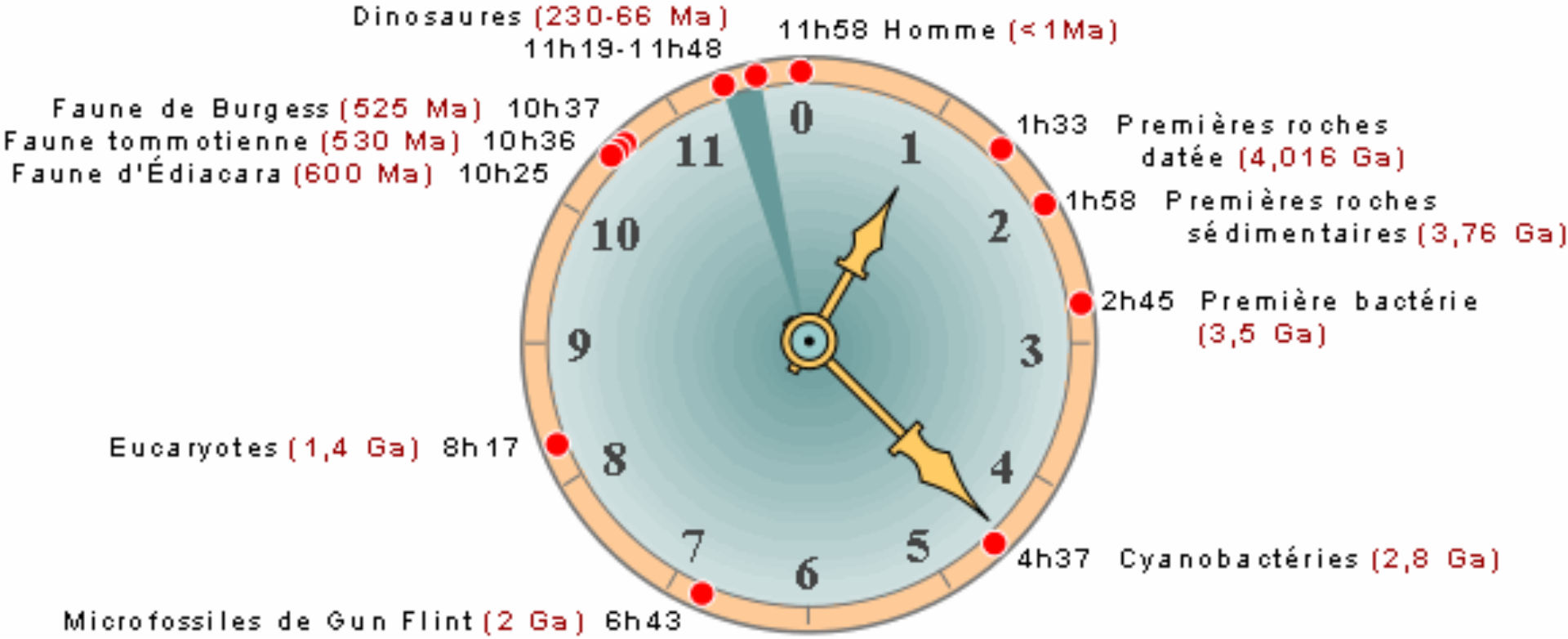
- **Les météorites.** (=morceau de matière solide de l'espace qui pénètre l'atmosphère à une vitesse hypersonique de 10 à 20 km / s et qui atteignent la terre. La friction produit l'incandescence typique des météores (ou étoile filante)
  - Tous types majeurs de météorites - **âges de 4,45 à 4,50 Ga**

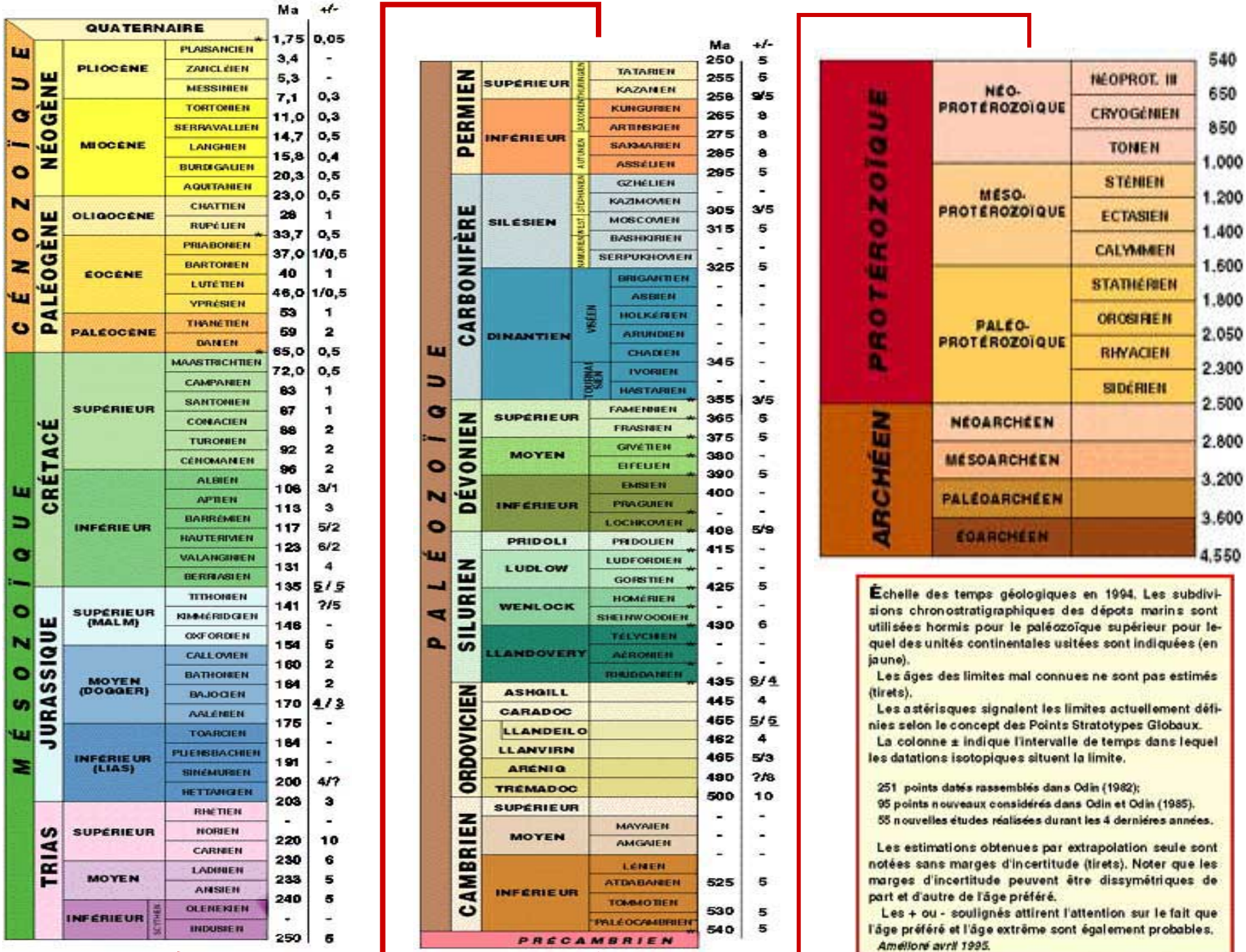
L'HADÉEN: 0,5 à 1,0 milliard d'années de l'histoire de la Terre qui n'a pas été préservée. la croûte originelle a été détruite par la tectonique des plaques. Il est cependant possible que ces roches n'aient pas encore été découvertes.

88 %
De l'histoire de la planète




ÉON
ÉRE
Millions d'années
Cénozoïque
Mésozoïque
Paléozoïque
65
245
550
PHANÉROZOIQUE
Beaucoup d'organismes vivants
(parties solides préservées : fossiles)
Protérozoïque
Pas de subdivision
Traces de microorganismes multicellulaires
(pas de parties solides)
2500
PRÉCAMBRIEN
Archéen
Traces d'organismes microscopiques
(Bactéries)
3900
Hadéen
Pas de roches préservées
4500


Dinosaures (230-66 Ma)
11h19-11h48
11h58 Homme (< 1Ma)
Faune de Burgess (525 Ma) 10h37
Faune tommotienne (530 Ma) 10h36
Faune d'Édiacara (600 Ma) 10h25
1h33 Premières roches datée (4,016 Ga)
1h58 Premières roches sédimentaires (3,76 Ga)
2h45 Première bactérie (3,5 Ga)
Eucaryotes (1,4 Ga) 8h17
4h37 Cyanobactéries (2,8 Ga)
Microfossiles de Gun Flint (2 Ga) 6h43
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



Échelle des temps géologiques en 1994. Les subdivisions chronostratigraphiques des dépots marins sont utilisées hormis pour le paléozoïque supérieur pour lequel des unités continentales usitées sont indiquées (en jaune).

Les âges des limites mal connues ne sont pas estimés (tirets).

Les astérisques signalent les limites actuellement définies selon le concept des Points Stratotypes Globaux.

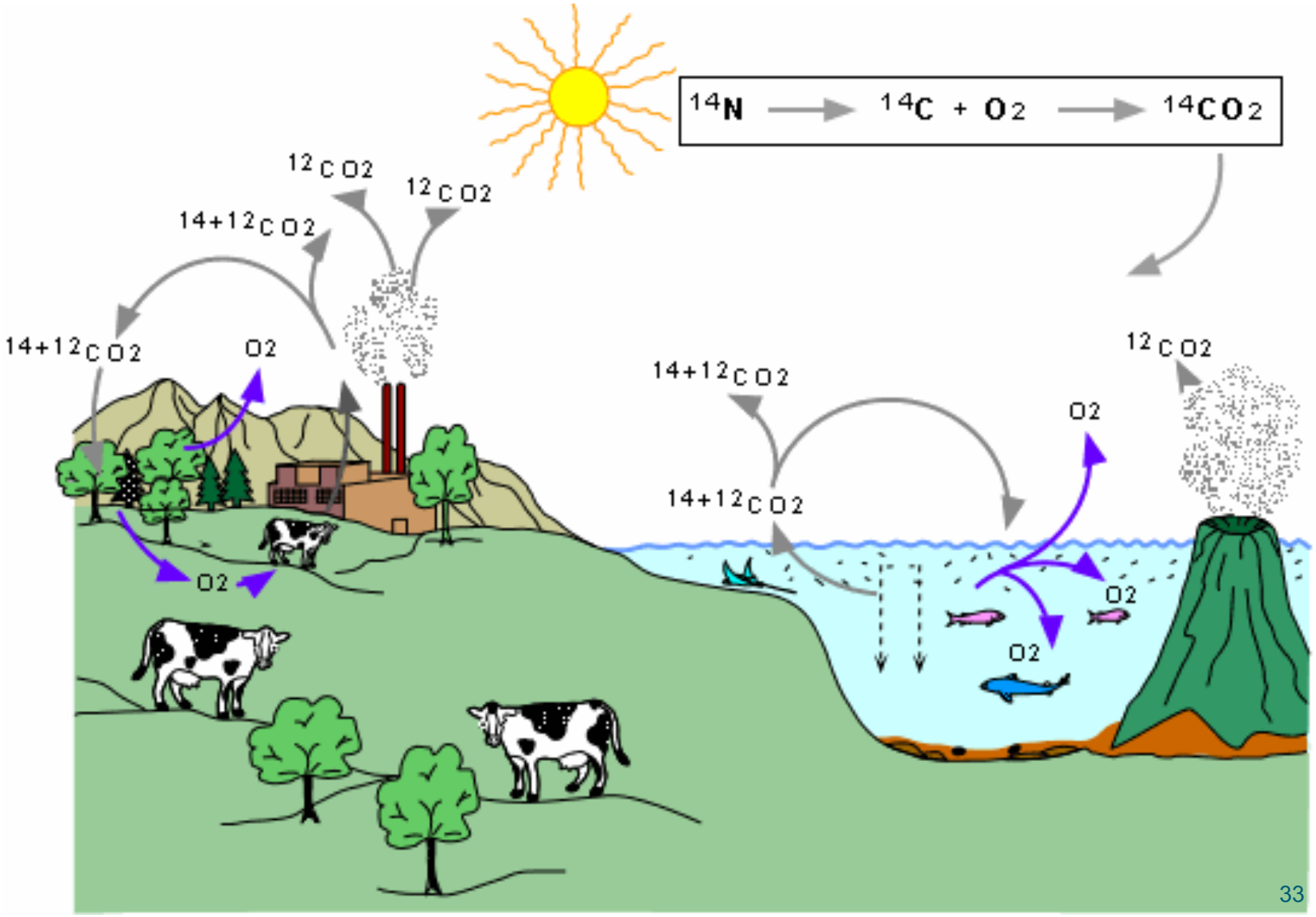
La colonne ± indique l'intervalle de temps dans lequel les datations isotopiques situent la limite.

251 points datés rassemblés dans Odin (1982);
95 points nouveaux considérés dans Odin et Odin (1985).
55 nouvelles études réalisées durant les 4 dernières années.

Les estimations obtenues par extrapolation seule sont notées sans marges d'incertitude (tirets). Noter que les marges d'incertitude peuvent être dissymétriques de part et d'autre de l'âge préféré.

Les + ou - soulignés attirent l'attention sur le fait que l'âge préféré et l'âge extrême sont également probables.

Amélioré avril 1995.


$^{14}N \rightarrow {}^{14}C + O_2 \rightarrow {}^{14}CO_2$
$^{12}CO_2$
$^{12}CO_2$
$^{14+12}CO_2$
$^{14+12}CO_2$
O_2
O_2
$^{14+12}CO_2$
$^{14+12}CO_2$
$^{12}CO_2$
O_2
O_2
O_2