

L'individualité des cervidés

Les chevreuils, les daims et les cerfs ont des voix qui caractérisent chaque individu.

L'être humain reconnaît ses proches au seul son de leur voix. C'est également le cas pour d'autres mammifères tels les loups, les lions ou les singes, chez qui les vocalisations déterminent le rang social, favorisent l'accouplement ou, pour un jeune, assurent la reconnaissance de la mère au sein d'un groupe. David Reby, de l'Institut de recherche sur les grands mammifères, à Toulouse, a montré que chaque cervidé européen, chevreuil, daim ou cerf, a une voix spécifique et reconnaissable.

Il a tout d'abord mis en évidence des spécificités dans l'aboïement des chevreuils, le raïre des daims et le brame des cerfs en utilisant des méthodes de traitement du signal sonore et des analyses statistiques. Les spectres des fréquences de chaque vocalisation, calculés à partir des enregistrements sonores, caractérisent les cris par un jeu de variables qui décrit la répartition de l'énergie sonore en fonction de la fréquence. Puis, par une classification des échantillons sonores à l'aide de réseaux de neurones, l'éthologue a conclu à l'individualité des vocalisations des cervidés étudiés.



Daniel J. Cox

Le brame des cerfs, ainsi que le raïre des daims ou les aboïements des chevreuils, ont des caractéristiques individuelles.

Enfin, diffusant des sons enregistrés, D. Reby a démontré que ces animaux perçoivent les différences inter-individuelles des vocalisations. Il s'est interrogé : pourquoi chaque animal émet-il un son qui lui est propre ? Les biches distinguent le mâle qui tient le harem auquel elles appartiennent des autres mâles avec qui elles n'ont pas de relation directe. Le raïre et le brame ont une influence favorable sur la reproduction de l'espèce : ils accélèrent l'ovulation des femelles qu'ils attirent, et signalent l'identité de l'émetteur ainsi que sa prédisposition à l'accouplement. De plus, un brame répété apprendrait à la biche à reconnaître le cerf qui crie.

Les joutes vocales sont fréquentes chez les daims et chez les cerfs mâles dont elles évitent parfois des combats : la puissance d'émission des vocalisations indique les capacités physiques de l'animal qui vocalise. L'un des mâles res-

sent sa faiblesse et se retire. Les daims et les cerfs crient rarement en dehors des périodes de rut. En revanche, les chevreuils émettent des aboïements puissants et répétés dès qu'ils perçoivent une perturbation visuelle, auditive ou olfactive. Par ces vocalisations, ils informent les prédateurs de leur état de vigilance afin de les dissuader de poursuivre leurs attaques. Par ailleurs, les vocalisations signalent le sexe, l'âge et l'identité de l'individu qui aboie : l'aboïement serait également une mise en garde adressée aux congénères par les mâles qui surveillent leur territoire.

Outre les renseignements qu'elles apportent sur le comportement des cervidés, les caractéristiques individuelles des vocalisations des chevreuils, des daims et des cerfs sont également utilisables pour le suivi et le recensement de ces animaux sauvages.

Une nouvelle hypothèse pour l'évolution

Chez la drosophile, plusieurs mutations stables parsèment le génome, mais elles s'expriment seulement en cas de stress.

Selon Charles Darwin, l'évolution se fait par le biais de la sélection naturelle et procède par glissements successifs qui aboutissent à la différenciation d'espèces proches. Toutefois, les fossiles montrent que l'évolution n'a pas toujours procédé par petits pas : à certaines époques, des familles très diversifiées, sans doute mieux adaptées au nouvel environnement, sont apparues. L'évolution aurait alors procédé par sauts, mais on ignore l'origine des

changements brusques de morphologie. Deux biologistes de Chicago, Suzanne Rutherford et Susan Lindquist, ont identifié un gène responsable de changements macroscopiques de la morphologie, chez la drosophile. Une clé pour l'évolution ?

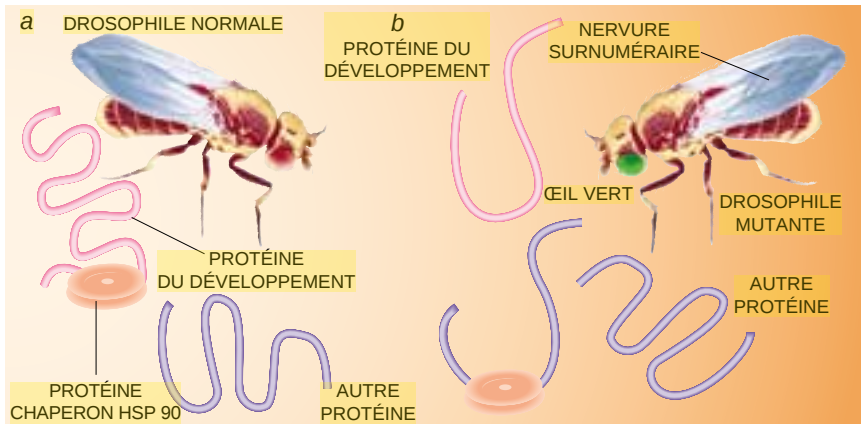
Chez cet insecte, comme chez tous les organismes vivants, des protéines, nommées protéines de stress ou chaperons, aident les autres protéines à résister aux stress, par exemple aux élévations brusques de températures, aux radicaux libres ou au manque d'oxygène. Sans ces chaperons, les protéines, fragiles, sont dénaturées, c'est-à-dire qu'elles changent de forme et perdent leur fonction biologique. Les chaperons aident aussi les protéines dénaturées à retrouver leur forme active.

Chez la drosophile, la protéine de stress nommée Hsp 90 a deux fonctions. Dans les conditions normales, elle est le chaperon moléculaire spécifique d'un

ensemble de protéines du développement, dont elle contrôle les changements de conformation (ces changements servent de signaux moléculaires orchestrant le comportement cellulaire). Au contraire, dans certaines conditions de stress, Hsp 90 devient un chaperon généraliste qui tente de protéger n'importe quelle protéine contre la dénaturation.

Différentes équipes avaient observé que des drosophiles dont le gène *Hsp 90* est muté ou inactivé ont des anomalies morphologiques diverses : la forme, la couleur ou la taille des yeux (certaines même en sont dépourvues), la forme des pattes et des ailes ou encore la pilosité sont anormales. Seuls les mutants dont un seul des deux brins du gène est muté sont viables.

Les biologistes américaines ont observé l'effet d'une altération du gène *Hsp 90* (mutation ou inactivation) sur les drosophiles. Elles ont constaté qu'en



La protéine chaperon HSP 90, dans les conditions normales (a), corrige diverses mutations naturellement présentes dans les protéines du développement : la drosophile est normale. En cas de stress (b), par exemple une chaleur ou une luminosité excessive, survenant au cours du développement embryonnaire, la protéine Hsp 90, qui sert aussi à préserver la conformation biologiquement active d'autres protéines, ne fait plus face à la tâche et ne corrige plus les mutations normalement silencieuses : les drosophiles naissent avec diverses anomalies morphologiques, par exemple des yeux anormaux (ici verts) et des nervures surnuméraires ou absentes sur les ailes.

présence d'un gène *Hsp 90* non fonctionnel, des anomalies latentes et spécifiques de chaque lignée sont transmissibles de génération en génération. Ces anomalies sont donc présentes dans le génome de la lignée, mais elles sont corrigées tant que le gène *Hsp 90* est actif. Ainsi, il existe naturellement, chez la drosophile, une réserve de mutations qui touchent la

morphologie. Dans un environnement normal, ces mutations sont masquées par la présence de Hsp 90 qui remodèle les protéines dont elle a la charge pour leur redonner une conformation correcte. Lors d'un stress survenant pendant la période embryonnaire, Hsp 90 donne la priorité aux protéines qui sont en cours de dénaturation et non plus aux protéines du déve-

loppement qu'elle «chaperonne» habituellement. Dépassée par un surcroît de travail, elle n'assure pas une de ses deux fonctions et les mutations morphologiques silencieuses s'expriment. En l'absence de stress, lorsque les mutations que Hsp 90 doit réparer sont trop nombreuses, un même effet de seuil se manifeste (la protéine est «débordée») et des monstres apparaissent aussi.

Ainsi, contrairement au dogme admis, de nombreuses anomalies du développement ne résultent pas d'un stress, mais préexistent avant son apparition. Ce stock de mutations stables représente peut-être un patrimoine de survie : normalement dormant, il ne s'exprime qu'en cas de changements brusques de l'environnement et donne naissance, parce que la protéine Hsp 90 ne fait plus face à sa tâche, à des espèces morphologiquement différentes. Cette hypothèse, qui expliquerait les sauts brusques de l'évolution et l'apparition rapide d'espèces peut-être mieux adaptées aux nouvelles conditions, est séduisante, mais son extrapolation de la drosophile aux vertébrés reste à confirmer.

Marie-Thérèse LANDOUSY

Le menu des australopithèques

Ces primates arboricoles fréquentaient la savane.

Le régime alimentaire de l'homme est étonnamment variable et diversifié. Cette caractéristique, parmi d'autres, lui a permis de peupler une bonne partie de la planète. Quand cette adaptabilité est-elle apparue dans l'histoire de l'évolution ? Que mangeaient, par exemple, les australopithèques, nos lointains parents africains ? L'analyse de l'émail des dents d'*Australopithecus africanus*, qui vivait il y a trois millions d'années, révèle que cet hominidé, malgré son adaptation morphologique à la vie arboricole et sa dentition de frugivore, trouvait aussi une part importante de sa nourriture dans la savane.

Les plantes fabriquent les molécules nécessaires à leur croissance par photosynthèse, en utilisant en particulier le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Il existe deux mécanismes de photosynthèse, qui ont des conséquences différentes sur le carbone 13, isotope stable du carbone (le noyau atomique du carbone contient généralement six protons et six neutrons ; le carbone 13 contient

un neutron supplémentaire) : dans les arbres et les buissons dont la photosynthèse est «en C₃», le carbone 13 est plus fortement éliminé que dans les plantes herbacées des milieux tropicaux, à la photosynthèse «en C₄».

On retrouve cette différence dans l'émail des dents des herbivores : en milieu tropical, la teneur isotopique en carbone 13 est plus grande pour ceux qui broutent la savane que pour ceux qui mangent des feuilles d'arbres. La teneur isotopique des dents des carnivores révèle, à son tour, la nature de leurs proies, et ainsi de suite au long de la chaîne alimentaire. La mesure de cette teneur isotopique complète donc utilement les informations déduites de la forme et de la disposition des dents.

Matt Sponheimer, de l'Université Rutgers, et Julia Lee-Thorp, de l'Université du Cap, ont mesuré la teneur isotopique en carbone 13 des dents de quatre *Australopithecus africanus*, découverts dans la grotte Sud-africaine de Makapansgat, ainsi que de 65 mammifères de 19 espèces, découverts sur le même site. Les valeurs obtenues répartissent les animaux en deux groupes principaux : d'un côté, les herbivores de savane, parmi lesquels plusieurs bovidés, un

équidé et un phacochère ; de l'autre, les herbivores forestiers, dont une girafe, des gazelles et un rhinocéros.

Les australopithèques n'appartiennent à aucun de ces groupes : leur teneur isotopique moyenne en carbone 13 les rapproche plutôt du seul carnivore analysé, une hyène. En fait, les valeurs obtenues pour les quatre individus sont assez différentes les unes des autres. Ces australopithèques, dont la morphologie est adaptée à une vie arboricole, et qui s'approvisionnaient principalement de fruits et de feuilles, s'aventuraient très régulièrement dans la savane : entre un quart et la moitié de leur nourriture en provenait. Qu'y mangeaient-ils ? Des herbes ? Des racines ? À moins que, comme les chimpanzés actuels, ils n'aient agrémenté leurs repas d'insectes herbivores, voire de petits mammifères. La chasse, longtemps présentée comme une spécificité humaine

parmi les primates, aurait alors une origine plus ancienne que l'apparition du genre *Homo*, auquel nous appartenons. Des résultats préliminaires sur quelques représentants anciens de ce genre, de 2,5 millions d'années, ne montreraient d'ailleurs pas de profonde différence entre leur régime alimentaire et celui des australopithèques.

