

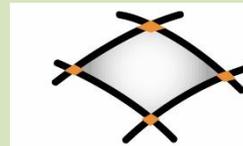
# Comment les sites préhistoriques sont-ils datés ?

Jean-Jacques Bahain

UMR 7194 Histoire naturelle de l'Homme Préhistorique CNRS-MNHN-UPVD

Département « Homme & Environnement » du Muséum national d'histoire naturelle  
Alliance Sorbonne Universités  
IPH et Musée de l'Homme, Paris  
[bahain@mnhn.fr](mailto:bahain@mnhn.fr)

UMR 7194



UPVD  
Université de Perpignan Via Domitia



DECOUVERTE

## Une dent trouvée à Tautavel « le plus vieux reste humain de France »

Par Camille Gévaudan — 28 juillet 2015 à 11:59



La dent âgée de 550 000 ans trouvée à Tautavel en juillet. Photo Dalnat Denis. EPCC-CERP Tautavel



Ce vestige humain, âgé de 550 000 ans, est bien plus vieux que les os et crânes humains déjà découverts dans cette grotte des Pyrénées-Orientales.

## M Sciences

SCIENCES Vidéos Archéologie Astronomie Biologie Cerveau Géophysique Mathématiques

### Ötzi, homme des glaces vieux de 5 300 ans, était infecté par une bactérie « asiatique »

## M Sciences

SCIENCES Vidéos Archéologie Astronomie Biologie Cerveau Géophysique Mathématiques

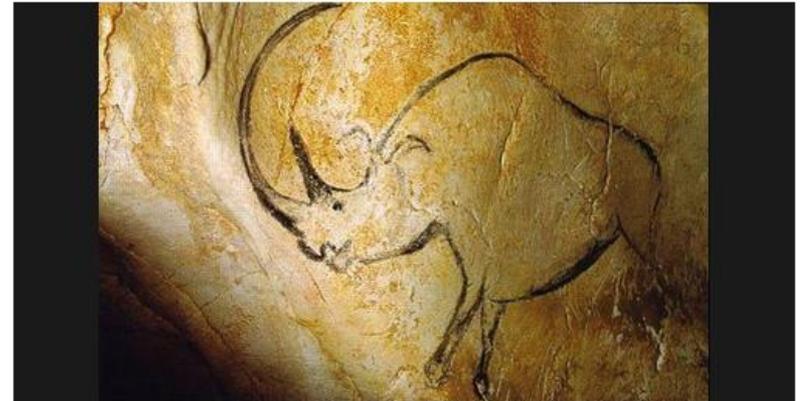
## Paléontologie : une mandibule africaine vieillit le genre humain de 400 000 ans

Ce fossile datant de 2,8 millions d'années témoignerait de la transition entre les australopithèques et les premiers « Homo ».

## Grotte Chauvet : la plus ancienne au monde

LE FIGARO · fr

Par Yves Miserey | Mis à jour le 08/05/2012 à 16:16 / Publié le 07/05/2012 à 19:20



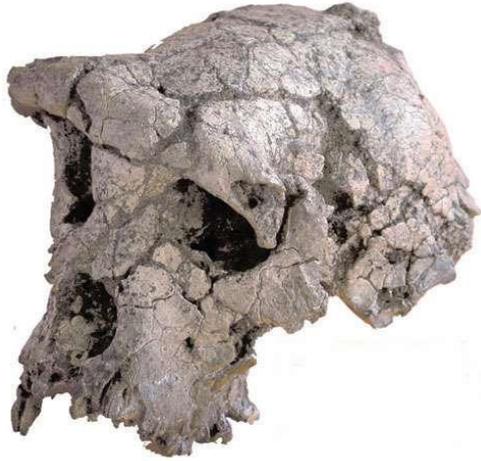
LE FIGARO PREMIUM  
1 mois d'essai offert

156 commentaires



Une datation basée sur des événements géologiques confirme que les peintures rupestres datent de plus de 30.000 ans. Elles seraient donc presque deux fois plus vieilles que celles de Lascaux.

## Toumaï



<https://scienceetonna nte.com/2011/04/04/aux-origines-de-lhomme-de-lucy-a-toumai/>

[https://fr.wikipedia.o rg/wiki/Lucy\\_%28australopith%C3%A8que%29#/media/Fichier:Reconstruction\\_of\\_the\\_fossil\\_skeleton\\_of\\_%22Lucy%22\\_the\\_Australopithecus\\_afarensis.jpg](https://fr.wikipedia.o rg/wiki/Lucy_%28australopith%C3%A8que%29#/media/Fichier:Reconstruction_of_the_fossil_skeleton_of_%22Lucy%22_the_Australopithecus_afarensis.jpg)

Environ 7 000 000 ans

$^{10}\text{Be}$

## Lucy

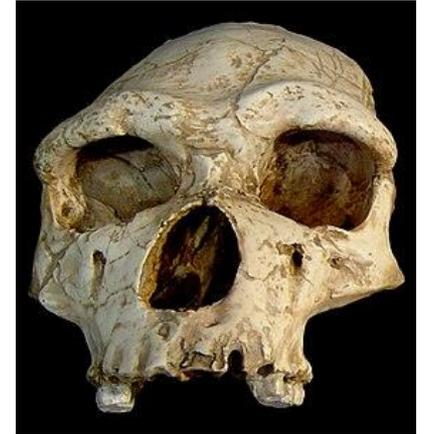


[https://upload.wiki media.org/wikipedia /commons/thumb/b /bc/Homme\\_de\\_Tau tavel.jpg/280px-Homme\\_de\\_Tautave l.jpg](https://upload.wiki media.org/wikipedia /commons/thumb/b /bc/Homme_de_Tau tavel.jpg/280px-Homme_de_Tautave l.jpg)

3 200 000 ans

$^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  &  $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$

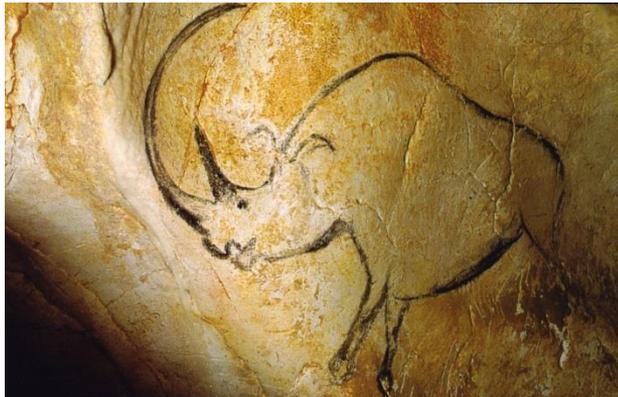
## Homme de Tautavel



450 000 ans

ESR/U-Th

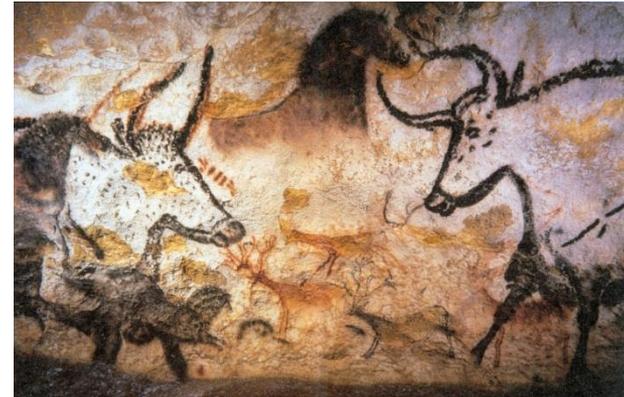
## Chauvet



36 000 ans

[https://fr.m.wikiped ia.org/wiki/Fichier:Rhinoc%C3%A9ros\\_grotte\\_Chauvet.jpg](https://fr.m.wikiped ia.org/wiki/Fichier:Rhinoc%C3%A9ros_grotte_Chauvet.jpg)

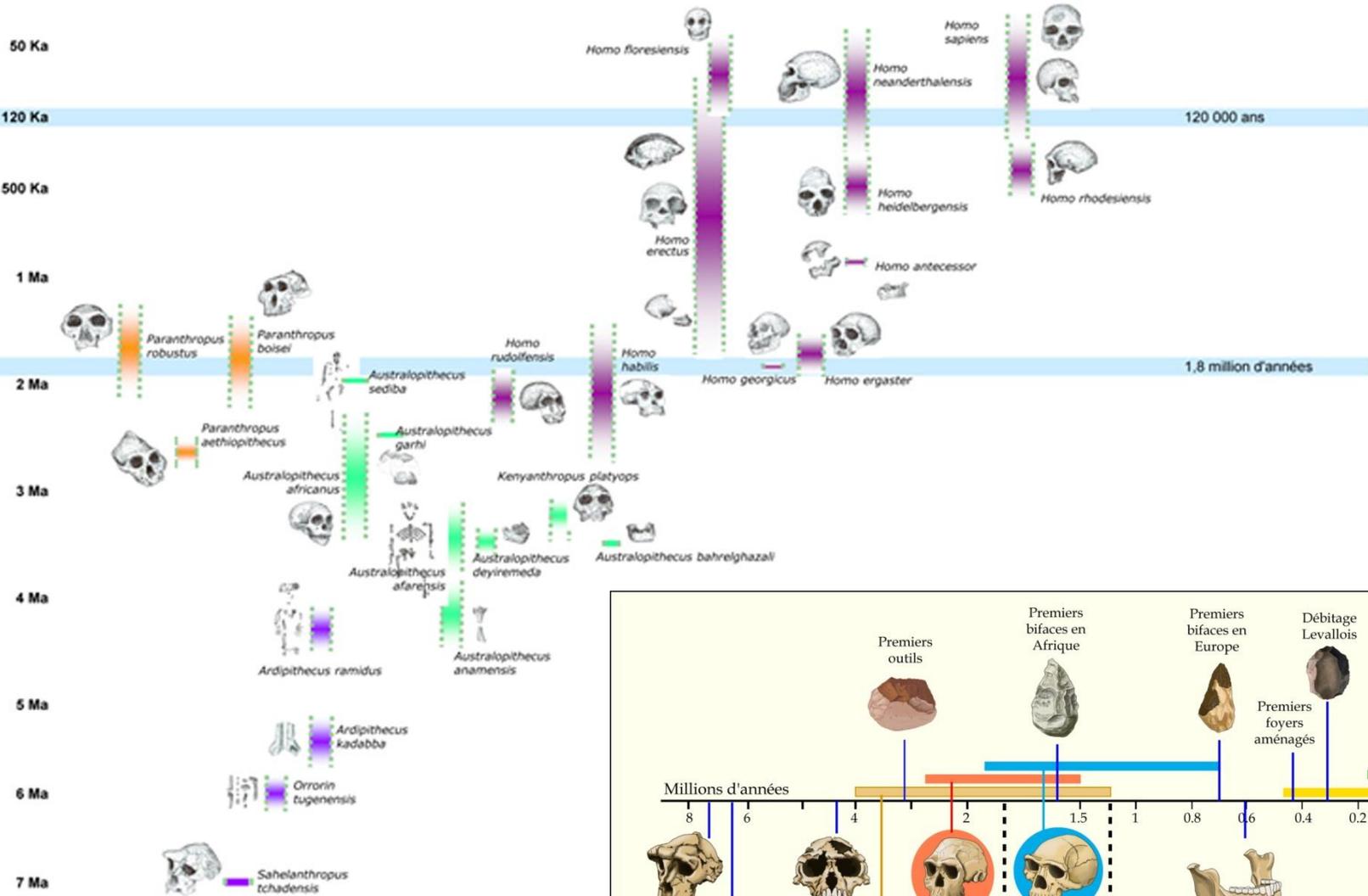
## Lascaux



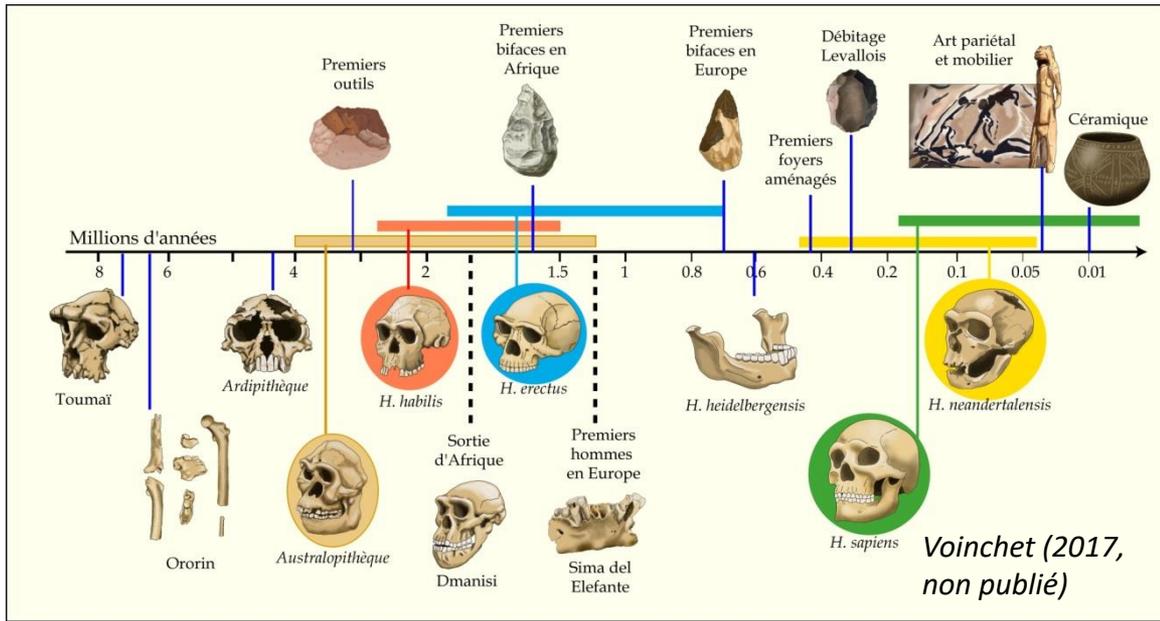
17 000 ans

[https://fr.wikiped ia.org/wiki/Grotte\\_de\\_Lascaux#/media/Fichier:Lasca ux\\_painting.jpg](https://fr.wikiped ia.org/wiki/Grotte_de_Lascaux#/media/Fichier:Lasca ux_painting.jpg)

$^{14}\text{C}$



D. Grimaud-Hervé, 2015

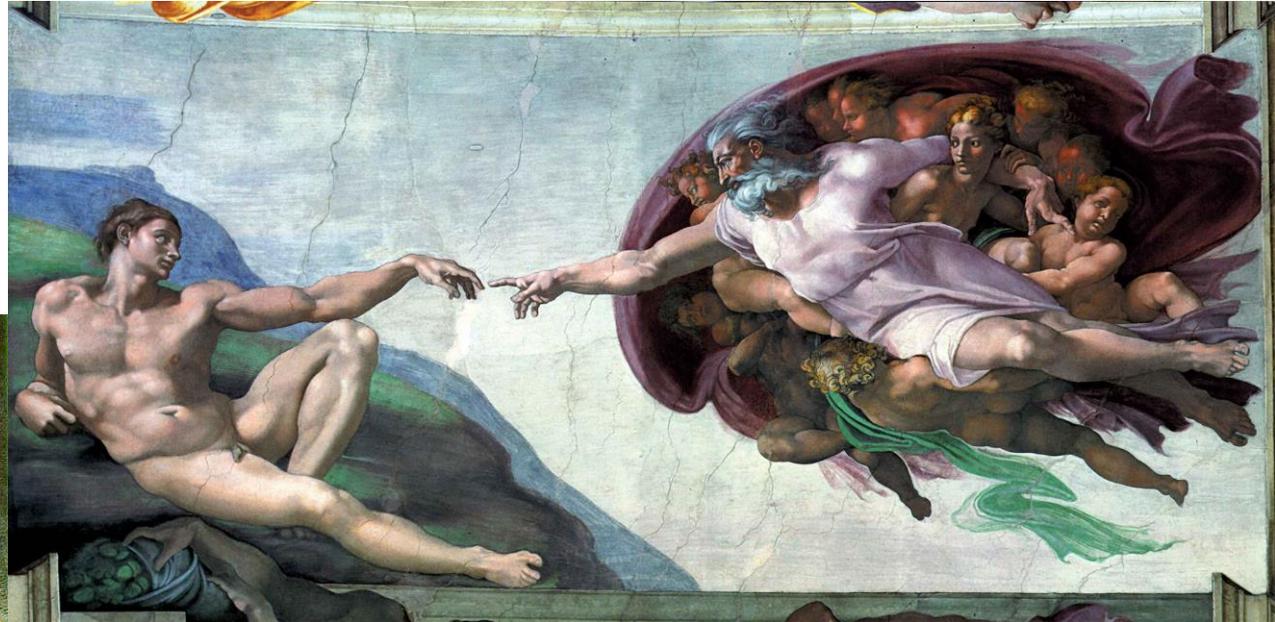


## Comment a été construit le cadre chronologique de l'évolution humaine ?

Avant le XVII<sup>ème</sup> siècle

Chronologie  
religieuse

[https://fr.wikipedia.org/wiki/La\\_Cr%C3%A9ation\\_d%27Adam\\_%28Michel-Ange%29](https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Cr%C3%A9ation_d%27Adam_%28Michel-Ange%29)



Michel-Ange – La création d'Adam (1508)

...la chronologie terrestre était essentiellement basée sur les textes religieux...

...et concluait à un âge de l'ordre de quelques milliers d'années.

William Blake – l'Ancien des Jours traçant le cercle du monde (1794)

<https://fr.wahooart.com/@/7Z4Q6J-William-Blake-L-Ancien-des-Jours>



[https://fr.wikipedia.org/wiki/James\\_Ussher#/media/Fichier:James\\_Ussher\\_by\\_Sir\\_Peter\\_Lely.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/James_Ussher#/media/Fichier:James_Ussher_by_Sir_Peter_Lely.jpg)



James Ussher (1581-1656)

**Annales Veteris Testamenti, a prima mundi origine deducti (1650)**

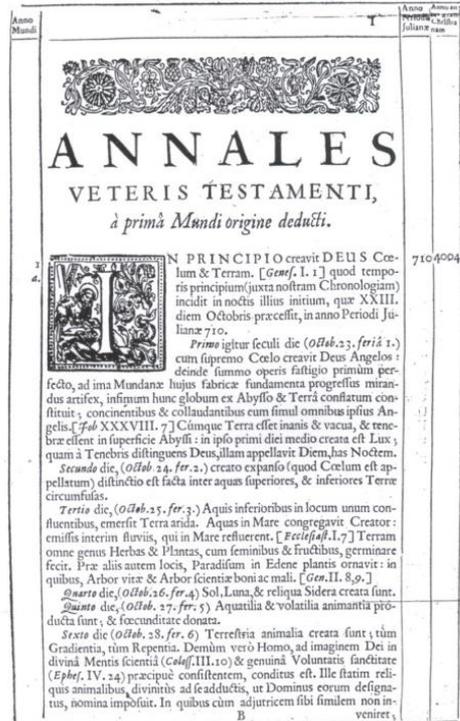
The first Age of the World : From the Creation to the Flood : This space is called, *Early in the morning, Mat. 2.*

*Hilar. in loc.*

**Ten Fathers before the Flood.**

130	130	Seth born in original sin, Gen. 5. 2, 3. a holy man : and father of all men after the Flood, Numb. 24. 17. to shew all men born in that estate.
235	235	105 Enoſh born : corruption in Religion by Idolatry begun, Gen. 4. 25. Enoſh therefore ſo named, <i>Sorrowful</i> .
325	325	195 90 Kanan born : A mourner for the corruption of the times.
395	395	265 160 70 Mahalacel born : A praifer of the Lord.
460	460	330 225 135 65 Jared born : when there is ſtill a deſcending from evil to worſe.
622	622	492 387 297 227 162 Enoch born : and Dedicated to God : the ſeventh from Adam, Jude 14.
687	687	557 452 362 292 227 65 Methuſelab born : his very name foretold the Flood. The laſt of the world is only for his life.
874	874	744 639 549 479 414 252 187 Lamecſh born. A man ſmitted with grief for the preſent corruption and future puniſhment.
930	930	800 695 605 535 470 308 243 56 Adam dieth : having lived 1000. years within 70. Now 70 years a whole age, Pſal. 90. 10.
987	987	857 752 662 592 527 365 300 113 57 Enoch tranſlated : next after Adams death : mortality taught in that, <i>immortality in this.</i>
1042	1042	912 807 717 647 582 355 168 112 55 Seth dieth.
1056	1056	821 731 651 596 369 182 126 69 14 Noah born a comforter.
1140	1140	905 815 745 680 453 266 210 153 98 84 Enoſh dieth.
1235	1235	905 815 745 680 453 266 210 153 98 84 Kanan dieth.
1290	1290	910 840 775 603 416 360 303 248 193 179 95 Mahalacel dieth.
1422	1422	840 775 603 416 360 303 248 193 179 95 Jared dieth.
1536	1536	849 652 605 549 480 396 301 246 114 The CXX. years begin, Gen. 6. 3.
1556	1556	869 682 626 569 514 500 416 321 266 134 20 Japeth born.
1558	1558	871 684 628 571 516 502 418 323 268 136 22 2 Sem born.
1651	1651	964 777 721 664 609 595 511 416 361 229 115 95 93 Lamecſh dieth.
1656	1656	969 777 726 669 614 600 516 421 266 234 120 100 98 5 Methuſelab dieth, and the Flood cometh.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ussher\\_chronology#/media/File:Annales\\_Veteris\\_Testamenti\\_page\\_1.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Ussher_chronology#/media/File:Annales_Veteris_Testamenti_page_1.jpg)



Pour Ussher, le résultat est clair : le monde a été créé le **dimanche 23 octobre 4004 BC** (avant Jésus-Christ) à **9h** (calendrier julien).

**Mayas 11 août 3114 BC** (calendrier julien)

**Egyptiens entre 28 000 et 40 000 BC**

**Chinois environ 39 000 BC**

**Sumériens environ 240 000 BC**

**Hindous 4 300 000 000 BC**

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicolas\\_St%C3%A9non#/media/Fichier:Niels\\_stensen.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicolas_St%C3%A9non#/media/Fichier:Niels_stensen.png)



**Niels Stensen  
(Nicolas Steno)  
(1638-1686)**



*De solido intra solidum naturaliter  
contento dissertationis prodromus  
(1669)*

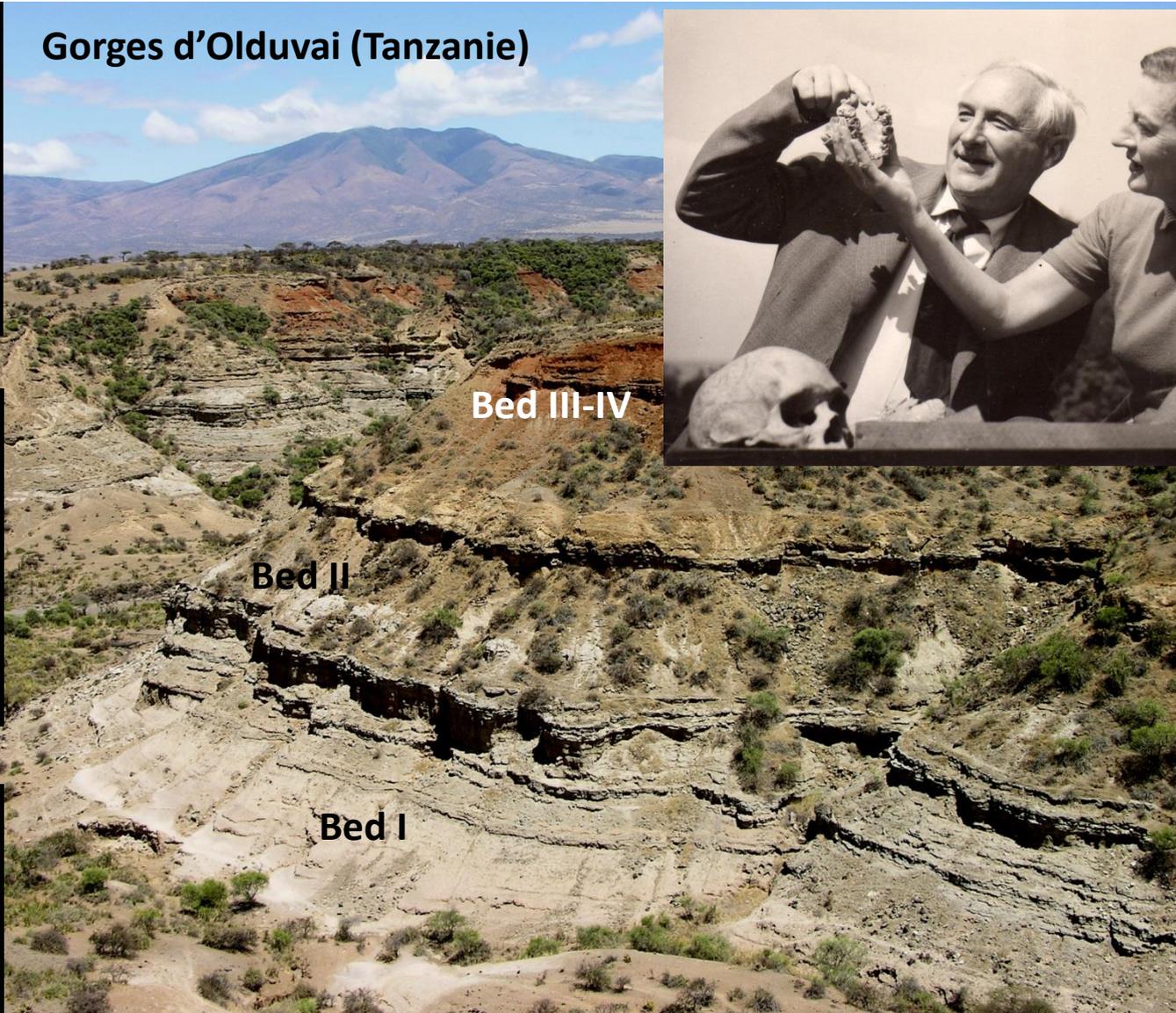
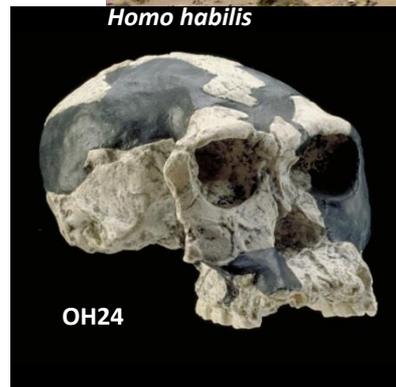
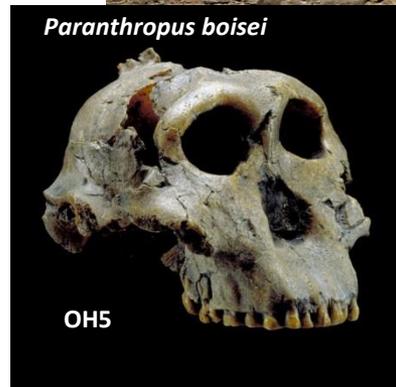
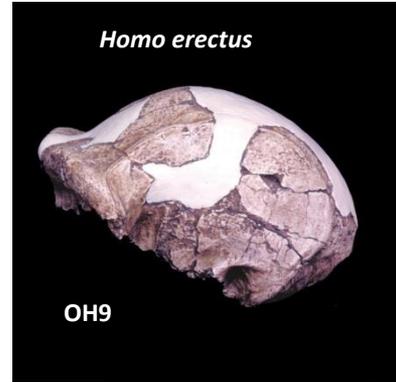
**XVIIème siècle**

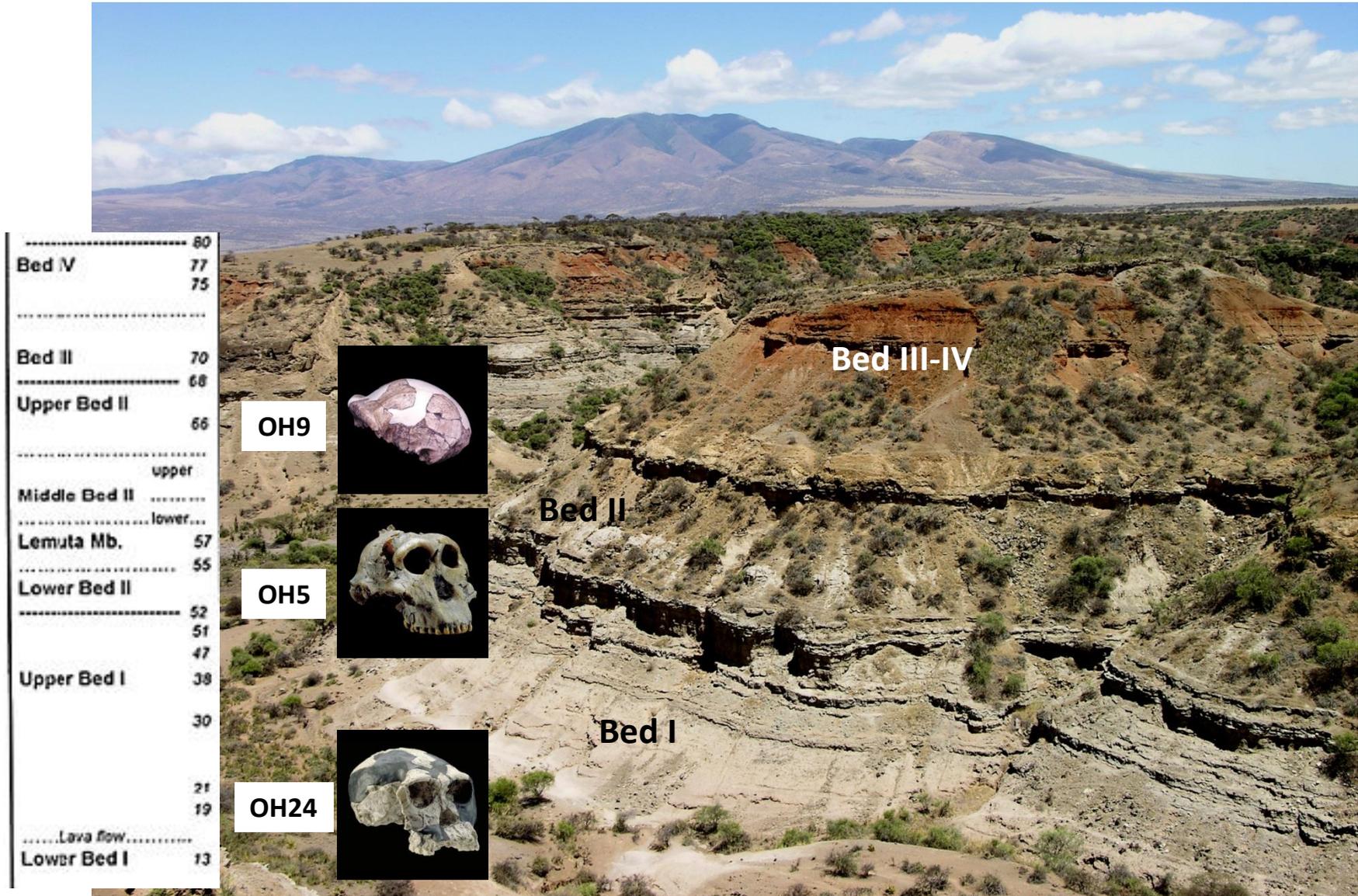
**Naissance de la stratigraphie et de la géologie historique**

**Principes d'horizontalité primaire, de  
superposition et de continuité**



## Gorges d'Olduvai (Tanzanie)





[https://fr.wikipedia.org/wiki/Georges-Louis\\_Leclerc\\_de\\_Buffon](https://fr.wikipedia.org/wiki/Georges-Louis_Leclerc_de_Buffon)



**Georges-Louis Leclerc  
de Buffon**  
(1707-1788)

## LES ÉPOQUES

DE

### LA NATURE,

PAR MONSIEUR

LE COMTE DE BUFFON,

*Intendant du Jardin & du Cabinet du  
Roi, de l'Académie Française, de celle  
des Sciences, &c.*

TOME PREMIER.



A PARIS,  
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

M. DCC. LXXX.

## XVIIIème siècle

### La perception d'un temps long

#### Chronologie sédimentaire par estimation du temps de sédimentation

« Cherchons combien il a fallu de temps pour la construction d'une colline d'argile de mille toises de hauteur. Les sédiments successifs des eaux ont formé toutes les couches dont la colline est composée depuis la base jusqu'à son sommet. Or nous pouvons juger du dépôt successif et journalier des eaux par les feuilletés des ardoises ; ils sont si minces, qu'on peut en compter une douzaine dans une ligne d'épaisseur. Supposons donc que chaque marée dépose un sédiment d'un douzième de ligne d'épaisseur, c'est-à-dire, d'un sixième de ligne chaque jour, le dépôt augmentera d'une ligne en six jours, de six lignes en trente-six jours, et par conséquent d'environ cinq pouces en un an ; **ce qui donne plus de quatorze mille ans pour le temps nécessaire à la composition d'une colline de glaise de mille toises de hauteur.** »

#### Calcul de l'âge de la Terre à partir de sa vitesse de refroidissement

« Comparons les effets de cette consolidation du globe de la Terre en fusion à ce que nous voyons arriver à une masse de métal ou de verre fondu, lorsqu'elle commence à se refroidir [...]. Tant que la surface du globe n'a pas été refroidie au point de permettre à l'eau d'y séjourner sans s'exhaler en vapeurs, toutes nos mers étoient dans l'atmosphère ; elles n'ont pu tomber et s'établir sur la Terre qu'au moment où sa surface s'est trouvée assez attiédie pour ne plus rejeter l'eau par une trop forte ébullition : Et ce temps de l'établissement des eaux sur la surface du globe, n'a précédé que de peu de siècles le moment où l'on auroit pu toucher cette surface sans se brûler ; de sorte qu'en comptant **soixante-quinze mille ans** depuis la formation de la Terre, et la moitié de ce temps pour son refroidissement au point de pouvoir la toucher, il s'est peut-être passé vingt-cinq mille des premières années avant que l'eau, toujours rejetée dans l'atmosphère, ait pu s'établir à demeure sur la surface du globe »

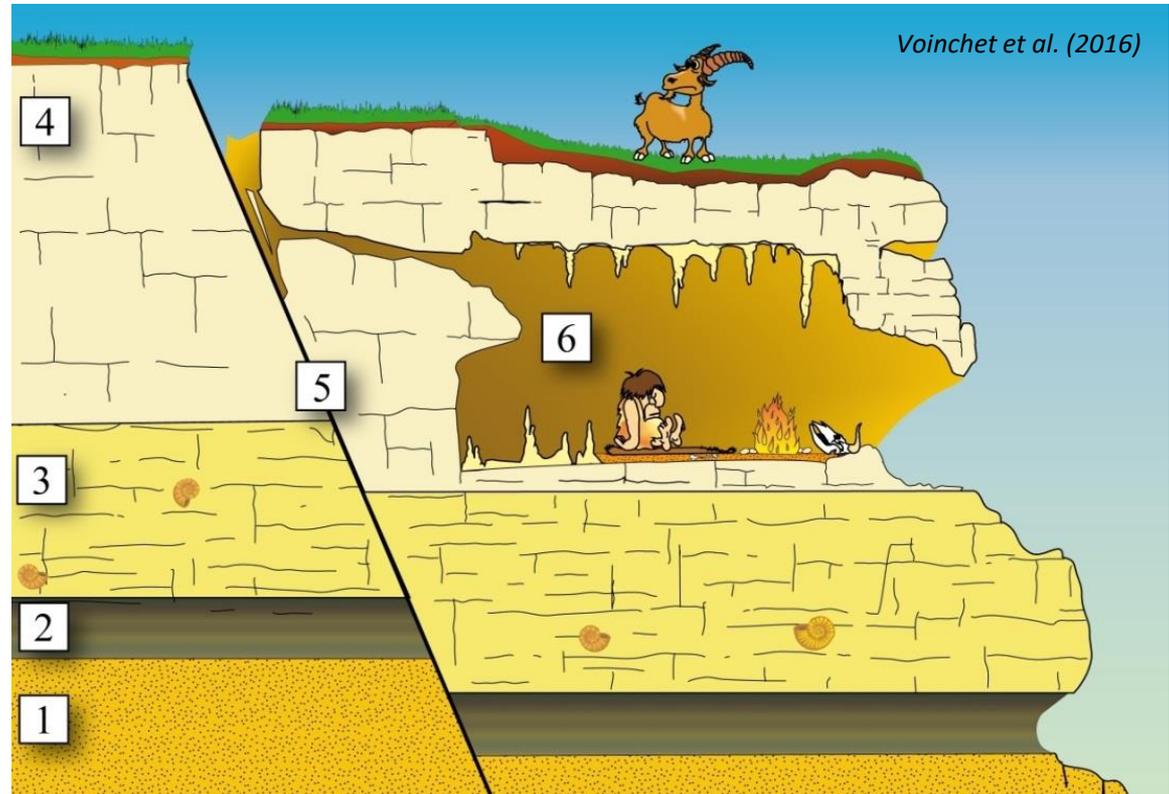
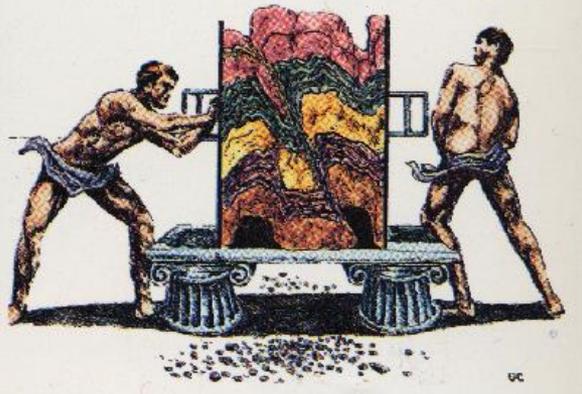
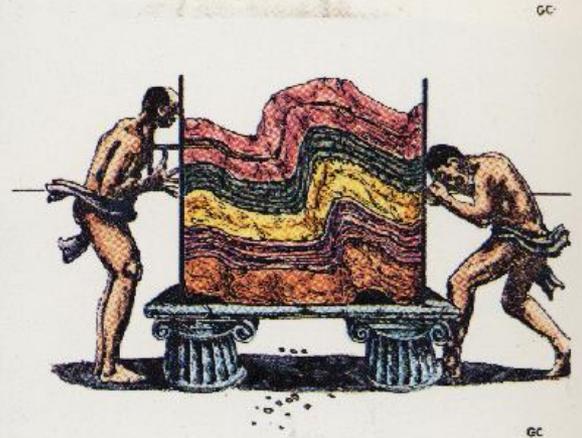
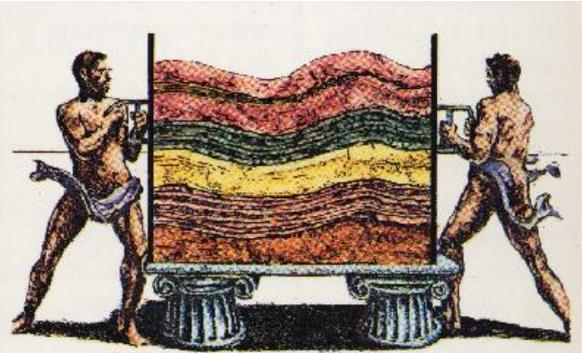
<https://www.meisterdrucke.fr/fine-art-prints/Unbekannt/716261/Sir-Charles-Lyell%2C-1er-baronnet%2C-avocat-et-g%C3%A9ologue-%C3%A9cossais%2C-1875.html>

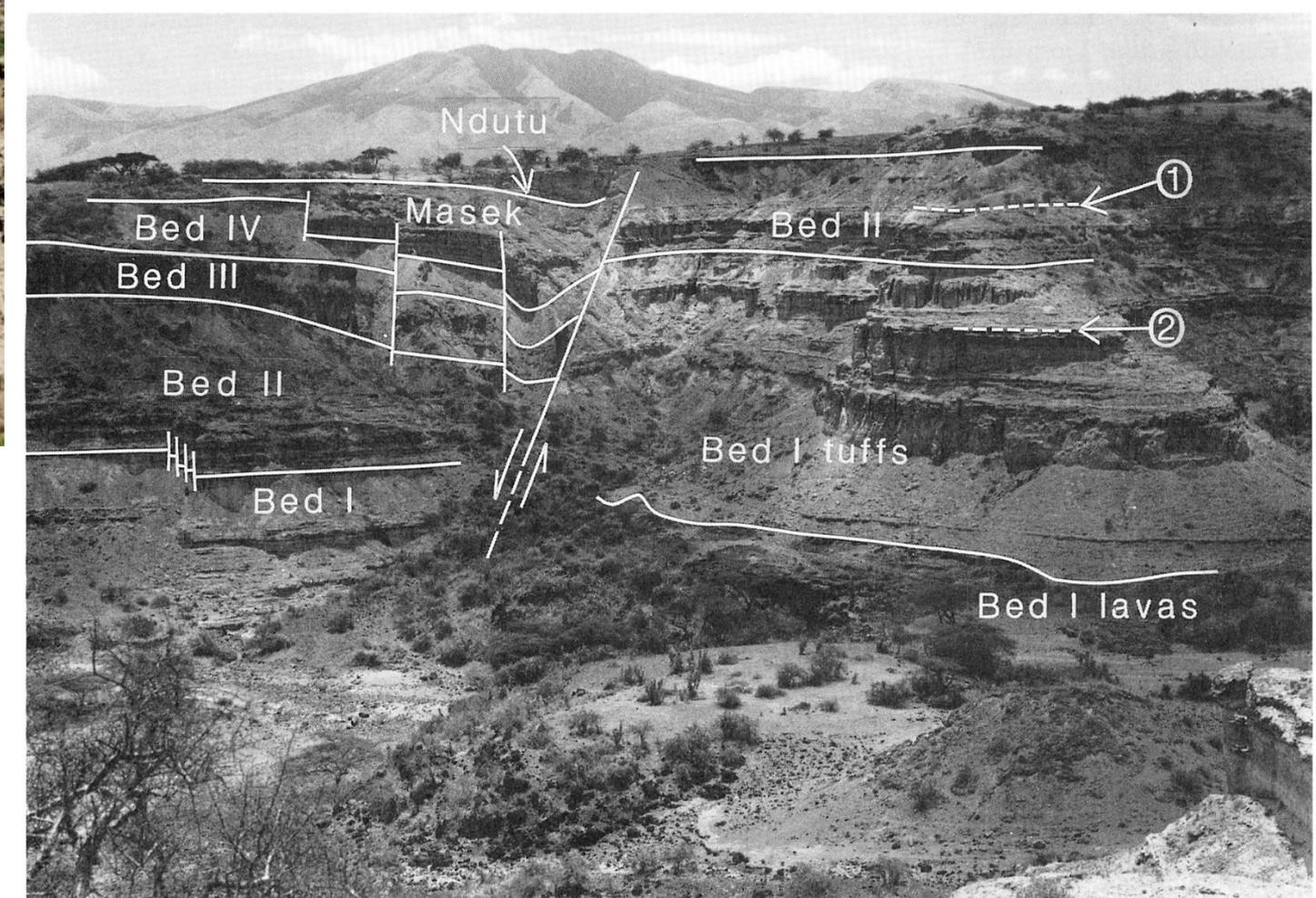
## XIX<sup>ème</sup> siècle

### Principe de recoupement et d'inclusion

Tout événement ou un objet qui en affecte un autre est plus récent que ce dernier.

**Charles Lyell**  
(1797-1875)







William Smith  
(1769-1839)



Georges Cuvier  
(1769-1832)



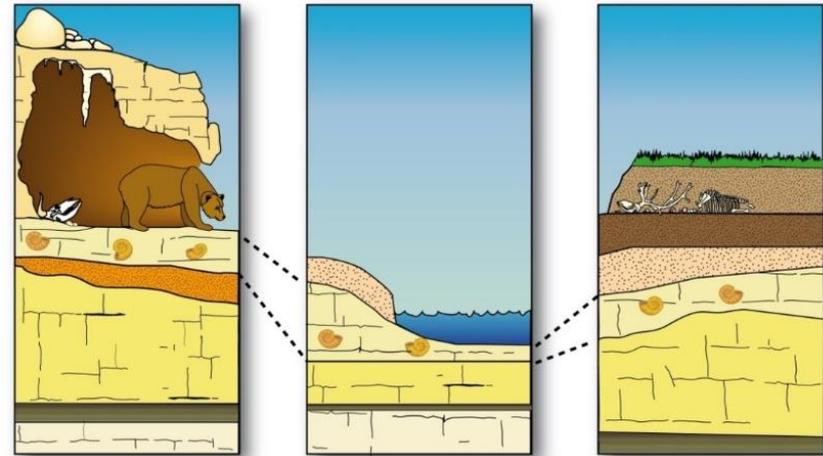
Alexandre Brongniart  
(1770-1847)

<https://fr.wikipedia.org/wiki>

## XIX<sup>ème</sup> siècle

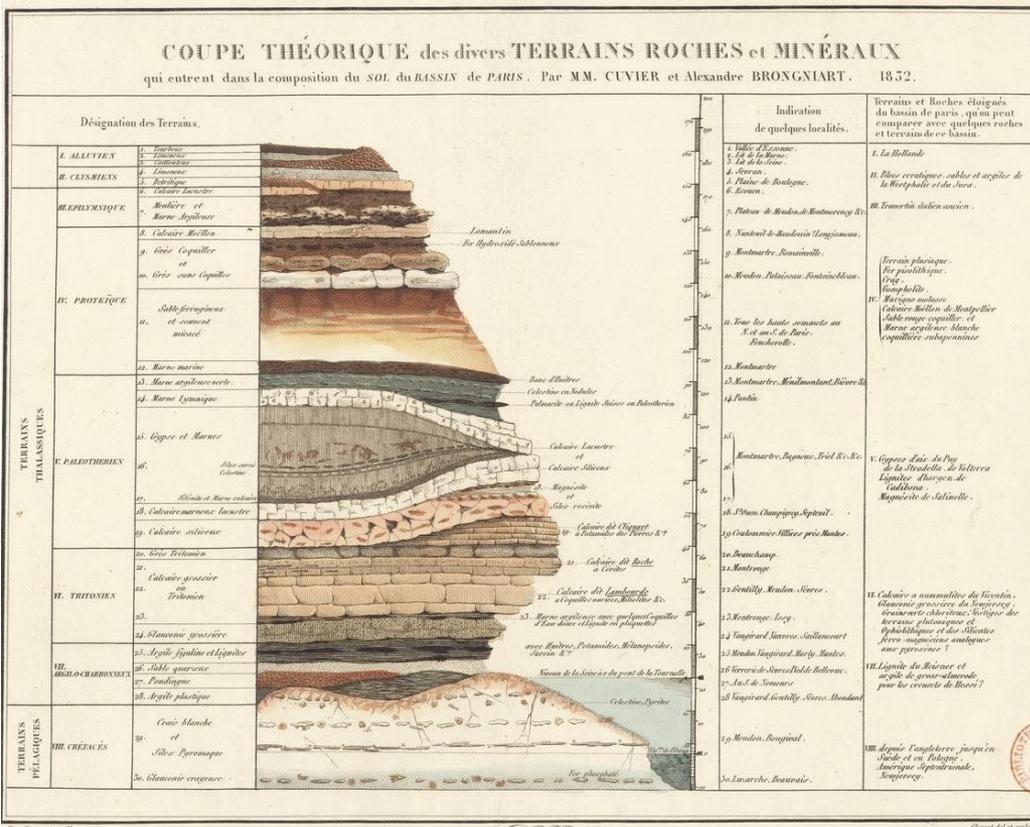
### Stratigraphie et géologie historique

**Principe d'identité paléontologique**  
Deux couches ayant les mêmes fossiles sont considérées comme ayant le même âge.



Voinchet et al. (2016)

Coupe théorique de divers Terrains, Roches et Minéraux qui entrent dans la composition du Sol du Bassin de Paris (1832)



## XIXème siècle

**Thomsen -  
Système des  
trois âges  
(1836)**

**Lartet -  
Chronologie  
paléontologique  
des temps  
préhistoriques  
(1861)**

**De Mortillet -  
Chronologie  
préhistorique  
(1872-1883)**

## Chronologie archéologique

### CLASSIFICATION DE L'AGE DE LA PIERRE

PAR GABRIEL DE MORTILLET

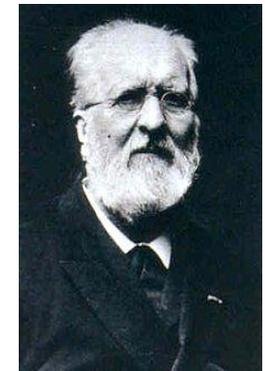
ANCIENNES DIVISIONS FRANÇAISES ET ANGLAISES	GRANDES DIVISIONS INDUSTRIELLES	ÉPOQUES BASÉES SUR L'INDUSTRIE	GISEMENTS PRINCIPAUX CARACTÉRISTIQUES	GÉOLOGIE ET MÉTÉOROLOGIE	FAUNE
PIERRE POLIE NÉOLITHIQUE	PIERRE POLIE	ROBENHAUSIEN Epoque de Robenhausen. TYPES : Haches polies en pierre et flèches barbelées en silex. Fig. 2 et 5.	Habitations lacustres : Robenhausen, Meilen [Zurich]; Moosedorf [Berne]; Saint-Aubin [Neuchâtel]; Concise [Vaud]; Clairvaux [Jura]; Wangen [lac de Constance]. Dolmens : le Morbihan et toute la Bretagne; Argenteuil et la Justice [Seine-et-Oise]. Ateliers : Grand-Pressigny [Indre-et-Loire]; Camp-Barbet [Oise]; Londinières [Seine-Inférieure]; Spiennes [Mons]. La Vibrata [Ascoli]. Camps ou oppidums : Chassigny [Saône-et-Loire]; l'Harstedon [Namur].	CLIMAT ACTUEL	ANIMAUX DOMESTIQUES Races humaines déjà fort mêlées brachycéphales et dolichocéphales, analogues aux actuelles.
PIERRE TAILLÉE ARCHÉOLITHIQUE OU PALÉOLITHIQUE	PIERRE TAILLÉE AVEC INSTRUMENTS EN OS	MAGDALÉNIEN Epoque de la Madeleine. TYPES : Flèches barbelées en os et lames de silex. Fig. 8 à 12.	Grottes et abris : La Madeleine, les Eyzies, Langerie-Basse [Dordogne]; Bruniquet [Tarn-et-Garonne]; Massat [Ariège]; Montréjeun [Haute-Garonne]; Auransan [Hautes-Pyrénées]; Mureuil [Lot]; les Morts, Champs et Puy-de-Lacan [Corrèze]; le Picard [Charente]; Arcy [Yonne]; Saliève [Haute-Savoie]; le Soé [Vaud]; Baoussé-Roussé [Vintimille]; Furfooz [Dinant]. Stations à l'air libre : Schussenried [Wurtemberg].	POST GLACIAIRE :	Renne, anrochs et urus très-abondants dans les rejets d'habitations de France et de Belgique. Mammouth, hyène, grands félins.
	INSTRUMENTS UNIQUEMENT EN PIERRE TAILLÉE	SOLUTRÉEN Epoque de Solutré. TYPES : Pointes de silex en feuille de laurier taillées de deux côtés. Fig. 6 et 7.	Stations à l'air libre, abris et grottes : Solutré [Saône-et-Loire]; Langerie-Haute, Badegols, Saint-Martin d'Excideuil [Dordogne].	CLIMAT FROID ET SEC	Homme brachycéphale et mésalocéphale, se rapprochant de nos races actuelles. La Lesse, Cromagnon, Langerie-Basse, Baoussé-Roussé, Solutré (partie).
		MOUSTIÉRIEN Epoque du Moustier. TYPES : Pointes de silex retaiillées d'un seul côté et raclours. Fig. 3 et 4.	Grottes et stations en plein air : Moustier [Dordogne]; Chez-Pouré [Corrèze]; la Martinière et l'Erilage [Vienne]; la Mère-Grand [Saône-et-Loire]; Buxoux [Vaucluse]; Néron [Ardèche]; Goudonans-les-Moulins [Doubs]; Couvres [Aisne]; Brèches de Genay et Ménétreux-le-Pitois [Côte-d'Or]. Alluvions des bas niveaux : Grenelle, Levallois, Clichy [Seine]; le Pecq [Seine-et-Oise]; Montguilain [Oise].	GLACIAIRE : CLIMAT FROID ET HUMIDE	Grand développement de l'ours des cavernes. Rhinocéros. Homme dolichocéphale, type assez inférieur. Engis, l'Olmo.
ACHEULÉEN Epoque de Saint-Acheul. TYPES : Grands instruments de pierre en forme d'amande. Fig. 1.	Alluvions des hauts niveaux : Saint-Acheul, Abbeville, Thenne [Somme]; Sotteville-les-Rouen [Seine-Inférieure]; Vaudricourt [Pas-de-Calais]; San-Isidro [Madrid]. Plateaux : Beaumont [Vienne]; Tilly [Allier]; La Garterie [Côtes-du-Nord]; vallées de la Sausse et de la Ceillonne [Haute-Garonne].	PRÉGLACIAIRE : CLIMAT TEMPÉRÉ	Hippopotame. Éléphant antique. Homme, type le plus inférieur. Néandertal, Egguisheim, la Naulette, Denise.		



**Christian Jürgensen Thomsen  
(1788-1865)**



**Edouard Lartet  
(1801-1871)**

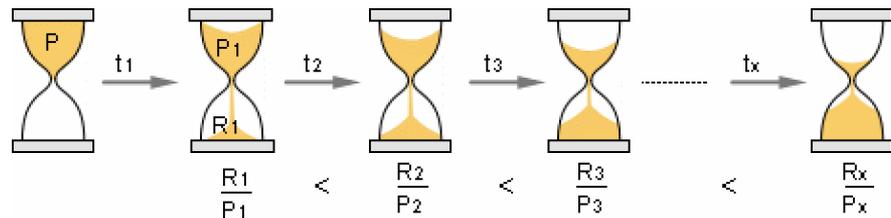
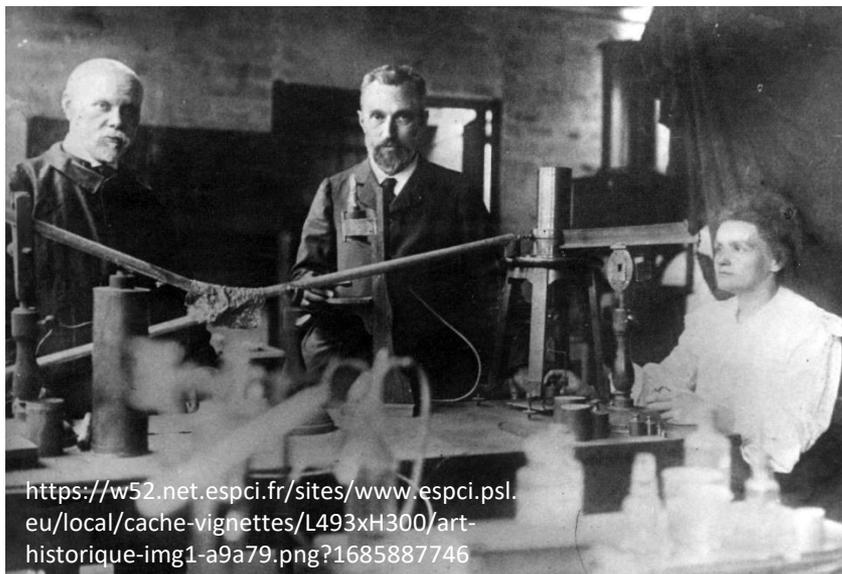


**Gabriel de Mortillet  
(1821-1898)**

1896

## Découverte de la radioactivité

En 1896, Henri Becquerel (Prix Nobel de Physique en 1903 avec Pierre et Marie Curie) découvre la radioactivité naturelle, c'est à dire l'existence dans la nature d'éléments se désintégrant selon une période qui leur était caractéristique et que l'on peut donc utiliser comme chronomètres.



La radioactivité, c'est la capacité qu'ont certains éléments de se désintégrer en émettant un rayonnement.

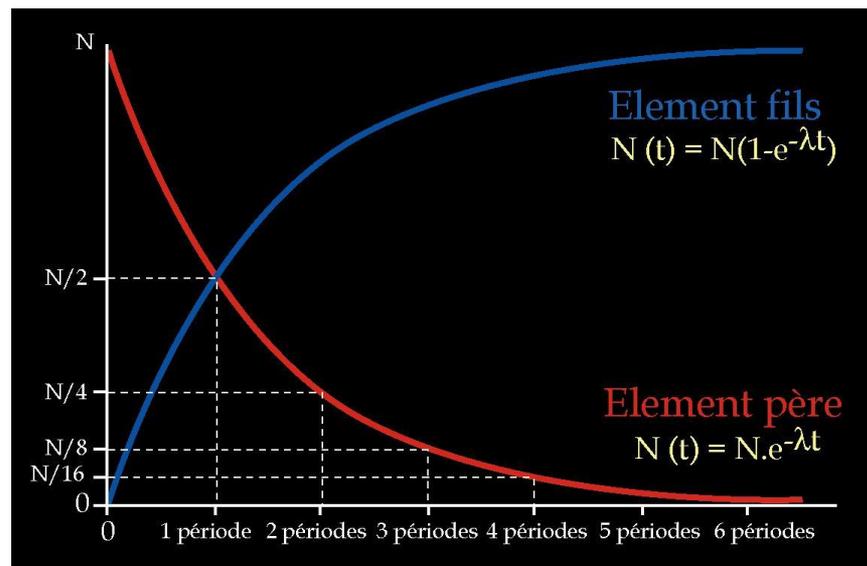
C'est un phénomène spontané, aléatoire, régulier, probabiliste.

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 radioactive et elle est caractéristique de l'élément radioactif étudié.

**Exemples de périodes radioactives :**  $^{14}\text{C}$  : 5730 ans

**Méthodes de datation radio-isotopiques :**  $^{14}\text{C}$



$^{40}\text{K}$  : 1,26 milliard d'années  $^{238}\text{U}$  : 4,5 milliards d'années

K-Ar, Ar-Ar

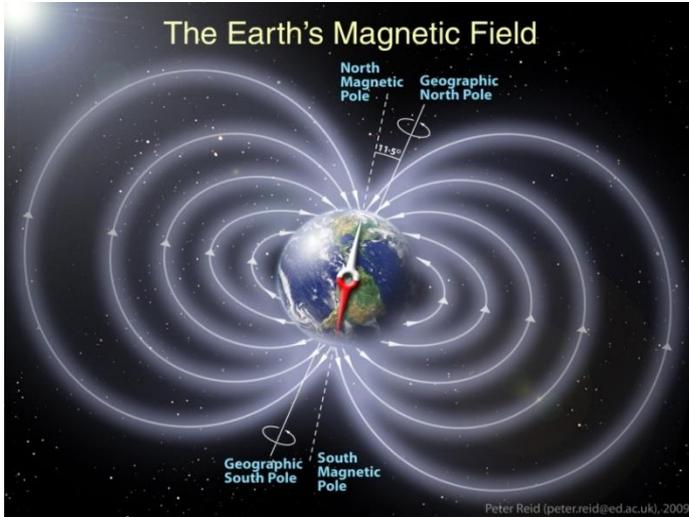
U-Pb, U-Th, U-Pa

## Les méthodes radio-isotopiques

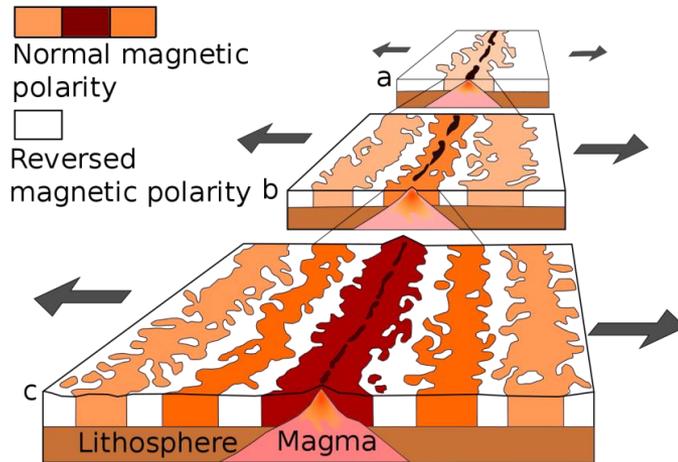
Isotopes	$^{14}\text{C}$	$^{40}\text{K}$	$^{230}\text{Th}$ ( $^{234}\text{U}$ )
Période	5 730 a	1,26 Ga	75 200 a
Base de la méthode	Formation du $^{14}\text{C}$ dans la haute atmosphère par interaction avec les rayons cosmiques	Présence de $^{40}\text{K}$ dans le magma mais pas de son fils ( $^{40}\text{Ar}$ ) gazeux	Différence de solubilité entre le père ( $^{234}\text{U}$ ) et le fils ( $^{230}\text{Th}$ )
Supports Analysable	bois et charbons, ossements, dents, coraux, coquilles, spéléothèmes	Minéraux volcaniques	Carbonates
Évènement daté	Mort de l'individu	Eruption volcanique	Formation du minéral
Domaine d'application	0 - 50 000 a	Toute l'histoire de la Terre	0 - 600 000 a

Années 1950-60

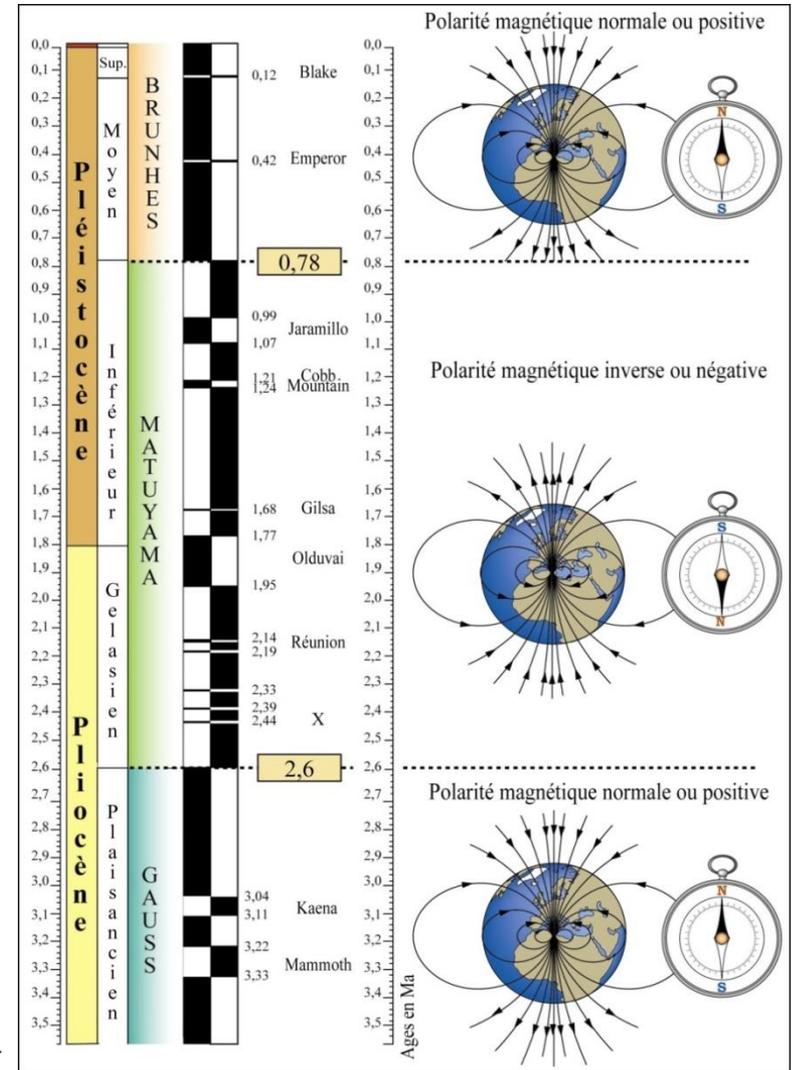
# Paléomagnétisme



<http://www.lecosmographe.com>



<https://upload.wikimedia.org>



Voinchet et al. (2016)

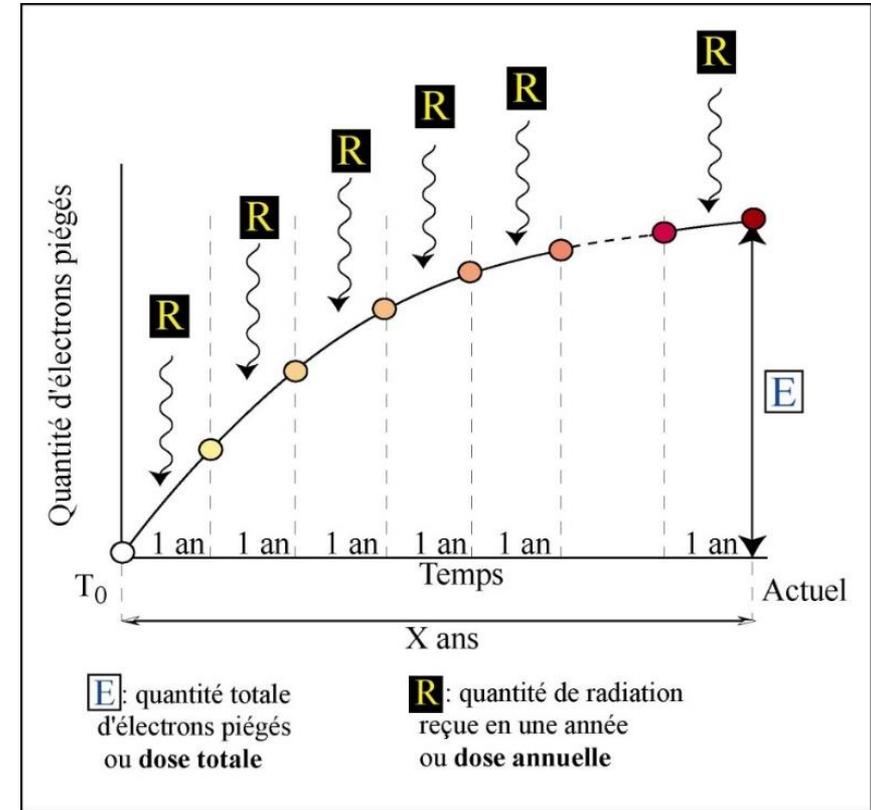
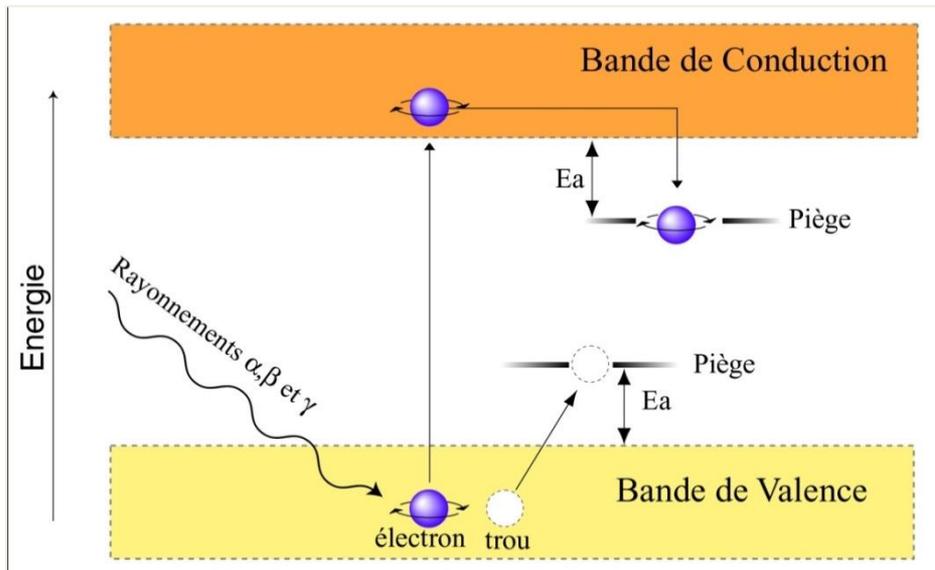
Drummond Matthews (1931-1997) Frederick Vine (1939- )

Méthode utilisable en tous points du globe mais évènements peu fréquents et similaires.

## Années 1970-80 Les méthodes paléodosimétriques

Les minéraux sont en permanence soumis à une irradiation naturelle du fait de la présence en leur sein ou dans leur environnement d'éléments radioactifs, libérant ainsi des électrons dans la structure minérale.

Une partie de ces électrons vont être piégés dans des défauts de la matière minérale et s'y accumuler au cours du temps.



Méthodes applicables sur divers types de matériaux et permettant de dater des événements archéologiques ou géologiques variés.

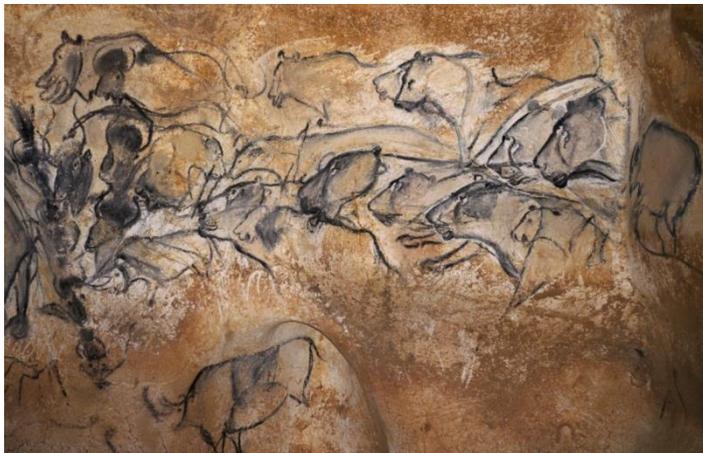
$$X \text{ ans} = \text{Age} = \frac{E}{R}$$

## Années 1990-2000

# La généralisation de la spectrométrie de masse



... rendant possible la datation de l'art pariétal paléolithique...



Mesure par spectrométrie de masse



Intérêt



Possibilité de dater des échantillons plus petits et plus vieux...

### Exemple du C-14

Nature de l'échantillon	Méthode Classique (masse en grammes)	Méthode AMS (masse en milligramme)
Charbon	5-10	10-100
Bois sec	10-20	50-100
Os	100-500	500-2000
Coquillages	50-100	50-100
Carbonates	100-200	100-200
Tourbe humide	100-200	200-500
Sédiments sec	100-200	500-5000

... et l'utilisation d'autres nucléides cosmogéniques

$${}^{10}\text{Be} \\ T_{\frac{1}{2}} = 1,387 \text{ Ma}$$

$${}^{26}\text{Al} \\ T_{\frac{1}{2}} = 0,717 \text{ Ma}$$

$${}^{36}\text{Cl} \\ T_{\frac{1}{2}} = 0,300 \text{ Ma}$$

# Principales méthodes utilisées actuellement pour établir le cadre chronologique de l'évolution de l'Homme

## Méthodes « Naturalistes »

- Stratigraphie
- Biostratigraphie
- Dendrochronologie
- Paléomagnétisme
- Isotopes de l'oxygène

## Méthodes fondées sur la croissance ou la décroissance radioactive

- Carbone 14
- Argon/Argon et Potassium/Argon
- Familles de l'uranium
- Cosmonucléides

## Méthodes fondées sur un phénomène chimique

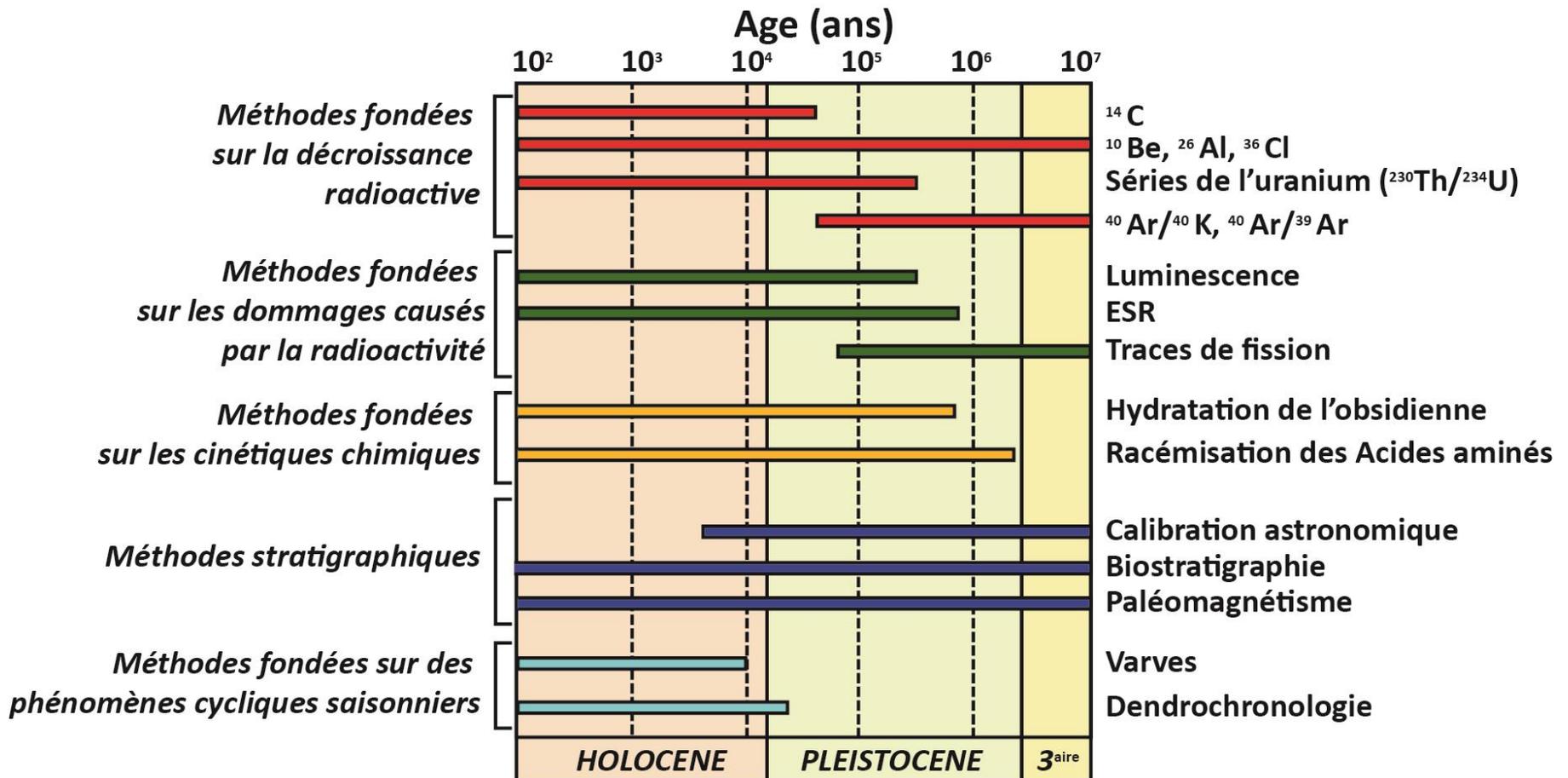
- Racémisation des acides aminés
- Hydratation de l'obsidienne

## Méthodes fondées sur les dommages créés dans les minéraux par la radioactivité naturelle

- Thermoluminescence et Optoluminescence
- Résonance de Spin Électronique (ESR)

## Les gammes d'âge couvertes par les différentes méthodes

De nombreuses méthodes à la disposition des archéologues et des géologues, mais avec des domaines d'application très variables...



... et applicables seulement sur des supports spécifiques à chaque méthode

	Bois et charbon	Céramique	Stalagmite	Coraux	Coquille de mollusque	Ossement	Email dentaire	Quartz et silex chauffés	Roche volcanique	Sédiments
Varves										😊
dendrochrono.	😊									
Paléomagn.			😐						😊	😊
Isotopes			😐	😊	😊	😊	😊			
RAA				😐	😐	😐	😐			
Hydratation									😐	
Carbone 14	😊		😐	😊	😐	😊	😐			😞
K-Ar & Ar-Ar									😊	
U - Th			😊	😊	😞	😞	😞			
Cosmonucléides										😊
TF									😊	
TL & OSL		😊	😐					😊	😊	😊
ESR			😐	😐	😐	😞	😊	😐		😊



Excellent support



Support utilisable



Support non utilisable

... pour dater des événements bien précis, parfois éloignés de l'histoire archéologique ou anthropologique des sites...

## Supports datables



## Évènements datés



## Méthodes de datation



Carbonates

Dents et ossements

Sédiments

Minéraux  
volcaniques

Bois et charbons

Minéraux chauffés

Cristallisation

Mort de l'animal

Dernière exposition  
à la lumière

Eruption volcanique

Mort de l'arbre

Dernière chauffe

U-Th

$^{14}\text{C}$ , ESR/U-Th

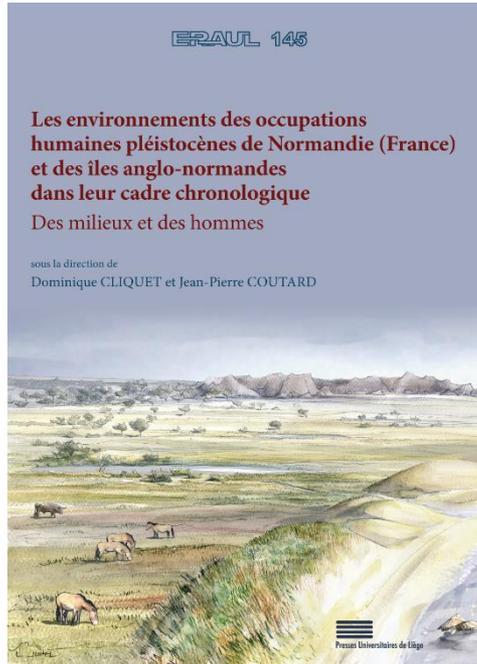
Luminescence, ESR

$^{40}\text{K}$ - $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$

$^{14}\text{C}$  dendrochronologie

TL

# Principales méthodes utilisées pour établir le cadre chronologique de l'évolution des néandertaliens en Normandie



## CHAPITRE 9 LES DÉPÔTS PLÉISTOCÈNES DE NORMANDIE : BILAN DES DONNÉES RADIOMÉTRIQUES ET SYNTHÈSE RÉGIONALE

Norbert MERCIER, Dominique CLIQUET & Marion HERNANDEZ

210 datations relevées

### Méthodes « Naturalistes »

- Stratigraphie 100 %
- Biostratigraphie
- Paléomagnétisme 3 %

### Méthodes fondées sur la croissance ou la décroissance radioactive

- Carbone 14 3 %
- K-Ar & Ar-Ar
- U-Th 1,5 %

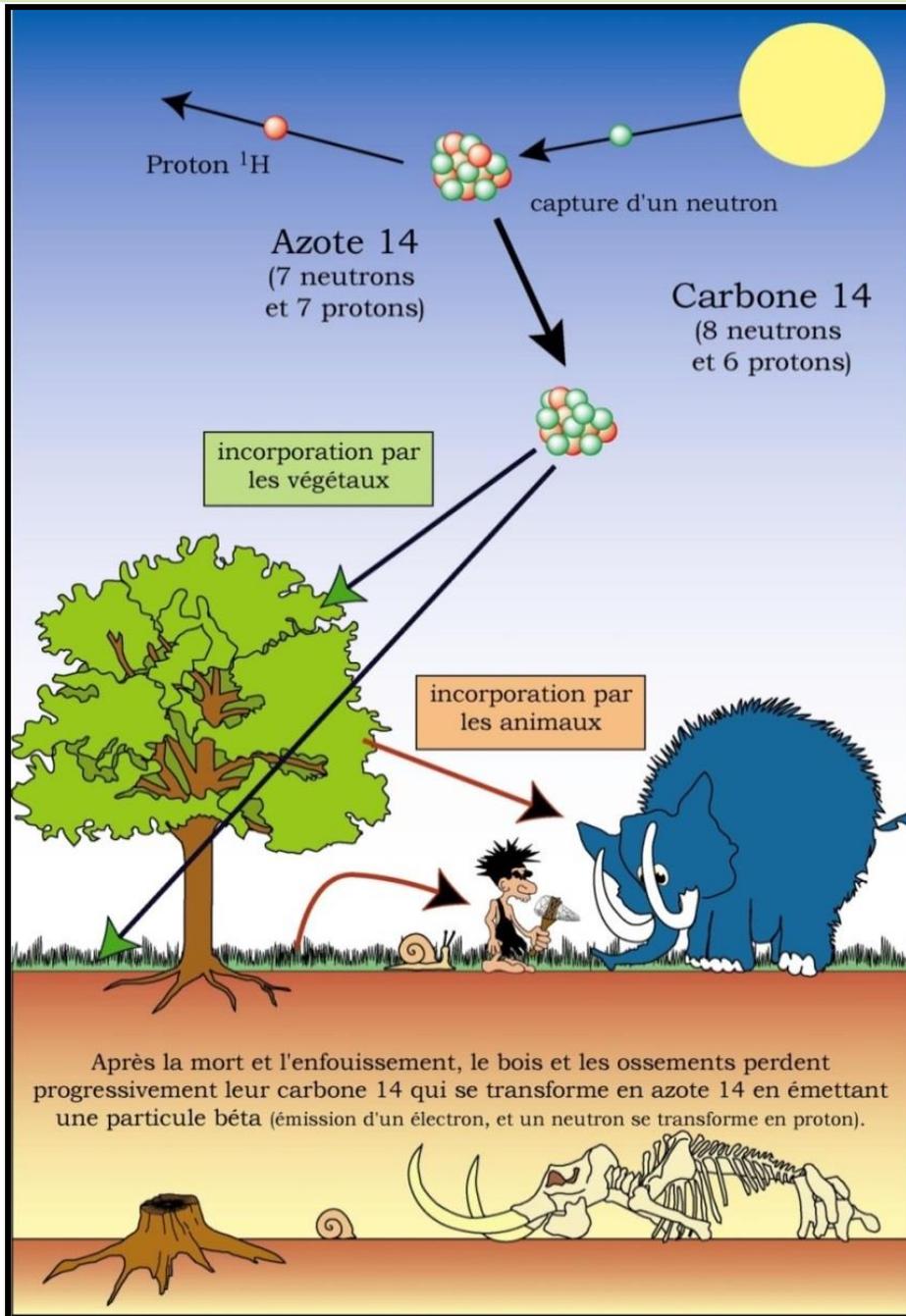
### Méthodes fondées sur un phénomène chimique

- Racémisation des acides aminés 18 %

### Méthodes fondées sur les dommages créés dans les minéraux par la radioactivité naturelle

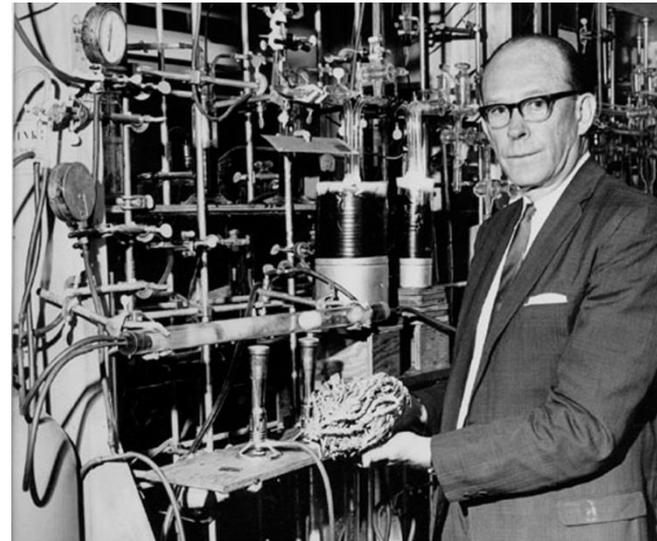
75% !

- Thermoluminescence
- Optoluminescence
- Résonance de Spin Électronique (ESR)



## La datation par le radiocarbone (carbone 14)

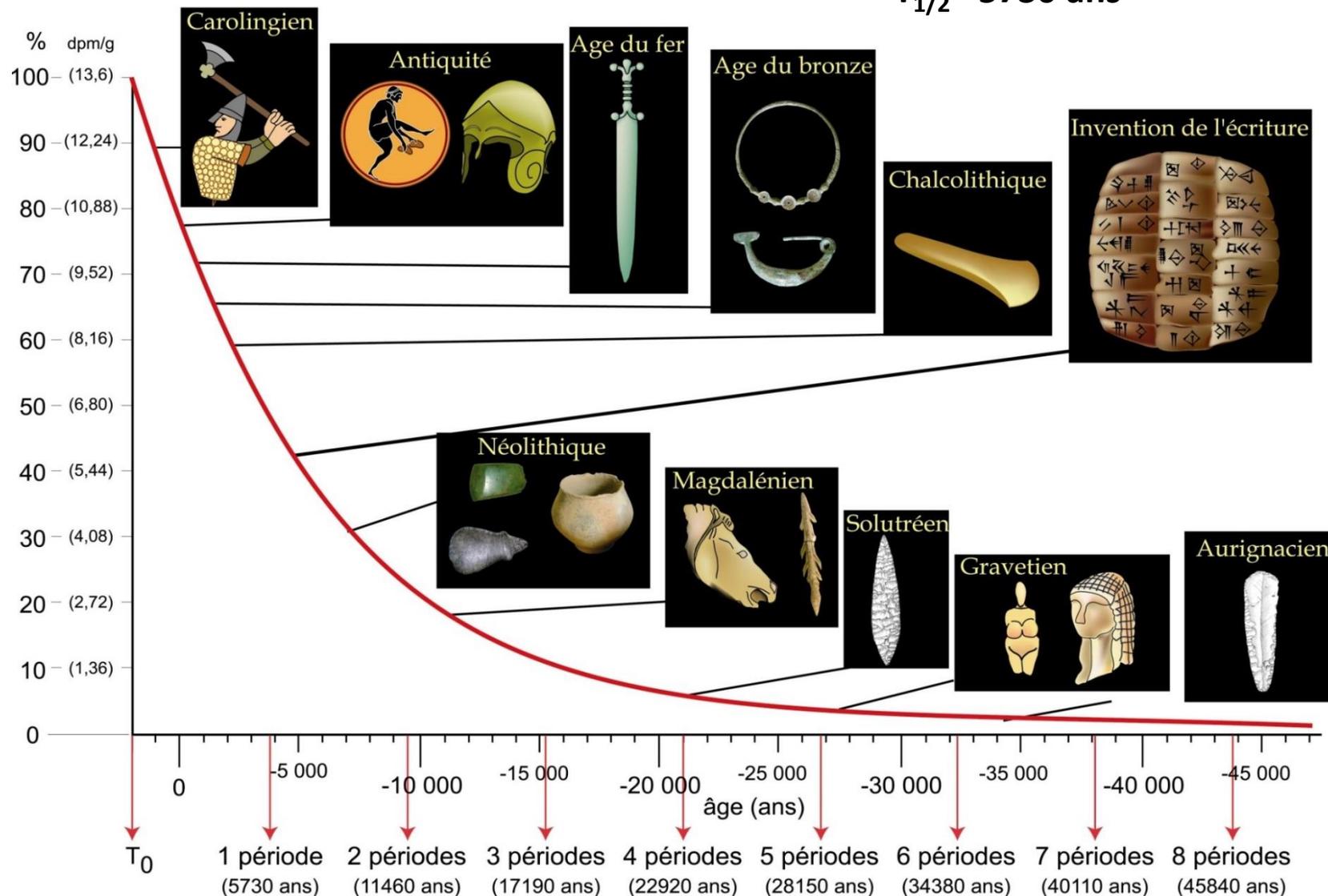
<http://www.thefamouspeople.com>

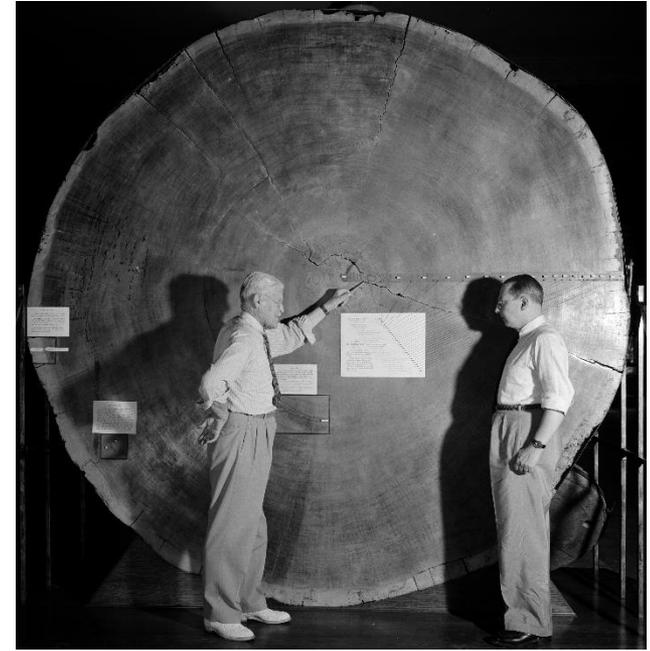
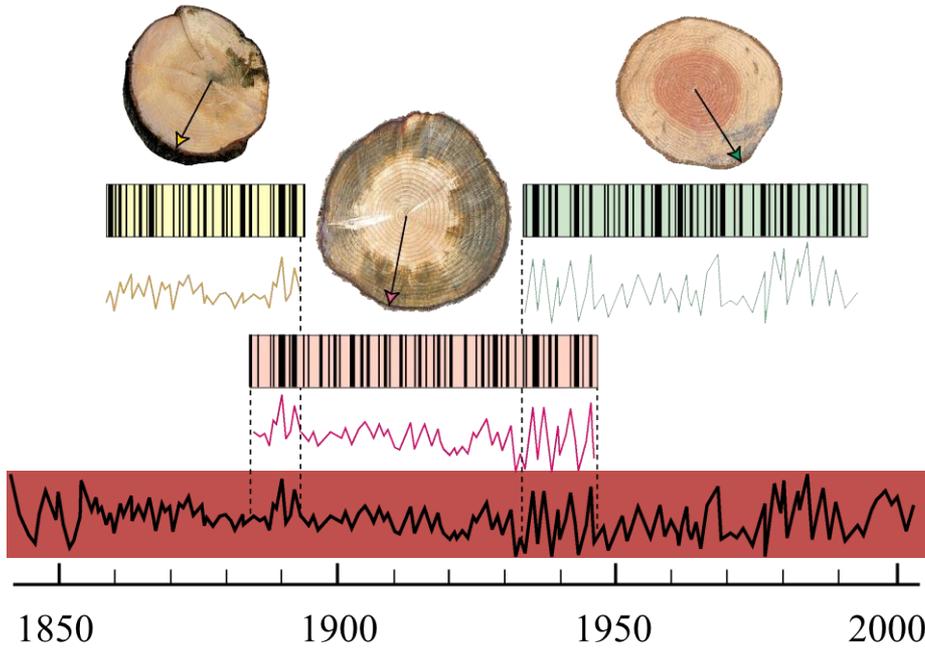


Willard Frank Libby  
(1908-1980)

# La datation par le radiocarbone (carbone 14)

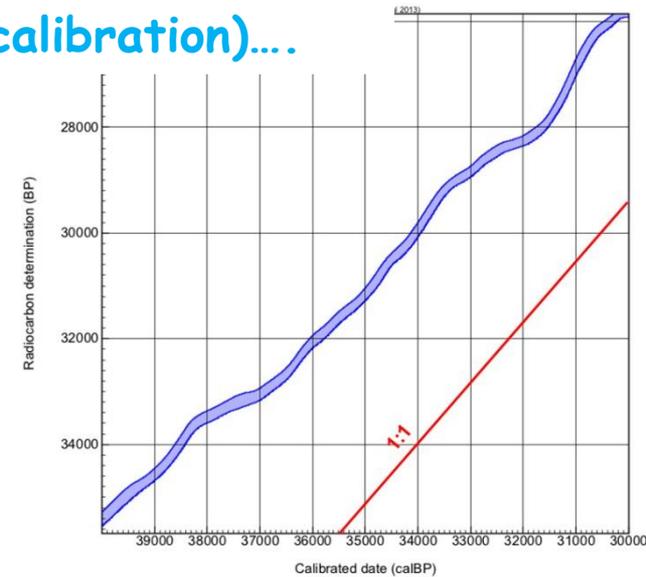
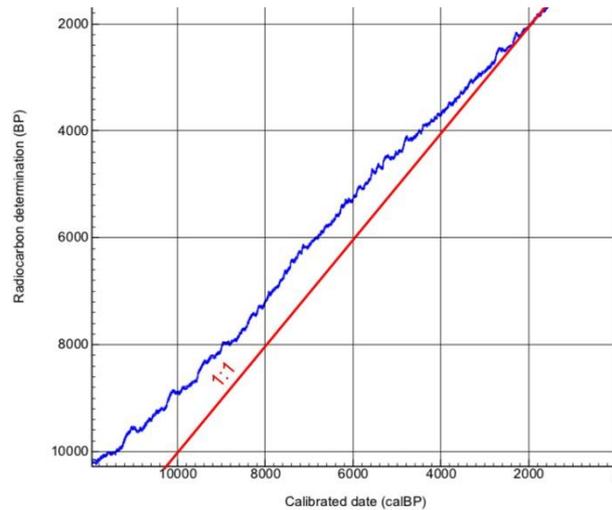
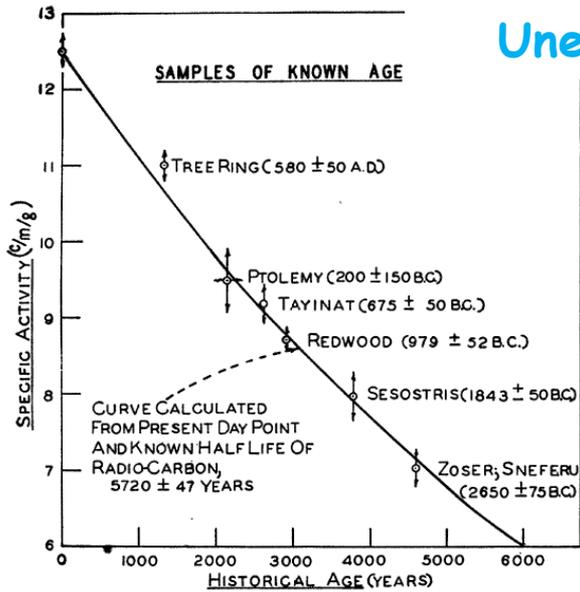
$T_{1/2} = 5730$  ans





<http://ltr.arizona.edu>

## Une correction est nécessaire (calibration)...

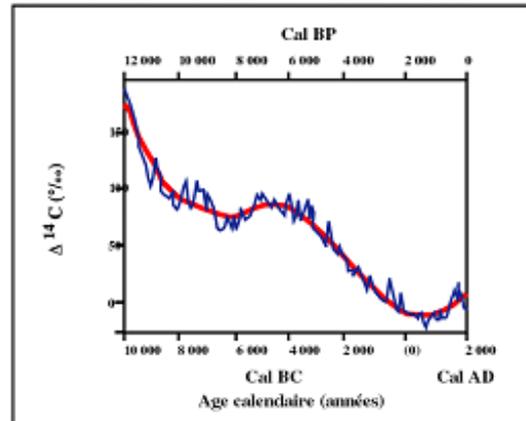


Cette déviation est due au fait que la **production de  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère terrestre a varié au cours du temps.**

Des causes naturelles...

... mais aussi anthropiques !

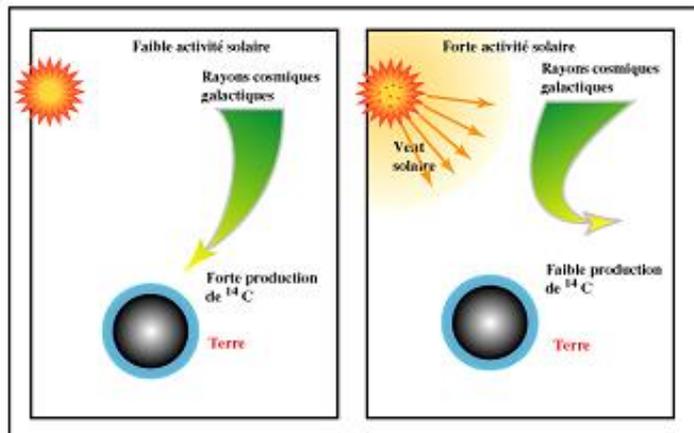
Variation de l'intensité du champ magnétique terrestre



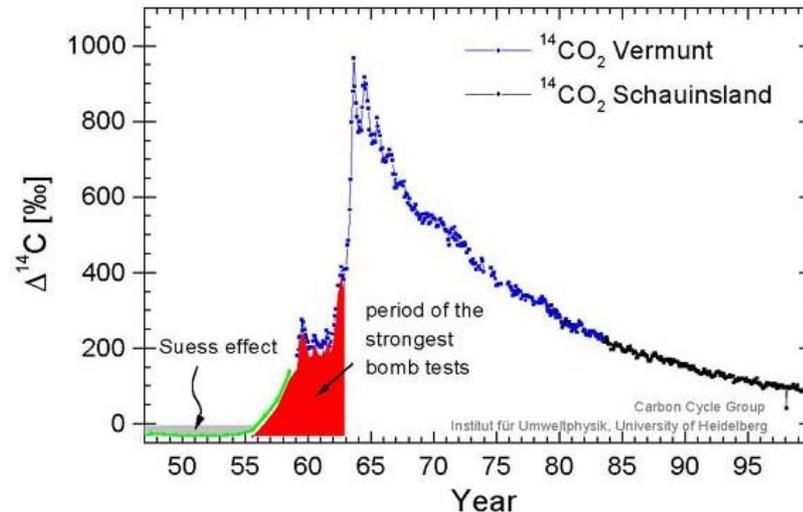
Variation de formation du  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère en raison des variations d'intensité du champ magnétique terrestre



Fluctuation de l'activité solaire



Variation de formation du C-14 dans l'atmosphère en raison des variations d'activité solaire



## Datation par carbone-14 de peintures faites au charbon - Exemple de la grotte Chauvet



### A high-precision chronological model for the decorated Upper Paleolithic cave of Chauvet-Pont d'Arc, Ardèche, France

Anita Quiles<sup>a,b,1</sup>, Hélène Valladas<sup>b</sup>, Hervé Bocherens<sup>c,d</sup>, Emmanuelle Delqué-Količ<sup>e</sup>, Evelyne Kaltnecker<sup>b</sup>, Johannes van der Plicht<sup>f,g</sup>, Jean-Jacques Delannoy<sup>h</sup>, Valérie Feruglio<sup>i</sup>, Carole Fritz<sup>j,k</sup>, Julien Monney<sup>h</sup>, Michel Philippe<sup>l</sup>, Gilles Tosello<sup>j</sup>, Jean Clottes<sup>m</sup>, and Jean-Michel Geneste<sup>n</sup>

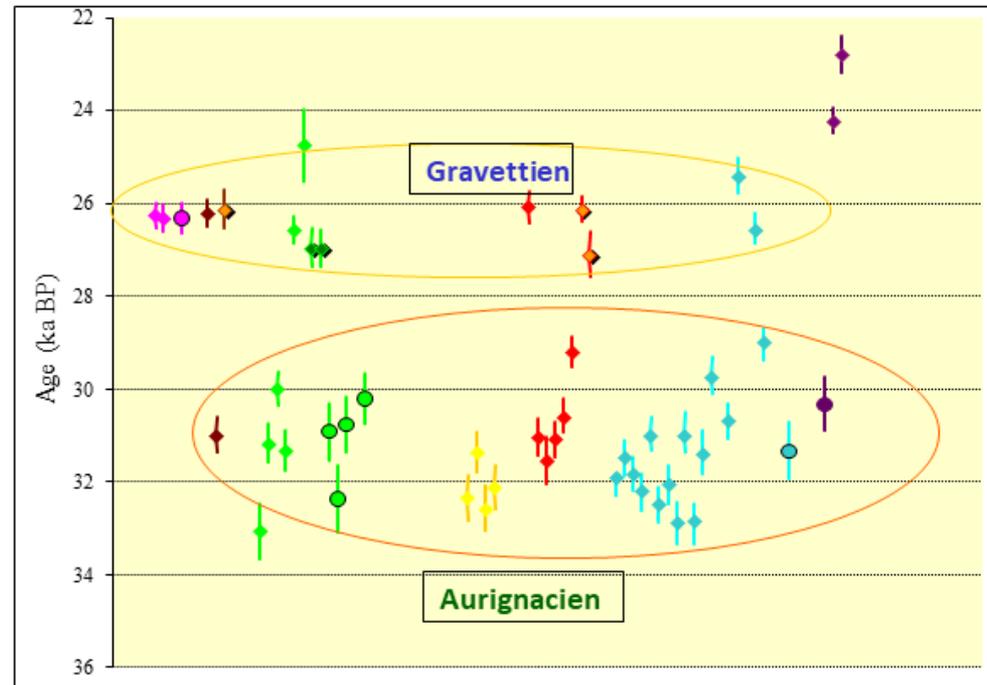
[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1523158113](https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1523158113)

### Des peintures rattachables à deux périodes principales

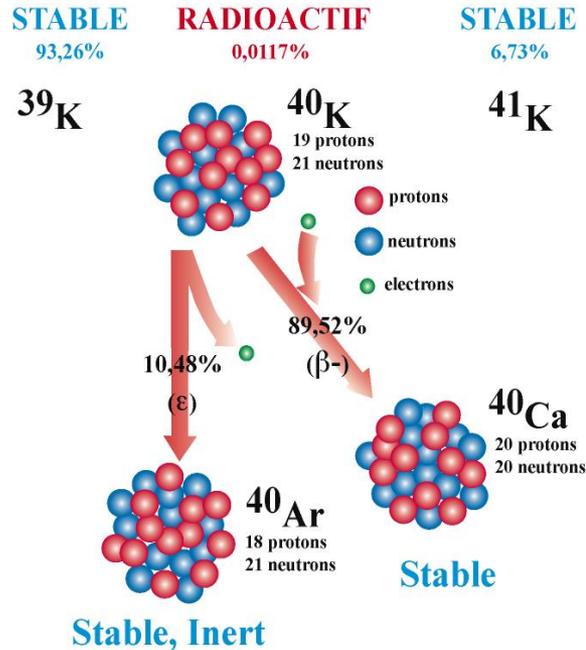
<https://archeologie.culture.gouv.fr/chauvet/fr>

Entre 31,000 et 29,500 cal BP  
(25,500-27,500 <sup>14</sup>C)

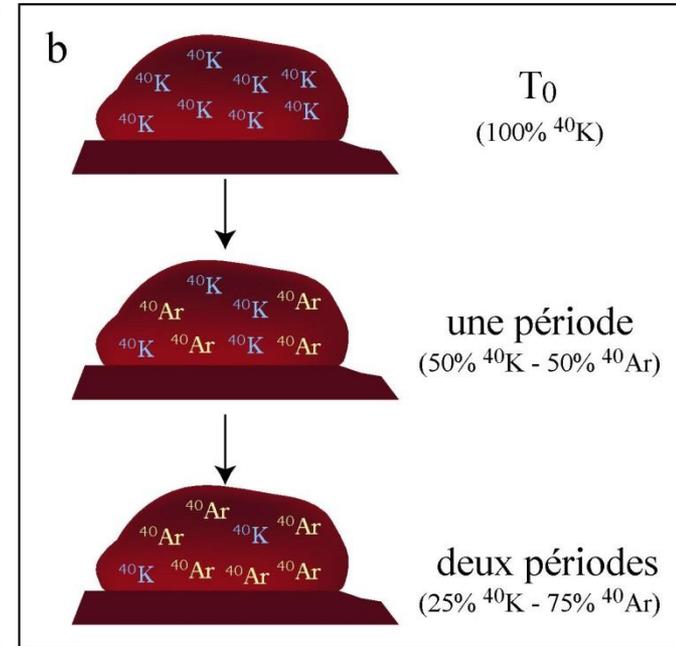
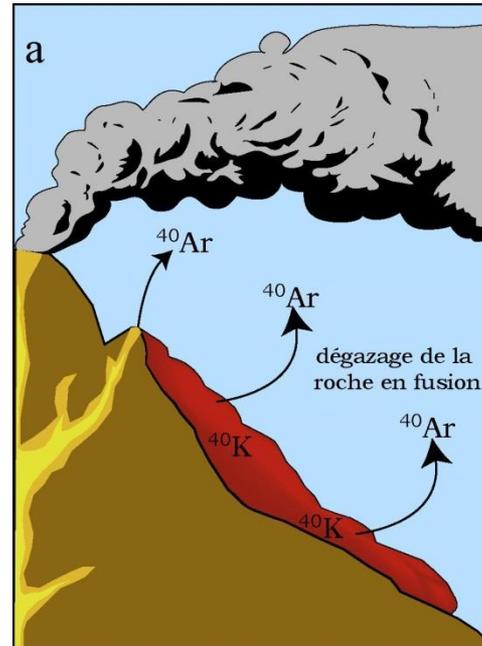
Entre 38,000 et 35,000 cal BP  
(29,000-32,000 <sup>14</sup>C)



# La datation par potassium-Argon (K-Ar) et Argon-Argon (Ar-Ar)



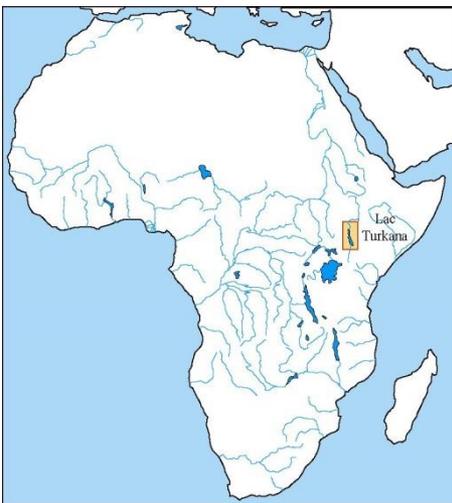
$T_{1/2} = 1,26$  milliard d'années



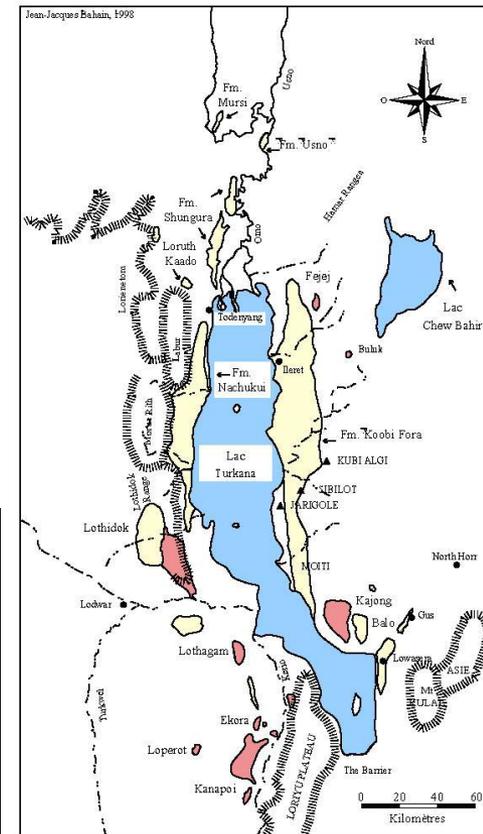
Repose sur la mesure de la quantité d'argon ( $^{40}\text{Ar}$ -fils) et de potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ - père).

Permet de dater les minéraux des roches volcaniques.



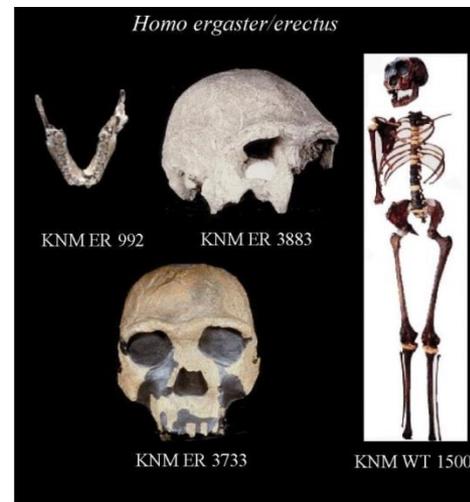
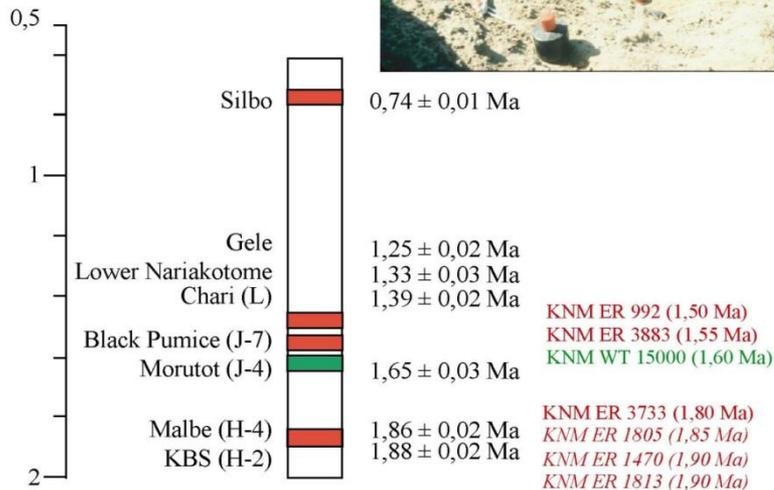


## Datation des fossiles humains de l'Omo-Turkana



Âges de quelques niveaux volcaniques du Bassin de l'Omo-Turkana (d'après Brown, 1994)

Age (Ma)

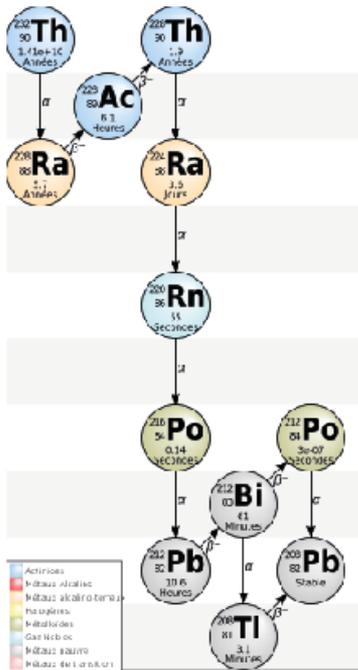




# Les familles de l'uranium

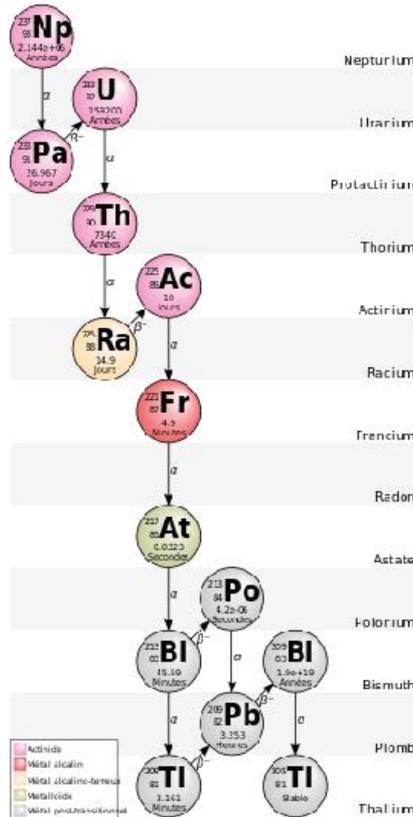
**Famille 4n+0**  
**Thorium 232**

↓ Désintégration β  
↗ Désintégration α

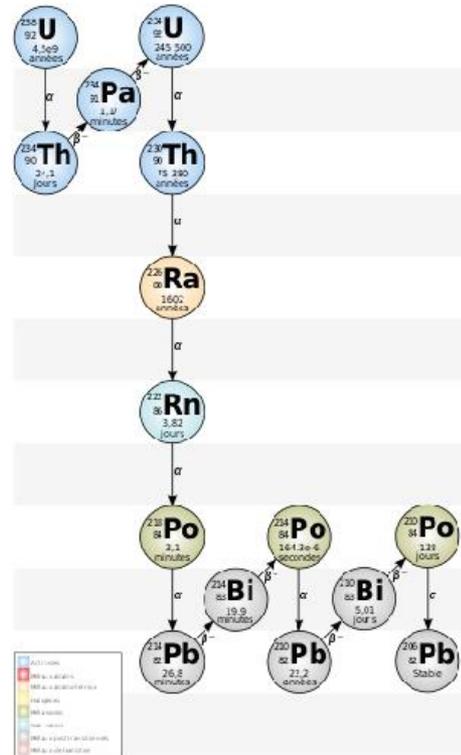


Il existe dans la nature plusieurs familles radioactives, composées d'éléments se formant les uns à partir des autres par décroissance radioactive et découlant d'un élément-père unique pour aboutir à un élément non radioactif lui aussi unique.

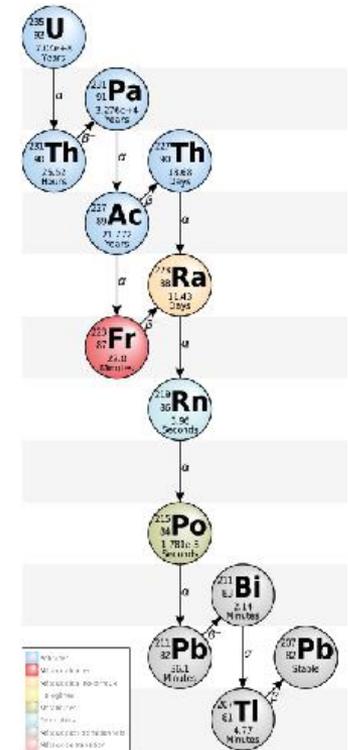
**Famille 4n+1**  
**Neptunium 237**



**Famille 4n+2**  
**Uranium 238**

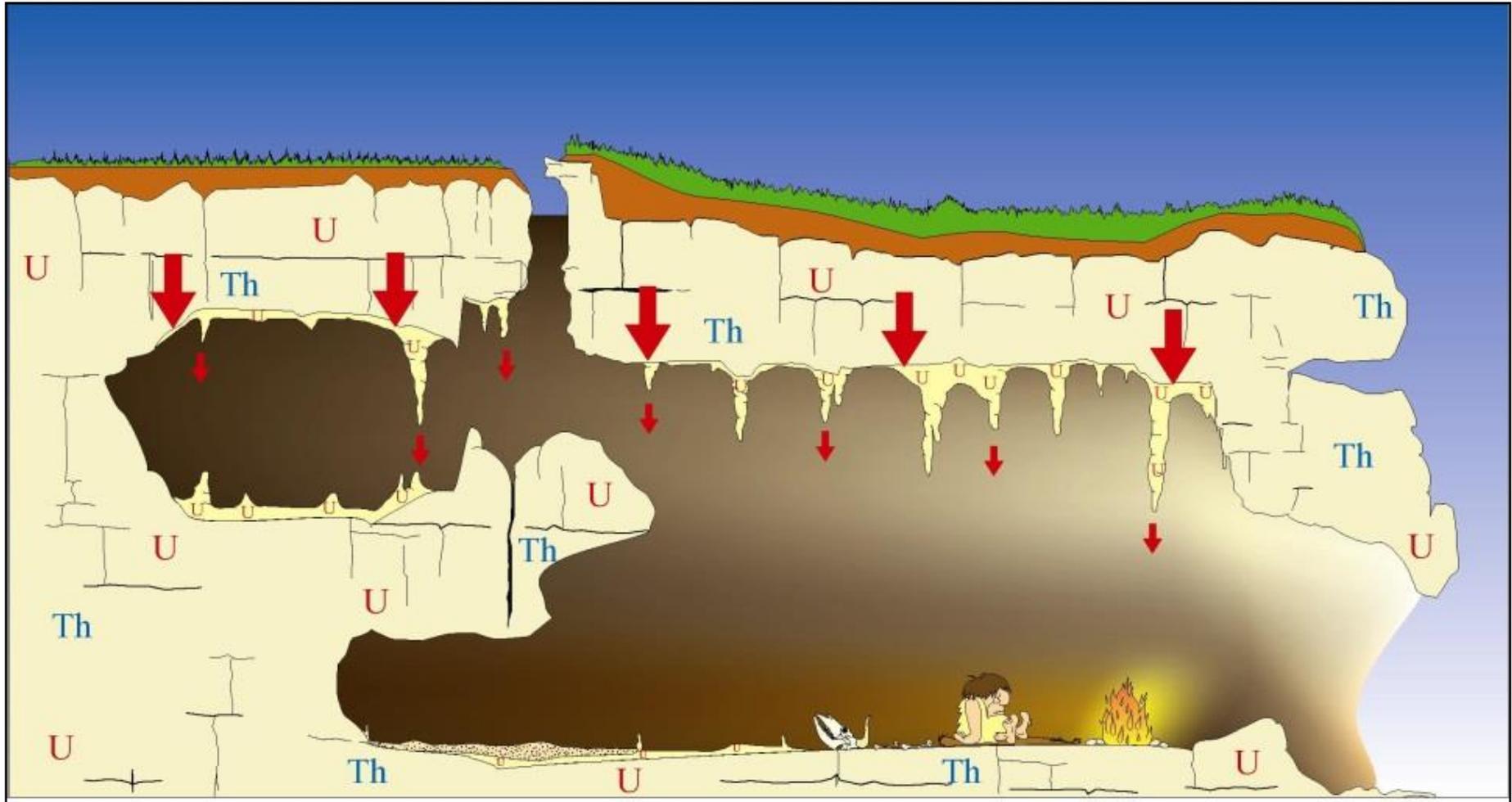


**Famille 4n+3**  
**Uranium 235**



Excepté le Neptunium 237, les trois éléments-pères ont des périodes très longues et existent depuis la formation de la Terre alors que tous les éléments-fils se sont formés postérieurement. Comme ces éléments-fils ont des périodes beaucoup plus courtes, toutes les séries devraient être en théorie à l'équilibre.

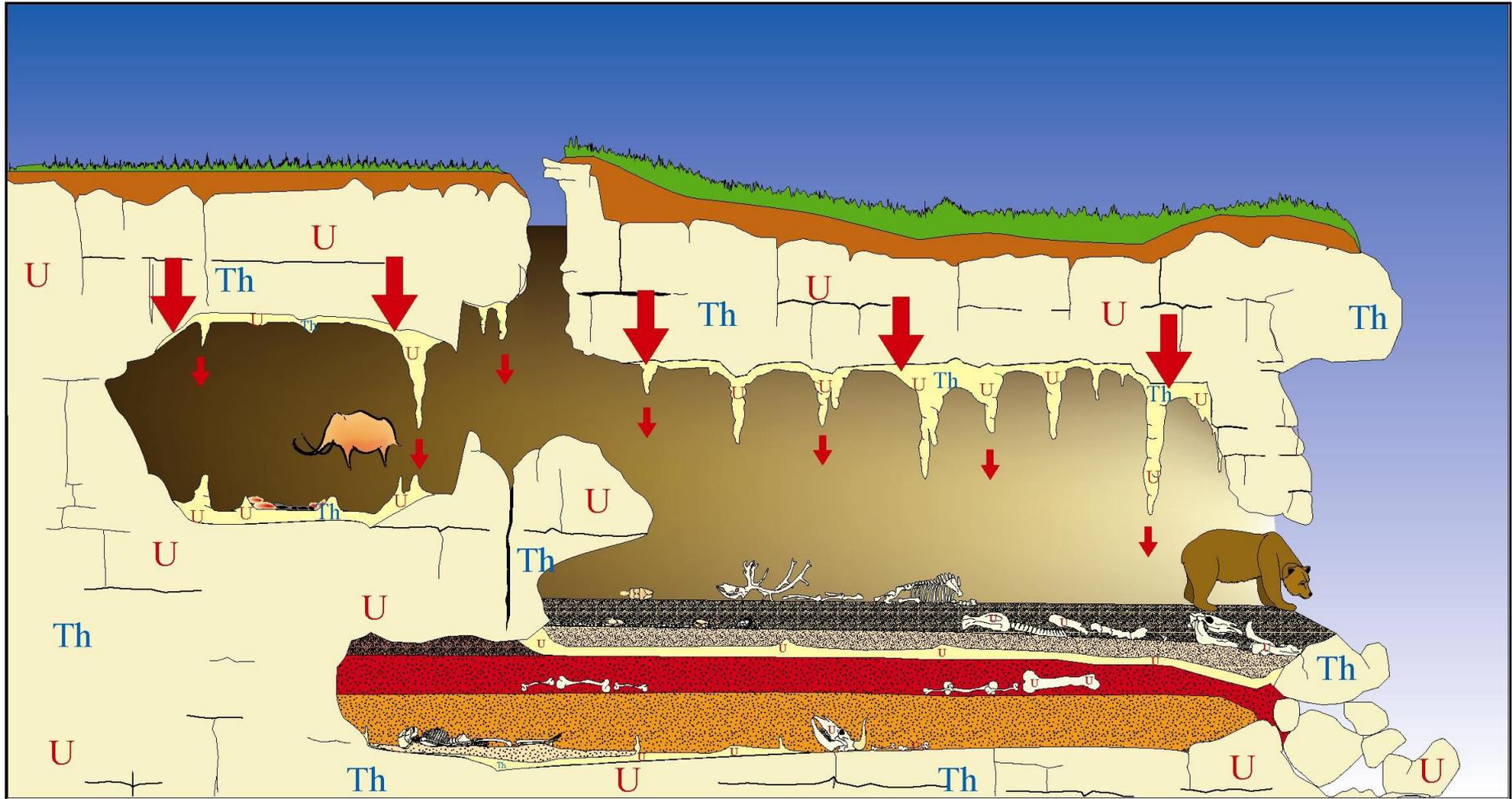
## La datation Uranium-Thorium ( $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ )



Voinchet et al. (2016)

Les comportements géochimiques différents des éléments des familles de l'uranium peut causer des ruptures de l'équilibre radioactif observé entre eux.

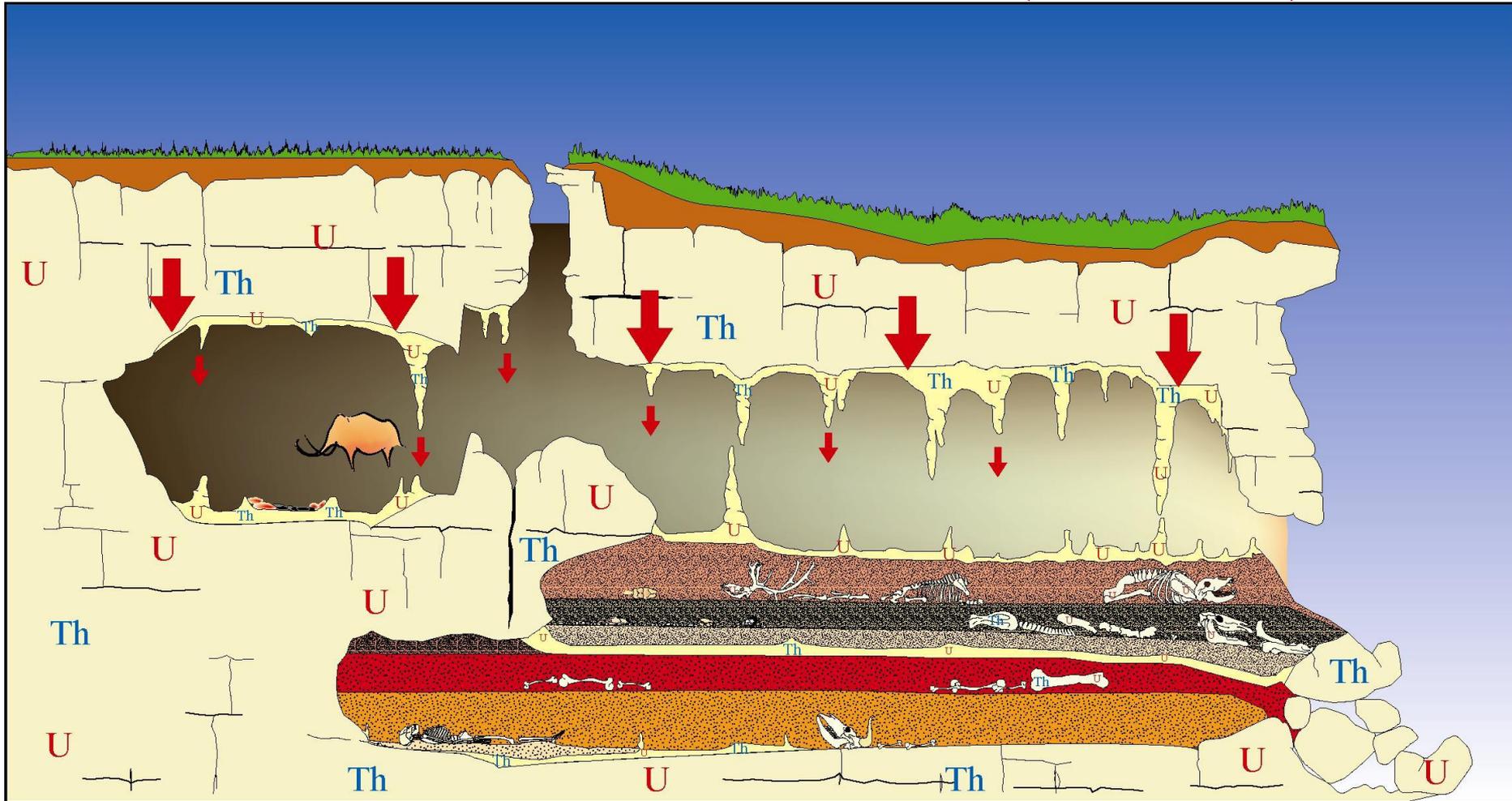
## La datation Uranium-Thorium ( $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ )



Voinchet et al. (2016)

L'uranium est soluble dans l'eau, pas le thorium. Les carbonates formés à partir de l'eau circulant dans les roches contiennent de l'uranium mais pas de thorium lors de leur cristallisation.

# La datation Uranium-Thorium ( $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ )



Voinchet et al. (2016)

Puis du thorium-230 se forme selon une période de 75 200 ans par désintégration de son père l'uranium-234.

**Événement daté = cristallisation du carbonate**

# Les néandertaliens structuraient-ils l'espace ?

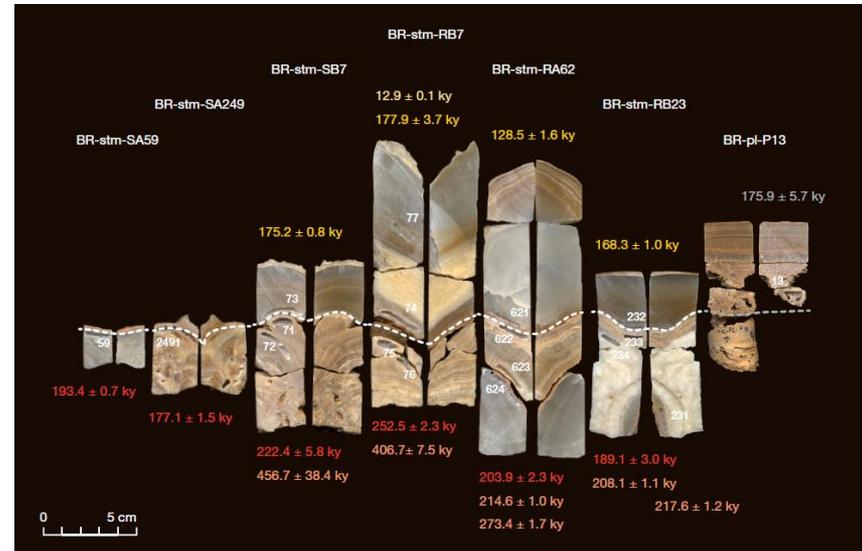
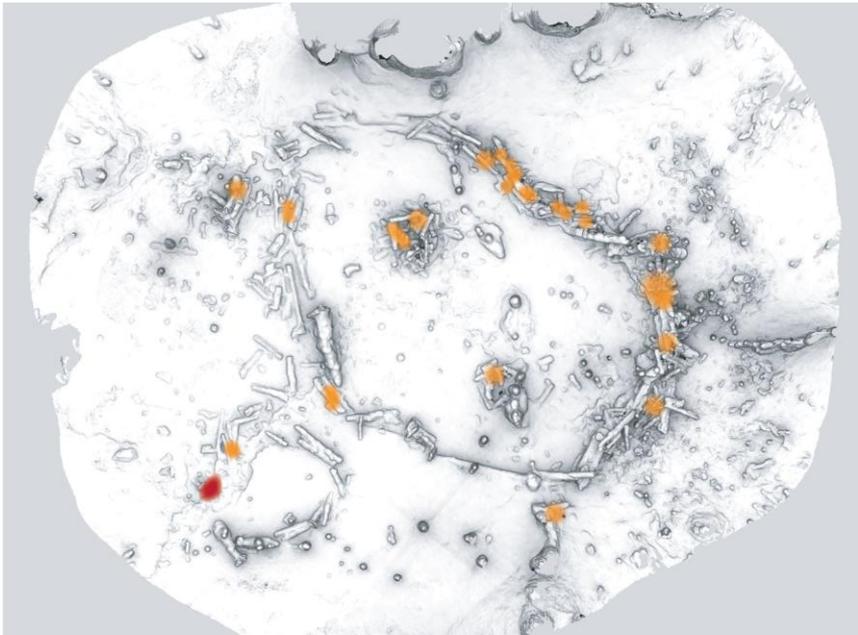
## Bruniquel, Lot

Des datations U-Th de stalagmites cassées ont montré que celles-ci avaient probablement été brisées par des Néandertaliens, **qui semblent ainsi avoir structurer leur espace.**

# Early Neanderthal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France

Jacques Jaubert<sup>1\*</sup>, Sophie Verheyden<sup>2,3\*</sup>, Dominique Genty<sup>4\*</sup>, Michel Soulier<sup>5</sup>, Hai Cheng<sup>6,7</sup>, Dominique Blamart<sup>4</sup>, Christian Buret<sup>2</sup>, Hubert Camus<sup>8</sup>, Serge Delaby<sup>9</sup>, Damien Deldicque<sup>10</sup>, R. Lawrence Edwards<sup>7</sup>, Catherine Ferrier<sup>1</sup>, François Lacrampe-Cuyaubère<sup>11,12</sup>, François Lévêque<sup>13</sup>, Frédéric Maksud<sup>14</sup>, Pascal Mora<sup>15</sup>, Xavier Muth<sup>12</sup>, Édouard Régnier<sup>4</sup>, Jean-Noël Rouzaud<sup>10</sup> & Frédéric Santos<sup>1</sup>

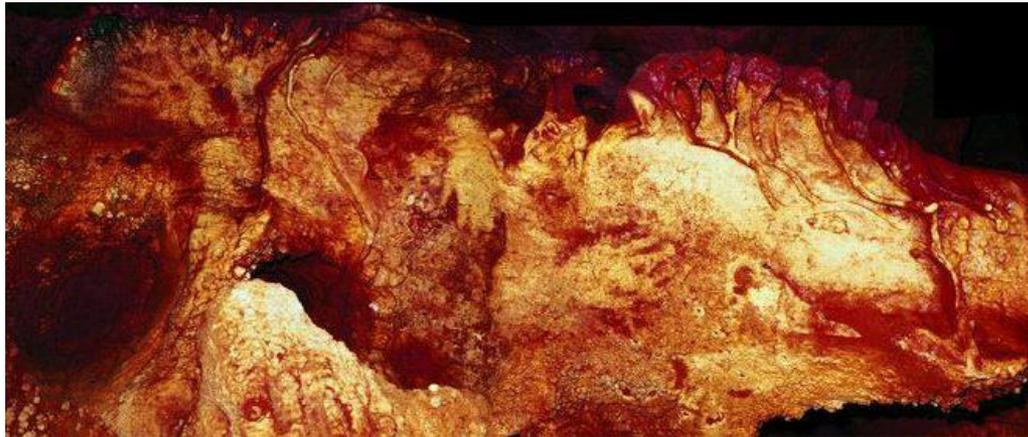
June 2016 | VOL 534 | NATURE | 111



## Un art pariétal néandertalien ?



La Pasiega (Espagne)



Maltravesio (Espagne)

### U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art

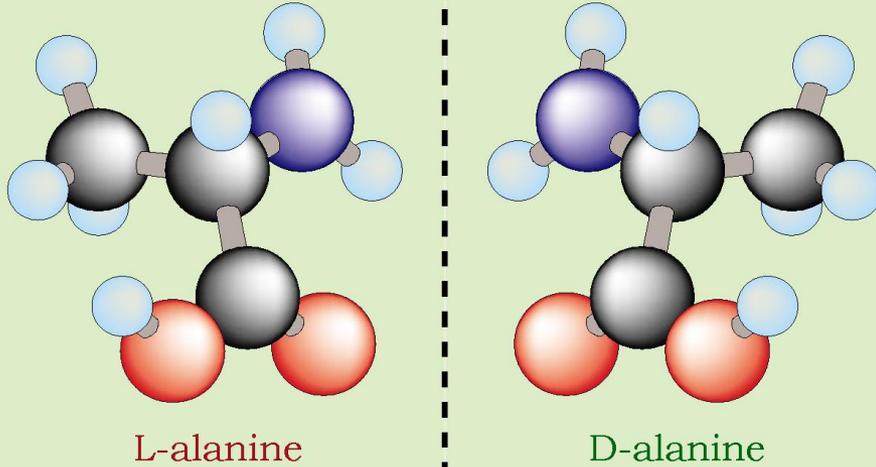
D. L. Hoffmann,<sup>1\*</sup> C. D. Standish,<sup>2\*</sup> M. García-Díez,<sup>3</sup> P. B. Pettitt,<sup>4</sup> J. A. Milton,<sup>5</sup> J. Zilhão,<sup>6,7,8</sup> J. J. Alcolea-González,<sup>9</sup> P. Cantalejo-Duarte,<sup>10</sup> H. Collado,<sup>11</sup> R. de Balbín,<sup>9</sup> M. Lorblanchet,<sup>12</sup> J. Ramos-Muñoz,<sup>13</sup> G.-Ch. Weniger,<sup>14,15</sup> A. W. G. Pike<sup>2†</sup>

Science 359, 912–915 (2018) 23 February 2018

La méthode U-Th a récemment été utilisée pour **dater des carbonates recouvrant des peintures pariétales** d'Espagne et des âges compris entre 60 et 70 000 ans ont été obtenus, **conduisant à les attribuer potentiellement à l'Homme de Néandertal.**

## Racémisation des acides aminés

Alanine  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$



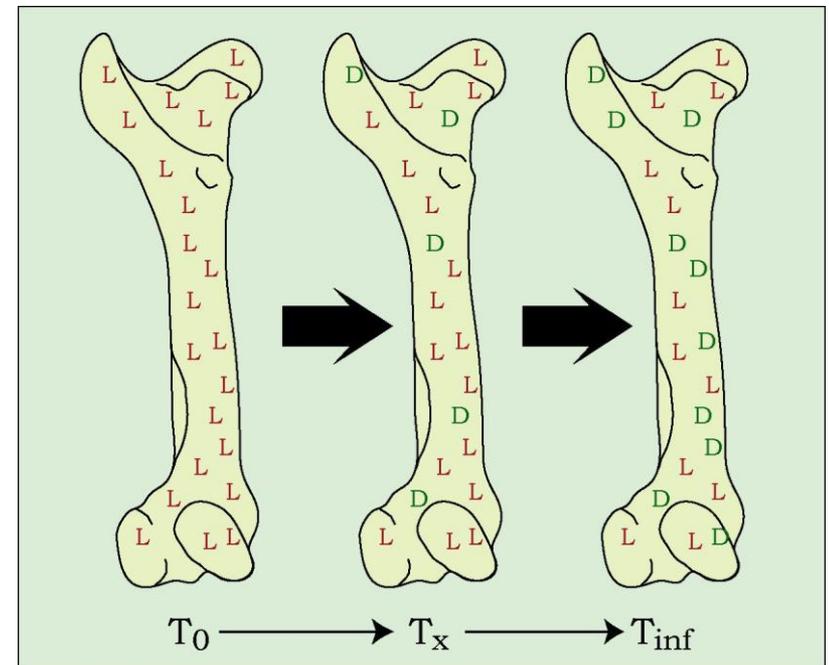
Voinchet et al. (2016)

La forme L ne se rencontre que dans la matière vivante. Après la mort, un processus appelé racémisation va transformer les acides aminés L en acides aminés D en fonction du temps. **Le rapport D/L dépend donc de l'âge du gisement, mais également de nombreux autres paramètres, dont la température et le pH.**

**Événement daté = mort de l'individu**

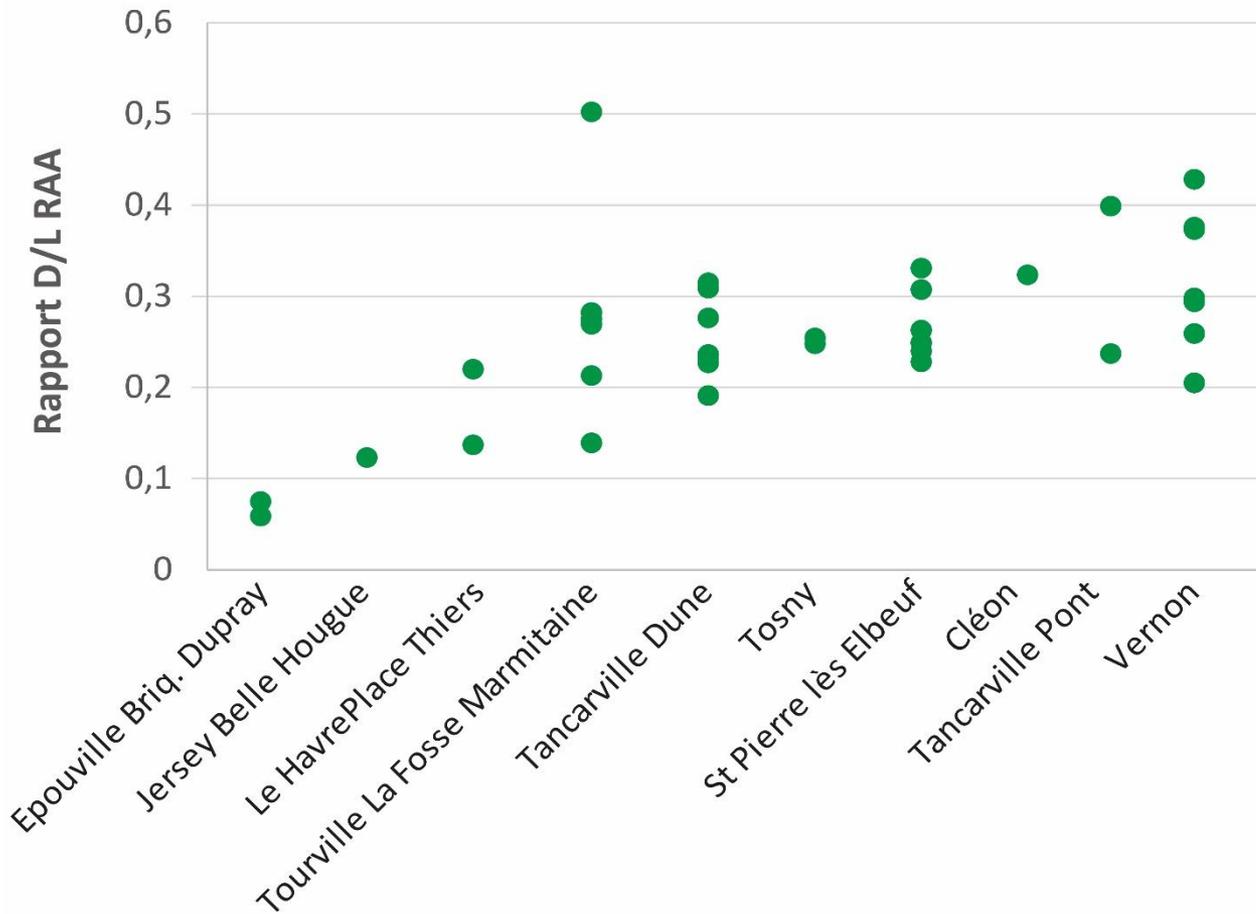
**Méthode qui repose sur l'étude des changements des propriétés optiques des acides aminés présents dans le collagène des ossements au cours de la fossilisation.**

Ces acides peuvent se présenter dans la nature sous deux formes optiques symétriques (on parle d'énantiomères)



## Datations relatives de sites néandertaliens normands par racémisation des acides aminés

### Racémisation des acides aminés Sites de Normandie

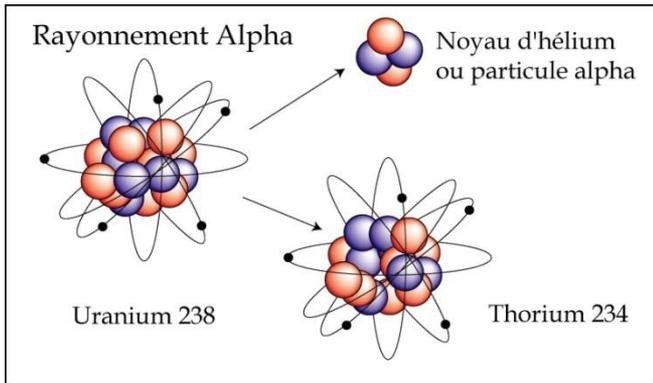


La mesure du rapport D/L de sites normands permet ainsi de proposer une chronologie relative de ces différents sites. Il est cependant nécessaire d'avoir une données numériques indépendantes pour aller plus loin sur l'interprétation chronologique de ces résultats.

## Méthodes fondées sur les dommages causés par la radioactivité

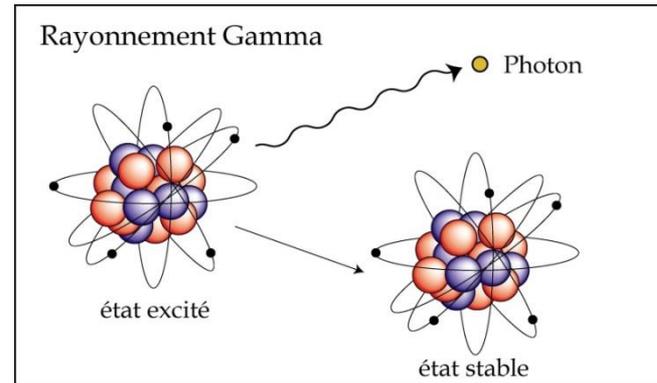
### Les méthodes paléodosimétriques

#### Rayonnement alpha



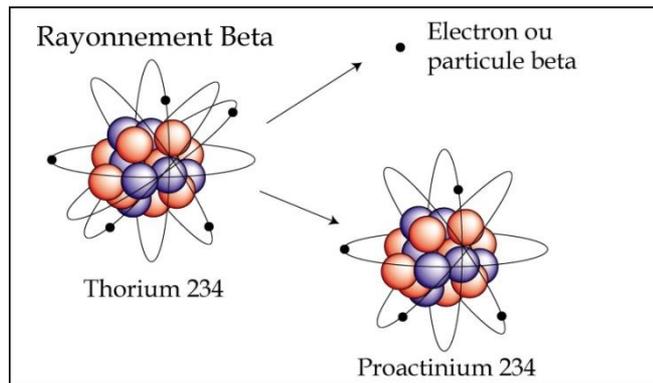
*Parcours dans l'air : quelques cm*  
*Dans un sédiment : quelques  $\mu\text{m}$*

#### Rayonnement gamma

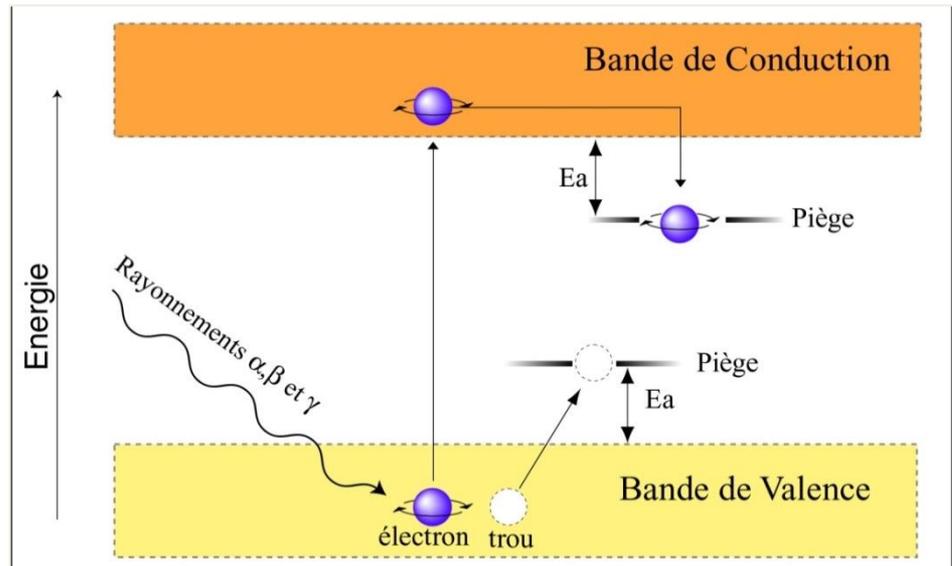


*Parcours dans l'air : plusieurs centaines de mètres*  
*Dans un sédiment : 30 cm à 1 m*

#### Rayonnement bêta



*Parcours dans l'air : quelques mètres*  
*Dans un sédiment : quelques mm*

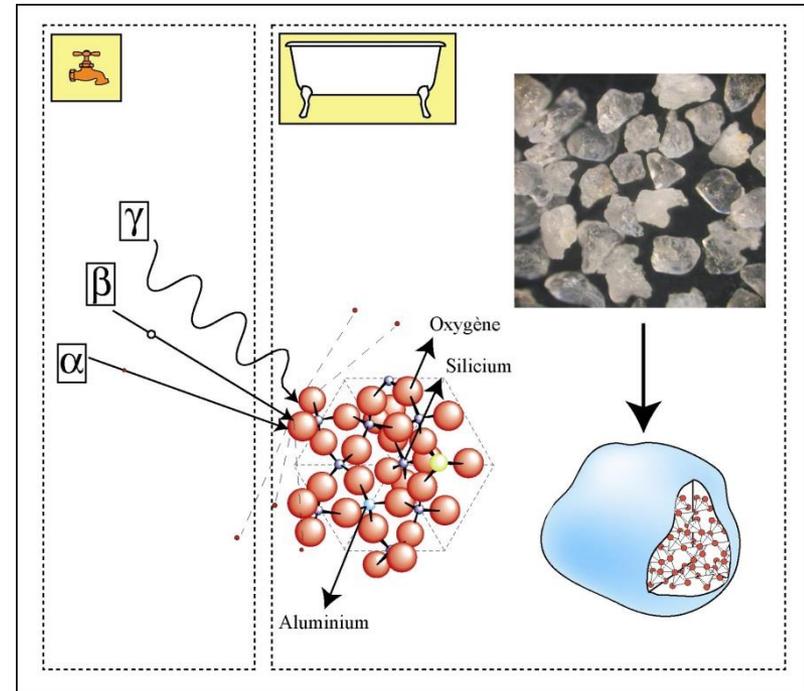
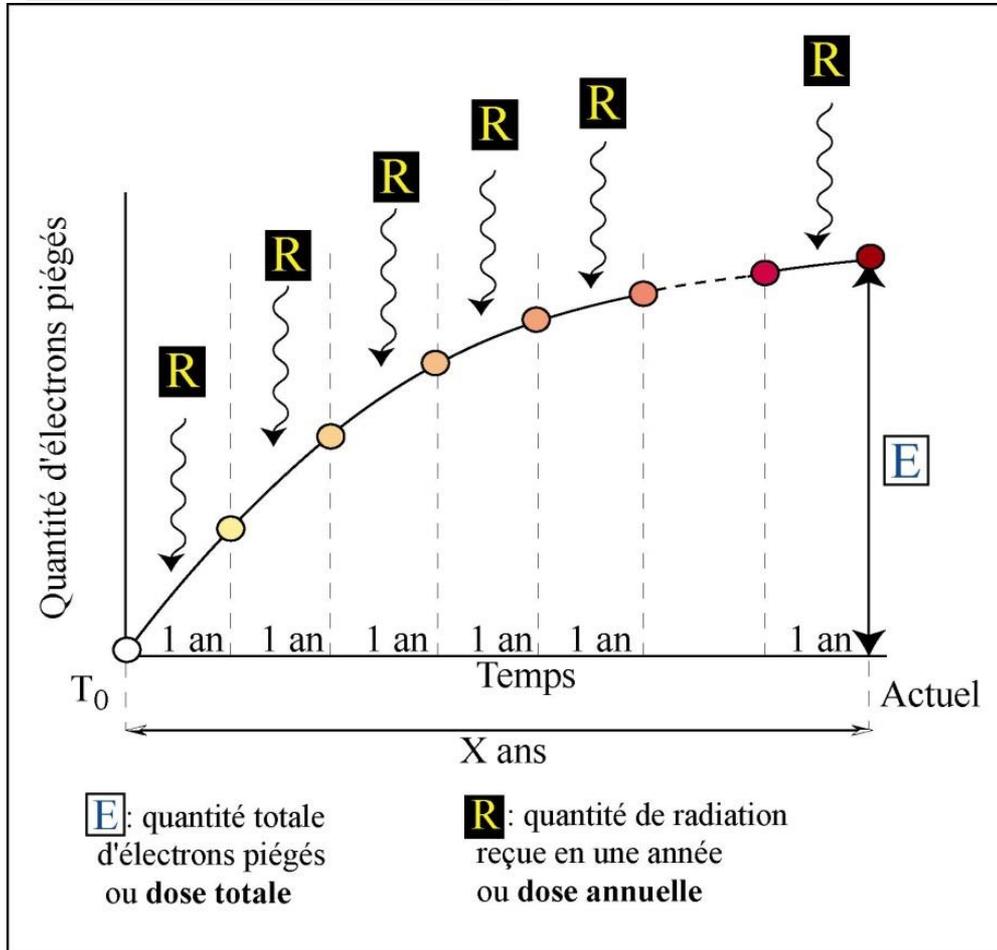


## Les méthodes paléodosimétriques

$$D = \int_0^T d_a(t).dt \quad T = \text{Age de l'échantillon}$$

Si la dose annuelle  $d_a$  est constante

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



Méthodes de la luminescence et résonance de spin électronique

Thermoluminescence de la fluorine  
<https://commons.wikimedia.org>

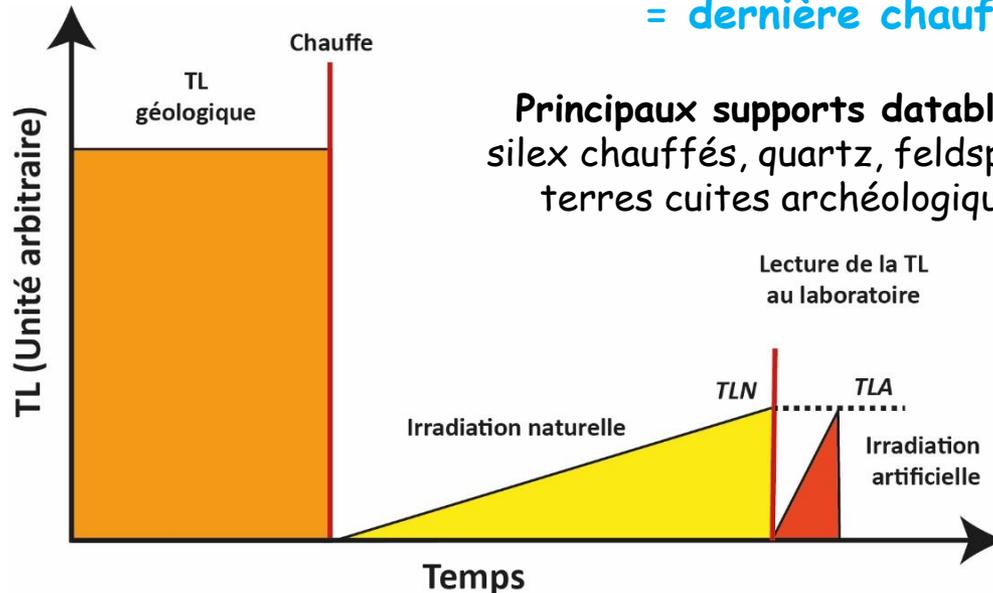
## Thermoluminescence

La thermoluminescence est une propriété qu'ont certains minéraux qui émettent de la lumière lorsqu'on les chauffe.

Cette lumière est associée à la libération des électrons piégés dans ces minéraux sous l'effet de la radioactivité naturelle et est donc proportionnelle à la dose totale de rayonnements à laquelle le minéral a été soumis depuis sa dernière chauffe et à l'âge de l'échantillon.

Événement daté  
= dernière chauffe

Principaux supports datables :  
silex chauffés, quartz, feldspaths,  
terres cuites archéologiques



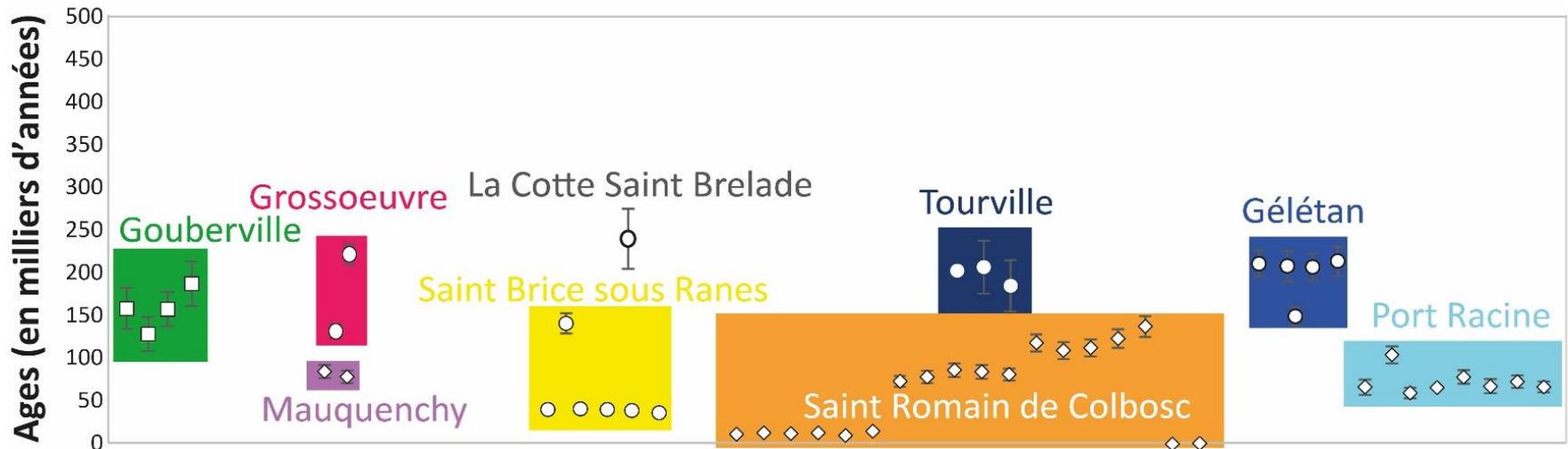
Silex archéologique chauffé à plus de 450°C  
<https://www.zupimages.net/up/19/42/0koi.jpg>



## Datation de sites néandertaliens normand par thermoluminescence

Foyer construit par les Néandertaliens sur le site de Port-Pignot à Fermanville (Manche), il y a environ 220 000 ans (© G. Verron).

Le datation par thermoluminescence de silex chauffés permet ainsi de dater directement des faits archéologiques. **Son application sur les sites normands a ainsi permet de caler chronologiquement plusieurs sites majeurs de la région.**



## Optoluminescence

Il est également possible de quantifier le nombre d'électrons piégés d'un échantillon en exposant ce dernier à une source lumineuse. **C'est la luminescence stimulée optiquement, méthode qui permet de dater la dernière exposition à la lumière de minéraux comme le quartz ou les feldspaths.** L'intérêt est alors de pouvoir dater directement le dépôt des sédiments associés aux niveaux archéologiques ou géologiques.

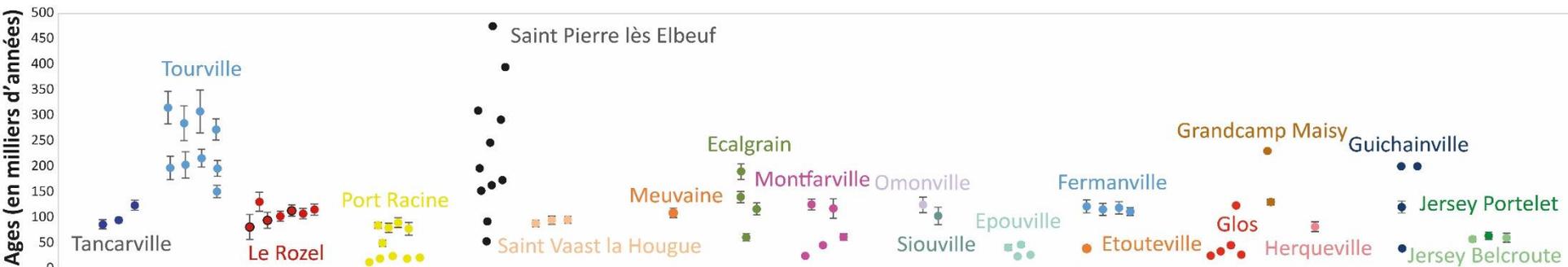
**Événement daté = dernière exposition à la lumière  
≈ dépôt du sédiment**

La méthode peut alors se décliner en différentes applications selon le minéral et le type de piège étudié :

- OSL et TT-OSL pour les grains de quartz
- IRSL et pIRIR pour les grains de feldspaths potassiques,

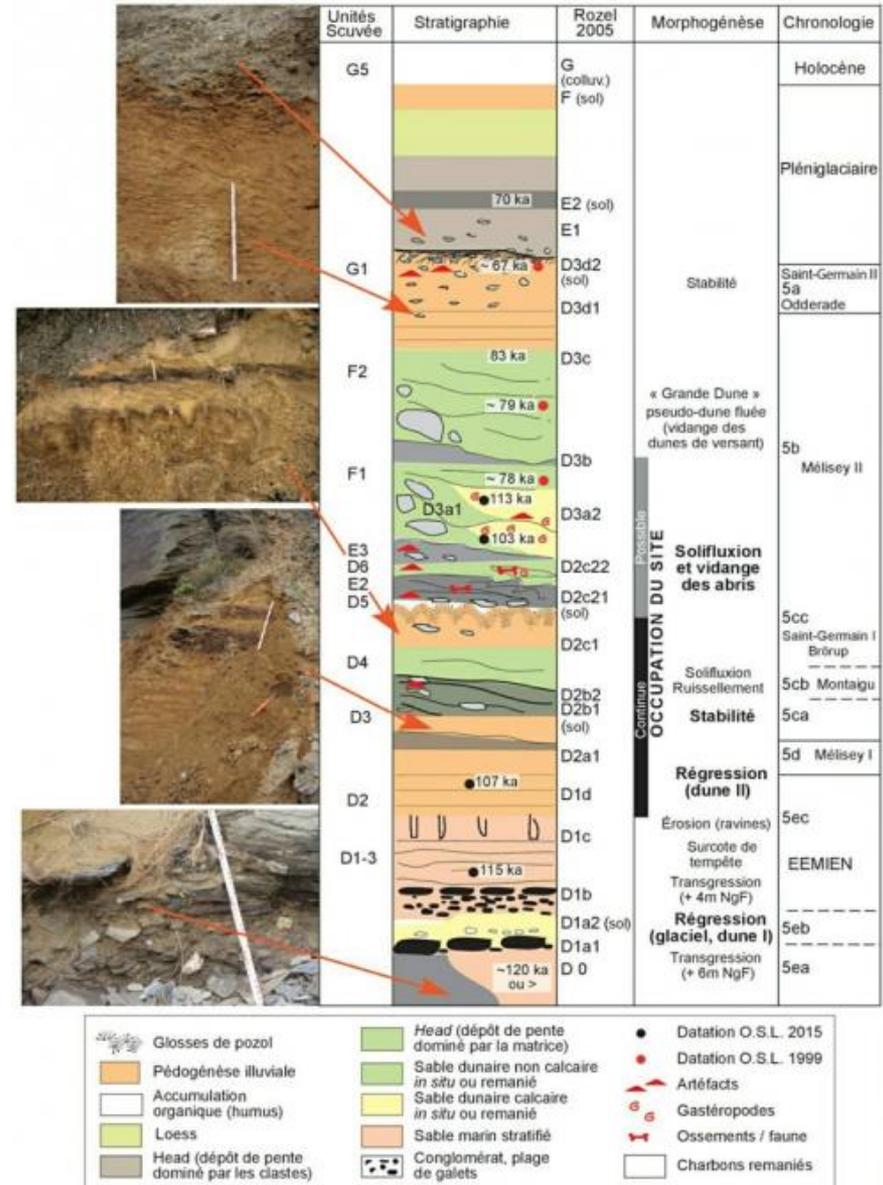
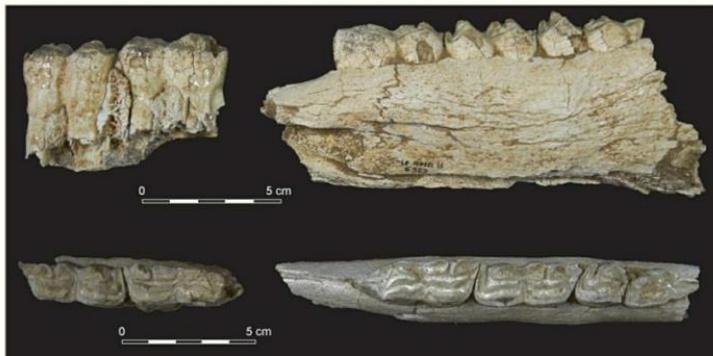
Chaque application a alors ces propres limites d'utilisation, en relation avec le piège étudié.

Ces méthodes ont été appliquées à de nombreux sites de Normandie, permettant de consolider le cadre chronologique établi par thermoluminescence.



# Datation de sites néandertaliens normands par optoluminescence

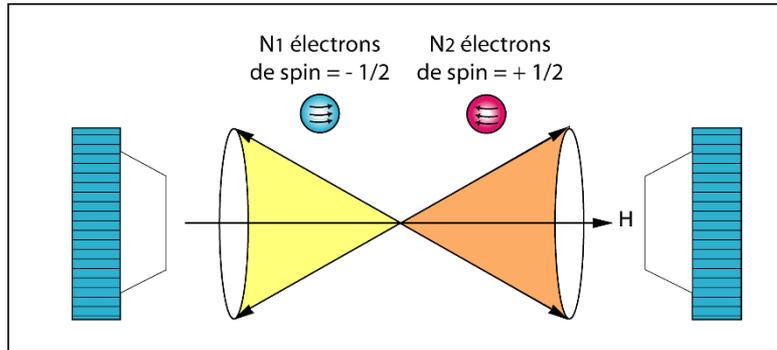
## Le Rozel (Manche)



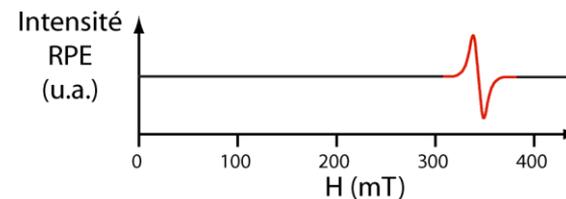
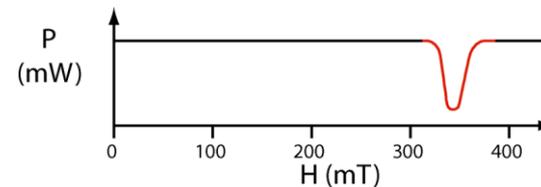
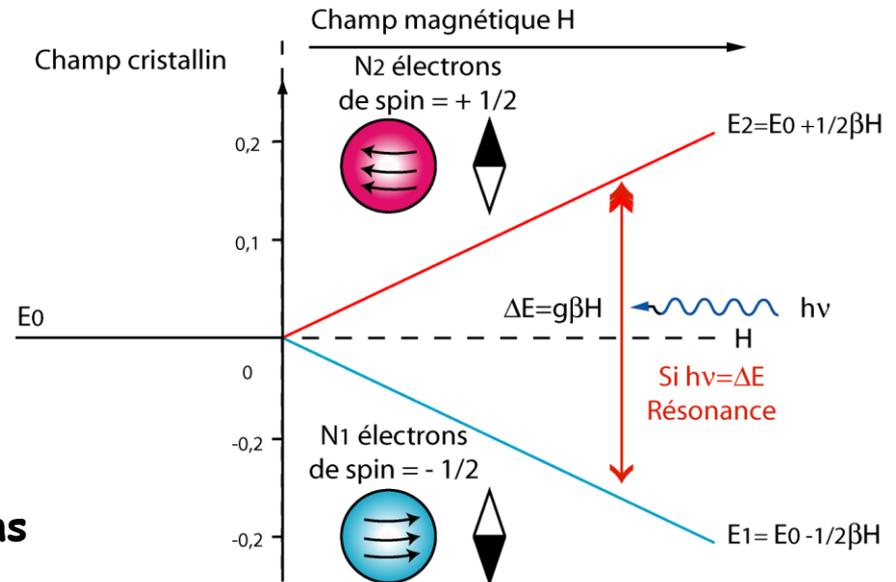
<https://books.openedition.org/purh/17280>

Log synthétique des dépôts sédimentaires et des occupations associées (d'après B. Van Vliet-Lanoë)

## Datation par résonance de spin électronique (ESR)



En ESR, on dénombre les électrons piégés directement dans les pièges, sans vider ceux-ci, grâce à leurs propriétés magnétiques. Il est donc possible de mesurer le signal fossile d'un même échantillon plusieurs fois sans avoir besoin de le ré-irradier.



## Datation par résonance de spin électronique (ESR)



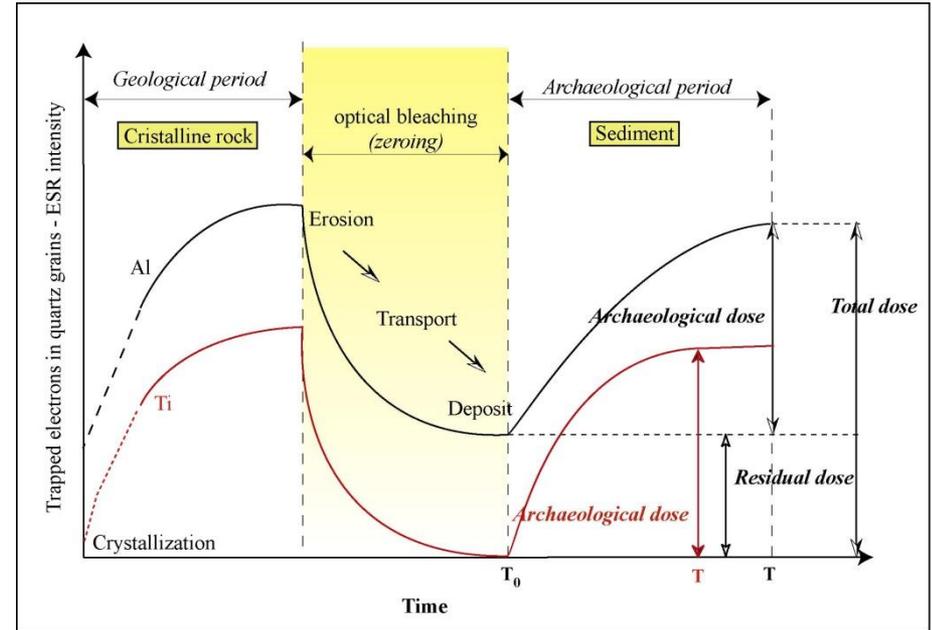
Quartz



... mais une remise à zéro du signal parfois incomplète

Un matériau très fréquent ... incomplète

Événement daté = dernière exposition à la lumière  $\approx$  dépôt du sédiment



## Datation par ESR/U-Th combinées - Email dentaire

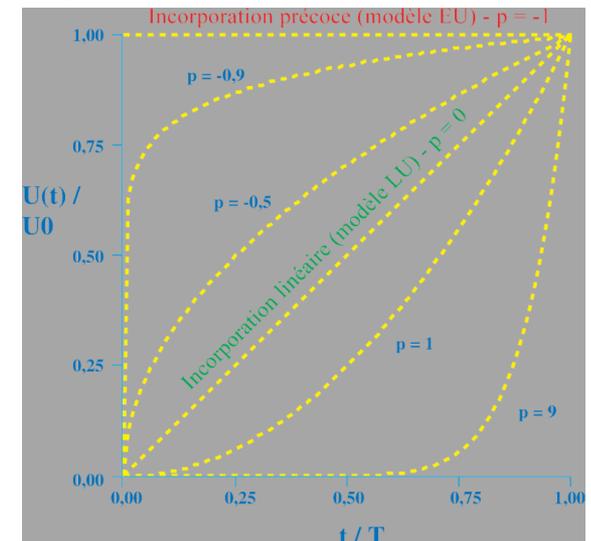
Datation directe des niveaux d'occupation humaine ...



...mais des incorporations post-mortem d'uranium dont il faut tenir compte pour déterminer la dose annuelle

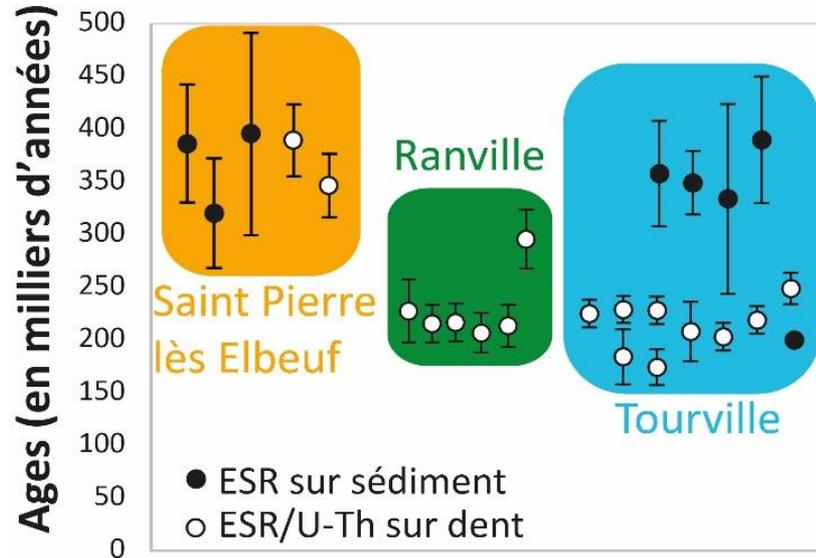


Événement daté = mort/enfouissement de l'animal

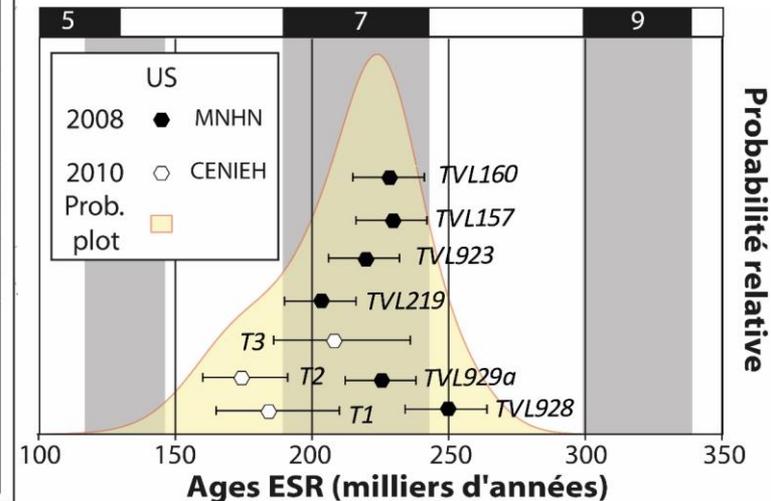
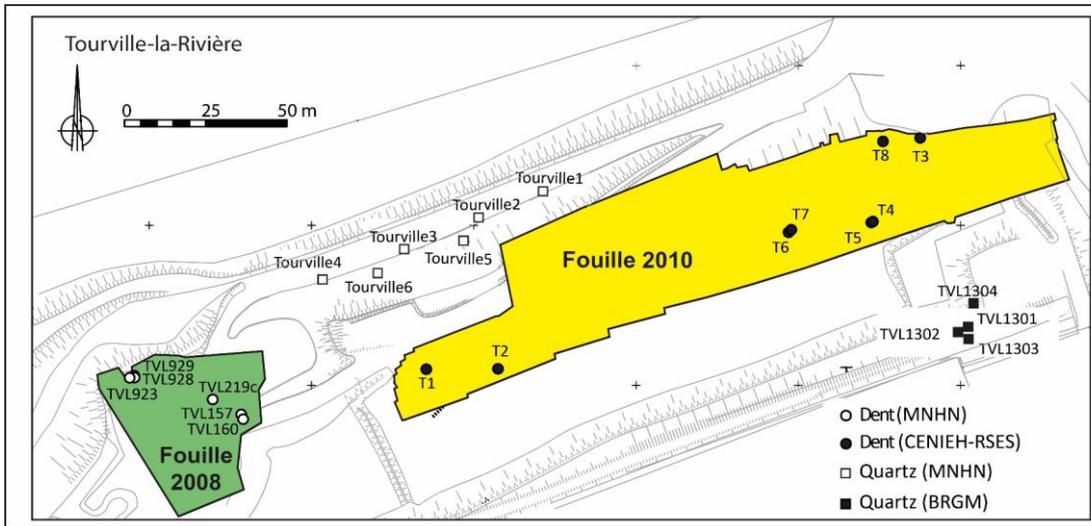


# Datation de sites néandertaliens normands par ESR et ESR/U-Th

## Tourville-la-Rivière (Seine-Maritime)

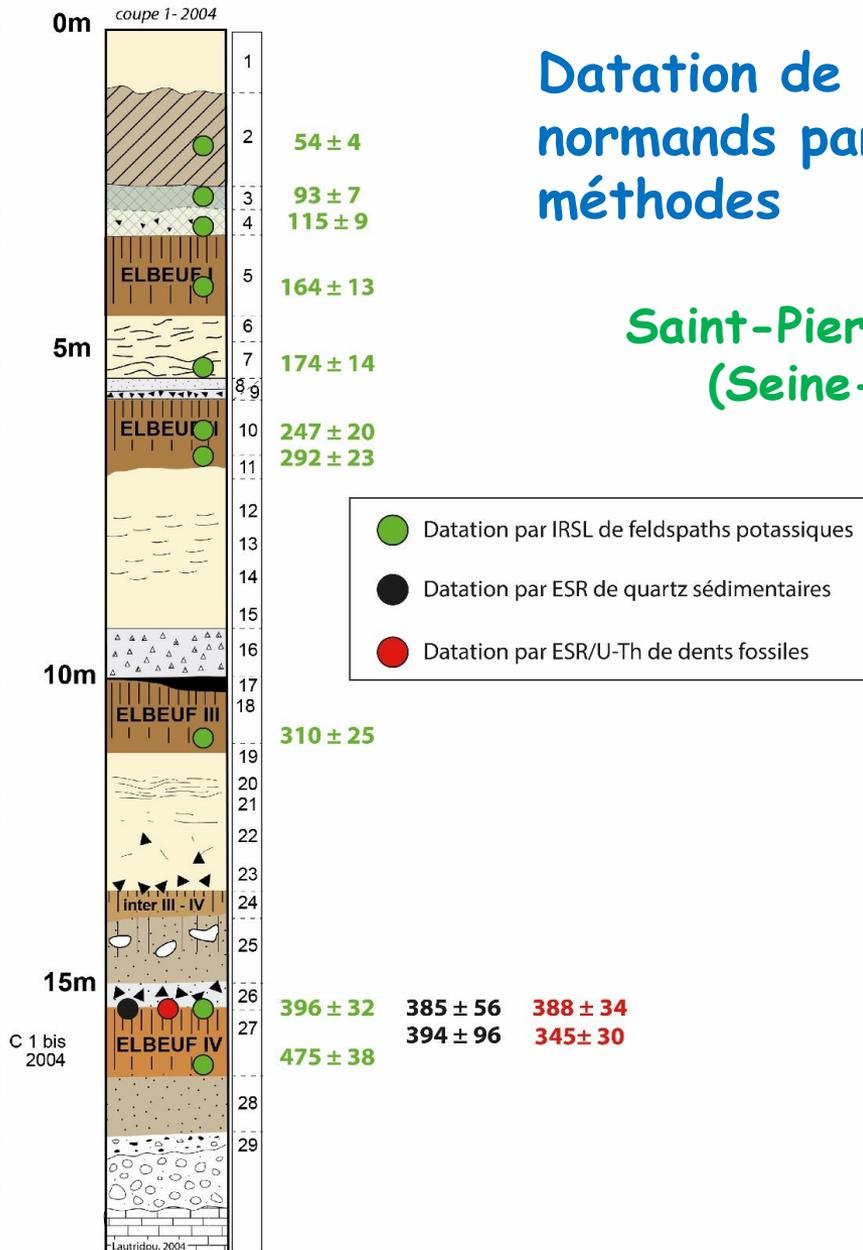


Fragment de bras du Néandertalien vieux d'environ 230 000 ans, trouvé à Tourville-a-Rivière (Seine-Maritime) par l'équipe de J.-P. Faivre (© H. Paitier, Inrap).



# Datation de sites néandertaliens normands par approche multi-méthodes

## Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime)



## Ce qu'il faut retenir...

De nombreuses méthodes de datation sont disponibles et le cadre chronologique de la Préhistoire est sans cesse précisé..

### Les chronologies naturalistes

Stratigraphie

Biostratigraphie - Chronologie paléontologiques

Chronologie archéologique

Chronologie climato-géomorphologique

Datation relative mais indispensable et de valeur régionale

### La chronologie « absolue »

Méthodes de datation radiométriques basées sur la radioactivité naturelle

Dépendent de l'élément considéré (période d'application, support étudié)

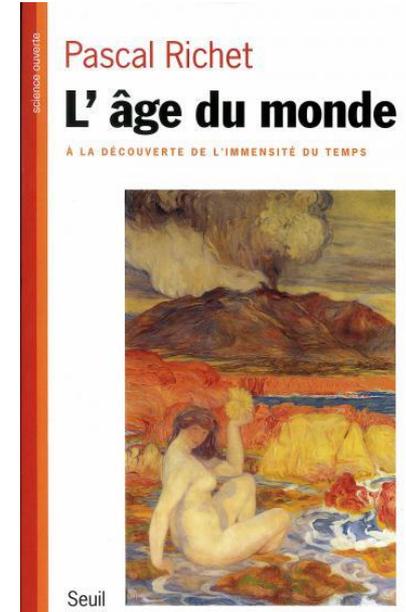
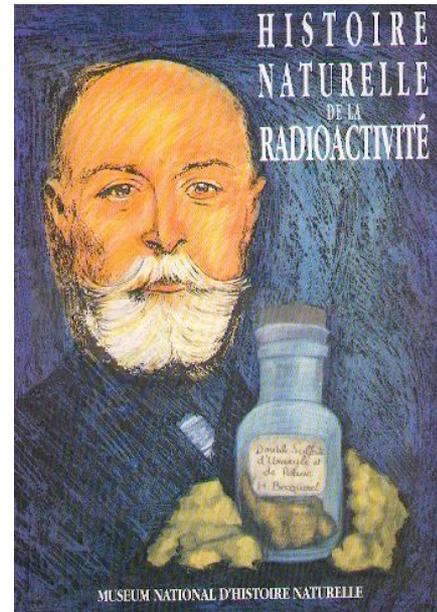
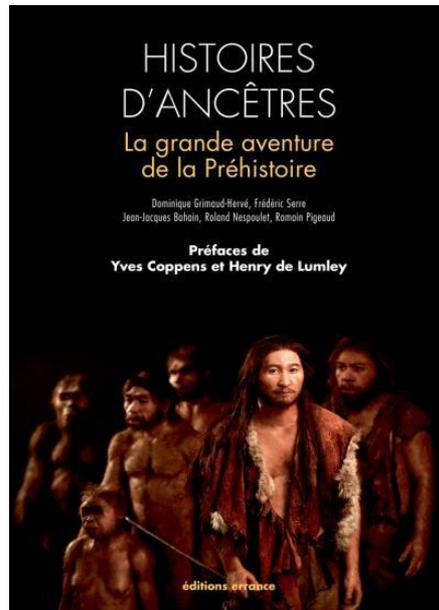
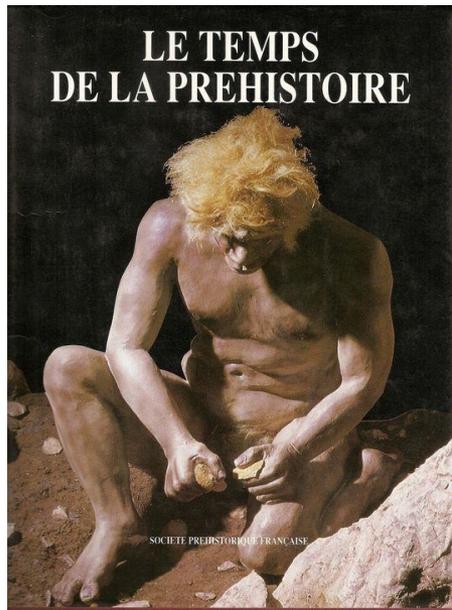
Fournissent une donnée plus ou moins précise (en fonction de la méthode, du support et de l'âge de celui-ci)

Datation numérique plus précise mais de valeur le plus souvent locale

Ces différentes méthodes ont toutes contribué à l'établissement du cadre chronologique de l'évolution de l'Homme et de ses cultures tel que nous le connaissons aujourd'hui.

# Merci de votre attention





## Quelques pistes de lecture pour aller plus loin

