

DOSSIER · DÉCRYPTAGE

Climat et glaciations

le monde qui a fait la préhistoire :
glaces, steppes et mers qui montent

Pendant deux millions d'années, la Terre a oscillé entre des âges glaciaires longs et des périodes chaudes brèves, et les humains ont vécu dans ce balancement : des calottes de glace jusqu'à Berlin, une Manche à pied sec, une steppe à mammoths de la Bretagne à l'Alaska, puis un réchauffement brutal et des mers qui montent de cent vingt mètres. Ce dossier raconte ce climat, ce qu'il a fait aux paysages, aux bêtes et aux hommes, et comment on le sait.

Ce que contient ce dossier

On dit « l'âge de glace » comme s'il n'y en avait eu qu'un. Il y en a eu une cinquantaine, et entre eux des périodes chaudes comme la nôtre. Toute la préhistoire humaine s'est jouée dans cette alternance.

- | | | |
|----------|--|--------------|
| 1 | Le rythme des glaciations | p. 3 |
| | Les cycles de l'orbite terrestre, les stades isotopiques, et pourquoi le froid dure plus longtemps que le chaud. | |
| 2 | Le dernier cycle | p. 4 |
| | De l'interglaciaire aux hippopotames de la Tamise, il y a 125 000 ans, au maximum glaciaire, il y a 20 000 ans, puis au réchauffement. | |
| 3 | La steppe à mammoths | p. 6 |
| | Un monde disparu : froid, sec, sans arbres et pourtant plein de grands animaux, de la Bretagne au Yukon. | |
| 4 | Les humains dans le froid | p. 8 |
| | Néandertal, les refuges du maximum glaciaire, le Dryas récent, la montée des mers et le Sahara vert. | |
| 5 | Comment on le sait | p. 10 |
| | Glaces, pollens, coléoptères, foraminifères, moraines : les archives du climat, et ce qu'elles disent d'aujourd'hui. | |

AVANT-PROPOS

Trois mots

Le **Quaternaire** est la période géologique commencée il y a 2,58 millions d'années, quand les glaciations sont devenues régulières ; il se divise en **Pléistocène**, jusqu'à 11 700 ans, et **Holocène**, la période chaude actuelle. Une **glaciation** est une période froide pendant laquelle les calottes s'étendent ; un **interglaciaire** est l'intervalle chaud entre deux glaciations. Nous vivons dans un interglaciaire, et il devrait, sans nous, durer encore.

Les vieux noms des glaciations alpines, Günz, Mindel, Riss, Würm, ne sont plus utilisés que par commodité : on compte aujourd'hui en stades isotopiques, expliqués au chapitre 1.

COMMENT LIRE CE DOSSIER

Les températures

Quand ce dossier dit « dix degrés de moins », c'est une moyenne annuelle pour l'Europe moyenne, tirée des pollens et des coléoptères, avec une marge de deux ou trois degrés. Les hivers étaient plus froids que ne le dit la moyenne, les étés moins. Les dates sont arrondies et données en années avant aujourd'hui.

Le climat de la préhistoire n'est pas un décor : c'est la variable qui décide de la forêt ou de la steppe, du renne ou du cerf, de la mer ou de la terre, et donc de l'endroit où l'on peut vivre.

QUATRE CHIFFRES

Pour situer

120 mètres : la baisse du niveau des mers au dernier maximum glaciaire. **Une cinquantaine** : le nombre de cycles glaciaires depuis 2,6 millions d'années. **10 degrés** : l'écart de température moyenne entre l'Europe d'il y a 20 000 ans et celle d'aujourd'hui. **11 700 ans** : le début de l'Holocène, notre période chaude.

1 CHAPITRE PREMIER

Le rythme des glaciations

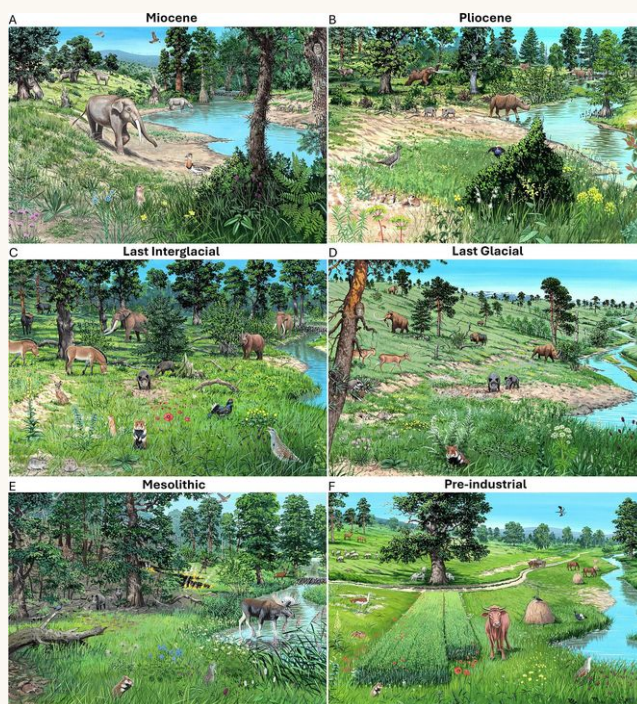
La Terre n'a pas toujours eu des âges glaciaires. Ils sont revenus il y a 2,6 millions d'années, avec l'ouverture de l'isthme de Panama et la fermeture de courants océaniques, et depuis, un métronome astronomique les fait alterner avec des périodes chaudes.

L'orbite de la Terre n'est pas fixe. Son ellipse s'allonge et se raccourcit avec une période d'environ **100 000 ans** ; l'inclinaison de l'axe oscille entre 22 et 24,5 degrés avec une période de **41 000 ans** ; et l'axe tourne sur lui-même comme une toupie, ce qui déplace les saisons le long de l'orbite avec une période de **23 000 ans**. Le mathématicien serbe Milutin Milanković a calculé dans les années 1920 comment ces trois cycles modifient l'ensoleillement des hautes latitudes de l'hémisphère nord en été. Quand cet ensoleillement est faible, la neige de l'hiver ne fond pas entièrement, les calottes grandissent, réfléchissent le soleil, et le monde se refroidit. Quand il est fort, tout fond. La théorie est restée une hypothèse jusqu'en 1976, quand les sédiments marins ont montré exactement ces trois périodes dans les variations du volume des glaces.

Le mécanisme est amplifié par l'océan et l'atmosphère : quand le climat se refroidit, l'océan absorbe du gaz carbonique et l'air en contient moins, ce qui refroidit encore. Les carottes de glace le montrent : 180 parties par million de CO₂ au plus fort des glaciations, 280 dans les interglaciaires, en parfaite cadence avec la température, pendant 800 000 ans. Nous sommes à plus de 420.

Les stades isotopiques

Pour nommer ces oscillations, on utilise les **stades isotopiques marins**, numérotés depuis le présent : impairs pour les périodes chaudes, pairs pour les froides. Le stade 1 est l'Holocène ; le stade 2, le dernier maximum glaciaire, vers 20 000 ans ; le stade 3, une période tempérée et instable, entre 60 000 et 27 000 ans, celle des derniers Néandertaliens et des premiers *sapiens* d'Europe ; le stade 4, un coup de froid vers 70 000 ans ; le stade 5, avec son sommet 5e, le dernier interglaciaire, vers 125 000 ans ; et ainsi de suite jusqu'au stade 104, il y a 2,6 millions d'années. Un préhistorien dit « stade 11 » pour un interglaciaire long, vers 400 000 ans, celui de Terra Amata, et « stade 6 » pour la grande glaciation qui l'a suivi.



L'Europe centrale à six époques, reconstituée : du Miocène au dernier interglaciaire (en haut), le dernier glaciaire et le Mésolithique (au milieu et en bas). Même lieu, autres bêtes, autres arbres.

dessin Márton Zsoldos, CC BY 4.0

Le froid dure, le chaud passe

Depuis un million d'années, le cycle dominant est celui de 100 000 ans, et il est dissymétrique : le refroidissement est lent, par paliers, sur quatre-vingt mille ans, et le réchauffement brutal, en quelques millénaires. Un interglaciaire dure dix à quinze mille ans, une glaciation quatre-vingt-dix mille. L'état normal de la Terre, à l'échelle de la préhistoire humaine, c'est le froid : nos ancêtres ont passé neuf dixièmes de leur temps dans des mondes plus froids que le nôtre, et l'Holocène est une parenthèse.

2 CHAPITRE DEUXIÈME

Le dernier cycle

Suivons le dernier tour de la roue, celui que les fouilles documentent le mieux : de l'interglaciaire aux hippopotames, il y a 125 000 ans, à la Manche à pied sec, il y a 20 000 ans, et au réchauffement qui a fait notre monde.

Il y a 125 000 ans, l'Europe est plus chaude qu'aujourd'hui de un à deux degrés, la mer est six à neuf mètres plus haute, et des **hippopotames** vivent dans la Tamise, à Trafalgar Square, où l'on a trouvé leurs os, avec des éléphants antiques, des rhinocéros de forêt et des lions. La forêt de chênes et de noisetiers couvre le continent jusqu'au sud de la Scandinavie. C'est l'Éémien, le stade 5e, un interglaciaire un peu plus chaud que le nôtre, et il dure une dizaine de milliers d'années. Néandertal y chasse le daim et l'aurochs en forêt, à Neumark-Nord, en Allemagne, où l'on a trouvé ses lances et ses éléphants dépecés.

Puis le refroidissement commence, par à-coups. Vers 115 000 ans, la forêt recule ; vers 70 000 ans, un premier grand froid, le stade 4, pousse les calottes ; entre 60 000 et 27 000 ans, le stade 3 est un temps instable, ni glaciaire ni tempéré, où le climat bascule tous les quelques millénaires entre des épisodes doux et des coups de froid brutaux, les événements de Dansgaard-Oeschger,

une vingtaine, que les glaces du Groenland enregistrent avec des sauts de dix degrés en quelques décennies. C'est dans ce climat nerveux que Néandertal disparaît et que *sapiens* s'installe.

Le maximum glaciaire

Entre **26 000 et 19 000 ans**, le froid atteint son comble. La calotte scandinave descend jusqu'à Berlin, Hambourg et le nord de la Pologne ; celle des îles Britanniques couvre l'Écosse, l'Irlande et le pays de Galles ; les Alpes sont sous deux kilomètres de glace, dont les langues s'avancent jusqu'à Lyon et Munich ; les Pyrénées, le Massif central, les Vosges ont leurs glaciers. Il ne gèle pas partout, loin de là : la France est hors des glaces, mais le sol y est gelé en profondeur jusqu'à la Loire, le permafrost, et le vent qui souffle des calottes dépose sur tout le nord du pays des mètres de poussière, le **loess**, qui fait aujourd'hui les bonnes terres de la Beauce et de la Picardie.



Le front de l'inlandis à Ilulissat (Groenland). Il y a 20 000 ans, un mur de glace de ce genre passait à Berlin, et les Alpes en étaient couvertes.

photo Michael Haferkamp, CC BY-SA 3.0

Toute cette glace est de l'eau prise à l'océan : le niveau des mers baisse de **120 mètres**. La Manche est une vallée où coule un fleuve qui réunit la Tamise, le Rhin et la Seine ; la mer du Nord est une plaine, le Doggerland, où l'on chasse le renne ; la Sicile touche presque la Tunisie ; la grotte Cosquer, dont l'entrée

est aujourd'hui à trente-sept mètres sous l'eau, s'ouvre à des kilomètres du rivage. Les températures moyennes de l'Europe sont inférieures de dix à quinze degrés aux nôtres.



La vallée du Rhône à sa source, dans le Valais. Le glacier s'est retiré vers le fond : il y a 20 000 ans, il remplissait la vallée et allait jusqu'à Lyon, en creusant le lac Léman au passage.

photo Roy Egloff, CC BY-SA 4.0

Le réchauffement, en trois secousses

À partir de 19 000 ans, les calottes fondent. Le réchauffement n'est pas régulier : vers **14 700 ans**, en quelques décennies, la température du Groenland bondit de dix degrés, et l'Europe passe de la steppe à la forêt de bouleaux et de pins : c'est le Bølling-Allerød, deux millénaires doux où le renne recule vers le nord et le cerf revient. Puis, vers **12 900 ans**, tout se referme : le **Dryas récent**, mille trois cents ans de retour au froid, sans doute déclenché par la vidange brutale d'un lac glaciaire d'Amérique du Nord dans l'Atlantique, qui a coupé le courant chaud. Les bouleaux meurent, la steppe revient, les Magdaléniens deviennent des Aziliens. Et vers **11 700 ans**, en moins d'un siècle, la chaleur revient pour de bon. C'est le début de l'Holocène.

La mer monte ensuite pendant huit mille ans, d'abord d'un mètre par siècle : le Doggerland se noie vers 8 200 ans, achevé par le tsunami de Storegga ; la Bretagne perd ses plaines ; Cosquer devient une grotte sous-marine ; les rivages où vivaient les Mésolithiques sont aujourd'hui à des dizaines de mètres de fond, et c'est pour cela qu'on connaît si mal leurs sites côtiers.

L'Holocène, notre parenthèse

Depuis 11 700 ans, le climat est d'une stabilité inhabituelle, avec quelques accidents, le coup de froid de 8 200 ans, un optimum chaud entre 9 000 et 5 000 ans, où le Sahara est une savane à lacs et à hippopotames, puis un lent refroidissement jusqu'au petit âge glaciaire des seizième et dix-neuvième siècles. C'est dans cette stabilité que l'agriculture est née, partout à la fois, et l'on ne pense pas que ce soit un hasard : cultiver demande que l'an prochain ressemble à cette année.

Rien de tout cela n'a été vécu comme une histoire. Un Magdalénien ne savait pas qu'il vivait à la fin d'un âge glaciaire ; il voyait le renne se faire rare, les bouleaux monter, les rivières changer de lit, et il déplaçait son campement. Le changement climatique de la préhistoire s'est presque toujours joué à l'échelle de plusieurs générations, assez lentement pour qu'on s'y adapte sans le nommer, assez vite pour qu'une vieille femme ait vu un autre monde que sa petite-fille.

3

CHAPITRE TROISIÈME

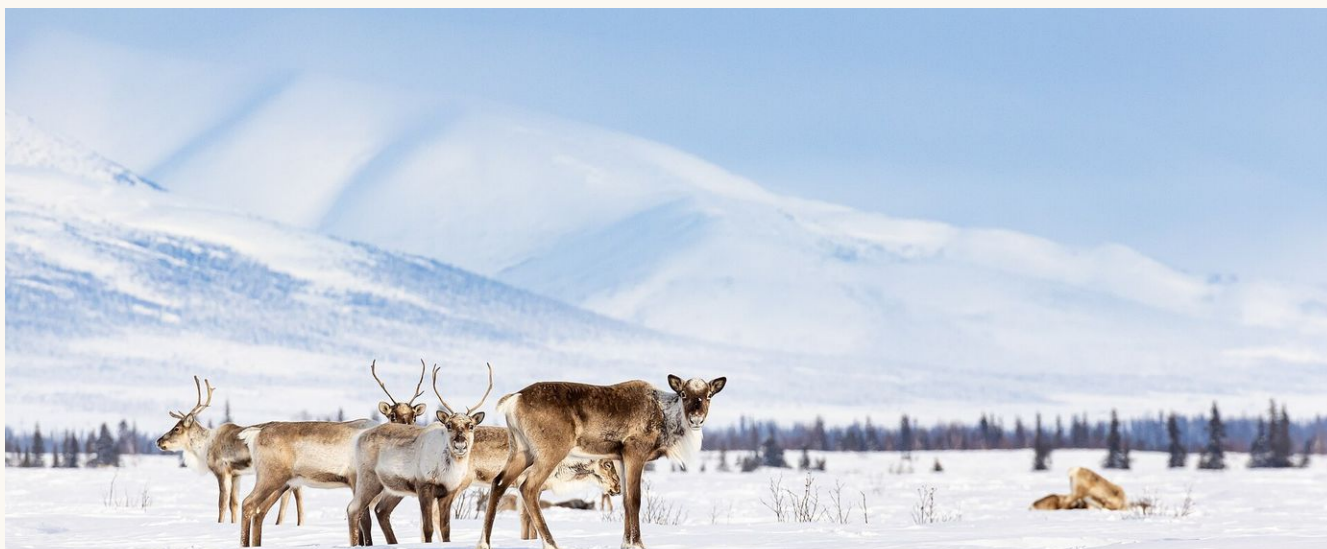
La steppe à mammouths

Le monde glaciaire n'était pas un désert de glace. Autour des calottes, sur des milliers de kilomètres, s'étendait un paysage qui n'existe plus nulle part, plus riche en grands animaux que la savane africaine : la steppe à mammouths.

Imaginez une prairie sèche et froide, sans arbres ou presque, couverte d'herbes, d'armoises, de chénopodes, sous un ciel clair et un vent constant, avec des hivers à moins trente et des étés courts et lumineux. Le sol, gelé en profondeur, retient l'eau ; la poussière de lœss l'enrichit ; l'herbe pousse vite et nourrit des troupeaux immenses. Ce biome, que le paléontologue Dale Guthrie a nommé **steppe à mammouths**, s'étendait au maximum glaciaire de l'Espagne au Yukon, en passant par la France, l'Europe centrale, la Sibérie et le détroit de Béring, alors à sec. Il n'a pas d'équivalent aujourd'hui : ni la toundra, trop pauvre, ni la steppe d'Asie centrale, trop chaude. Ses derniers lambeaux survivent dans quelques vallées de Yakoutie.

Les bêtes

Le **mammoth laineux**, trois mètres au garrot, six tonnes, une toison de laine et de jarre, des défenses recourbées pour balayer la neige, qui mangeait deux cents kilos d'herbe par jour. Le **rhinocéros laineux**, deux cornes, la première d'un mètre, usée en biseau par le raclage de la neige. Le **bison des steppes**, plus grand que l'américain ; le **cheval**, trapu, proche du Przewalski ; le **renne** par millions ; le **bœuf musqué**, l'**antilope saïga**, qu'on a trouvée jusqu'en Dordogne ; le **mégacéros** et ses bois de trois mètres et demi ; et derrière eux, le **lion des cavernes**, plus grand que l'africain, la **hyène**, le **loup**, l'**ours des cavernes**, végétarien, qui hibernait dans les grottes où l'on retrouve ses os par milliers. La densité d'animaux, à en juger par les os et les excréments fossiles, dépassait celle du Serengeti.



Des rennes (caribous) en Alaska, en hiver. Steppe rase, neige, montagnes : le paysage et l'animal que voyaient les Magdaléniens de la Vézère. Le renne y faisait plus de neuf dixièmes des os de leurs campements.

photo U.S. Fish and Wildlife Service, domaine public

Ce cortège se lit dans les grottes de France : le renne domine partout au Magdalénien, le cheval et le bison le suivent, le mammoth est rare au sud de la Loire mais présent, et les Magdaléniens le dessinent de mémoire, ou d'après des os. Les bêtes de la steppe sont celles des parois : Lascaux est un tableau de chasse glaciaire, sans un seul renne pourtant, et personne ne sait pourquoi.



Mammoth laineux. Field Museum de Chicago. Trois mètres au garrot, six tonnes, et une toison dont les mammouths gelés de Sibérie ont gardé la couleur : brun roux.

photo Zissoudisctrucker, CC BY-SA 4.0



Yakoutie, Sibérie orientale. Les derniers paysages qui ressemblent à la steppe à mammouths : froid sec, herbe rase, permafrost. On y retrouve des mammouths entiers dans la glace.

photo Artem Abdulkharov, CC BY 4.0

Pourquoi tant de vie dans le froid

Le paradoxe a longtemps intrigué : comment un climat si dur nourrit-il tant de grands herbivores ? La réponse tient au sol et au vent. La steppe glaciaire est sèche, donc ensoleillée, et sa poussière minérale, sans cesse renouvelée, fait un sol jeune et riche : les herbes, contrairement aux mousses et aux lichens de la toundra, se digèrent bien et repoussent vite ; et les animaux eux-mêmes entretiennent le milieu, en broutant, en piétinant, en fertilisant, ce qui empêche la mousse et les arbustes de s'installer. C'est un système : les bêtes font l'herbe qui fait les bêtes. Quand le climat se réchauffe et s'humidifie, la mousse et la forêt gagnent, l'herbe recule, et le système s'effondre.

La fin

Entre 15 000 et 10 000 ans, la steppe à mammouths disparaît d'Europe, et avec elle la plupart de ses grands animaux : mammoth, rhinocéros laineux, mégacéros, lion et ours des cavernes, hyène. Le climat en est la cause première : la forêt gagne, l'herbe recule, les troupeaux se fragmentent. Mais les humains sont là, plus nombreux qu'avant, avec des armes de jet, et ils achèvent ce que le climat commence : le débat sur la part de chacun dure depuis cinquante ans, et la réponse varie selon les espèces et les continents. Le renne, le

bœuf musqué, le saïga, le bison ont survécu en reculant vers le nord et l'est. Les derniers mammouths ont vécu sur l'île Wrangel, en Arctique sibérien, jusqu'il y a **4 000 ans**, quand on bâtissait les pyramides.



Rhinocéros laineux, reconstitution grandeur nature. Sa corne antérieure, aplatie, servait à dégager la neige pour atteindre l'herbe.

photo Tiberio, domaine public

4 CHAPITRE QUATRIÈME

Les humains dans le froid

Les humains n'ont pas subi les glaciations : ils y ont vécu, s'y sont adaptés, les ont traversées, et certains y ont disparu. Cinq moments où le climat a pesé sur l'histoire.

Néandertal est un enfant du froid. Son corps trapu, ses membres courts, son nez large qui réchauffe l'air, sont ceux d'une population qui a passé deux cent mille ans dans une Europe le plus souvent glaciaire ; on retrouve les mêmes proportions chez les Inuit. Il a survécu à deux glaciations complètes, en se repliant vers le sud quand la glace descendait, en remontant quand elle fondait. Sa disparition, vers 40 000 ans, tombe dans le stade 3, le temps des sauts climatiques brutaux, et coïncide à peu près avec un coup de froid sévère, l'événement de Heinrich 4, et avec l'éruption des Champs Phlégréens, près de Naples, dont les cendres ont couvert l'Europe orientale. On a voulu y voir sa cause. Il avait survécu à pire. Ce qui était nouveau, c'était *sapiens*, arrivé au même moment, plus nombreux : le climat a sans doute fragilisé des populations déjà petites, et la concurrence a fait le reste.

Les refuges du maximum glaciaire

Quand le froid atteint son comble, entre 26 000 et 19 000 ans, l'Europe du Nord se vide : plus personne en Angleterre, en Allemagne du Nord, en Pologne.

Les populations se concentrent dans des **refuges**, le Sud-Ouest de la France et le nord de l'Espagne, la péninsule Italienne, les Balkans, l'Ukraine. C'est le temps du Solutréen, confiné au refuge franco-cantabrique, et de ses feuilles de laurier. Les généticiens retrouvent ce goulot : la plupart des Européens d'après le maximum glaciaire descendent de quelques milliers de personnes qui ont tenu dans ces refuges. Quand la glace recule, ils repeuplent le continent, et le Magdalénien remonte de la Dordogne jusqu'à la Pologne en trois mille ans.

Comment vivait-on dans le refuge ? Mieux qu'on ne croit. Le Sud-Ouest de la France, au maximum glaciaire, est une steppe à rennes et à chevaux, avec des hivers longs mais des étés lumineux, des rivières poissonneuses, des abris chauffés au sud : c'est là que l'on peint Lascaux et que l'on sculpte Cap-Blanc, et les sépultures ne montrent ni famine ni misère. Le froid concentrait les bêtes et les hommes dans les mêmes vallées, et cette densité a peut-être fait la richesse de l'art.



Bœufs musqués au Groenland. Ils paissaient en Dordogne au maximum glaciaire : ils ont suivi le froid vers le nord et vivent aujourd'hui à trois mille kilomètres de là.

photo Christoph Strässler, CC BY-SA 2.0

Le Dryas récent

Le retour du froid de 12 900 ans a surpris des populations qui s'étaient habituées à la douceur. En Europe, il défait le Magdalénien : les grands sites, les grands troupeaux de rennes, l'art mobilier disparaissent en quelques siècles, et

les Aziliens qui suivent vivent en petits groupes, avec des outils simplifiés. Au Proche-Orient, le même épisode aurait, selon une hypothèse discutée, poussé les Natoufiens, qui récoltaient les céréales sauvages devenues rares, à les semer : le Dryas récent comme déclencheur de l'agriculture. Puis, à 11 700 ans, le réchauffement final ouvre l'Holocène, et tout change de rythme.



La surface de l'inlandsis groenlandais, en été. Ce que l'on voyait depuis les collines de Berlin ou de Lyon il y a vingt mille ans, à quelques kilomètres.

photo Chmee2/Valtameri, CC BY 3.0

La montée des mers

Les Mésolithiques ont vu la mer avancer. Entre 15 000 et 7 000 ans, le niveau monte de cent vingt mètres, parfois de plusieurs mètres par siècle : à l'échelle d'une vie, un rivage qui recule de quelques centaines de mètres, une plaine qui devient marais, un marais qui devient mer. Le Doggerland, entre l'Angleterre et le Danemark, était un pays de collines, de lacs et de rivières où l'on chassait et pêchait ; il s'est noyé lentement, puis d'un coup, vers 8 150 ans, quand un glissement sous-marin au large de la Norvège, le Storegga, a envoyé un tsunami sur ses derniers îlots. Les chalutiers en remontent des harpons. Partout, les sites côtiers du Mésolithique sont sous l'eau, et les archéologues les cherchent maintenant en plongée : au large de la Bretagne, de la Manche, de la Méditerranée. Une part de la préhistoire est une archéologie sous-marine qui commence.

Le Sahara vert

Le réchauffement a fait autre chose en Afrique. Entre 10 000 et 5 000 ans, la mousson remonte vers le nord et le Sahara devient une savane parsemée de

lacs, le Tchad grand comme la mer Caspienne, avec des hippopotames, des crocodiles, des girafes, des éléphants, et des humains qui les peignent sur les parois du Tassili et de l'Acacus, avec leurs troupeaux de bœufs. Puis la mousson redescend, les lacs s'assèchent, et vers 5 000 ans les gens s'en vont, vers le sud et vers la vallée du Nil, où l'Égypte naît de ce reflux. L'une des grandes migrations de la préhistoire est un déplacement de pluie.

Le froid de 8 200 ans

Un dernier épisode montre la sensibilité des sociétés au climat : vers 8 200 ans, la vidange finale des lacs glaciaires canadiens refroidit l'Atlantique Nord pendant un ou deux siècles. En Anatolie et au Proche-Orient, plusieurs villages néolithiques sont abandonnés, et c'est peu après que les premiers paysans se mettent en route vers l'Europe, par la Méditerranée et par le Danube. Coïncidence, ou cause : le débat est ouvert, et il ressemble aux nôtres.

5

CHAPITRE CINQUIÈME

Comment on le sait

Personne n'a mesuré la température il y a 20 000 ans. Tout ce que ce dossier raconte est reconstitué à partir d'archives naturelles qui ont enregistré le climat sans le vouloir. Les voici, avec ce que chacune sait dire.

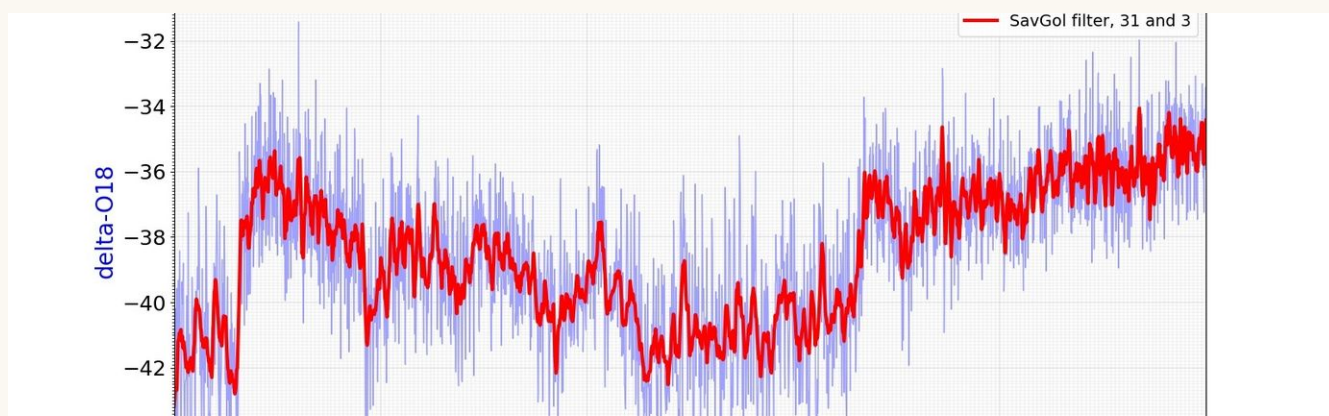
Les **glaces** d'abord, déjà rencontrées dans le dossier sur les datations : les carottes du Groenland et de l'Antarctique donnent, année par année, la température, lue dans les isotopes de l'oxygène et de l'hydrogène de la neige, la composition de l'air, prisonnier des bulles, les poussières, qui disent la sécheresse et le vent, et les cendres des volcans. C'est l'archive la plus fine, mais elle parle des pôles ; il faut la traduire pour l'Europe.

Les **pollens** ensuite. Chaque plante produit des grains de pollen à la paroi reconnaissable, qui tombent dans les lacs et les tourbières et s'y conservent des dizaines de millénaires. Une carotte de tourbe, examinée centimètre par centimètre, donne la végétation qui entourait le site : armoise et graminées pour la steppe, bouleau et pin pour le réchauffement, chêne et noisetier pour la forêt tempérée. Le diagramme pollinique est le document de base de tout climat préhistorique local, et c'est lui qui a fixé les grandes divisions, Dryas, Bølling,

Allerød, Boréal, Atlantique, dont les noms viennent de plantes et de lieux du Nord.

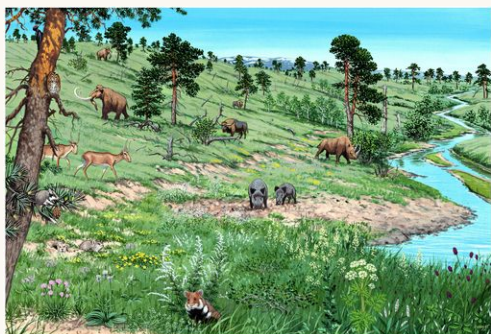
Les coléoptères et les foraminifères

Les **coléoptères** ont une qualité rare : ils ne changent pas, ou presque, depuis des millions d'années, chaque espèce a des exigences de température connues, et leurs élytres se conservent dans les sédiments. Russell Coope a montré dans les années 1970 qu'en identifiant les espèces d'un dépôt on obtenait une température d'été et une température d'hiver à deux degrés près, et que les coléoptères réagissaient plus vite que les arbres : ce sont eux qui ont révélé la brutalité des réchauffements. Dans l'océan, les **foraminifères**, ces organismes à coquille microscopique, enregistrent la température de l'eau et le volume des glaces, et leurs espèces disent les courants : c'est par eux que les stades isotopiques ont été définis.



Le Dryas récent dans la glace du Groenland : la courbe des isotopes de l'oxygène, entre 15 000 et 10 000 ans. Le plateau bas, de 12 900 à 11 700 ans, est le retour du froid ; la remontée finale se fait en quelques décennies.

graphique Merikanto, domaine public



L'Europe centrale au dernier glaciaire, reconstitution : pins clairsemés, herbe, mam-mouths, rhinocéros et chevaux au bord d'une rivière tressée. Ce que disent ensemble les pol-lens, les os et les coléoptères.

dessin Márton Zsoldos, CC BY 4.0



Un glacier alpin et ses moraines, dans le Tyrol. Les bourrelets de pierres qu'il abandonne en reculant marquent chacune de ses avancées ; ceux du maximum glaciaire sont à cent kilomètres en aval.

photo Rafael Brix, CC BY-SA 3.0

Les pierres et les os

Les **moraines**, ces bourrelets de blocs et de graviers que les glaciers poussent devant eux et abandonnent en reculant, dessinent sur le terrain l'extension des glaces : celles du Rhône à Lyon, celles de l'Isère près de Grenoble, celles des grands lacs alpins. Les **lœss** du Nord de la France, accumulés par le vent, alternent avec des sols bruns formés pendant les périodes douces, et se lisent comme une stratigraphie du froid. Les **concrétions** des grottes ne poussent que quand il fait assez chaud et humide, et leurs couches datent les interglaciaires. Et les **os** des grottes disent la faune, donc le climat : un niveau à rennes et bœufs musqués est glaciaire, un niveau à daims et sangliers est tempéré. Les rongeurs, dont les espèces ont des exigences très fines, permettent même de découper les stades en épisodes.

L'ADN du sol

La dernière archive est la plus récente : l'**ADN des sédiments**. Une poignée de terre d'une grotte ou d'un lac contient les traces génétiques des plantes et

des animaux qui y ont vécu, même sans un seul os. En 2021, on a ainsi reconstitué la végétation et la faune de l'Arctique sur cinquante mille ans, et retrouvé le mammouth en Sibérie jusqu'à 3 900 ans, plus tard que les os ne le disaient. L'archive climatique la plus complète est peut-être celle qu'on commence à lire.

Et aujourd'hui

Ces archives donnent aussi la mesure du présent. Le passage du maximum glaciaire à l'Holocène, quatre à cinq degrés de réchauffement global, a pris dix mille ans, et il a suffi à changer les côtes, les forêts, les bêtes et les hommes. Le réchauffement en cours, un peu plus d'un degré, s'est fait en un siècle et demi, et se poursuit à un rythme que les glaces n'ont jamais enregistré. La préhistoire dit que les sociétés humaines ont traversé des changements climatiques immenses ; elle dit aussi à quel prix, en migrations, en effondrements, en disparitions, et sur des durées qui laissaient le temps de s'adapter. Elle n'est pas rassurante. Elle est instructive.

Le dernier cycle, en dates

≈ 125 000 ans	Dernier interglaciaire (stade 5e) : plus chaud qu'aujourd'hui, mer plus haute de six à neuf mètres, hippopotames à Londres.
≈ 70 000 ans	Stade 4 : premier grand froid du cycle.
60 000 à 27 000 ans	Stade 3 : climat instable, sauts brutaux ; fin de Néandertal vers 40 000 ans, arrivée de <i>sapiens</i> .
26 000 à 19 000 ans	Dernier maximum glaciaire : glaces jusqu'à Berlin, mer à moins 120 mètres, steppe à mammoths, refuges du Sud-Ouest.
≈ 14 700 ans	Réchauffement brutal du Bølling ; la forêt revient.
12 900 à 11 700 ans	Dryas récent : mille trois cents ans de retour au froid.
11 700 ans	Début de l' Holocène , notre interglaciaire.
≈ 8 200 ans	Coup de froid de deux siècles ; noyade du Doggerland ; départ des paysans vers l'Europe.
10 000 à 5 000 ans	Sahara vert , puis assèchement.
≈ 4 000 ans	Derniers mammoths, sur l'île Wrangel.

Synthèse. J. Jouzel, C. Lorius, D. Raynaud, *Planète blanche. Les glaces, le climat et l'environnement*, Odile Jacob, 2008 ; J.-P. Demoule (dir.), *La Préhistoire*, Perrin, chapitre sur les environnements.

Cycles orbitaux. J. Hays, J. Imbrie, N. Shackleton, « Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice ages », *Science*, 1976.

Glaces. Le projet EPICA, *Nature*, 2004 ; les enregistrements NGRIP du Groenland, *Nature*, 2004 ; sur le CO₂, D. Lüthi et al., *Nature*, 2008.

Stades isotopiques. L. Lisiecki & M. Raymo, « A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic δ18O records », *Paleoceanography*, 2005.

Dernier interglaciaire. A. Dutton & K. Lambeck, sur le niveau marin, *Science*, 2012 ; S. Gaudzinski-Windheuser et al., sur Neumark-Nord, *Science Advances*, 2023.

Maximum glaciaire. P. Clark et al., « The Last Glacial Maximum », *Science*, 2009 ; sur les refuges et la génétique, C. Posth et al., *Nature*, 2023.

Steppe à mammoths. R. D. Guthrie, *Frozen Fauna of the Mammoth Steppe*, Chicago, 1990 ; S. Zimov et al., sur le fonctionnement du biome, *Quaternary Science Reviews*, 2012.

Extinctions. A. Stuart, *Vanished Giants*, Chicago, 2021 ; sur Wrangel, L. Dalén et al., *Cell*, 2024.

Néandertal et le climat. C. Finlayson, *The Humans Who Went Extinct*, Oxford, 2009 ; sur l'ignimbrite campanienne, F. Fedele et al., *Journal of Archaeological Science*, 2008.

Dryas récent. W. Broecker et al., *Quaternary Science Reviews*, 2010, sur la vidange du lac Agassiz ; J. Steffensen et al., *Science*, 2008, sur la rapidité des transitions.

Doggerland. V. Gaffney, S. Fitch, D. Smith, *Europe's Lost World: The Rediscovery of Doggerland*, CBA, 2009 ; sur Storegga, J. Walker et al., *Antiquity*, 2020.

Sahara vert. P. deMenocal et J. Tierney, « Green Sahara: African humid periods paced by Earth's orbital changes », *Nature Education*, 2012.

Coléoptères. G. R. Coope, « Late-glacial climatic changes based on fossil beetle assemblages », *Quaternary Science Reviews*, 1998 et suivants.

ADN sédimentaire. Y. Wang et al., « Late Quaternary dynamics of Arctic biota from ancient environmental genomics », *Nature*, 2021.

SUR EPOPEE-SAPIENS.COM

Les pages voisines

La **carte d'expansion**, qui montre le peuplement de la planète sur le fond des glaces et des rivages de chaque époque.

La rubrique **Animaux préhistoriques**, avec une fiche par espèce de la steppe à mammoths.

Le dossier **Comment date-t-on ?**, pour les glaces, les varves et les stades isotopiques.

La **grande chronologie**, où les stades isotopiques sont portés en regard des cultures.

POUR ALLER PLUS LOIN

Trois lectures

Jean Jouzel, Claude Lorius, Dominique Raynaud, *Planète blanche* : les glaces racontées par ceux qui les ont forées.

Brian Fagan, *Cro-Magnon* (traduit), pour la vie dans le froid, et **Dale Guthrie** pour la steppe à mammoths, en anglais.

Le Muséum national d'histoire naturelle et sa galerie de paléontologie, pour voir le mammoth, le mégacéros et le rhinocéros laineux grandeur nature.

COLOPHON

Dossier rédigé et mis en pages pour **l'épopée sapiens**, septembre 2026. Composé en Oswald. Illustrations sous licence libre : couverture, mammoth laineux du Field Museum (Zissoudisctrucker, CC BY-SA 4.0) ; paysages d'Europe centrale (Márton Zsoldos, CC BY 4.0) ; front glaciaire d'Ilulissat (Michael Haferkamp, CC BY-SA 3.0) ; glacier du Rhône (Roy Egloff, CC BY-SA 4.0) ; rennes en Alaska (U.S. Fish and Wildlife Service, domaine public) ; Yakoutie (Artem Abdukharov, CC BY 4.0) ; rhinocéros laineux (Tiberio, domaine public) ; bœufs musqués (Christoph Strässler, CC BY-SA 2.0) ; inlandsis (Chmee2/Valtameri, CC BY 3.0) ; courbe du Dryas récent (Merikanto, domaine public) ; glacier et moraines (Rafael Brix, CC BY-SA 3.0).

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