

➤ L'intensité du champ magnétique terrestre est comprise entre 25 et 65 millièmes de teslas, selon l'endroit où on le mesure. D'après les modèles des géophysiciens, ce champ géomagnétique serait engendré par des courants de convection du fer et du nickel liquides présents dans le noyau externe de la Terre, à une profondeur comprise entre 3400 et 1220 kilomètres et où la température varie de 5700 °C à 3500 °C environ.

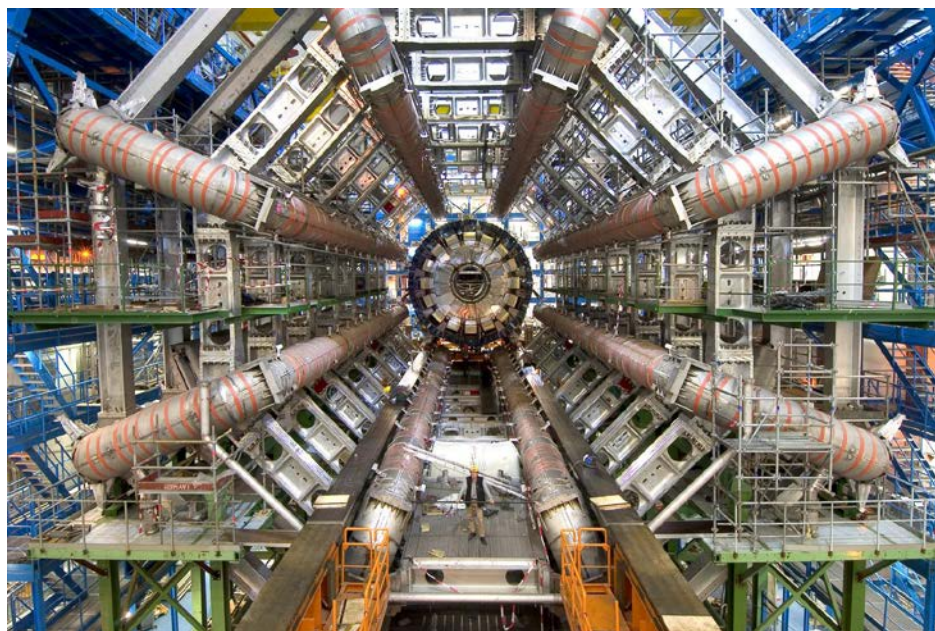
Schématiquement, on peut alors comparer la Terre à une sorte d'aimant géant dont l'axe des pôles magnétiques est incliné d'environ 11 degrés par rapport à son axe de rotation. Les lignes de champ de cet aimant tellurique géant émanent du pôle magnétique nord (actuellement situé non loin du pôle Sud géographique) et reviennent au pôle magnétique sud en dessinant ce que les spécialistes nomment la magnétosphère, dont la planète est enveloppée. Côté Soleil, cette magnétosphère est plus aplatie que du côté opposé où elle adopte une forme évoquant une queue de comète. La déformation de la magnétosphère du côté Soleil résulte de la pression exercée par le vent solaire. Ce flux de particules très rapides (200 à 1000 kilomètres par seconde) émises par l'étoile est une réelle menace pour les organismes vivants à la surface de la Terre, et la magnétosphère nous en protège, avec l'atmosphère.

LA COLÈRE DU SOLEIL

Plus dangereuses que le vent solaire, les « tempêtes solaires » sont des éruptions de matière solaire particulièrement intenses qui, malgré la magnétosphère, menacent les astronautes mais aussi les pilotes de ligne qui passent de nombreuses heures en haute altitude. Ces éruptions solaires peuvent aussi gravement perturber les appareils électroniques aussi bien en orbite (satellite, station spatiale) qu'en vol (avion, drone) ou même au sol (une panne massive du réseau électrique au Canada en 1989 a été provoquée par une telle tempête).

Si Magnéto inversait le champ magnétique terrestre, il annulerait les effets de la magnétosphère pendant un certain temps. Cela provoquerait une érosion partielle de l'atmosphère par le vent solaire. Des particules de haute énergie, mutagènes voire létales, pourraient atteindre la surface. Le supervillain serait alors à la fois maître du monde et seul au monde...

En fait, l'inversion du champ magnétique terrestre s'est déjà produite près de 300 fois durant ces 200 millions d'années passées ! Ces inversions naturelles du champ géomagnétique ne sont pas périodiques et seraient dues à des irrégularités de convection ou à des instabilités dynamiques du noyau terrestre (voir les figures de la page 88). Elles ont pour effet de perturber



la magnétosphère. Ces inversions pourraient donc avoir un effet sur l'évolution de la biodiversité, soumise au bombardement de particules de haute énergie, au cours des temps géologiques. Mais elles ne semblent pas corrélées avec les extinctions massives d'espèces qu'a connues la Terre.

La magnétosphère qui protège la vie sur Terre n'est pas propre à notre planète : Jupiter, par exemple, présente aussi une magnétosphère – qui est d'ailleurs considérablement plus importante que celle de la Terre – alors que d'autres corps célestes n'en ont pas ou plus, telle la planète Mars. En exobiologie, la présence d'un bouclier magnétosphérique est parfois considérée comme nécessaire, voire obligatoire, pour faciliter l'apparition de formes de vie à la surface d'une planète. C'est cependant oublier qu'une croûte de glace épaisse comme celle d'Europe ou d'Encelade – des lunes glacées de Jupiter et de Saturne – peut aussi faire office de bouclier. Si une vie existe sur ces petits corps, elle est protégée du vent solaire et du rayonnement cosmique par une épaisse couche de glace, et non par une magnétosphère (et une atmosphère).

Notons pour finir que le champ magnétique terrestre a un autre intérêt pour de nombreuses espèces, qui s'y fient pour se déplacer, s'orienter ou encore se reproduire. C'est le cas des oiseaux migrateurs, des baleines, des abeilles, mais aussi de bactéries dites magnétotactiques, qui suivent les lignes de champ magnétique pour se mouvoir. Ces bactéries sécrètent des magnétosomes, organites contenant des nanocristaux ferromagnétiques (greigite, Fe_3S_4 , et magnétite, Fe_3O_4). Comme Magnéto, le champ magnétique a plus d'un tour dans son sac. ■

Le détecteur *Atlas* du LHC, au Cern, comprend deux systèmes qui produisent des champs magnétiques. Sur ce cliché pris pendant la construction du dispositif, on distingue les huit éléments du champ magnétique toroidal externe. Il s'agit d'électroaimants supraconducteurs qui créent un champ non uniforme d'intensité comprise entre 2 et 8 teslas, dans un volume de 26 mètres de long pour 20 mètres de diamètre.

BIBLIOGRAPHIE

M. V. Berry et A. K. Geim, **Of flying frogs and levitrons**, *European Journal of Physics*, vol. 18, pp. 307-313, 1997.

R. E. Plotnick, **Relationship between biological extinctions and geomagnetic reversals**, *Geology*, vol. 8(12), pp. 578-581, 1980.

J.-S. Steyer et R. Lehoucq, **Les X-men, des mutants prometteurs**, *Pour la Science*, n° 440, juin 2014.

Tous les papiers se recyclent,
alors trions-les tous.

**C'est aussi
simple à faire
qu'à lire.**

La presse écrite s'engage pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.



L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à l'université
Pierre-et-Marie-Curie, à Paris

L'HOMME S'EST-IL AUTODOMESTIQUÉ ?



L'homme a été domestiqué, a récemment confirmé une étude de génomique. Par qui, c'est toute la question...

L'archéologue Jean Guilaine définit le Néolithique comme une seconde naissance de l'homme. Il y a 10 000 ans en effet a débuté une croissance exponentielle de la population.

Les innovations techniques et la sédentarisation, contemporaine de l'agriculture naissante, ont entraîné l'apparition d'un nouvel espace, la maison: «En prenant la décision de se fixer, l'homme a créé l'engrenage de sa propre domestication. [...] Cette socialisation de l'individu, secondairement complétée par la domestication des plantes et des animaux, a finalement fait de lui un être totalement dépendant de ses propres choix culturels», écrit-il en 2011 dans son livre *Cain, Abel, Ötzi, l'héritage néolithique*.

L'homme se serait-il domestiqué lui-même? L'idée n'est pas nouvelle, et l'archéologue rejoint ici les zoologistes. Déjà Darwin, en 1871, dans *La Filiation de l'homme*, montrait que la socialisation, avec ses paradoxes biologiques particuliers – soins aux blessés, vieillards... –, change la

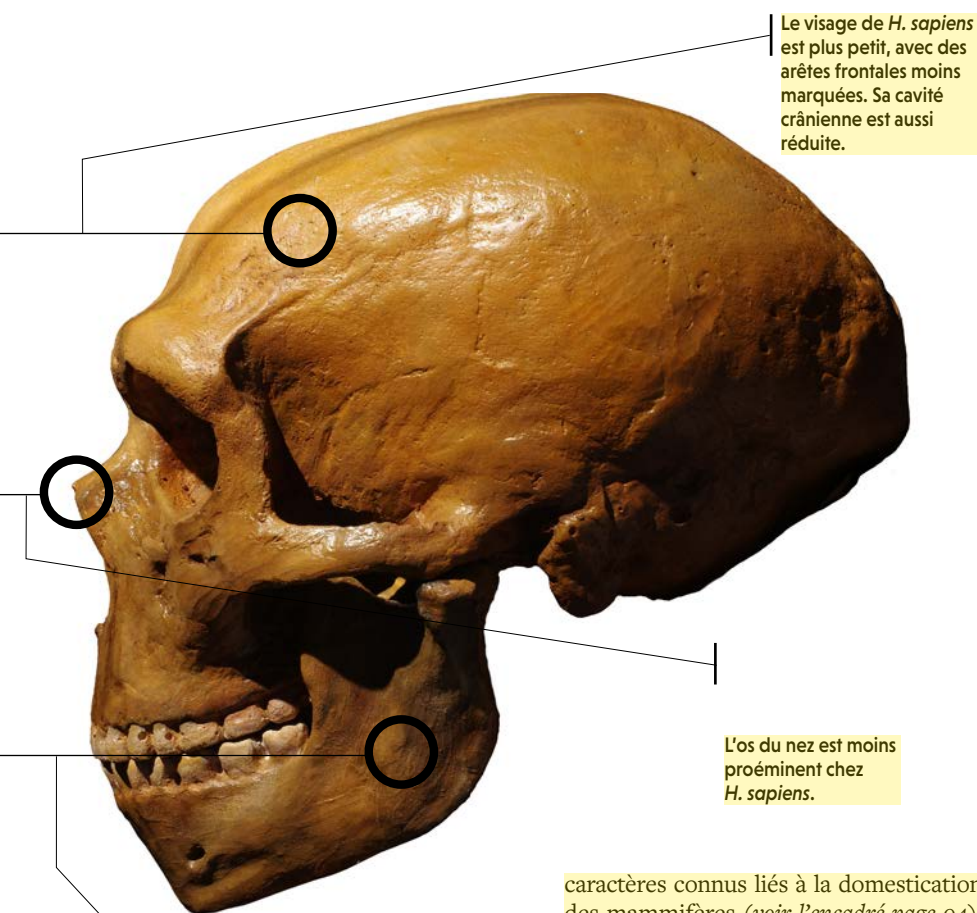
nature des processus évolutifs. Habituellement, la sélection naturelle agit à l'échelle des organismes; or, chez l'humain, la vie sociale, qui a été sélectionnée, s'oppose à la sélection naturelle au plan individuel par l'assistance aux plus faibles.

Si, jusqu'à la fin du ^{xx}e siècle, il n'existait cependant aucune preuve de cette autodomestication, les choses ont changé. En une vingtaine d'années, les connaissances sur ce phénomène, issues de différentes disciplines, se sont accumulées et, récemment, une explication novatrice a pu être proposée. En effet, l'étude de la domestication a conduit à répertorier les traits héréditaires présents chez les organismes domestiqués et absents chez leurs apparentés sauvages, rassemblés sous le nom de syndrome de domestication. Et l'étude précise des mammifères suggère fortement que l'homme a connu un tel syndrome, comparable à celui du chien.

En 2003, notamment, Helen Leach, anthropologue à l'université d'Otago, en Nouvelle-Zélande, a dressé la liste des



Homo sapiens
Les plus anciens fossiles connus remontent à 300 000 ans.



Le visage de *H. sapiens* est plus petit, avec des arêtes frontales moins marquées. Sa cavité crânienne est aussi réduite.

L'os du nez est moins proéminent chez *H. sapiens*.

La mâchoire de *H. sapiens* est plus petite que celle de l'homme de Néandertal.



Homo neanderthalensis
A vécu en Europe, au Moyen-Orient et en Asie il y a entre 450 000 et 35 000 ans.

caractères connus liés à la domestication des mammifères (voir l'encadré page 94). Elle soulignait ensuite que, durant le Pléistocène supérieur (126 000 ans à 12 000 ans avant notre ère), le squelette de certains groupes d'hommes modernes avait subi des changements semblables à ceux des animaux domestiques, lesquels avaient continué durant la période géologique suivante (la nôtre), l'Holocène. Ces arguments suggéraient que les hommes modernes avaient été physiquement domestiqués, mais, pour Helen Leach, ils étaient insuffisants, car indirects.

LES RENARDS DE BELYAEV

Des renards ont cependant mis les chercheurs sur la piste d'une preuve plus directe. En 1959, le biologiste russe Dmitri Belyaev avait débuté, à l'Institut de cytologie et de génétique de Novosibirsk, une domestication de renards argentés élevés, au départ, pour leur fourrure. La sélection portait sur un seul critère comportemental, la docilité, c'est-à-dire la possibilité d'établir une relation non agressive avec l'homme. Si, en 1965, à la 6^e génération, 1,8% des animaux présentaient une familiarité avec l'homme, en 2002, à la 42^e génération, ils étaient 71,2 %.

Quelle ne fut pas la surprise de Belyaev et de Lyudmila Trut, qui poursuivait l'expérimentation, de voir surgir des caractères

EN CHIFFRES

400

millions d'humains peuplaient la Terre durant le haut Moyen Âge. Il y a 40 000 ans, ils n'étaient que 800 000.

49 %

des renards argentés de Dmitri Belyaev avaient un comportement plus docile avec les humains en 1990, à la 30^e génération. En 1965, à la 6^e génération, ils étaient 1,8% et en 2002, à la 42^e génération, 71,2%.

phénotypiques classiques des chiens domestiqués! Pelage aux taches blanches, oreilles tombantes, queue en tire-bouchon... Puis, après des années de sélection, raccourcissement du museau et élargissement du neurocrâne. Or, chez les chiens, les généticiens avaient déjà remarqué que les races de compagnie, comme l'épagneul King Charles, exhibent des faces plates, tandis que les races de berger ou de défense ont encore un long museau identique à celui du loup – comme si la docilité était inversement corrélée à la longueur des mâchoires, phénomène retrouvé chez les bovins et les porcins.

Les deux chercheurs eurent l'idée de suivre parallèlement l'exploration de l'espace chez les jeunes et la concentration sanguine du cortisol, une hormone libérée lors d'un stress physique ou psychologique, afin d'évaluer leur comportement joueur. Chez les mammifères, le jeu des jeunes est en effet décisif dans l'apprentissage des relations sociales. Les animaux sélectionnés pour leur docilité se sont révélés joueurs et non stressés, explorant bien plus longtemps l'espace, avec un taux de cortisol sanguin bien plus bas que chez les animaux sauvages. De plus est apparue une dérégulation de la saison de reproduction, la période de rut passant de moins d'un mois à plusieurs. Ainsi, la sélection portant sur un seul caractère, la docilité, s'était