

Le cerveau humain est bien plus volumineux que celui du chimpanzé : 1400 contre 400 cm³



messagers, les cellules qui produisent des récepteurs des androgènes suivent alors un schéma de développement masculin : formation d'un pénis au lieu d'un clitoris, par exemple, ou, plus tard dans la vie, apparition de barbe et élargissement du larynx lié à une voix plus grave.

Avant toute chose, nous devions vérifier si les fragments perdus d'ADN contenaient réellement des interrupteurs. Nous les avons donc extraits de l'ADN du chimpanzé et de la souris afin de les associer à un gène particulier qui colore les cellules en bleu quand il est activé. L'association était telle que si les séquences d'ADN testées contenaient bien des activateurs, ceux-ci activeraient le gène qui colore les cellules.

Nous avons ensuite injecté ces assemblages dans des ovules fécondés de souris et avons observé le développement des embryons. Si certaines parties des embryons devenaient bleues durant le développement, nous aurions alors une preuve de la présence d'un interrupteur fonctionnel. Nous saurions aussi dans quels tissus cet interrupteur agit et à quel stade du développement.

Les résultats avec le fragment d'ADN perdu près du gène du récepteur des androgènes furent enthousiasmants : ils suggéraient que j'étais réellement en présence d'un interrupteur de ce récepteur, que les humains auraient perdu au cours de l'évolution. Dans les embryons de souris, le tubercule génital (qui se développe en clitoris ou en pénis) était teinté en bleu, tout comme les glandes mammaires en développement et les zones sur le museau de la souris où se trouvent les moustaches sensorielles appelées vibrisses. Tous ces tissus sont connus pour produire des récepteurs des androgènes sensibles à la testostérone.

En observant de plus près, j'ai remarqué que les touches de bleu sur les organes génitaux

en développement étaient situées à des endroits où de petites épines se forment ultérieurement sur le pénis de la souris. Bien sûr, les hommes ne portent ni vibrisses ni épines sur leur pénis. Mais ces caractères se retrouvent chez nombre de mammifères, y compris les souris, les singes et les chimpanzés. On sait également que, privés de testostérone, d'une part des rongeurs mâles ont des moustaches plus courtes et, d'autre part, des rongeurs et des primates ont un pénis sans épines. Et si, de même, les épines et les vibrisses avaient disparu chez les humains à la suite de la perte d'un interrupteur clé de l'ADN – perte qui aurait bloqué la fabrication du récepteur des androgènes dans les tissus ?

UN CERVEAU PLUS GROS GRÂCE À UN BOUT D'ADN DISPARU ?

Tandis que je poursuivais mes expériences, mes collègues étudiaient d'autres fragments perdus d'ADN et leurs résultats étaient tout aussi intrigants. Alex Pollen a constaté que son fragment activait un gène dont il était proche, dans des régions précises du cerveau en développement. Or ce gène joue un rôle clé : il participe à la destruction des neurones produits en excès lors du développement embryonnaire. Le cerveau humain est bien plus volumineux que celui du chimpanzé : 1400 centimètres cubes contre 400. La perte de cet interrupteur aurait-elle contribué à cette évolution en supprimant les freins de la croissance neuronale ?

De même, Vahan Indjeian a constaté que son interrupteur activait un gène impliqué dans la croissance des membres postérieurs et en particulier des orteils. Or quatre des orteils humains sont plus courts que chez les singes et les souris, ce qui facilite la marche debout.

Il est aisé d'imaginer comment ces deux interrupteurs cérébraux et osseux s'intègrent dans le modèle de l'évolution humaine. Leur perte semble liée à des caractéristiques de l'espèce humaine : la bipédie et un cerveau plus développé. On comprend aussi sans difficulté pourquoi la perte des moustaches sensorielles n'a pas désavantagé les humains : ceux-ci ne fouillent plus dans le noir à l'aide de leur museau pour chercher de la nourriture ou capturer une proie, mais utilisent leurs mains en plein jour. Toutefois, on ne sait pas pour autant pourquoi la perte de vibrisses a été sélectionnée au cours de l'évolution.

L'intérêt de la perte des épines péniennes est moins intuitif, mais il s'inscrit tout aussi bien dans l'histoire adaptative de notre espèce. Cette disparition ferait partie d'une série de changements qui ont eu des effets de grande ampleur sur notre histoire évolutive. L'ensemble de ces événements ont modifié la façon dont nous nous accouplons, l'apparence >

> physique des hommes et des femmes, nos relations les uns avec les autres et la manière d'élever nos enfants. Ces épines sont présentes chez de nombreux mammifères, y compris les primates, les rongeurs, les chats, les chauves-souris et les opossums. Elles sont constituées de kératine, comme nos ongles, et se présentent sous des formes variées, allant de cônes microscopiques à des épis ou des pointes à plusieurs branches. Elles remplissent différents rôles selon les espèces : augmenter la stimulation, induire l'ovulation, ôter les spermatozoïdes déposés par d'autres mâles ou irriter la paroi vaginale, ce qui limite l'intérêt des femelles à s'accoupler avec d'autres mâles.

La durée de l'accouplement chez les primates pourvus d'épines est remarquablement courte : moins de dix secondes chez le chimpanzé en général. Des expériences menées en 1990 au Gabon par le primatologue Alan Dixson chez le ouistiti montrent que l'élimination des épines pénienues augmente de deux tiers le temps de copulation. À partir de telles observations, il est tentant de penser que la perte des épines pénienues est l'un des événements qui a rendu l'acte sexuel plus long et donc plus intime comparé à celui de nos ancêtres porteurs d'épines. L'idée est plaisante, mais ces changements ont probablement surtout servi notre espèce d'un point de vue évolutif.

MOINS DE CONCURRENCE ET PLUS DE COOPÉRATION

Notre stratégie de reproduction est différente de celle de tous les grands singes, qui repose sur une compétition intense entre les mâles. Chez les chimpanzés et les bonobos, les mâles rivalisent pour s'accoupler avec autant de femelles fertiles que possible. Ils produisent de grandes quantités de spermatozoïdes (les testicules des chimpanzés sont trois fois plus gros que ceux des humains), leur pénis est pourvu d'épines et, comme tous les grands singes, ils sont dotés de canines mortelles qui découragent les rivaux. Ils laissent entièrement à la femelle le soin de la progéniture. Ainsi, pour elle, un accouplement réussi entraîne un engagement considérable, car elle porte, allaite et élève chaque petit jusqu'à son indépendance. Et la femelle ne se reproduit pas tant que le sevrage n'est pas terminé.

Les comportements des humains sont différents. Ceux-ci forment des couples plutôt fidèles. Les hommes aident souvent à élever les enfants, ce qui permet un sevrage plus précoce et augmente le taux de reproduction. La concurrence entre hommes n'est pas aussi intense. Nous pensons que la perte des épines pénienues s'est accompagnée de celle d'autres caractères liés à une concurrence féroce, comme les canines, et du gain

Si l'on élimine les épines pénienues d'un ouistiti, celui-ci copule plus longtemps

de caractéristiques qui favorisent l'attachement et la coopération.

Selon Owen Lovejoy, la bipédie en ferait partie. Les hommes ont probablement commencé à aider les femmes à élever les petits en leur procurant des aliments riches en matière grasse et en protéines, tels que des larves, des insectes et de petits vertébrés, ce qui nécessitait une recherche et un transport sur de longues distances. Ils ont donc dû voyager loin avec les mains libres pour porter leurs trouvailles, ce qui a probablement fourni l'avantage sélectif initial pour la marche sur deux jambes.

Et ce n'est pas tout. L'approvisionnement et la coopération auraient permis aux parents d'élever plus longtemps une progéniture dépendante et d'allonger ainsi la période juvénile au-delà du sevrage. Le temps consacré à l'apprentissage serait devenu alors plus long, augmentant par conséquent l'intérêt d'être doté d'un gros cerveau. En ce sens, l'histoire des trois pertes évoquées est liée.

Quand je suis arrivé au laboratoire de David Kingsley, j'étais loin d'imaginer la tournure que mon travail prendrait, et que je me retrouverais plongé dans des textes de 1940 sur les structures génitales des mammifères. Aujourd'hui, mon laboratoire poursuit ses recherches sur le sujet ainsi que sur d'autres modifications génétiques aux conséquences décisives : la mise en forme au cours de l'évolution des os délicats des poignets humains qui les rend parfaitement adaptés au maniement d'outils.

Quels que soient les efforts que nous déploierons, certains pans de notre histoire lointaine demeureront un mystère. Nous ne saurons jamais avec certitude pourquoi un caractère a été sélectionné au cours de l'évolution. Néanmoins, grâce aux outils de la biologie moléculaire moderne, nous sommes à présent en mesure de savoir comment les changements surviennent – une question tout aussi cruciale et fascinante. ■

BIBLIOGRAPHIE

V. B. Indjeian et al., **Evolving new skeletal traits by cis-regulatory changes in bone morphogenetic proteins**, *Cell*, vol. 164(1-2), pp. 45-56, 2016.

P. L. Reno, **Genetic and developmental basis for parallel evolution and its significance for hominoid evolution**, *Evolutionary Anthropology : Issues, News, and Reviews*, vol. 23(5), pp. 188-200, 2014.

P. L. Reno et al., **A penile spine/vibrissa enhancer sequence is missing in modern and extinct humans but is retained in multiple primates with penile spines and sensory vibrissae**, *Plos One*, vol. 8(12), Article e84258, 2013.

C. Y. McLean et al., **Human-specific loss of regulatory DNA and the evolution of human-specific traits**, *Nature*, vol. 471, pp. 216-219, 2011.

C. O. Lovejoy, **Reexamining human origins in light of *Ardipithecus ramidus***, *Science*, vol. 326, pp. 74-74e8, 2009.