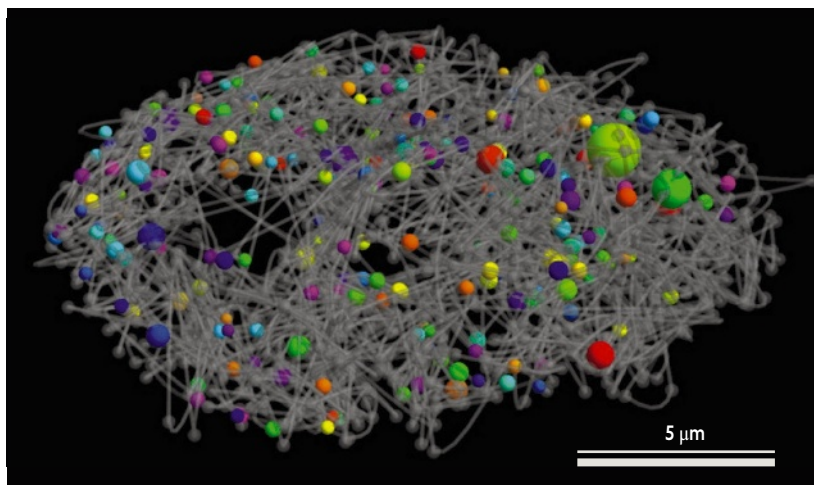




Bruneau et ses collègues ont montré qu'en interférant avec CTCF, on affaiblissait considérablement les boucles. Au Laboratoire européen de biologie moléculaire (EMBL), François Spitz et ses collègues ont obtenu un résultat similaire en éliminant une protéine connue pour déposer la cohésine sur l'ADN. À l'Institut néerlandais du cancer, l'équipe de Benjamin Rowland a observé que la suppression d'un facteur qui retire la cohésine de l'ADN conduisait à des boucles plus grandes, sans doute parce que la cohésine avait alors la possibilité de glisser plus longtemps. Et, dans notre laboratoire, Suhas Rao a montré qu'en dégradant la cohésine elle-même, on éliminait en quelques minutes toutes les boucles associées.

Mais nous rêvions tous d'une confirmation directe : voir l'extrusion en action. C'est ce qu'ont fait, en avril 2018, Cees Dekker, de l'université de technologie de Delft, aux Pays-Bas, et ses collègues. En utilisant la condensine de la levure – un complexe protéique très proche de la cohésine –, ils ont réalisé un film que nombre de chercheurs du domaine n'oublieront jamais. La condensine atterrit sur un ruban d'ADN, formant un petit nodule d'ADN qui grandit et se développe jusqu'à ce que le spectateur comprenne ce qu'il est vraiment : une boucle extrudée.

DES BOUCLES ET DES MALADIES

Aujourd'hui, à mesure que les mécanismes de formation des boucles et leurs règles se précisent, l'importance de ces structures pour la santé et la compréhension des maladies devient de plus en plus claire. Par exemple, Frederick Alt, de l'université Harvard, et ses collègues ont commencé à expliciter leur rôle dans la production d'anticorps. Votre organisme produit des anticorps contre des agents pathogènes qu'il n'a jamais rencontrés auparavant en coupant et collant des fragments de gènes d'anticorps. L'équipe de Frederick Alt a montré que ce processus s'appuie sur l'extrusion de boucles : de

multiples boucles délimitées par CTCF se forment, puis sont éliminées.

L'équipe de Stefan Mundlos, de l'institut Max-Planck de génétique moléculaire à Berlin, a montré que la modification d'un seul motif de liaison à CTCF chez la souris entraîne des malformations des pattes. De même, les mains d'humains présentant une mutation similaire ont des malformations semblables. Et Rafael Casellas, des Instituts américains de la santé (NIH), a montré que la perturbation des motifs de liaison à CTCF dans un plasmocytome de souris – une forme de cancer – pouvait ralentir de 40% la croissance de la tumeur.

Cependant, à mesure que la notion d'extrusion de boucles s'est imposée, des théories plus fondamentales sur le rôle des boucles dans la régulation des gènes se sont effondrées. Pendant des décennies, les biologistes avaient vu ces structures comme des interrupteurs : lorsqu'une boucle rapprochait une séquence stimulatrice et un promoteur, le gène correspondant s'activait. On pensait donc que supprimer la cohésine des cellules déréglerait l'expression des gènes en modifiant le niveau d'activité de milliers d'entre eux. Comme prévu, l'expression de nombreux gènes a changé. Mais les changements sont restés assez faibles. Les boucles – du moins celles formées par extrusion – ne sont donc finalement pas des interrupteurs binaires. Elles semblent plutôt fonctionner comme des boutons qui augmentent ou diminuent un peu l'activité des gènes, ajustant avec précision l'approvisionnement d'une cellule en différentes protéines.

En d'autres termes, notre vision était trop simpliste. Peut-être même que la régulation des gènes n'est qu'un accessoire des boucles et que leur fonction principale reste à découvrir... Comme tout explorateur en territoire inconnu, nous avons besoin de cartes plus précises. Dans le cadre du projet *Encode* (Encyclopédie des éléments de l'ADN) des NIH, Yijun Ruan et moi-même travaillons avec nos collègues à la création du premier atlas des boucles du génome humain en les cartographiant dans les tissus humains. Nos équipes et nombre d'autres se sont aussi réunies au sein du consortium 4D Nucleome, qui développe de nouvelles méthodes pour s'attaquer à ces problèmes. Et Olga Dudchenko, chercheuse en postdoctorat au laboratoire, a créé le DNA Zoo – un consortium de laboratoires universitaires, de zoos et d'aquariums du monde entier qui rassemble les génomes de centaines d'espèces et retrace l'évolution des boucles dans l'arbre du vivant.

Pour les chercheurs, la fin d'une histoire scientifique est toujours le début d'une autre. Il y a deux milliards d'années, avant l'émergence du noyau cellulaire, le processus d'extrusion de l'ADN est apparu. Pourquoi ? Qui sait, répondre à cette question permettra peut-être de boucler la boucle. ■

BIBLIOGRAPHIE

J.-H. Su et al., **Genome-scale imaging of the 3D organization and transcriptional activity of chromatin**, *Cell*, vol. 182, pp. 1641-1659, 2020.

M. Ganji et al., **Real-time imaging of DNA loop extrusion by condensin**, *Science*, vol. 360, pp. 102-105, 2018.

A. L. Sanborn et al., **Chromatin extrusion explains key features of loop and domain formation in wild-type and engineered genomes**, *PNAS*, vol. 112(47), pp. E6456-E6465, 2015.

S. S. P. Rao et al., **A 3D map of the human genome at kilobase resolution reveals principles of chromatin looping**, *Cell*, vol. 159(7), pp. 1665-1680, 2014.

T. Misteli, **La vie agitée du génome**, *Pour la Science*, n°403, mai 2011.

K. E. Cullen et al., **Interaction between transcription regulatory regions of prolactin chromatin**, *Science*, vol. 261, pp. 2003-2006, 1993.

L'ESSENTIEL

> Une seule espèce humaine subsiste, alors qu'il y a quelque 100 000 ans, les Néandertaliens avaient à peu près les mêmes capacités de survie qu'*Homo sapiens*.

> Pour expliquer pourquoi *H. sapiens* s'est imposé, une théorie avance qu'un processus de domestication particulièrement intense de notre espèce par elle-même

aurait rendu ses membres plus sociables et plus collaboratifs que chez les autres espèces.

> Une plus grande complexité sociale en aurait résulté et aurait permis le développement de traditions culturelles et de techniques assez avantageuses pour finir par donner le dessus à *H. sapiens*.

LES AUTEURS



BRIAN HARE
professeur
d'anthropologie
évolutionniste,
de psychologie
et de neurosciences
à l'université Duke,
aux États-Unis



VANESSA WOODS
chercheuse
en anthropologie
évolutionniste
à l'université Duke

La sociabilité, clé du succès de «sapiens»

Pourquoi *Homo sapiens* a-t-il surpassé les autres espèces humaines ? Peut-être parce qu'un processus d'autodomestication a favorisé l'apparition, chez nos ancêtres et leurs descendants, d'une plus grande sociabilité.

Nous sommes aujourd'hui les seuls humains sur Terre, mais, il n'y a pas si longtemps, nous avions encore de la compagnie. Pendant les 300 000 ans ou plus de son existence, *Homo sapiens* a partagé la planète avec au moins quatre autres espèces humaines. Pourquoi notre espèce s'est-elle imposée tandis que les autres ont disparu ? C'est évident semble-t-il : parce que nos ancêtres étaient les meilleurs chasseurs, qu'ils étaient plus intelligents et qu'ils avaient plus de savoir-faire.

Ce n'est cependant qu'une histoire que nous aimons nous raconter. La réalité est que certaines des autres espèces étaient là depuis bien plus longtemps que nous – au moins un million d'années de plus –, que le cerveau néandertalien était aussi gros sinon plus que le nôtre, et que certains des savoir-faire de nos cousins humains étaient plus avancés que ceux de nos ancêtres.

Si un extraterrestre avait tenté il y a 100 000 ans de deviner quelle espèce humaine prendrait le dessus sur la planète, il aurait peut-être parié sur nos musculeux cousins

néandertaliens, espèce dont l'ancêtre commun à leur lignée et à la nôtre a vécu il y a quelque 600 000 ans. Ils ne le cédaient en rien à nos ancêtres s'agissant d'habileté à la chasse, puisqu'ils étaient capables d'abattre des mam-mouths, des aurochs et d'autres grands mam-mifères de leur époque. Ils avaient aussi une pensée symbolique puisqu'ils décoraient leurs corps de pigments et de parures faites de plumes, de coquillages et d'os. Comme nous, ils portaient le gène *FOXP2*, que l'on pense nécessaire à l'articulation de la parole. Ils soignaient aussi leurs blessés et, vers la fin de leur ère, ils se sont mis à enterrer leurs morts. Tout indique donc qu'ils égalaient, voire surpassaient, nos ancêtres dans l'art de survivre et de vivre dans la nature.

> Il y a quelque 7 000 ans, des Paléo-Indiens ont laissé ces signatures individuelles dans la grotte argentine de Cueva de las Manos. Sans doute pour témoigner de leur soumission à des règles sociales lors d'une cérémonie, suppute-t-on.





> Qui plus est, à la comparer à celle de nos plus proches parents primates non humains – les bonobos et les chimpanzés –, la diversité génétique d'*Homo sapiens* apparaît très faible. Cette caractéristique suggère qu'au moins une fois, et à plusieurs reprises sans doute, la population *sapiens* est passée par ce que les démographes nomment un « goulot d'étranglement », c'est-à-dire que ses effectifs ont été très réduits, une situation proche de l'extinction. Puisqu'elle n'était ni vraiment plus forte ni plus intelligente que ses concurrentes et qu'elle a même parfois frôlé l'extinction, pourquoi notre espèce a-t-elle fini par prendre le dessus ?

Peut-être parce que les *Homo sapiens* ont été les plus sociaux. Ce qui a rendu les sociétés *sapiens* capables de se développer toujours plus est une sorte de superpouvoir cognitif : la communication coopérative. En anthropologie et en psychologie, ce terme désigne les façons de communiquer tendant à faciliter la coopération. Tous les humains d'aujourd'hui sont des experts de cette sorte de communication avec d'autres. Nous sommes par exemple capables de communiquer avec quelqu'un que nous n'avons jamais vu et, malgré cela, de coopérer avec lui de façon à atteindre un objectif. Ce superpouvoir, nous le développons avant même de savoir marcher ou parler ; c'est la porte d'accès à la vie sociale et culturelle des humains. Grâce à lui, nous apprenons très tôt à nous connecter à l'esprit des autres afin de profiter du savoir transmis au fil des générations. Il est au fondement de toutes les formes de culture et d'apprentissage, notamment du langage.

UNE AUTODOMESTICATION DES HUMAINS

La communication coopérative s'est développée grâce à la domestication de notre espèce par elle-même. La domestication d'une espèce animale suppose une sélection intense des traits favorisant la sociabilité. En plus de devenir nettement plus doux que ne l'est l'animal sauvage, un animal domestiqué présente plusieurs traits caractéristiques des effets de la domestication : morphologie de la face, taille des dents, pigmentation de parties du corps ou des poils, modifications hormonales, du cycle de reproduction, du système nerveux, etc. L'ensemble de ces traits, qui semblent indépendants les uns des autres, constitue le « syndrome de domestication ». Nous pensons que la domestication est un processus que nous avons fait subir à des animaux, mais nous-mêmes – ou plutôt les pressions sélectives qui s'exercent dans le cours de notre vie sociale – avons fait la même chose à notre espèce : nous nous sommes autodomestiqués.

La théorie d'une autodomestication des humains s'est développée au cours des vingt dernières années dans le cadre notamment de nos

travaux avec l'anthropologue Richard Wrangham, de l'université Harvard, et le psychologue Michael Tomasello, de l'institut Max-Planck à Leipzig. Ces recherches ont indiqué que les effets de cette autodomestication – nos capacités à communiquer de façon coopérative – ont augmenté le succès évolutif de notre espèce. La théorie prévoit que puisque l'*H. sapiens* de l'Holocène (les derniers 10000 ans) est manifestement autodomestiqué, nous devrions trouver des preuves de sélection vers la sociabilité au Pléistocène (2,6 millions d'années à 9700 ans avant notre ère). Certes, les comportements humains ne se fossilisent pas ; mais comme les neurohormones qui le régulent façonnent aussi notre squelette, il est possible de retracer le développement de l'autodomestication des humains en étudiant des squelettes anciens.



La communication coopérative est la porte d'accès à la vie sociale et culturelle



Par exemple, plus un individu est chargé en testostérone pendant sa puberté, plus son arcade sourcilière sera épaisse et son visage long. Les hommes ont tendance à avoir des arcades sourcilières plus épaisses, plus en surplomb et des visages légèrement plus longs que les femmes, ce qui nous fait naturellement ressentir qu'un visage présentant ces traits est masculinisé. La testostérone ne provoque pas directement l'agressivité humaine, mais son niveau et ses interactions avec d'autres hormones modulent le comportement agressif.

Or, ont remarqué les paléoanthropologues, tout au long du Paléolithique, les arcades sourcilières tendent à se réduire, les visages à se raccourcir et la tête à se rétrécir. Dans nos recherches, nous avons compris qu'en documentant ces changements physiologiques, on pourrait déterminer quand se sont produits les changements comportementaux associés.

Avec Steven Churchill et Robert Cieri, qui travaillaient à l'époque à l'université Duke, nous avons mis en évidence qu'au Pléistocène moyen, il y a plus de 80000 ans, notre espèce présentait des visages plus longs et des arcades sourcilières beaucoup plus fortes que ce n'est devenu le cas au Pléistocène >

L'AUTO-DOMESTICATION AU SEIN DU GENRE HOMO



Depuis la maîtrise du feu, il y a sans doute plus d'un million d'années, les veillées autour de cette source de chaleur sont l'occasion d'échanges qui contribuent à façonner la culture.

Depuis l'Antiquité, une vaste réflexion se poursuit afin de saisir ce que François Rabelais, en son temps, nomma le « propre de l'homme ». Au ^{xix}^e siècle, elle s'est intensifiée quand les anthropologues se sont penchés sur les singularités biologiques d'*Homo sapiens* et sur leur relation avec ses traits culturels. Dans cette quête, les fossiles pouvaient apporter beaucoup, de sorte qu'aux ^{xix}^e, ^{xx}^e puis ^{xxi}^e siècles, les découvertes archéologiques ont montré quels traits biologiques et culturels humains sont présents depuis longtemps, voire sont antérieurs à l'émergence du genre *Homo*, il y a plus de 2,8 millions d'années.

C'est le cas de la bipédie, qui, en libérant les mains, a enclenché l'évolution du cerveau. Or cette faculté à marcher sur deux pieds était déjà présente il y a 7 à 4 millions d'années sous une forme non encore intégrale chez les ardi-pithèques, puis il y a 4 à 1 millions d'années sous une forme proche de la nôtre chez les australopithèques. C'est aussi le cas du façonnage d'outils – un trait culturel considéré comme la première conséquence de la bipédie –, puisqu'avec des collègues, Sonia Harmand, du CNRS, a mis au jour des outils lithiques taillés il y a 3,3 millions d'années sur les berges du lac Turkana, au Kenya.

Ainsi, la culture aussi a précédé le genre *Homo*. Pourquoi ? Parce que, comme le soulignait déjà Aristote, « l'homme est un animal politique » ; en d'autres termes, un membre de la « cité », un membre du groupe ! C'est bien pourquoi, depuis l'avènement de la théorie de l'évolution, la singularité sociale humaine – ce qui, au contraire de tous les autres primates, lui a fait développer des cultures complexes – est au cœur des pré-occupations anthropologiques. D'où vient-elle ? Dans *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication* (1868), Charles Darwin soulignait déjà que la domestication ne concerne pas seulement des plantes ou des animaux non humains, mais aussi les humains. Or, comme en atteste la comparaison du chien à son ancêtre sauvage le loup, la première des conséquences de la domestication est la réduction de l'agressivité.

Richard Wrangham, de l'université Harvard, avec d'autres chercheurs, a étayé

cette idée darwinienne en mettant en évidence qu'il y a de 100 à 1000 fois moins de conflits violents dans un groupe *sapiens* que dans un groupe de chimpanzés ou de bonobos. Or de nombreux travaux ont établi que nos anatomie, biologie, cognition et génome ont été modifiés de la même façon que chez nos animaux domestiques : nous nous sommes autodomestiqués.

Sur le plan anatomique, les preuves de cela sont particulièrement solides si l'on se fonde sur les quatre caractéristiques retenues par les archéologues pour identifier un squelette d'animal domestique : masse corporelle réduite, face plus courte et dents moins volumineuses, crâne globulaire et faible dimorphisme sexuel. Une transformation que, dans des travaux de 2014 auxquels a participé Brian Hare, Robert Cieri, alors à l'université Duke, a qualifiée de « processus de féminisation ».

La première conséquence de la domestication est la réduction de l'agressivité

Cette « féminisation » saute aux yeux si l'on compare les squelettes de l'homme de Cro-Magnon, vieux de 28 000 ans, avec les nôtres : moins grands que ces Européens du Gravettien (30 000 à 22 000 ans environ), nous avons un crâne 15 % moins volumineux, des reliefs osseux (sus-orbitaires, nuchaux, mastoïdiens...) réduits et une face plus courte et plus gracile ; et elle saute encore plus aux yeux à nous comparer au plus ancien *Homo sapiens* connu : l'homme de Jebel Irhoud, daté de 300 000 ans environ. Bien visibles sur les fossiles qui nous sont parvenus, ces caractères osseux reflètent soit une baisse du niveau de testostérone circulant chez les adultes actuels, soit une baisse de la densité des récepteurs androgéniques. Quelle qu'en soit la cause, cette baisse traduit à son tour notre évolution vers une tolérance sociale accrue, au moins depuis le Pléistocène

moyen (781 000 à 126 000 ans), mais qui pourrait être bien plus ancienne, puisque dans une collaboration avec Richard Wrangham, Brian Hare proposait en 2012 que l'évolution psychologique des bonobos vers moins d'agression intragroupe serait aussi caractéristique d'un processus d'autodomestication.

Les données montrent donc que la vie sociale a entraîné une domestication des espèces du genre *Homo*, laquelle s'est intensifiée au cours du Paléolithique supérieur (50 000 à 12 000 ans) chez *H. sapiens* et encore plus au cours des époques qui ont suivi. À cet égard, Charles Darwin a souligné dans *La Filiation de l'homme* (1871) que les pressions sociales s'opposent aux pressions environnementales, lorsque nous protégeons les faibles par exemple, mais aussi lorsque nous respectons un nombre terrifiant de règles qui, si elles se maintiennent assez longtemps, deviennent de véritables pressions sélectives. C'est dans cette « sélection culturelle » par la société humaine que les biologistes voient l'origine du syndrome de domestication. Brian Hare et Vanessa Woods la considèrent manifestement comme une forme de sélection naturelle existant au sein de la société, s'opposant à la sélection naturelle environnementale. D'autant plus intense que la société est complexe, elle a produit cet animal qui transporte partout sa puissante cognition sur deux pieds, jamais seul, et qui a recueilli l'héritage de toutes les autres espèces. Dans l'ouvrage *Dernières nouvelles de sapiens*, qui vient d'être réédité, nous racontons l'histoire de cette stupéfiante transformation. Nous expliquons notamment par quelles étapes la collaboration accrue, rendue possible par la lente baisse de notre agressivité, a conduit à des stratégies de coopération élaborées pour survivre d'abord, puis aménager, transformer et domestiquer toute la nature ensuite. Rien d'étonnant, dès lors, à ce que depuis deux décennies, les paléoanthropologues, et notamment la grande équipe de l'université Duke, portent une attention particulière à cette importante caractéristique que Brian Hare et Vanessa Woods nomment la « communication coopérative ».

SILVANA CONDEMI

CNRS-université d'Aix-Marseille

> supérieur. En moyenne, dans les crânes datant de moins de 80 000 ans, la saillie des arcades sourcilières est réduite d'environ 40% ; les visages se sont raccourcis de 10% et sont devenus 5% plus étroits que les crânes de plus de 80 000 ans. Bien que cette tendance ait varié au cours du temps, les visages des chasseurs-cueilleurs, puis ceux des agriculteurs modernes ont adopté des apparences plus graciles, ce qui traduit une diminution des taux de testostérone dans l'espèce humaine.

La sérotonine, une autre neurohormone, pourrait avoir favorisé une série de changements qui ont conduit à un cerveau plus petit et à moins d'agressivité. Les taux de sérotonine augmentent en effet tôt au cours du syndrome de domestication, alors que cette molécule pourrait jouer un rôle dans le développement crânien.

Des expériences de psychologie sociale portant sur les dilemmes moraux et la coopération montrent que les substances dont l'effet est d'augmenter la disponibilité de la sérotonine dans le cerveau – les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS) – rendent les gens plus coopératifs et moins agressifs. La sérotonine ne modifie pas seulement le comportement : y être exposé à un stade précoce du développement semble modifier aussi la morphologie du crâne. Les souris enceintes qui reçoivent des ISRS ont des petits dont le museau est plus court et plus étroit et un crâne décrit comme globulaire.

Parmi les espèces humaines, nous sommes justement les seuls à avoir un tel crâne, c'est-à-dire un crâne en forme de ballon. Les autres espèces ont le front bas et le crâne épais ; les Néandertaliens avaient une tête en forme de ballon de rugby. La forme haute et ronde de notre crâne serait liée à une augmentation de la disponibilité de la sérotonine au cours de l'évolution d'*H. sapiens*. D'après le registre fossile, ces changements ont débuté après que les lignées *sapiens* et *neanderthalensis* se sont séparées, puis se sont poursuivies jusqu'à un passé évolutif relativement récent. En fait, une étude menée par l'un d'entre nous (Brian Hare) avec Steven Churchill et Robert Cieri, de l'université Duke, suggère que le crâne *sapiens* – et donc la taille de notre cerveau – a diminué au cours des 20 000 dernières années.

Si les niveaux de testostérone et de sérotonine ont évolué chez *H. sapiens* au cours de son autodomestication, ce fut aussi le cas d'une autre molécule. Une baisse de la testostérone et une augmentation de la sérotonine renforcent les effets de l'hormone ocytocine sur le lien social. Pendant l'accouchement, les parturientes secrètent beaucoup d'ocytocine. Cette hormone facilite la lactation et elle est transmise au nourrisson par le lait. Le contact visuel entre les parents et les bébés crée une

boucle interactive d'ocytocine, ce qui stimule l'affection mutuelle. Une expérience réalisée par l'équipe du psychologue Carsten de Dreu, de l'université de Leyde, aux Pays-Bas, illustre les effets de l'ocytocine : après en avoir donné à inhaler aux participants, les chercheurs ont constaté qu'elle les rendait plus coopératifs, plus empathiques et plus confiants quand on les faisait participer à des jeux financiers et sociaux.

Or ces changements hormonaux ont eu des effets durables sur nos relations sociales. En fait, nous pensons qu'ils ont fait apparaître une nouvelle catégorie sociale : l'« étranger intragroupe ». Expliquons cette notion.

Nos cousins bonobos ou chimpanzés identifient les étrangers sur la seule base de la familiarité. Un individu vivant avec eux sur leur territoire fait partie du groupe ; tout autre individu est un étranger. La distinction est nette : soit un individu est familier, soit il s'agit d'un étranger. Les chimpanzés peuvent entendre ou voir leurs voisins, mais leurs interactions avec eux sont presque toujours brèves et hostiles ; les bonobos, en revanche, sont plus amicaux avec les étrangers.

Nous aussi avons différentes façons de réagir face à des individus non familiers, mais contrairement à toute autre espèce animale, nous pouvons reconnaître immédiatement si un inconnu appartient à notre groupe. Seuls les humains définissent leurs groupes en fonction de leurs apparences (ceux qui portent l'habit ou le chapeau traditionnels, etc.), de leur lan-



Les niveaux de la testostérone et d'autres neurohormones se sont modifiés

gage (langue ou façon de la parler), ou d'un ensemble de croyances (appartenance religieuse ou partisane, etc.). Notre conception malléable de ce qui définit un groupe nous permet de reconnaître qui est des nôtres, en d'autres termes quelle personne inconnue jusque-là fait néanmoins partie du groupe, c'est-à-dire est un étranger intragroupe, même si nous ne l'avions jamais rencontré jusqu'ici. Cette faculté nous rend capables d'étendre



notre réseau social bien au-delà de ce qui est possible dans les autres espèces.

Chaque jour, sans le remarquer, nous nous parons d'une façon qui nous rend identifiables aux yeux des autres, que ce soit en portant un survêtement de sport, un pin's à thème politique, un symbole religieux, un collier, etc. La capacité à procéder ainsi domine notre vie quotidienne; elle nous pousse à accomplir toutes sortes d'actes altruistes, grands ou petits, depuis aider une personne âgée à traverser la rue jusqu'à faire don d'un organe à un inconnu. Elle nous pousse aussi à partager et à améliorer nos meilleures idées.

DEPUIS 80 000 ANS, UNE LUMIÈRE QUI RESTE ALLUMÉE

Même s'il semble que nos cousins néandertaliens aient eu certains avantages sur nous, il y a environ 80 000 ans, des indices du succès futur d'*H. sapiens* ont commencé à apparaître. Dès l'apparition de notre espèce dans le registre fossile d'Afrique datant de 300 000 ans, des indices de techniques avancées, dont l'émergence suppose une certaine complexité sociale, se font jour. Toutefois, nous pouvons les comparer à des lumières clignotant et s'éteignant dans la nuit. Des techniques avancées et d'autres signes de progrès apparaissent ensuite et disparaissent, mais après la date de 80 000 ans, ces lumières semblent rester allumées puis se renforcer lentement. D'après nous, les étrangers intragroupe se sont multipliés au sein de notre espèce à partir de cette époque, car le registre fossile suggère que des

La tendance humaine à établir des réseaux sociaux a atteint des proportions vertigineuses chez *Homo sapiens*: ici, le rassemblement autour du chef de leur foi de milliers de jeunes catholiques qui ne se sont jamais vus se déroule sans heurts parce que tous appliquent les mêmes règles sociales, celles que prescrit leur culture religieuse commune.

traditions culturelles et des technologies plus complexes ont alors commencé à se répandre sur de longues distances. Les réseaux sociaux étaient en expansion et ont permis de partager plus vite un grand nombre d'innovations culturelles, ce qui n'a pu qu'accélérer la complexification culturelle.

À partir de 50 000 ans, partout où *H. sapiens* était présent, notre espèce a laissé de plus en plus de traces de l'existence de réseaux sociaux en expansion et de prouesses culturelles. On a par exemple retrouvé des parures façonnées à partir de coquillages marins à des centaines de kilomètres à l'intérieur des terres, ce qui implique qu'un objet sans valeur pratique valait la peine d'être transporté sur une telle distance ou avait été échangé avec quelqu'un ayant voyagé sur l'une des premières routes commerciales. Nos ancêtres étaient aussi devenus capables de peindre des animaux sur des parois rocheuses en profitant avec habileté de leurs contours afin de leur donner du relief.

L'idée que la sociabilité a conduit à notre succès évolutif n'est pas nouvelle. Celle que nous serions devenus plus intelligents en tant qu'espèce ne l'est pas non plus. Notre apport réside dans la relation entre les deux idées: c'est une augmentation de la tolérance sociale qui a conduit à des changements cognitifs d'*H. sapiens*, en particulier ceux liés à la communication coopérative.

L'avènement de l'autodomestication humaine aurait entraîné à la fois l'augmentation de la population et la révolution technique que nous constatons dans le registre archéologique. Une capacité accrue à vivre ensemble aurait été le moteur de ces changements, car elle a connecté les groupes d'innovateurs entre eux d'une manière absente chez les autres espèces humaines. L'autodomestication nous a dotés d'un superpouvoir qui, en un clin d'œil à l'échelle de l'évolution, nous a donné le contrôle du monde. Et une à une, toutes les autres espèces humaines ont disparu.

Cette vision positive de notre espèce semble en contradiction avec la misère et la souffrance que nous nous infligeons les uns aux autres. Si l'autodomestication humaine explique le meilleur en nous, explique-t-elle aussi le pire? Comment concilier notre bonté et notre cruauté?

Certains des mêmes changements neuro-hormonaux qui sous-tendent la socialité augmentée favorisent aussi la plus horrible des violences. L'ocytocine, qui semble être un élément essentiel du comportement parental, est aussi appelée l'«hormone des câlins». Mais il nous semble plus approprié de la qualifier d'«hormone de la mère ourse». La même ocytocine qui emplit une mère à l'arrivée de son nouveau-né nourrit la rage qu'elle ressent lorsque quelqu'un menace son petit. Ainsi, >

> lorsqu'on donne un supplément d'ocytocine à une mère hamster, elle devient plus susceptible d'attaquer et de mordre un mâle menaçant. L'ocytocine joue aussi un rôle dans certaines formes comparables d'agression masculine. La quantité d'ocytocine disponible augmente lorsqu'un rat mâle se lie avec sa compagne. Il est plus attentionné envers elle, mais aussi plus susceptible d'attaquer un étranger qui la menace. Ce lien entre socialité, ocytocine et agressivité s'observe largement chez les mammifères.

Comme notre espèce a été façonnée par l'autodomestication, notre sociabilité accrue a aussi engendré une nouvelle forme d'agressivité. La plus grande disponibilité de la sérotonine pendant la croissance du cerveau humain a augmenté son impact sur notre comportement. Les membres d'un groupe avaient désormais la capacité de se connecter les uns aux autres si fortement qu'ils se sentaient comme les membres d'une même famille. Une nouvelle façon de s'inquiéter du sort d'autrui a procédé de la volonté farouche de défendre violemment les membres du groupe sans lien de parenté avec nous. Les humains sont devenus plus violents lorsque les membres de leurs groupes, qu'ils tendaient désormais à aimer davantage, étaient menacés.

DES CONTACTS POUR APAISER LES CONFLITS ENTRE GROUPES

Malgré les paradoxes évolutifs de la nature humaine, la notion d'appartenance à un groupe est malléable. *H. sapiens* a déjà démontré sa capacité à étendre le concept d'appartenance à un ensemble incluant des milliers ou des millions de personnes. Il peut être étendu davantage. La meilleure façon d'apaiser les conflits entre groupes est de diminuer le sentiment de menace perçu par le biais de l'interaction sociale. Si le fait de se sentir menacé nous donne envie de protéger les membres de notre groupe, un contact non menaçant avec des membres d'un autre groupe nous permet de changer la définition du nôtre afin de les y inclure.

Citons, à titre d'exemple, le cas des enfants blancs qui, dans les États-Unis des années 1960, ont côtoyé des enfants noirs à l'école. Ce sont justement eux qui, devenus adultes, sont les plus susceptibles d'accepter l'idée de mariages entre Blancs et Noirs, d'avoir des amis et des voisins noirs. Bref, les Noirs font partie de leur groupe, qui cesse d'être défini par la couleur de la peau.

Ce phénomène joue un grand rôle dans le domaine de l'éducation. À l'université de Californie à Los Angeles, des étudiants de couleurs de peau différentes partageant une chambre ont déclaré lors d'une enquête être devenus plus à l'aise lors de leurs interactions



Notre sociabilité accrue a aussi engendré une nouvelle forme d'agressivité

avec des gens d'une autre ethnie que la leur et approuver les relations amoureuses entre personnes de couleurs de peau différentes. Une étude a montré qu'imaginer un contact positif avec l'un des groupes de personnes les plus déshumanisés, les sans-abri, aide à éprouver de l'empathie envers eux. Les amitiés entre personnes appartenant à différents groupes peuvent se généraliser et s'étendre aux autres membres du groupe.

La plupart des politiques sont promulguées en partant du principe qu'un changement d'attitude entraîne un changement de comportement, mais lors de conflits entre groupes, c'est le changement de comportement dans les contacts humains qui fait évoluer les esprits. L'hypothèse de l'autodomestication explique pourquoi notre espèce a évolué vers une plus grande sociabilité. Le contact entre des personnes d'idéologies, de cultures ou de couleurs de peau différentes rappelle de façon universellement efficace qu'au fond, nous appartenons tous à un même groupe, celui d'*H. sapiens*.

C'est notre sociabilité augmentée qui explique que nous ayons supplanté les autres espèces de la lignée des hominines. En termes évolutifs, cette hypersociabilité se traduit par tous les comportements positifs, intentionnels ou non, que nous avons à l'égard des autres. Malgré l'augmentation de la taille du groupe, ils rendent possible une bien plus grande proximité physique grâce à notre capacité à très rapidement lire les intentions des gens. Les effets de nos interactions sociales ainsi intensifiées sur le succès évolutif de notre espèce – notamment la capacité à résoudre collectivement des problèmes mieux que ne peuvent le faire des individus seuls – se sont révélés si bénéfiques qu'ils ont modulé le façonnage de notre corps et de notre esprit par la sélection. La capacité à partager des connaissances entre les générations qui en résulte a produit la technologie et la culture qui nous ont permis de nous multiplier et de peupler la planète. ■

BIBLIOGRAPHIE

B. Hare, **Survival of the friendliest : *Homo sapiens* evolved via selection for prosociality**, *Annual Review of Psychology*, vol. 68, pp. 155-186, 2017.

R. Cieri et al., **Craniofacial feminization, social tolerance, and the origins of behavioral modernity**, *Curr. Anthropol.*, vol. 55, pp. 435-436, 2014.

B. Hare et V. Woods, **The Genius of Dogs : How Dogs Are Smarter Than You Think**, Dutton, 2013.

B. Hare et al., **The self-domestication hypothesis : Evolution of bonobo psychology is due to selection against aggression**, *Animal Behaviour*, vol. 83(3), pp. 573-585, 2012.

P. Jouventin, **La domestication du loup**, *Pour la Science*, n° 423, décembre 2012.

R. Wrangham, **Comparative rates of aggression in chimpanzees and humans**, *Primates*, vol. 47, pp. 14-26, 2006.

H. Leach, **Human domestication reconsidered**, *Curr. Anthropol.*, vol. 44, pp. 349-368, 2003.

U N



N E M E U R T

J A M A I S .

EN TRIANT VOS JOURNAUX,
MAGAZINES, CARNETS, ENVELOPPES,
PROSPECTUS ET TOUS VOS AUTRES
PAPIERS, VOUS AGISSEZ POUR UN MONDE PLUS
DURABLE. PLUS D'INFORMATIONS SUR
LE RECYCLAGE SUR
TRIERCESTDONNER.FR

CITEO

Donnons ensemble une nouvelle vie à nos produits