

DOSSIER · DÉCRYPTAGE

Comment date-t-on ?

les horloges de la préhistoire,
du carbone 14 à l'ADN

« Il y a 36 000 ans », « vers 300 000 ans », « 3,2 millions d'années » : d'où viennent ces chiffres, et à quoi bon les croire ? Ce dossier explique les méthodes qui donnent un âge aux os, aux silex, aux peintures et aux sédiments, ce que chacune mesure vraiment, jusqu'où elle porte, et comment lire une date sans se tromper.

Ce que contient ce dossier

La préhistoire est une science du temps, et son premier problème est de le mesurer. Pendant un siècle, elle n'a su dire que « avant » et « après ». Depuis 1949, elle sait dire « combien », avec des horloges différentes selon les âges.

- | | | |
|---|---|-------|
| 1 | Avant les horloges
La stratigraphie, les fossiles directeurs, la typologie : comment on datait sans chiffres, et pourquoi on le fait encore. | p. 3 |
| 2 | Le carbone 14
Le principe, la demi-vie, la calibration, l'accélérateur : la méthode reine, ses cinquante mille ans de portée et ses pièges. | p. 5 |
| 3 | Au-delà de cinquante mille ans
Luminescence, résonance de spin, uranium-thorium, potassium-argon, paléomagnétisme : les horloges des temps longs. | p. 7 |
| 4 | Les cernes, les glaces et les gènes
La dendrochronologie, les carottes de glace, les stades isotopiques, et l'horloge moléculaire de l'ADN. | p. 9 |
| 5 | Lire une date
Marges, calibrations, contaminations, fraudes : ce que veut dire « 36 000 ± 400 », et les erreurs célèbres. | p. 11 |

AVANT-PROPOS

Deux façons de dater

La datation **relative** ordonne : ceci est plus ancien que cela, parce que c'est dessous, ou parce que ces outils se font toujours avant ceux-là. Elle ne donne pas de chiffre. La datation **absolue**, ou plutôt numérique, donne un nombre d'années, avec une marge, grâce à un phénomène physique dont on connaît la vitesse : la désintégration d'un isotope, l'accumulation d'électrons piégés, la croissance d'un cerne.

Les deux se complètent. Une date numérique isolée ne vaut rien si l'on ne sait pas exactement ce qu'on a daté, et à quelle couche cela appartient.

COMMENT LIRE CE DOSSIER

Ce qu'une méthode date vraiment

Chaque méthode date un **événement physique** précis : la mort d'un organisme pour le carbone 14, la dernière chauffe d'un silex pour la thermoluminescence, la dernière exposition au soleil d'un grain de sable pour la luminescence optique, la formation d'une calcite pour l'uranium-thorium, le refroidissement d'une lave pour le potassium-argon.

Le travail de l'archéologue est de relier cet événement à ce qui l'intéresse : la peinture, l'outil, l'occupation. C'est là que se logent la plupart des erreurs.

QUATRE CHIFFRES

Pour situer

5 730 ans : la demi-vie du carbone 14. **50 000 ans** : sa portée. **780 000 ans** : la dernière inversion du champ magnétique terrestre, repère mondial. **1949** : l'année où Willard Libby publie la méthode, qui lui vaut le Nobel de chimie en 1960.

Avant les horloges

Jusqu'au milieu du vingtième siècle, la préhistoire n'avait pas de dates, seulement un ordre. Cet ordre, elle l'a tiré du sol, et il reste la base de tout : une date numérique sans stratigraphie est un chiffre sans objet.

Le principe tient en une phrase, énoncée par le géologue danois Nicolas Sténou en 1669 : dans une succession de couches non bouleversées, celle du dessous est plus ancienne que celle du dessus. C'est la **loi de superposition**, et c'est le fondement de la **stratigraphie**. Un abri sous roche fouillé sur dix mètres de hauteur est un livre dont les pages ont été posées l'une sur l'autre : à Laugerie-Haute, aux Eyzies, on lit ainsi quarante-deux niveaux, du Gravettien au Magdalénien, et l'on sait dans quel ordre ils se sont succédé sans connaître leur âge.

La règle a ses exceptions, et elles font le métier : un terrier, une fosse creusée depuis le haut, un effondrement, une coulée de boue, un remaniement par l'eau mélangent les couches. L'archéologue doit donc lire non seulement l'ordre des couches mais leur intégrité, et c'est pourquoi une fouille moderne avance par carrés et par décapages de quelques centimètres, en relevant chaque objet en trois dimensions, avant de dater quoi que ce soit.

Les fossiles directeurs et la typologie

Comment relier deux sites qui ne se touchent pas ? Par ce qu'ils ont en commun. Les géologues du dix-neuvième siècle ont établi que certaines espèces, apparues et disparues en un temps court, datent les couches qui les contiennent : ce sont les **fossiles directeurs**. Pour la préhistoire, le renne, le mammoth, le rhinocéros laineux disent le froid ; l'hippopotame et l'éléphant antique disent le chaud ; les rongeurs, plus fins, disent le siècle. Et les outils font de même : un biface acheuléen, une feuille de laurier, une pointe de la Gravette ne se trouvent qu'à une période. C'est la **typologie**, dont le dossier sur les outils de pierre donne les planches, et qui a permis à Gabriel de Mortillet, dès 1872, de découper le Paléolithique en époques nommées d'après des sites.



La coupe de Gran Dolina, à Atapuerca (Espagne) : dix-huit mètres de sédiments, onze niveaux, de 900 000 ans en bas aux 300 000 ans du haut. La stratigraphie avant toute date.
photo Mario Modesto Mata, CC BY-SA 3.0

Le relevé, ou la date perdue

Une couche ne se date qu'une fois : quand on la fouille, on la détruit. Tout ce qu'on n'a pas noté ce jour-là est perdu pour toujours, et c'est pourquoi la fouille moderne passe plus de temps à enregistrer qu'à creuser. Chaque objet reçoit ses coordonnées, chaque coupe est photographiée et dessinée, chaque prélèvement pour datation est pris dans la paroi, à l'abri de la lumière pour la luminescence, sans contact des doigts pour le carbone 14, avec un témoin de sédiment pour mesurer la radioactivité ambiante. Les sites fouillés avant 1950 n'ont pas eu ce traitement, et c'est la raison pour laquelle on y retourne : Lascaux, La Chapelle-aux-Saints, Le Moustier, Shanidar ont tous été repris pour dater ce que les premiers fouilleurs avaient vu sans pouvoir le mesurer.

Ce que cela vaut, et ce que cela ne vaut pas

Ces méthodes relatives datent avec une précision de l'ordre du millénaire ou du dix-millénaire, et elles supposent que les changements ont été simultanés partout, ce qui est faux : le Néolithique commence en Turquie quatre mille ans avant d'arriver en Bretagne. Elles ne se suffisent pas. Mais elles restent le premier contrôle de toute date numérique : un charbon daté de 12 000 ans dans une couche moustérienne n'est pas une découverte, c'est une racine.



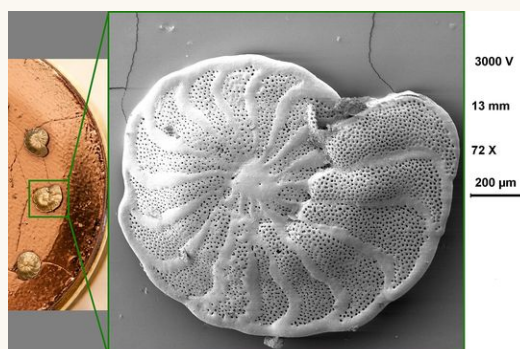
Couches de cendres volcaniques à Ohope (Nouvelle-Zélande). Chaque bande claire est une éruption, datée ailleurs par le potassium-argon : là où elle se retrouve, elle date tout ce qui est dessous et dessus.

photo Colin Pain, CC BY 3.0

Les repères mondiaux

Certains événements ont laissé une trace au même moment sur toute la planète, et servent de repères pour caler les séquences locales les unes sur les autres. Les **cendres volcaniques** d'une grande éruption retombent sur des milliers de kilomètres en quelques jours, et chaque éruption a sa signature chimique : la cendre de la Campanie, de l'éruption des Champs Phlégréens il y a 39 000 ans, se retrouve de l'Italie à la Russie, et date d'un coup toutes les couches qu'elle recouvre, à Kostenki comme dans les grottes des Balkans. On appelle cela la **téphrochronologie**, et elle est devenue, depuis vingt ans, l'un des outils les plus fins pour relier l'arrivée des premiers *sapiens* en Europe et la disparition des derniers Néandertaliens.

Les **inversions du champ magnétique** terrestre en sont un autre. Le pôle nord magnétique a basculé au sud, puis est revenu, des dizaines de fois dans l'histoire de la Terre, et les roches qui se forment enregistrent son orientation. La dernière inversion, dite de Brunhes-Matuyama, date de **780 000 ans** : toute couche qui présente une polarité inverse est plus ancienne. C'est elle qui a permis de dater à plus de 800 000 ans les premiers humains d'Atapuerca et de Dmanisi, avant toute autre méthode.



Un foraminifère au microscope électronique, 300 fois. La coquille de ces organismes marins garde le rapport des isotopes de l'oxygène de l'eau où ils ont vécu, donc le volume des glaces de leur époque.

photo L.-F. Stahl et S. Schneidereit, CC BY-SA 3.0 de

Le temps des géologues

Enfin, les **stades isotopiques marins** découpent le dernier million d'années en une centaine de périodes alternativement chaudes et froides, numérotées depuis le présent : le stade 1 est l'Holocène, notre période ; le stade 2 le dernier maximum glaciaire ; le stade 5e le dernier interglaciaire, vers 125 000 ans ; le stade 11 le long interglaciaire de 400 000 ans. On les lit dans les coquilles de foraminifères des sédiments océaniques, dont la teneur en oxygène 18 varie avec le volume des glaces. Un préhistorien qui dit « au stade 5 » dit une date à dix mille ans près, et un climat.

2 CHAPITRE DEUXIÈME

Le carbone 14

En 1949, un chimiste de Chicago publie une méthode qui donne un âge à tout ce qui a été vivant. Trois quarts de siècle plus tard, elle a daté Lascaux, Chauvet, Ötzi et les derniers Néandertaliens, et elle reste la référence pour les cinquante mille dernières années.

Le principe est celui d'un sablier que la mort retourne. Dans la haute atmosphère, les rayons cosmiques fabriquent en permanence un isotope radioactif du carbone, le carbone 14, qui se mêle au gaz carbonique et entre, par la photosynthèse et la chaîne alimentaire, dans tout ce qui vit, en proportion constante : environ un atome de carbone 14 pour mille milliards d'atomes ordinaires. Tant qu'un organisme vit, il renouvelle son stock. Quand il meurt, le renouvellement cesse et le carbone 14 se désintègre à vitesse fixe : la moitié disparaît en **5 730 ans**, la moitié du reste dans les 5 730 ans suivants, et ainsi de suite. Mesurer ce qu'il en reste dans un os, un charbon, une graine, c'est lire depuis combien de temps il est mort.

Après dix demi-vies, il ne reste plus qu'un millième du stock initial, trop peu pour être mesuré avec certitude : c'est la **limite de la méthode**, autour de

50 000 ans, et c'est pourquoi le carbone 14 ne dit rien de Néandertal avant ses derniers millénaires, ni de Jebel Irhoud, ni de Lucy.

Le compteur et l'accélérateur

Willard Libby comptait les désintégrations : il fallait des dizaines de grammes de matière, des jours de mesure, et l'on datait un foyer entier, pas un charbon. Depuis les années 1980, la **spectrométrie de masse par accélérateur** ne compte plus les désintégrations mais les atomes eux-mêmes, triés par leur masse : un milligramme suffit, une graine, un fragment d'os, une écaille de pigment. On a pu dater directement le charbon d'un trait de Chauvet, une fibre du vêtement d'Ötzi, un os de la grotte du Renne. La précision a suivi : de quelques siècles, la marge est passée à quelques décennies pour les périodes récentes.



Willard Libby en 1974. Sa méthode, publiée en 1949, a fait entrer la préhistoire dans le temps mesuré. Prix Nobel de chimie 1960.

photo Willy Pragher, CC BY 3.0 de

Les premières dates

Libby a validé sa méthode sur des objets d'âge connu : du bois d'un tombeau égyptien, un fragment de séquoia, et les premières dates préhistoriques ont suivi aussitôt. En 1951, son laboratoire mesure un charbon de Lascaux : 15 500 ans, à neuf siècles près. Le chiffre a été affiné depuis, mais il a suffi pour donner à l'art des cavernes, dont on discutait encore l'âge à dix mille ans près, une place dans le temps. La révolution du radiocarbone, comme on l'a appelée, a été aussi une révolution des idées : le Néolithique européen s'est révélé bien plus ancien qu'on ne le croyait, et les mégalithes bretons plus vieux que les pyramides, ce qui a ruiné la thèse d'une civilisation venue d'Orient.

La calibration

Un piège a mis vingt ans à se voir : la production de carbone 14 n'a pas été constante. Elle varie avec l'activité du Soleil et le champ magnétique terrestre, et un âge « carbone 14 » brut n'est donc pas un âge en années réelles. La correction vient des **cernes des arbres** : on connaît l'âge exact de chaque cerne d'une séquence de chênes et de pins remontant à 14 000 ans, on mesure son carbone 14, et l'on construit une courbe de correspondance. Au-delà, les stalagmites, les coraux et les sédiments lacustres prolongent la courbe jusqu'à 55 000 ans. La courbe actuelle, IntCal20, publiée en 2020, est la référence mondiale, et toute date sérieuse s'écrit « cal BP », calibrée, avant 1950. L'écart n'est pas mince : un âge brut de 30 000 ans devient 34 000 ans calibrés.



Une coupe de chêne datée cerne par cerne. La dendrochronologie fournit à la fois une horloge à l'année près et la courbe qui corrige le carbone 14 sur quatorze mille ans.

photo DogsRNice, CC BY-SA 4.0

Les contaminations

Un os de 40 000 ans ne contient plus qu'un pour cent de son carbone 14 initial. Qu'un pour cent de carbone moderne s'y glisse, par une racine, un champignon, une colle de restauration ou une main, et l'âge tombe à 34 000 ans. Aux limites de la méthode, la contamination est le problème majeur, et elle explique pourquoi les dates des derniers Néandertaliens ont été révisées vers le haut, de 30 000 à 40 000 ans, quand Thomas Higham a appliqué en 2014 un nettoyage plus sévère, l'**ultrafiltration** du collagène, à quarante sites européens. Les Néandertaliens n'ont pas changé : les os ont été mieux lavés.

D'où trois règles : dater ce qui est lié sans ambiguïté à l'événement, un os humain plutôt qu'un charbon voisin ; préférer les matériaux qu'on sait purifier, le collagène des os, la cellulose du bois ; et multiplier les dates plutôt que d'en croire une seule.

Ce que le carbone 14 a daté

Lascaux : les charbons des foyers et les fragments de torche donnent entre **21 000 et 17 000 ans**, et le débat porte sur la durée de fréquentation. Chauvet : quatre-vingts dates sur les charbons des dessins, les mouchages de torche et les os d'ours donnent deux phases, vers **36 000** et vers **30 000 ans**, et la première a d'abord paru impossible, tant les peintures semblaient trop accom-

plies pour être si vieilles ; les dates ont tenu, et la vision de l'art préhistorique a changé. Ötzi : **5 300 ans**. Les derniers Néandertaliens : entre **41 000 et 39 000 ans**. Les premiers *sapiens* d'Europe, à Bacho Kiro, en Bulgarie : **45 000 ans**. Chaque fois, ce sont des dizaines de mesures, pas une, qui font la date.



Un laboratoire de datation par le carbone 14. L'échantillon est nettoyé, réduit en graphite, puis ses atomes sont comptés un à un dans l'accélérateur.

photo Kestrel, CC BY-SA 4.0

Au-delà de cinquante mille ans

Pour l'essentiel de la préhistoire, le carbone 14 est muet. D'autres horloges prennent le relais, qui ne datent plus la mort d'un être vivant mais la chauffe d'une pierre, la croissance d'une calcite, le refroidissement d'une lave. Chacune a son domaine.

La **luminescence** repose sur une propriété des cristaux : le quartz et le feldspath, bombardés par la radioactivité naturelle du sol, piègent des électrons dans les défauts de leur réseau, et en accumulent d'autant plus que le temps passe. Chauffer le cristal, ou l'éclairer, libère ces électrons d'un coup, sous forme d'une faible lumière qu'on mesure : c'est la thermoluminescence (TL), qui date la dernière chauffe d'un silex ou d'une poterie, et la luminescence optique (OSL), qui date la dernière exposition au soleil d'un grain de sable, c'est-à-dire le moment où il a été enfoui. La portée va de quelques siècles à plusieurs centaines de milliers d'années, avec des marges de cinq à dix pour cent. C'est la TL sur silex chauffés qui a donné les **315 000 ans** de Jebel Irhoud, et l'OSL qui date les sédiments de la plupart des sites de plein air.

La résonance de spin et l'uranium-thorium

La **résonance de spin électronique** (ESR) mesure les mêmes électrons piégés, mais dans l'émail des dents, sans les libérer : elle date les dents d'animaux et d'humains jusqu'à deux millions d'années, avec des marges plus larges. L'**uranium-thorium** date les calcites : quand une stalagmite se forme, elle incorpore un peu d'uranium dissous dans l'eau et pas de thorium ; l'uranium se désintègre en thorium à vitesse connue, et le rapport des deux donne l'âge de la calcite, jusqu'à 500 000 ans, avec une précision remarquable. C'est elle qui a daté les anneaux de Bruniquel à 176 500 ans, et les couches de calcite qui recouvrent certaines peintures des grottes espagnoles à plus de 64 000 ans, ce qui en ferait des œuvres néandertaliennes : ce dernier résultat, publié en 2018, est **discuté**, non pour la mesure mais pour le lien entre la calcite et la peinture qu'elle recouvre.



Coupe d'une stalagmite. Chaque couche est une calcite datable par l'uranium-thorium : une peinture ou une structure prise dans la calcite est plus ancienne que la couche qui la couvre.

photo Hannes Grobe, CC BY 4.0

Ce que l'ESR a daté

Ce sont des dents datées par résonance de spin, et par uranium-thorium combiné, qui ont donné aux *sapiens* de Skhul et Qafzeh leurs 100 000 ans, en 1988, alors que le carbone 14 ne pouvait rien en dire et que la typologie les

rangeait avec Néandertal. Le résultat a bouleversé la chronologie de notre espèce : on l'a soudain sue deux fois plus ancienne hors d'Afrique qu'on ne pensait. La méthode a le défaut de dépendre de l'histoire de l'uranium dans la dent, qui peut en absorber après l'enfouissement ; ses marges restent larges, et l'on préfère la croiser.



Les gorges d'Olduvai (Tanzanie). Les couches de cendres volcaniques intercalées dans les sédiments ont été datées par le potassium-argon dès 1961 : 1,75 million d'années pour le niveau des premiers outils.

photo gailhamshire, CC BY 2.0

Le potassium-argon et l'argon-argon

Pour les temps les plus longs, on date les roches volcaniques. Le potassium 40 se désintègre en argon 40 avec une demi-vie de 1,25 milliard d'années ; quand une lave ou une cendre refroidit, l'argon qu'elle contenait s'est échappé et le compteur repart de zéro. Mesurer l'argon accumulé depuis donne l'âge de l'éruption, de quelques dizaines de milliers d'années à des milliards. La méthode **argon-argon**, plus fine, date un seul cristal. C'est ainsi qu'en 1961 les gorges d'Olduvai ont reçu leur âge de 1,75 million d'années, qui a d'un coup doublé la durée admise de l'humanité, et que Lucy a ses 3,2 millions d'années : non pas elle, mais les cendres au-dessus et au-dessous d'elle. La règle vaut pour toute l'Afrique de l'Est, où les volcans du Rift ont eu l'obligeance de saupoudrer les fossiles de repères.

Le paléomagnétisme

Reste le champ magnétique, déjà rencontré. Les argiles qui se déposent, les laves qui refroidissent, les foyers qui chauffent fixent la direction du champ terrestre au moment où ils se forment. Les inversions donnent des bornes : Brunhes-Matuyama à 780 000 ans, Jaramillo entre 990 000 et 1,07 million, Olduvai entre 1,78 et 1,95 million. Et les petites variations du champ, année après année, servent à dater les foyers récents par **archéomagnétisme**, avec des courbes de référence propres à chaque région.



Un dosimètre à thermoluminescence. Le même phénomène qui mesure une dose de radiation mesure, dans un silex, le temps écoulé depuis la dernière chauffe.

photo IAEA Imagebank, CC BY 2.0

Le bon outil pour le bon âge

Aucune méthode ne couvre tout, et leurs domaines se recouvrent juste assez pour se contrôler. Entre 40 000 et 60 000 ans, là où le carbone 14 s'es-souffle, la luminescence, l'ESR et l'uranium-thorium prennent le relais, et c'est dans cette fenêtre que se joue la rencontre entre Néandertal et *sapiens* : d'où l'importance de croiser. Une date unique par une seule méthode, dans cette zone, est une hypothèse, pas un résultat.

4 CHAPITRE QUATRIÈME

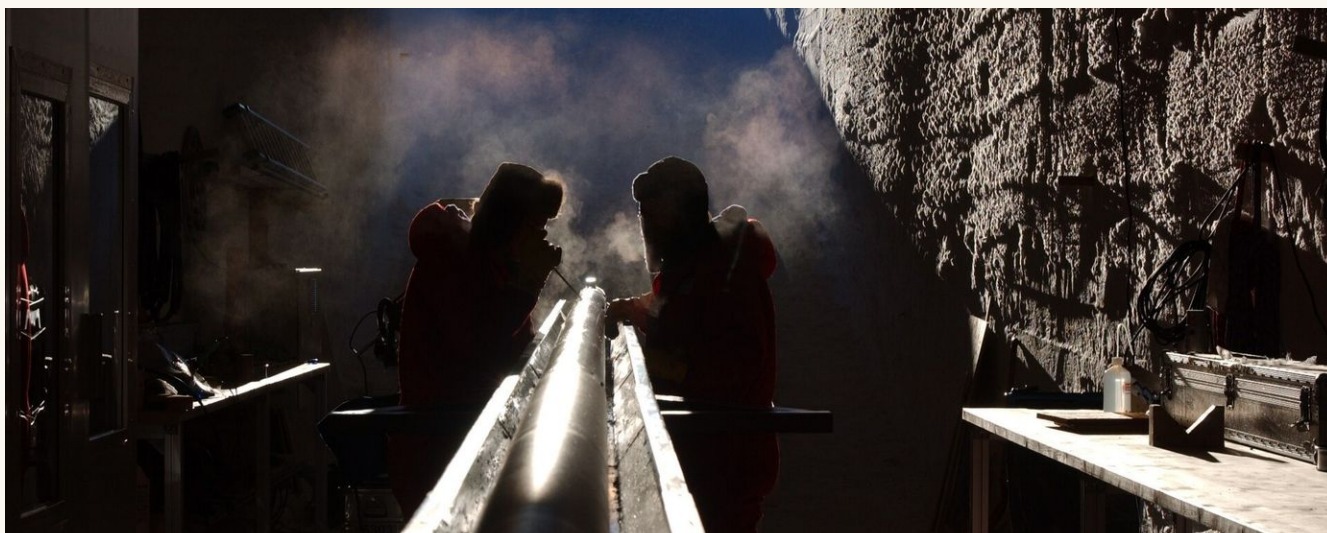
Les cernes, les glaces et les gènes

Trois archives donnent un calendrier continu, année après année ou siècle après siècle, où les dates viennent s'inscrire : les arbres, les glaces et les sédiments. Et une quatrième, l'ADN, qui date sans rien dater.

Un arbre fait un cerne par an, épais les bonnes années, mince les mauvaises, et deux arbres d'une même région ont vécu les mêmes années : leurs séquences de cernes se ressemblent comme des codes-barres. En raccordant des arbres vivants à des poutres médiévales, des pilotis romains, des troncs enfouis dans les graviers des rivières et des tourbières, les dendrochronologues ont construit des séquences continues qui remontent, en Europe centrale, à **plus de 12 000 ans**. Une poutre de maison néolithique lacustre se date alors à l'année, parfois à la saison : les villages des lacs alpins ont ainsi des dates d'abattage, 3 384 avant notre ère à Chalain, dans le Jura, pour tel bois. Aucune autre méthode n'approche cette précision.

Les glaces

La neige qui tombe au Groenland et en Antarctique s'accumule en couches annuelles, se tasse en glace, et emprisonne des bulles d'air, des poussières, des cendres, des acides volcaniques. Les carottes forées dans ces calottes, sur trois kilomètres, donnent des **archives climatiques** continues : 130 000 ans au Groenland, **800 000 ans** en Antarctique, avec, dans chaque couche, la température de l'époque lue dans les isotopes de l'eau, et la composition de l'air. Pour la préhistoire, elles font le calendrier du climat : chaque oscillation abrupte, les événements de Dansgaard-Oeschger, les refroidissements de Heinrich, est datée, et les sites s'y calent. Le dossier sur le climat de cette bibliothèque en tire la trame.



Une carotte de glace à sa sortie du forage. Chaque tranche est une année : la glace du fond, en Antarctique, a 800 000 ans.

photo Hannes Grobe, CC BY-SA 2.5



Des varves dans les dépôts d'un ancien lac glaciaire (Alaska). Une couche claire, une couche sombre : une année. On les compte comme des cernes.

photo Henry R. Schmoll, domaine public

Les sédiments

Les lacs font de même, en plus fin : certains déposent chaque année deux couches, une claire d'été et une sombre d'hiver, les **varves**, qu'on compte comme des cernes. Le lac Suigetsu, au Japon, en a livré 52 000 ans sans interruption, avec des feuilles fossiles dans chaque couche, datées au carbone 14 : c'est l'une des épines dorsales de la courbe de calibration. Les sédiments marins, plus lents, portent les stades isotopiques déjà vus, et les pollens des tourbières racontent, siècle par siècle, la forêt qui avance et recule.



Lucy, réplique. Ses 3,2 millions d'années ne viennent pas de ses os, indatables directement, mais des cendres volcaniques qui encadraient sa couche à Hadar, datées par l'argon-argon.

photo Saillko, CC BY 3.0

L'horloge moléculaire

L'ADN, enfin, date sans sédiment ni isotope. Les mutations s'accumulent dans les génomes à un rythme à peu près régulier, et le nombre de différences entre deux lignées mesure le temps écoulé depuis leur séparation. C'est l'**horloge moléculaire**, et elle a une double faiblesse : il faut connaître le taux de mutation, qu'on mesure aujourd'hui directement sur des familles, et il faut supposer qu'il n'a pas changé. Ses résultats sont donc des fourchettes larges. Elle dit que les lignées de Néandertal et de *sapiens* se sont séparées entre **550 000 et 765 000 ans** ; que tous les non-Africains descendent d'une sortie d'Afrique vers 60 000 ans ; que le métissage avec Néandertal a eu lieu vers 47 000 ans. Quand un génome ancien est bien daté par ailleurs, l'horloge se cale : les génomes de Ranis et de Zlatý kůň, en 2025, ont ainsi resserré la date du métissage à quelques siècles près.

Une variante récente lit les **protéines** plutôt que l'ADN, qui se conserve mal au-delà de quelques centaines de milliers d'années. L'émail d'une dent d'*Homo antecessor* d'Atapuerca, vieux de 800 000 ans, a livré en 2020 des protéines qui placent cette espèce juste avant la divergence entre notre lignée et celle de Néandertal. On date alors une parenté, pas un objet.

Ce que l'ADN ne date pas

L'horloge moléculaire ne dit rien d'un objet, d'un site ou d'une couche. Elle ne date pas un os : elle dit depuis combien de temps deux populations ne se mélangent plus, ce qui n'est pas la même chose que le moment où elles se sont rencontrées ou séparées géographiquement. Et elle ne voit que les lignées qui ont laissé des descendants ou des génomes : les populations fantômes, celles dont on ne connaît que la trace dans d'autres génomes, n'ont que des dates de séparation, jamais de lieu. C'est un calendrier sans carte, qu'il faut poser sur celui des fossiles.

Quatre archives, un calendrier

Cernes, glaces, varves et gènes ne datent pas les sites : ils fournissent le calendrier sur lequel les sites, datés par les méthodes des chapitres précédents, viennent se placer. Et ils permettent de dire ce que les dates seules ne disent pas : ce qui se passait au même moment ailleurs, quel climat il faisait, et si l'arrivée de tel outil ou de telle espèce coïncide avec un événement. C'est ainsi que la préhistoire est devenue une histoire.

5 CHAPITRE CINQUIÈME

Lire une date

Une date archéologique n'est jamais un chiffre : c'est un chiffre, une marge, une méthode, un matériau et un lien. Savoir la lire, c'est savoir ce qu'on peut en faire, et repérer celles qu'on ne devrait pas croire.

V oici une date telle qu'elle est publiée : « 32 410 ± 720 BP (GifA-95132), charbon, soit 36 000 à 37 500 cal BP à 95 % ». Chaque élément compte. **32 410** est l'âge brut en carbone 14. **± 720** est l'incertitude de mesure, à un écart-type : il y a deux chances sur trois que la vraie valeur brute soit dans cet intervalle. **BP**, before present, compte avant 1950, l'année de référence fixée pour que les dates ne bougent pas avec le calendrier. **GifA-95132** est le numéro de laboratoire, qui permet de retrouver la mesure. **Charbon** est le matériau. Et **36 000 à 37 500 cal BP à 95 %** est le résultat après calibration, en années réelles, avec l'intervalle où la vraie date a dix-neuf chances sur vingt de se trouver. C'est cet intervalle, et lui seul, qu'il faut retenir : le chiffre brut n'est qu'une étape.

Les questions à poser

Qu'a-t-on daté ? Un os humain, c'est l'humain. Un charbon dans la même couche, c'est un feu qui a pu être fait avant ou après lui. Une calcite sur une peinture, c'est un minimum, pas la peinture. **Combien de dates ?** Une seule est une anecdote ; une série cohérente est un résultat ; une série avec une valeur aberrante est un résultat dont on a retiré l'aberration, ce qui est légitime si on le dit. **Quelle méthode, et à quelle distance de sa limite ?** Un carbone 14 à 48 000 ans est fragile ; le même âge par luminescence ou uranium-thorium est solide. **Qui a mesuré, et l'a-t-on répété ?** Les laboratoires différents, et les grandes dates, Chauvet, Jebel Irhoud, Bruniquel, ont été mesurées par plusieurs.



Le crâne de Pitldown. « chaînon manquant » de 1912, démasqué en 1953 par le test du fluor : une mâchoire d'orang-outan teintée, sous un crâne médiéval. La datation a fini par dire vrai.

photo Wellcome Collection, CC BY 4.0

Un site, cinq méthodes : Tautavel

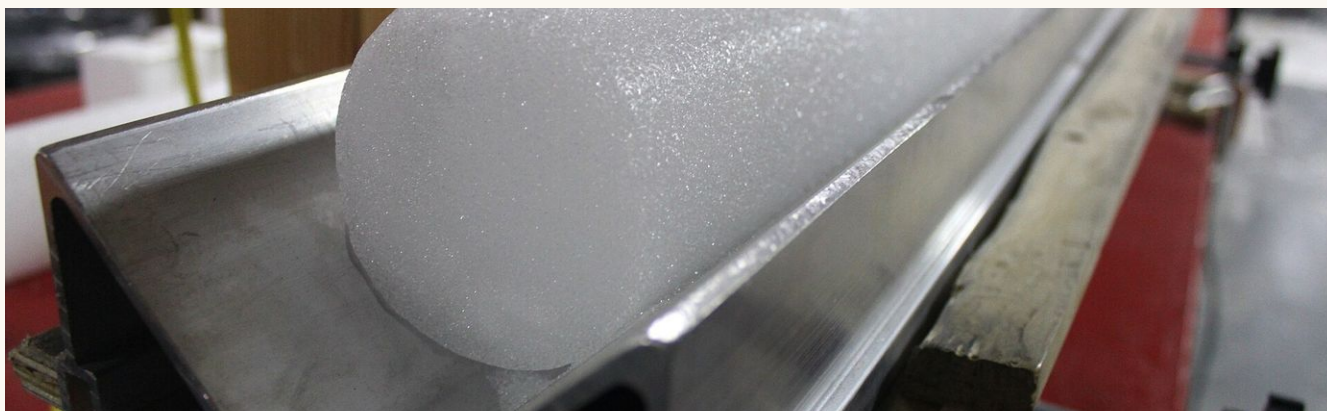
La Caune de l'Arago, à Tautavel, montre comment on construit une date solide. Le crâne trouvé en 1971 gît dans un niveau que rien ne date directement. Autour de lui : des dents d'animaux, datées par ESR et par uranium-thorium combinés ; des silex chauffés, datés par thermoluminescence ; un plancher stalagmitique au-dessus, daté par uranium-thorium, qui donne un âge minimum ; la faune, avec ses rongeurs et son rhinocéros, qui donne un stade isotopique ; et le paléomagnétisme, qui exclut tout âge supérieur à 780 000 ans. Toutes convergent autour de **450 000 ans**. Aucune ne suffirait seule ; ensemble, elles se contrôlent. C'est cela, une date établie.

Les erreurs célèbres

L'homme de Pitldown, présenté en 1912 comme l'ancêtre anglais de l'humanité, a trompé la science pendant quarante ans ; c'est une datation chimique, le dosage du fluor absorbé par les os enfouis, qui a montré en 1953 que le crâne et la mâchoire n'avaient ni le même âge ni la même espèce. Plus près de nous, les premières dates de Chauvet ont été contestées pendant quinze ans par des préhistoriens qui les jugeaient stylistiquement impossibles ; ce sont les dates qui ont eu raison du style. Et à l'inverse, des dates trop jeunes pour les derniers Néandertaliens, entre 30 000 et 28 000 ans, ont alimenté pendant vingt ans l'idée d'une longue coexistence avec *sapiens* en Espagne, avant que le nettoyage des os ne les vieillisse de dix mille ans. Une date n'est pas un fait : c'est une mesure, qu'on refait.

Les horloges, en une page

Stratigraphie, typologie	Ce qu'elle date : l'ordre des couches et des outils. Portée : toute la préhistoire. Précision : relative. Exemple : les quarante-deux niveaux de Laugerie-Haute.
Carbone 14	Ce qu'elle date : la mort d'un organisme, dans l'os, le charbon, le bois, la graine, le tissu. Portée : 50 000 ans. Précision : de quelques décennies à quelques siècles, après calibration. Exemple : Chauvet, 36 000 ans ; Ötzi, 5 300 ans.
Dendrochronologie	Ce qu'elle date : l'abattage d'un arbre. Portée : 12 000 ans en Europe. Précision : l'année. Exemple : les villages lacustres du Jura et des Alpes.
Luminescence (TL, OSL)	Ce qu'elle date : la dernière chauffe d'un silex ou d'une céramique ; le dernier ensoleillement d'un sédiment. Portée : 500 000 ans et plus. Précision : 5 à 10 %. Exemple : Jebel Irhoud, 315 000 ans.
Résonance de spin (ESR)	Ce qu'elle date : l'enfouissement d'une dent. Portée : 2 millions d'années. Précision : 10 à 20 %. Exemple : les dents de la Sima de los Huesos.
Uranium-thorium	Ce qu'elle date : la formation d'une calcite, d'un corail. Portée : 500 000 ans. Précision : 1 à 2 %. Exemple : Bruniquel, 176 500 ans.
Potassium-argon, argon-argon	Ce qu'elle date : le refroidissement d'une lave ou d'une cendre. Portée : de 50 000 ans à l'âge de la Terre. Précision : 1 %. Exemple : Olduvai, Hadar, Dmanisi.
Paléomagnétisme	Ce qu'elle date : la polarité du champ terrestre dans une roche ou un foyer. Portée : toute la préhistoire. Précision : les bornes des inversions. Exemple : Atapuerca, plus de 780 000 ans.
Stades isotopiques, glaces, varves	Ce qu'ils datent : le climat, année par année ou millénaire par millénaire. Portée : 800 000 ans pour les glaces. Exemple : le calage des sites sur les épisodes froids.
Horloge moléculaire	Ce qu'elle date : la séparation de lignées, dans l'ADN ou les protéines. Portée : des millions d'années. Précision : des fourchettes larges. Exemple : Néandertal et sapiens séparés vers 600 000 ans.



Une carotte de glace de l'Antarctique, camp de WAIS Divide. Les bulles d'air qu'elle emprisonne sont des échantillons de l'atmosphère de l'époque.

photo Eli Duke, CC BY-SA 2.0

LE MOT DE LA FIN

Pourquoi les dates bougent

Une date de manuel change tous les dix ans, et ce n'est pas un défaut : c'est la méthode qui s'affine, la calibration qui s'allonge, les os qui sont mieux nettoyés, et de nouveaux sites qui reculent les premières fois. Quand une date recule, c'est presque toujours que la mesure a progressé ; quand elle avance, c'est presque toujours qu'on a compris ce qu'on avait daté. Le lecteur qui garde la marge et la méthode en tête ne se trompe jamais de beaucoup.

Ce que ce dossier a daté, en résumé

Établi	Le principe et la portée de chaque méthode ; la calibration IntCal20 ; les dates de Chauvet, de Lascaux, d'Ötzi, de Jebel Irhoud, de Bruniquel, d'Olduvai et de Hadar, toutes obtenues par plusieurs méthodes ou plusieurs laboratoires.
Probable	Les fourchettes de l'horloge moléculaire, qui dépendent d'un taux de mutation encore discuté.
Discuté	L'attribution à Néandertal des peintures espagnoles datées par la calcite ; certaines dates carbone 14 proches de la limite de la méthode, tant qu'elles ne sont pas confirmées par une autre.

Manuel. J. Évin (dir.), *La datation en laboratoire*, Errance, 2005 ; N. Mercier, *La datation par thermoluminescence*, et les chapitres méthodes de *La Préhistoire*, J.-P. Demoule (dir.), Perrin.

Carbone 14. W. Libby, *Radiocarbon Dating*, 1952 ; P. Reimer et al., « The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve », *Radiocarbon*, 2020.

Derniers Néandertaliens. T. Higham et al., « The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance », *Nature*, 2014.

Chauvet. A. Quiles et al., « A high-precision chronological model for the decorated Upper Paleolithic cave of Chauvet-Pont d'Arc », *PNAS*, 2016.

Lascaux. N. Aujoulat, *Lascaux, le geste, l'espace et le temps*, Seuil, 2004 ; les datations du LSCE.

Jebel Irhoud. D. Richter et al., « The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud », *Nature*, 2017.

Bruniquel. J. Jaubert et al., *Nature*, 2016, pour les datations uranium-thorium.

Peintures néandertaliennes. D. Hoffmann et al., « U-Th dating of carbonate crusts reveals Neanderthal origin of Iberian cave art », *Science*, 2018, et les réponses publiées dans *Journal of Human Evolution*, 2019.

Olduvai, Hadar. L. Leakey, J. Evernden, G. Curtis, « Age of Bed I, Olduvai Gorge », *Nature*, 1961 ; R. Walter, sur les tufs de Hadar, *Geology*, 1994.

Téphrochronologie. D. Lowe, « Tephrochronology and its application: A review », *Quaternary Geochronology*, 2011 ; sur l'ignimbrite campanienne et les Néandertaliens, *PNAS*, 2012.

Dendrochronologie. M. Friedrich et al., « The 12,460-year Hohenheim oak and pine tree-ring chronology », *Radiocarbon*, 2004.

Glaces. Les publications du projet EPICA, *Nature*, 2004, sur les 800 000 ans de Dome C.

Suigetsu. C. Bronk Ramsey et al., « A complete terrestrial radiocarbon record for 11.2 to 52.8 kyr B.P. », *Science*, 2012.

Horloge moléculaire. K. Prüfer et al., *Nature*, 2014, sur le génome néandertalien de l'Altai ; A. Simer et al., *Nature*, 2025, sur Ranis et Zlatý kůň.

Protéines anciennes. F. Welker et al., « The dental proteome of Homo antecessor », *Nature*, 2020.

Piltown. K. Oakley & J. Weiner, « Piltown Man », *American Scientist*, 1955 ; I. De Groote et al., *Royal Society Open Science*, 2016, sur l'identité du faussaire.

SUR EPOPEE-SAPIENS.COM

Les pages voisines

La **grande chronologie** et la **frise de la préhistoire**, où toutes les dates de ce dossier prennent place.

Le dossier **Climat et glaciations**, dans la bibliothèque numérique, pour les stades isotopiques et les carottes de glace.

La **fouille archéologique**, pour la stratigraphie sur le terrain.

Le **glossaire**, pour BP, cal BP, demi-vie, stade isotopique et les autres mots de ce dossier.

POUR ALLER PLUS LOIN

Trois lectures

Jacques Évin et al., *La datation en laboratoire*, Errance : le manuel de référence en français, méthode par méthode.

Colin Renfrew, *Before Civilization*, 1973 : le livre qui raconte ce que le carbone 14 calibré a fait à l'histoire de l'Europe.

Le **site de la courbe IntCal**, intcal.org, et le logiciel OxCal, en ligne, pour calibrer soi-même une date brute.

QUATRE MOTS

À retenir

BP : avant 1950. **cal BP** : calibré, en années réelles. **±** : l'incertitude de mesure, à un écart-type. **Demi-vie** : le temps qu'il faut à la moitié d'un isotope pour se désintégrer.

COLOPHON

Dossier rédigé et mis en pages pour **l'épopée sapiens**, septembre 2026. Composé en Oswald. Photographies sous licence libre : couverture, cernes de cyprès chauve (James St. John, CC BY 2.0) ; coupe de Gran Dolina (Mario Modesto Mata, CC BY-SA 3.0) ; couches de cendres d'Ohope (Colin Pain, CC BY 3.0) ; Willard Libby (Willy Pragher, CC BY 3.0 de) ; coupe de chêne datée (DogsRNice, CC BY-SA 4.0) ; laboratoire de datation (Kestrel, CC BY-SA 4.0) ; stalagmite (Hannes Grobe, CC BY 4.0) ; gorges d'Olduvai (gailhampshire, CC BY 2.0) ; dosimètre (IAEA Imagebank, CC BY 2.0) ; carotte de glace (Hannes Grobe, CC BY-SA 2.5) ; Lucy (Sailko, CC BY 3.0) ; crâne de Piltown (Wellcome Collection, CC BY 4.0).

Contact rédaction : gerald.rougerie@epopee-sapiens.com