

Géochronologie du quaternaire



Les Méthodes de Datation

Principales méthodes utilisées en Géochronologie

Datations relatives

Méthodes fondées sur les phénomènes naturels, non calibrées ou par profils

- Varves
- Dendrochronologie
- Stratigraphie
- Biostratigraphie
- Téphrochronologie
- Paléomagnétisme
- Archéomagnétisme
- Isotopes de l'oxygène
- Variation climatique
- (Variation du couvert végétal)

Méthodes fondées sur un phénomène chimique, calibrées

- Racémisation des acides aminés
- Hydratation de l'obsidienne

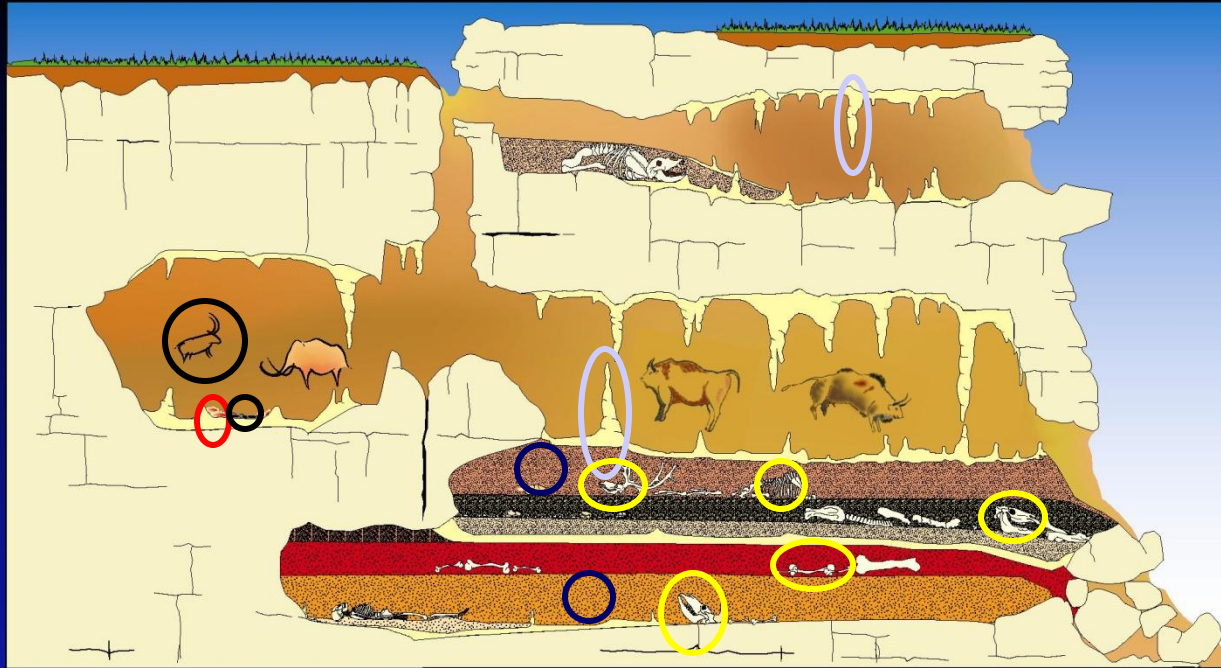
Datations absolues

Méthodes fondées sur la croissance ou la décroissance radioactive

- Carbone 14
- Argon/Argon et Potassium/Argon
- Uranium/Thorium et Uranium/Protactinium

Méthode par mesure de l'activité radioactive et des dommages causés par le milieu ambiant

- Trace de fission
- Résonance Paramagnétique Électronique
- Thermoluminescence et Optoluminescence

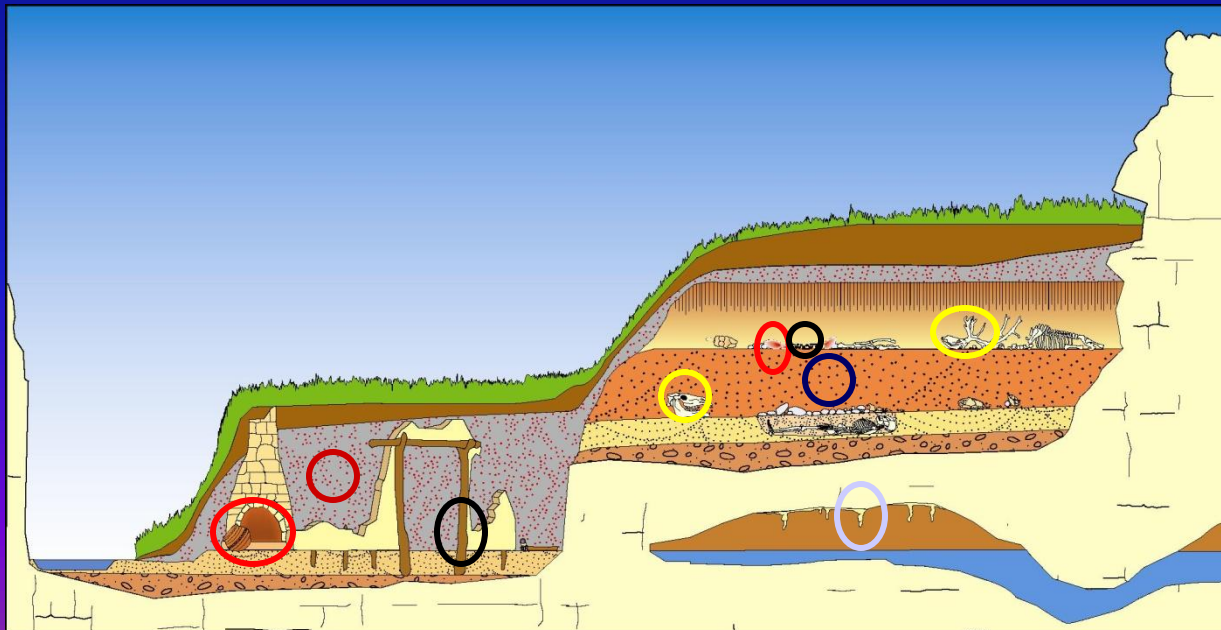


Ce que l'on date

Carbonates

Dents et ossements
de grand mammifères

Sédiments

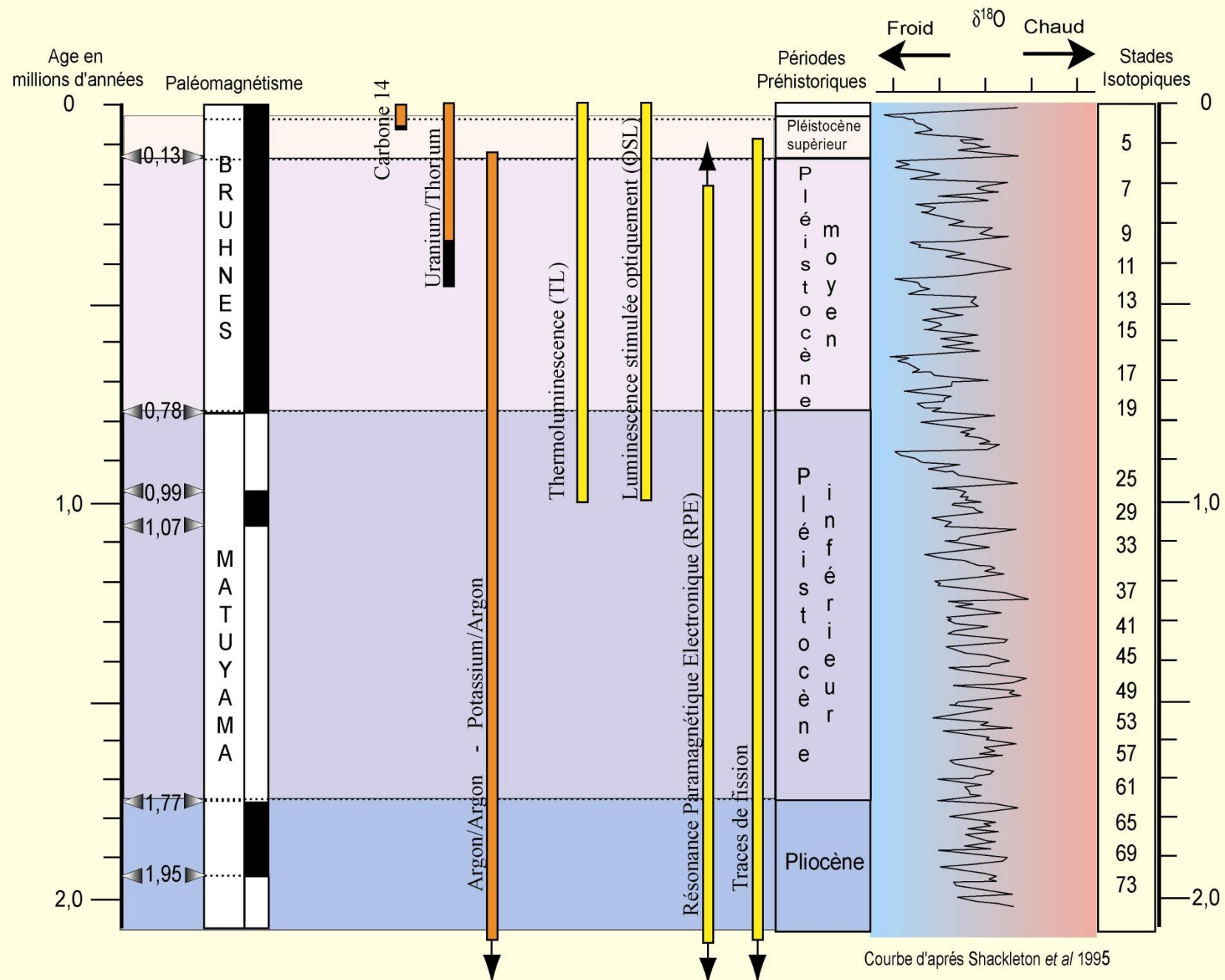


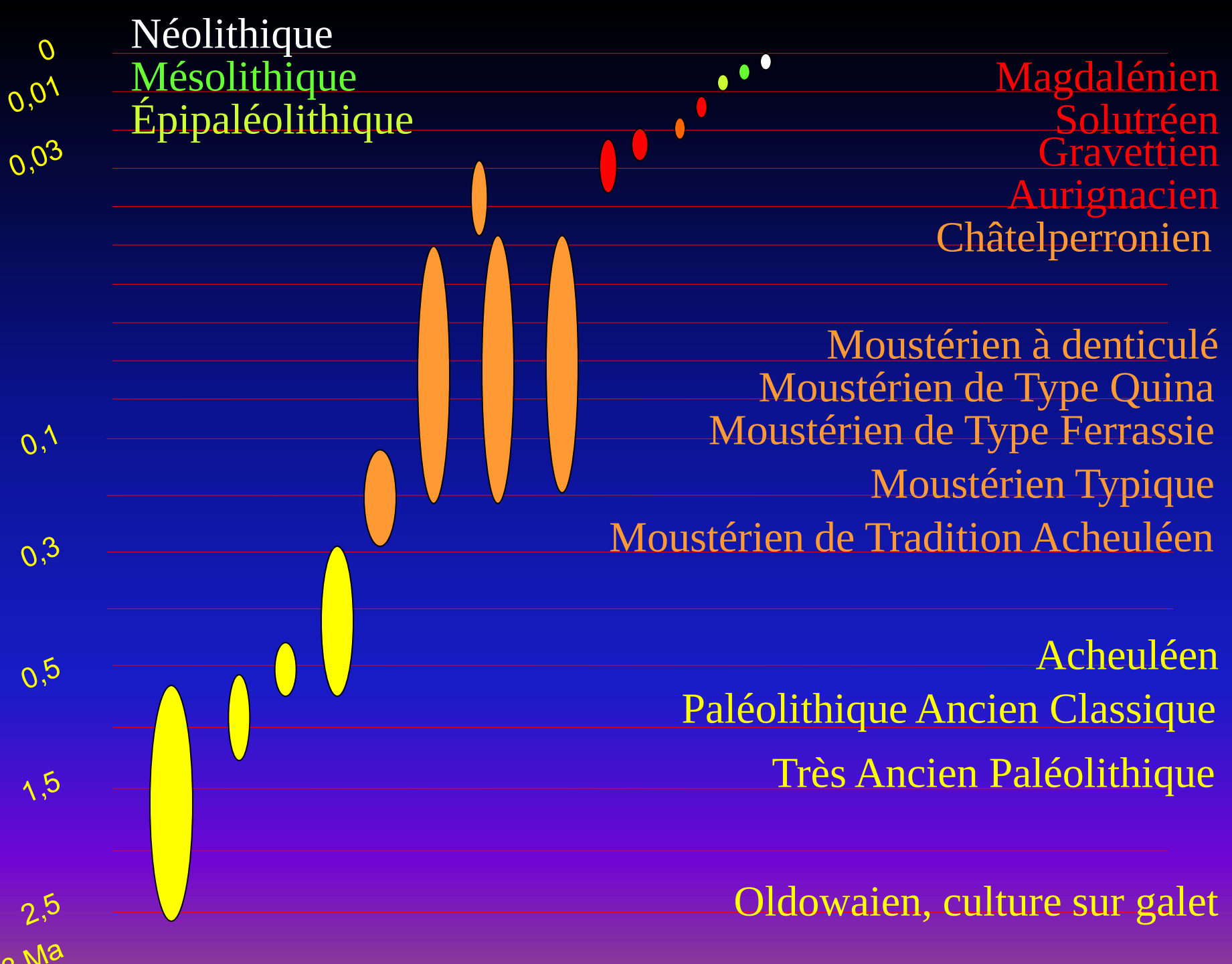
Minéraux volcaniques

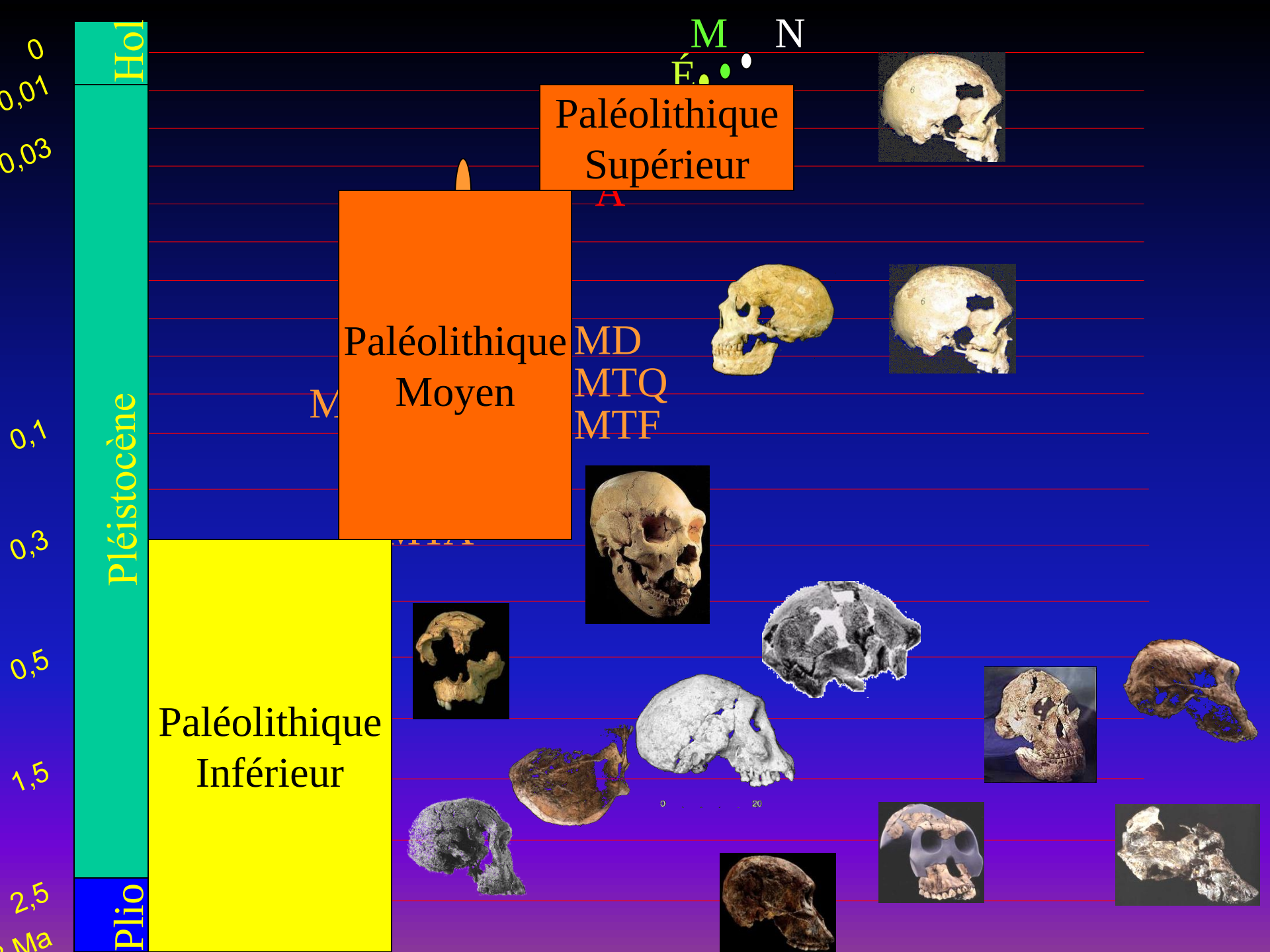
Bois et charbons

Éléments chauffés

D'après P. Voinchet







Datation par les acides aminés

Les acides aminés contenus dans un organisme vivant sont lévogyre exclusivement.

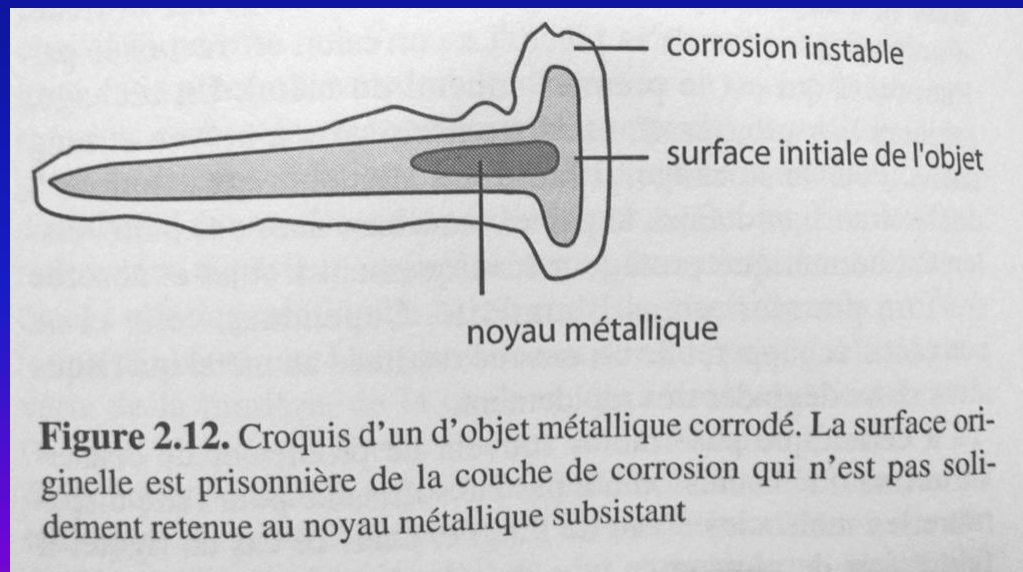
Après le mort de l'organisme, il y a une activité chimique qui exécute la transformation de ces acides aminés de lévogyre vers dextrogyre.

Le phénomène se poursuit jusqu'à l'équilibre: 50%.

Limite de la méthode : (1000 à 1 millions d'années).

Hydratations de l'obsidienne

Après le taille d'un outils sur de l'obsidienne, il se produit une hydratation de la surface de l'objet. En fonction de cette épaisseur il est possible d'établir une date précise jusqu'à 1 millions d'années



Les variations de l'O18

Dosage de l'oxygène 18 / Oxygène 16.

Carottage, composition de l'eau de mer, test de foraminifère...

L'établissement d'une courbe isotopique a montré la complexité du phénomène des glaciations. Ils deviennent des complexes de plusieurs stades glaciaires.*

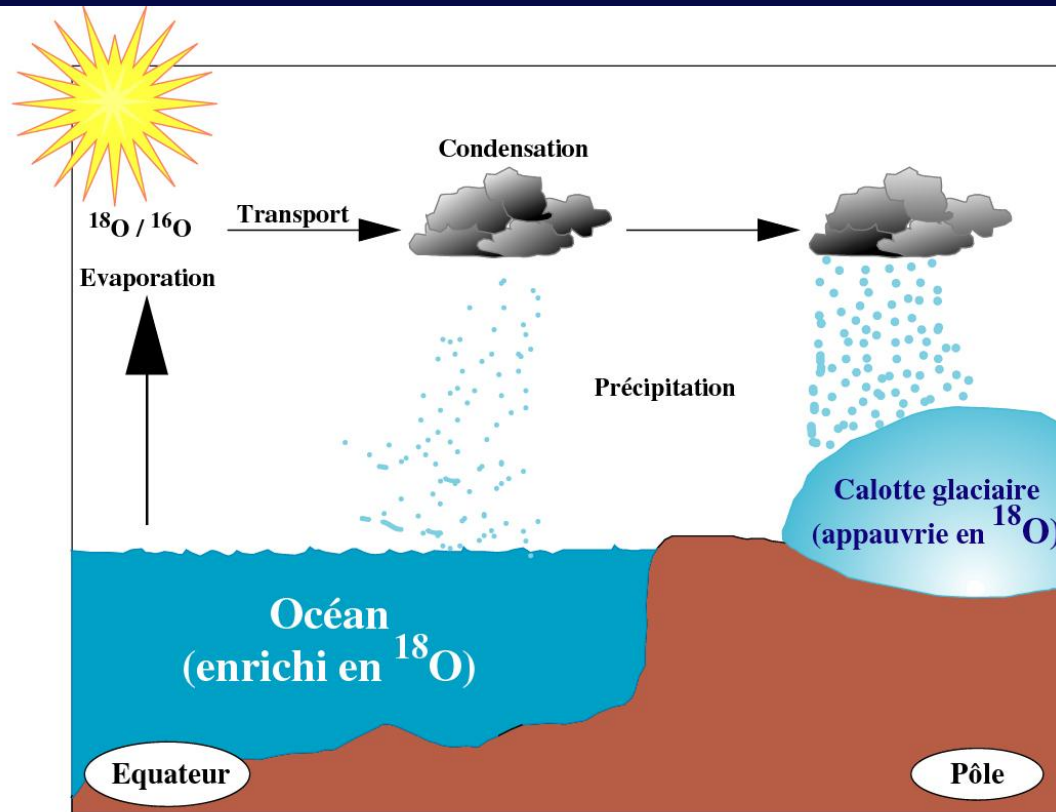
Mindel (10 à 18)

Riss (6, 8)

Wurm (2, 4)

Depuis 730 000 ans il y a pas moins de 9 oscillations froides.

Stratigraphie isotopique



Lors de la formation des nuages au-dessus de l'océan, la vapeur d'eau qui les compose est légèrement plus riche en ^{16}O , isotope "léger", que l'eau de mer à partir de laquelle elle se forme. L'eau de précipitation qui alimentent les calottes glaciaires s'appauvrit de plus en plus en ^{18}O au dessus de l'océan par évaporation et condensation.

Les glaciaires et interglaciaires

Période froides correspondant à la disparition des forêts et apparition d'une flore herbacées steppes...

Périodes chaudes permettant le retour complet d'un couvert végétal complet et forestiers, formation d'horizon humifère.

Les stades et interstade : période de courte durée appartenant à un cycle glaciaire ou interglaciaire exprimant une certaine tendance...

Permafrost, pergélisols

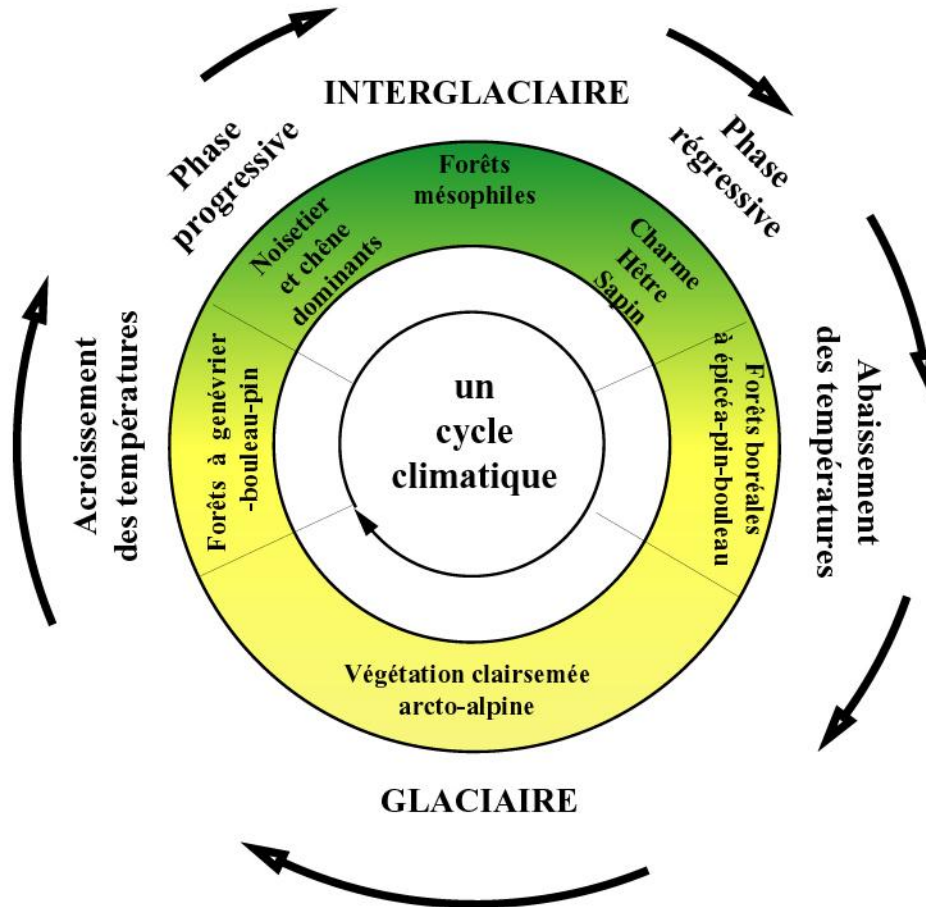
Gélivation des galets, gelifraction des pierres

Sols polygonaux (tri mécanique des galets en fonction de leurs tailles)

Coins de glace, fentes en coins

Solifluxion, Lacs, Plages fossiles, Dépôts fluviaux

Enregistrement des cycles climatiques d'après la végétation



D'après V. Lebreton

Dendrochronologie

Reconstruire le climat, des zones tempérées et datation.

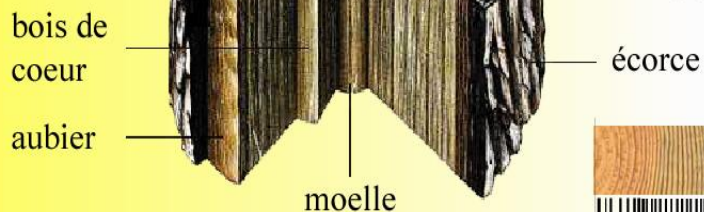
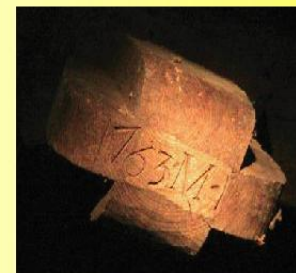
Deux arbres contemporains portent la même signatures climatiques, les mêmes cernes. Il est possible d'après l'épaisseur de ces cernes d'établir un signal qui statistiquement peut se recouvrir et être identique.

Cela permet d'obtenir une datation de l'arbre et ainsi de l'année d'abatage de cette arbre.

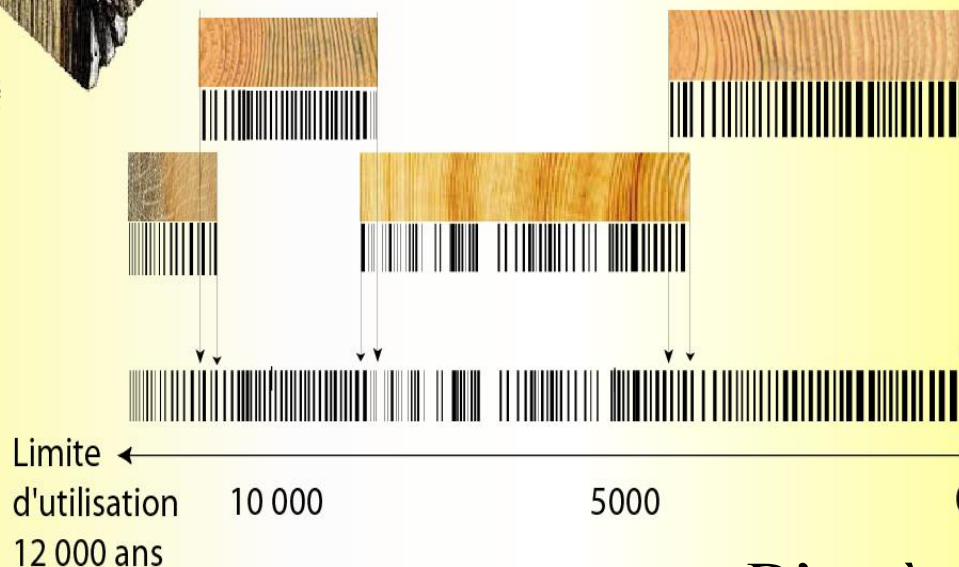
Limite de la méthode : 7 000 à 10 000 ans.

La Dendrochronologie

Utilisation du rythme de croissance de l'arbre
1 cerne = 1 an



Galère (Antiquité)



Recouplement
de plusieurs
séquences
afin d'établir
une séquence
de référence

D'après P. Voinchet



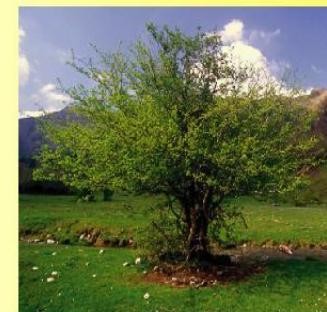
Cité lacustre (Néolithique)



Bâtiments Historiques



Oeuvre d'art



Aujourd'hui

Archéomagnétisme

Direction du champs magnétique terrestre.

Les minéraux ferromagnésiens s'orientent par rapport au pôle magnétique (direction) de la terre. Cette direction varie suivant les années et un repérage précis des différences entre l'actuel et la direction du passé permet de donner une date.

Les matériaux concernés sont des argiles chauffés (et prélevé in situ)

Limite de la méthode : 7 000 à 10 000ans, avec une précision de 20 ans.

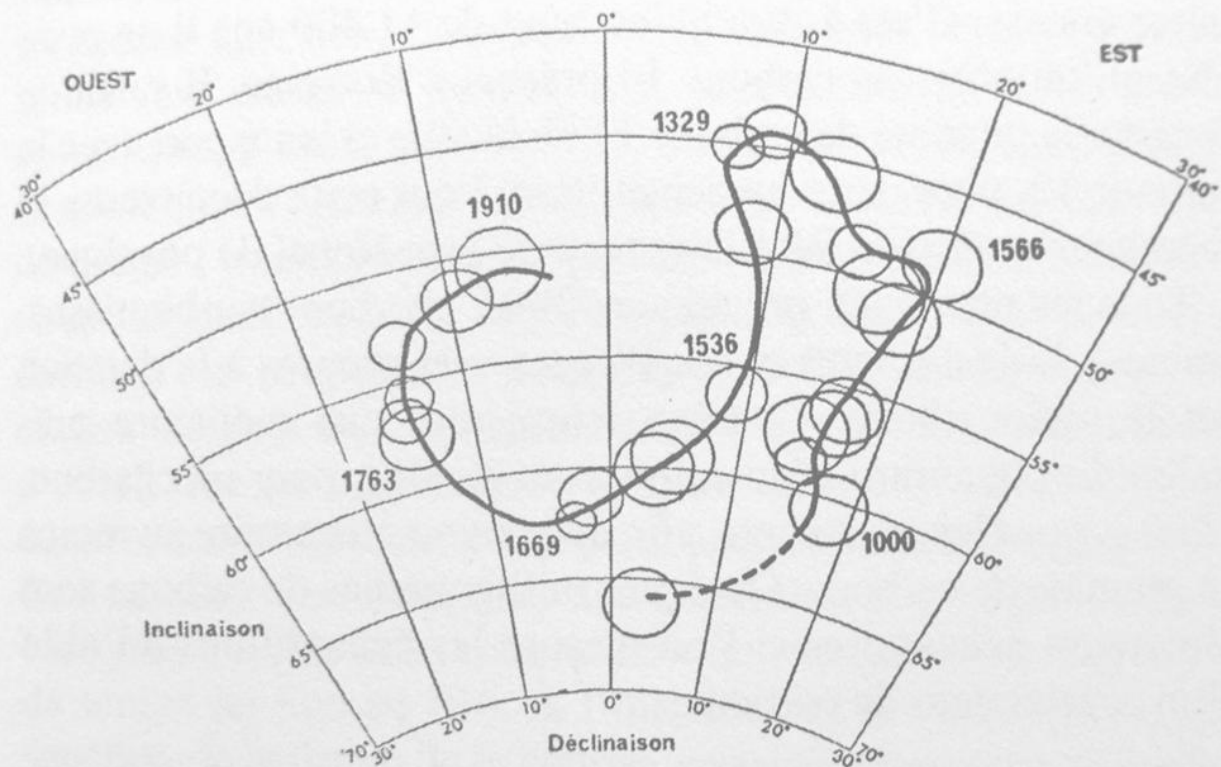


Figure 3.3. Évolution de la direction du nord magnétique en Sicile pour la période historique [*in* Giot et Langouet, 1984, p. 61]

Paléomagnétisme

Détermination de la polarité direct ou inverse d'un matériel chauffé.
(positif ou négatif), retrouvé l'aimantation primaire.

Inversion du pôle magnétique.

Trois grandes périodes

Gauss

Matuyama

Brunhes

Des évènements

Réunion

Olduvai

Gisa

Mountain

Cobt

Jarmillo

Emperor

Blake

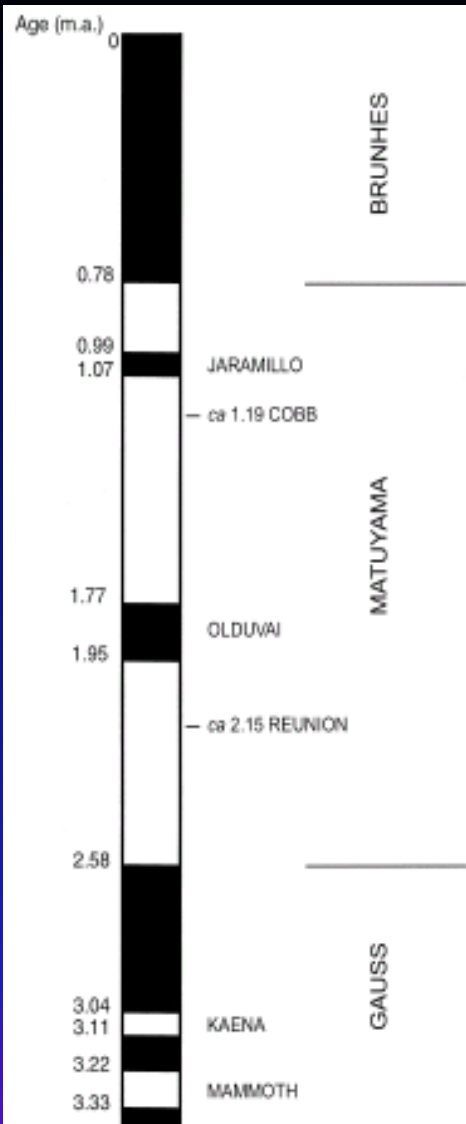


Figure 3. Échelle chronologique synthétique des polarités du champ magnétique terrestre au cours des derniers millions d'années. En grisé : polarité positive ; en blanc : polarité négative. (voir [1], [7], [15], [23], [31])

Figure 3. Chronological scale of earth magnetic field polarities during the last 3.33 million years.

Méthodes de datations absolues.

Les datations absolues permettent de fournir un cadre chronologique, mieux défini, aux divers évènements jalonnant le quaternaire.

Elles permettent une ordonnance des faits dans le temps. Une échelle de temps relative est réalisée par une comparaison des évènements les uns par rapport aux autres. Une échelle de temps absolue apporte une date à un fait, c'est un gain de précision.

Les méthodes de datations absolues utilisées sont diverses et fonctionnent suivant des conditions précises. Chaque méthode doit ou ne peut intervenir qu'en fonction des conditions physico-chimique et de la nature du site comme des matériaux à disposition.

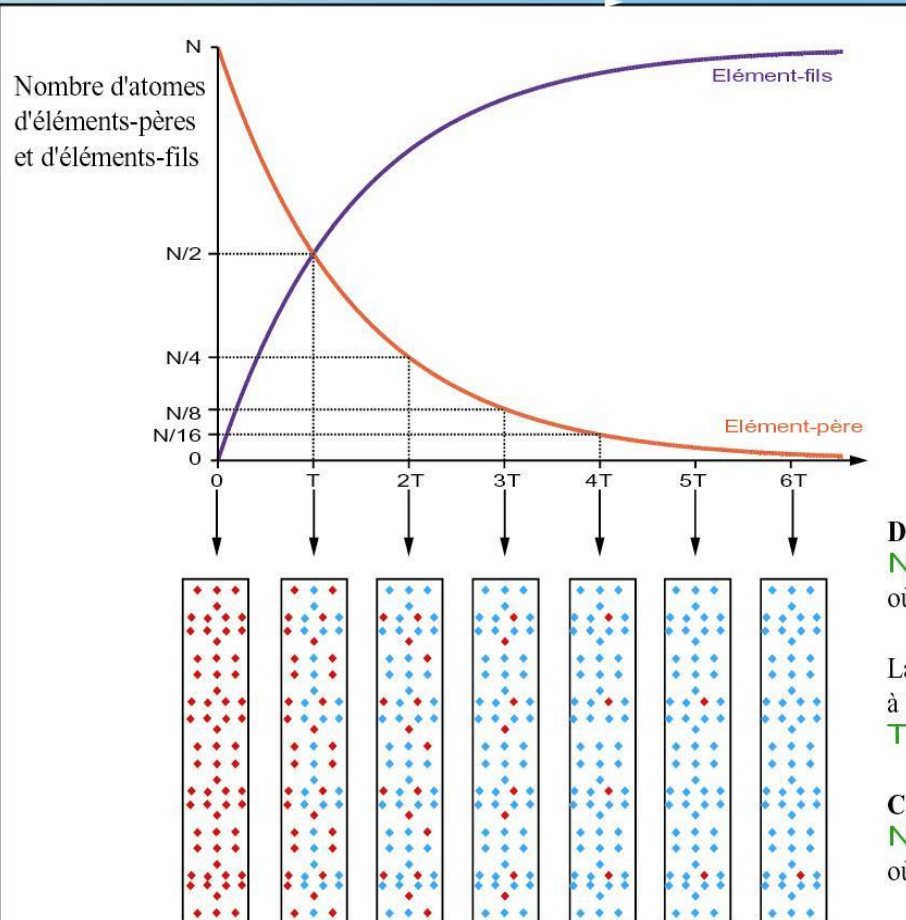
Principales méthodes utilisées en géochronologie du Quaternaire

Méthodes fondées sur la croissance ou la décroissance radioactive

La radioactivité

Certains éléments se désintègrent spontanément en émettant un rayonnement. On dit alors qu'ils sont radioactifs.

Pour un élément donné, il faut toujours le même temps pour que la quantité présente initialement ne diminue de moitié par désintégration. Cette durée constante est appelée la période et elle est caractéristique de l'élément radioactif étudié.



Décroissance de l'élément père

$$N(t) = N \cdot e^{-\lambda t}$$

où λ est la constante de désintégration de l'élément considéré.

La période radioactive T correspond au temps nécessaire à la disparition de la moitié des atomes présents initialement :

$$T = 0,693 / \lambda$$

Croissance de l'élément fils

$$N(t) = N (1 - e^{-\lambda t})$$

où λ est la constante de désintégration de l'élément considéré.

Datation au carbone 14

1950, Chicago, W. Libby invente la méthode.

Les isotopes du carbone : C11, C12, C13, C14

Le C14 est produit en haute atmosphère (par des rayons cosmiques, puis il est intégré dans le C*O₂).

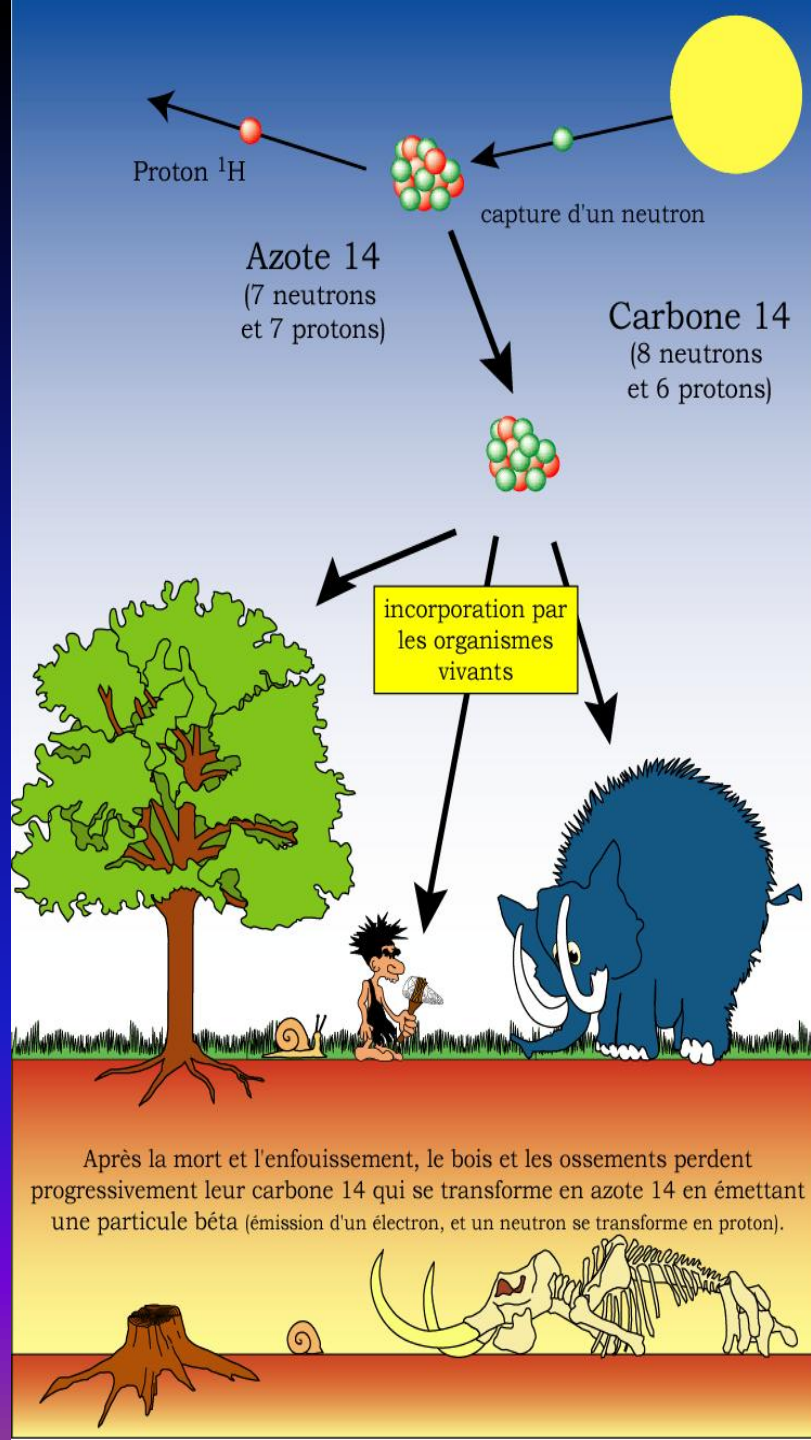
C'est sous cette forme qu'il est absorbé par les plantes et organismes photosynthétiques, puis dans le reste de la chaîne alimentaire, (os, chair, bois).

Le C14 fait parti intégrante de la matière organique, à l'heure actuelle comme à un temps T0. Enfouit, la dose (à T0) ou la concentration du C14 devient une paléodose.

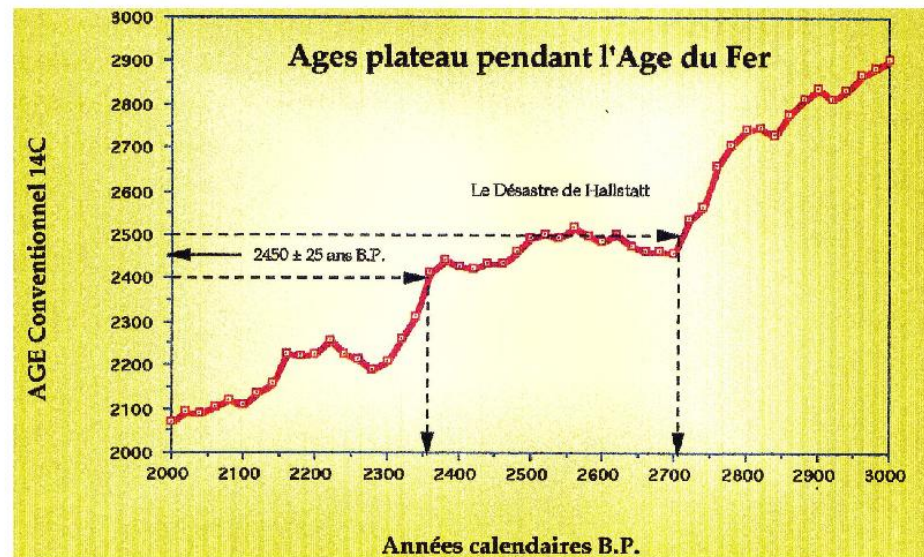
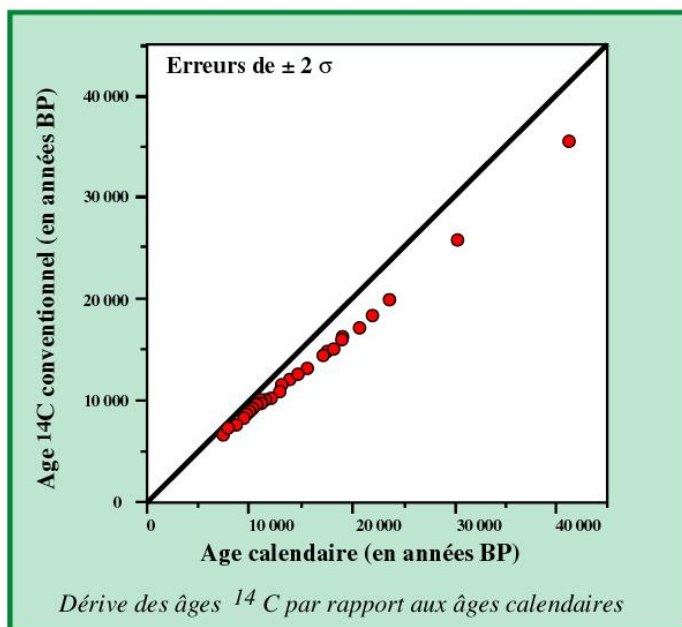
Le C14 est un élément radioactif. Sa période $T=5570$ ans, (période de demis-vie).

Les datations au C14 sont exprimées en BP, BC ou AD, avec un intervalle de confiance de 95% (soit deux écart type). Le C14 donne des dates plus jeunes qu'elle ne sont en réalité. Observation fait avec la dendrochronologie.

Limite de la méthode : (60 000 ans, 100 000)



Ces fluctuations du taux de formation de ^{14}C dans l'atmosphère au cours du temps nécessitent de corriger les âges ^{14}C conventionnels, de les calibrer en les comparant directement aux âges obtenus par une autre méthode non cosmogénique, généralement la dendrochronologie ou l'uranium-thorium.



Les corrections ainsi appliquées peuvent être importantes, puisqu'elles sont de l'ordre de 2 000 ans pour un âge de 11 000 ans ^{14}C BP et de 5 000 ans pour un âge de 30 000 ans ^{14}C BP.

Les âges sont alors exprimés en âges ^{14}C cal. BP ou directement en âges calendaires BP, BC (Before Christ, avant J.-C.) ou AD (Anno Domini, après J.-C.).

Potassium/Argon

Potassium 40 (se transforme en calcium 40 et Argon 40)

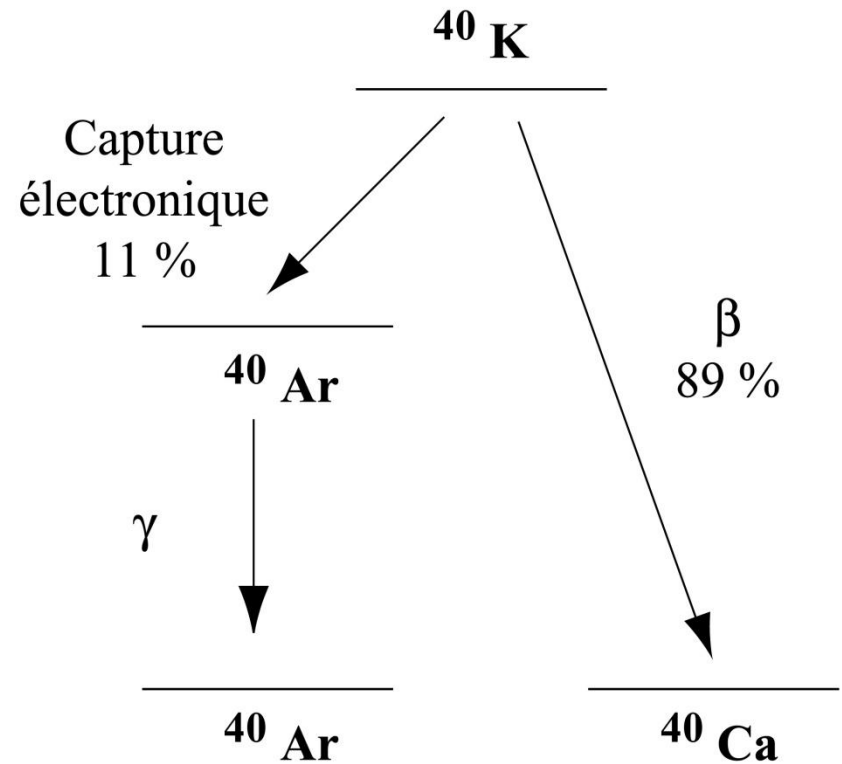
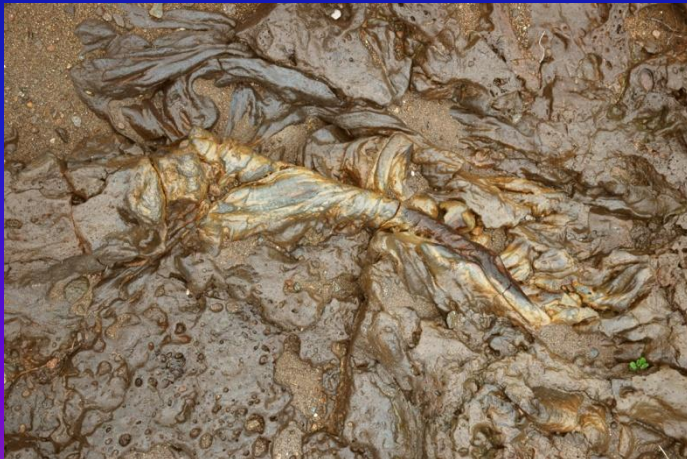
C'est le rapport entre les deux éléments qui va permettre de déterminer une date.

Présent dans les minéraux :Feldspath, micas... dans les roches volcaniques.

Limite de la méthode : (10 000 à plusieurs millions d'années, (500 000) à plusieurs millions d'années).

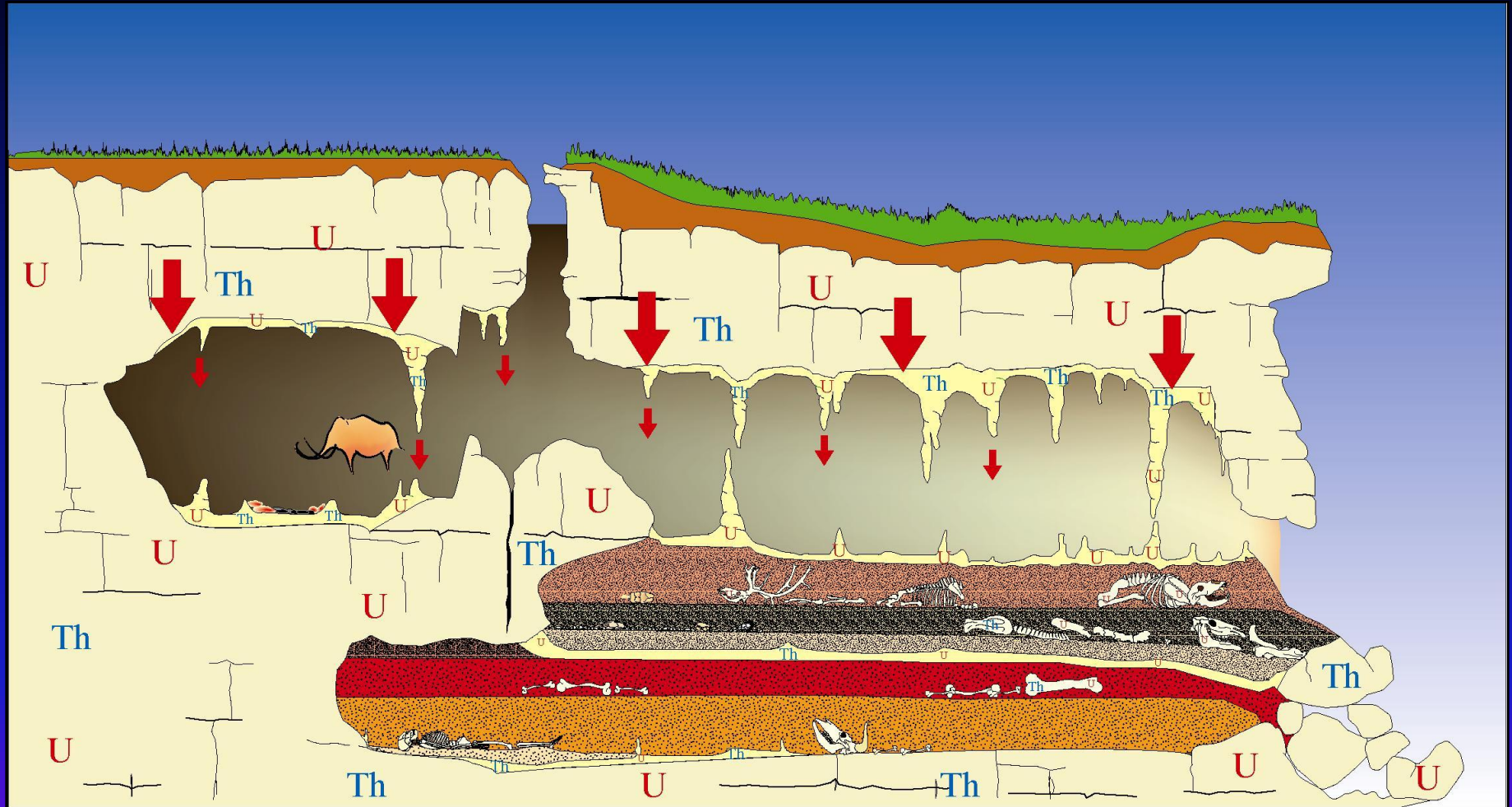
Période: 1,25 MMA

Les méthodes à l'argon



Les Séries de l'uranium

	SERIE U238						SERIE Th 232						SERIE U235			
Np																
U	U238		U234									U235				
Pa	↓	Pa234	↓									↓	Pa231 32500			
Th	Th234		Th230 75200				Th232		Th228			Th231	↓	Th227		
Ac			↓				↓	Ac228	↓				Ac227	↓		
Ra			Ra226				Ra228		Ra224					Ra223		
Fr			↓						↓					↓		
Rn			Rn222						Rn220					Rn219		
At			↓						↓					↓		
Po			Po218		Pb214	Po210			Po216		Po212			Po215		
Bi			↓	Bi214	↓	Bi210			↓	Bi212	↓			↓	Bi211	
Pb			Pb214		Pb210	Pb206			Pb212	↓	Pb208			Pb211	↓	Pb207
Tl										Tl208					Tl207	



D'après P. Voinchet

Uranium/Thorium

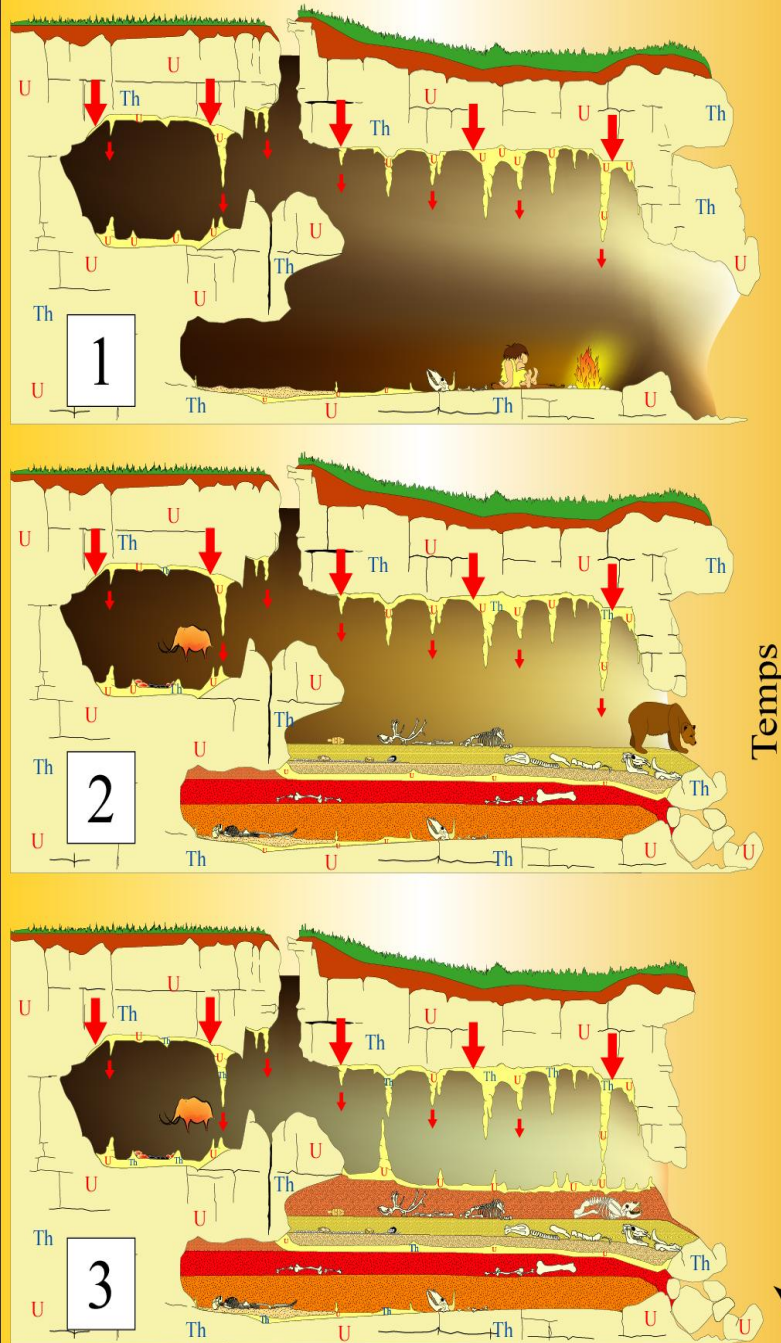
U238 se transforme en Th230, et Pb.

Ces éléments sont présent dans les sédiments, coraux, coquillages, travertins, stalagmites.

Période: 4,47MMA.

Limite de la méthode : (500 000 ans).

Méthode Uranium/Thorium



D'après P. Voinchet

Fission de l'Uranium :

Les traces de fissions (fission spontanée) : le nombre de traces est proportionnel au nombre de noyau d'Uranium contenu au départ par l'objet.

Matériel considéré : os, plancher stalagmitique, échantillon phosphaté.

Limite de la méthode : (1000 ans à plusieurs millions d'années).

Thermoluminescence (et OSL)

Mesurer l'énergie contenu dans des pièges du réseaux cristallin. Des électrons libres sont piégés dans les « réservoirs du réseau cristallin, (anomalies de cristallisations)... La quantité d'électrons augmente avec le temps...

U238, Th230, K40 émetteur d'énergie.

Éléments chauffés ? Les pièges se vident à cette occasion.

Pierre de foyer, céramique, couche de lœss (sous lave volcanique), silex chauffés, quartz, tous ces éléments sont enfouis et cachés des rayonnement du soleil.

La dose annuelle correspond à l'énergie libérée par rayonnement des éléments radioactifs de la roche, ou de l'encaissant. La dose archéologique est déterminée comme étant l'énergie stockée, et donc libérée après chauffage.

Limite de la méthode TL : (100 000 ans).

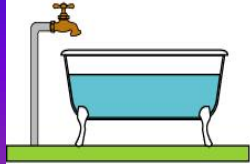
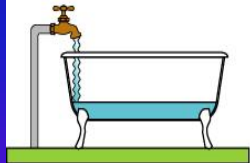
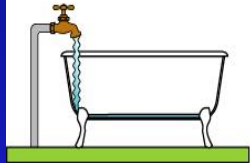
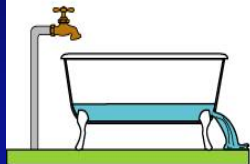
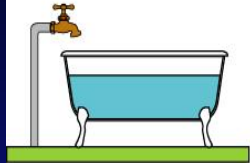
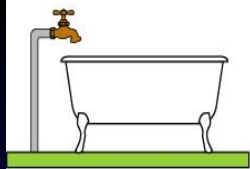
ESR

La spectrométrie ESR permet de détecter les électrons non appariés d'un échantillon paramagnétique placé dans un champ magnétique externe en observant l'absorption de l'énergie d'une micro-onde par cet échantillon.

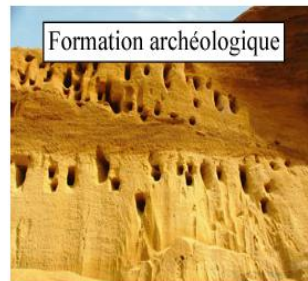
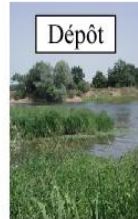
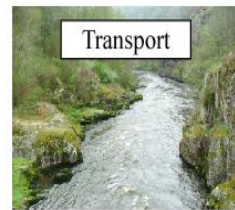
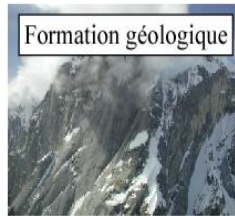
Les rayonnements isotopiques créent des défauts dans les minéraux qui augmentent avec le temps, (calcite, quartz, phosphate).

La datation ESR est basée sur un phénomène naturel: l'accumulation au cours du temps d'électrons piégés sous l'effet de la radioactivité naturelle dans des défauts des minéraux.

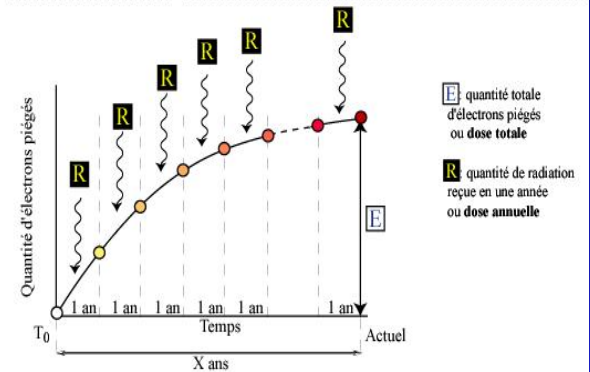
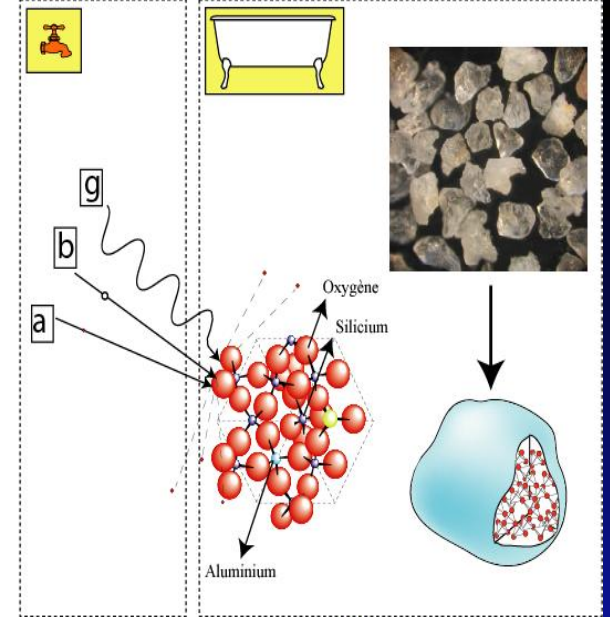
Limite de la méthode : (1000 ans à plusieurs millions d'années).



T_0
Actuel



T_0
Actuel



$$X \text{ ans} = \text{Age} = \frac{E}{R}$$

D'après P. Voinchet