



infectieuses, ni n'ont démontré de sévérité augmentée lors d'épisodes infectieux. Le suivi de patients thymectomisés lorsqu'ils atteindront un âge avancé sera nécessaire pour établir si cette ablation entraîne ou non un risque plus élevé de développer des pathologies immunitaires généralement associées au vieillissement.

Comparées au bénéfice évident d'une chirurgie cardiaque néonatale pour la survie des patients souffrant de cardiopathie congénitale, les conséquences négatives potentielles de la thymectomie sur leur santé à long terme peuvent être considérées comme secondaires. Cependant, notre étude suggère qu'une ablation partielle du thymus devrait être considérée lors d'interventions chirurgicales néonatales destinées à corriger une cardiopathie congénitale,

afin de préserver au maximum la capacité du tissu thymique à produire des lymphocytes au cours de la vie. ♦

Thymectomy and viral infection in humans: evidence for the role of the thymus in adulthood

CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

RÉFÉRENCES

1. Gruver AL, Hudson LL, Sempowski GD. Immunosenescence of ageing. *J Pathol* 2007 ; 211 : 144-56.
2. Hoffman JI, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2002 ; 39 : 1890-900.
3. Wells WJ, Parkman R, Smogorzewska E, Barr M. Neonatal thymectomy: does it affect immune function ? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998 ; 115 : 1041-6.
4. Eysteinsdottir JH, Freysdottir J, Haraldsson A, et al. The influence of partial or total thymectomy during open heart surgery in infants on the immune function later in life. *Clin Exp Immunol* 2004 ; 136 : 349-55.
5. Ogle BM, West LJ, Driscoll DJ, et al. Effacing of the T cell compartment by cardiac transplantation in infancy. *J Immunol* 2006 ; 176 : 1962-7.
6. Prelog M, Keller M, Geiger R, et al. Thymectomy in early childhood: Significant alterations of the CD4(+)CD45RA(+)CD62L(+) T cell compartment in later life. *Clin Immunol* 2009 ; 130 : 123-32.
7. Sauce D, Larsen M, Fastenackels S, et al. Evidence of premature immune aging in patients thymectomized during early childhood. *J Clin Invest* 2009 ; 119 : 3070-8.
8. Sylwester AW, Mitchell BL, Edgar JB, et al. Broadly targeted human cytomegalovirus-specific CD4+ and CD8+ T cells dominate the memory compartments of exposed subjects. *J Exp Med* 2005 ; 202 : 673-85.
9. Snyder CM, Cho KS, Bonnett EL, et al. Memory inflation during chronic viral infection is maintained by continuous production of short-lived, functional T cells. *Immunity* 2008 ; 29 : 650-9.
10. Wikby A, Maxson P, Olsson J, et al. Changes in CD8 and CD4 lymphocyte subsets, T cell proliferation responses and non-survival in the very old: the Swedish longitudinal OCTO-immune study. *Mech Ageing Dev* 1998 ; 102 : 187-98.

NOUVELLE

Début de spéciation chez des pinsons et des fauvettes

Simone Gilgenkrantz

9, rue Basse,
54330 Clérey-sur-Brénon, France.
simsimone.gilgenkrantz@gmail.com

> Au cours de son voyage à bord de l'HMS¹ Beagle, Charles Darwin avait collecté des passeraux de diverses espèces dans les îles de l'archipel des Galapagos. À son retour, c'est en observant la taille et la forme des becs de ces oiseaux qu'il commença à réfléchir sur les variations survenues au sein d'un même groupe : « *En voyant cette gradation et cette diversité de structure survenant dans un petit groupe d'oiseaux apparentés...* » ; il esquisse alors la première ébauche de ce qui deviendra par la suite « la théorie de l'évolution ».

Réparties dans les îles de l'archipel, plus d'une dizaine d'espèces de pinsons, désormais appelés pinsons de Darwin,

sont répertoriées. Les oiseaux diffèrent en particulier par leurs becs plus ou moins grands et plus ou moins forts, selon la nature des graines dont ils s'alimentent. Les variations spontanées de la morphologie des becs ont permis que survivent et se multiplient les pinsons les mieux adaptés à la nourriture locale, et qu'à partir d'un groupe initialement identique se forment ces espèces différentes.

De même que Mendel avait judicieusement choisi *Pisum sativum* pour étudier la transmission des caractères, de même Darwin a été bien inspiré de s'intéresser à ces passeraux, car il semble que, chez les oiseaux, la spéciation soit facilement observable, et peut-être à des échelles de temps plus courtes qu'on le supposait, suffisamment brèves parfois pour être

perceptibles au cours d'une vie d'ornithologue.

Pour preuve, deux observations d'amorce de spéciation qui viennent d'être publiées récemment, l'une sur des pinsons de Darwin (spéciation allopatrique), et l'autre sur des fauvettes à tête noire (spéciation sympatrique).

Les suites d'une spéciation allopatrique chez des pinsons de Darwin sur l'île Daphne Major

Les treize espèces de pinsons vivant dans les Galapagos appartiennent à quatre genres (*Geospiza*, *Camarhynchus*, *Certhidea*, *Pinaroloxias*) et se différencient par trois traits phénotypiques : leur taille, ainsi que la forme et la taille de leur bec. L'existence de ces espèces

¹ HMS : Her Majesty's Ship



résulte de la spéciation allopatrique se produisant quand une population se trouve géographiquement isolée de la population mère. Dans chacune de ces espèces, les trois caractères ont une grande héritabilité d'une génération à l'autre et dépendent de l'expression de facteurs clés, en particulier de la localisation et de l'activité de la protéine BMP4 (*bone morphogenetic protein 4*) dans le mésenchyme du bec au cours du développement.

Quant à l'évolution ultérieure, il n'est pas possible de la prévoir car elle dépend des conditions environnementales et de l'interaction avec d'autres espèces. C'est la conclusion que viennent de faire Peter et Rosemary Grant, un couple de chercheurs de l'université de Princeton (New Jersey, USA), après un long travail, portant sur une trentaine d'années, de suivi de deux espèces de pinsons vivant dans l'île Daphne Major, *Geospiza fortis* (Figure 1) et *G. scandens*. Les événements de sélection qu'ils ont observés au cours du temps ne pouvaient être prévisibles. Cependant, il est intéressant de noter qu'ils sont survenus dans un temps assez court [1].

Indépendamment de ces variations notées dans les différentes espèces durant ces dernières décennies, un événement récent et assez inattendu a pu être observé. En 1981, 90 % des deux espèces d'oiseaux de l'île avaient été répertoriés et bagués, et leurs chants enregistrés par sonogramme. Cette même année, les Grant ont constaté la venue d'un *Geospiza fortis* particulièrement gros, qui avait probable-

ment immigré de l'île voisine de Santa Cruz (d'après l'étude des allèles de 16 microsatellites de son génome). Il était repérable par sa taille, la largeur de son bec, ainsi que par son chant, proche de celui des pinsons de Santa Cruz, car il avait commencé son apprentissage avant d'émigrer. En 1983, à l'époque de l'accouplement avec une femelle *G. fortis*, son chant s'est légèrement modifié, par imitation partielle des vocalisations des *G. fortis* vivant sur Daphne Major, au moment de la dernière étape de l'apprentissage du chant (phase de cristallisation, où le chant adulte est définitivement acquis). Au cours des années suivantes, sa descendance a prospéré, conservant ses caractères phénotypiques et les particularités de son chant. Mais, en 2004, une terrible sécheresse a décimé ce groupe d'oiseaux, défavorisés par la présence d'une population de *G. magnirostris*, plus aptes - comme leur nom l'indique - à consommer les rares grosses graines subsistantes. Il ne restait plus alors qu'un frère et une sœur qui se sont accouplés ; ils ont engendré une descendance homogène ayant dans son génome un marqueur homozygote, et dont les membres ne s'accouplent plus désormais qu'entre eux. [2]. En 2009, l'isolement reproductif de cette sous-population semble établi. Le choix du partenaire repose en partie sur le chant et les femelles *G. fortis*

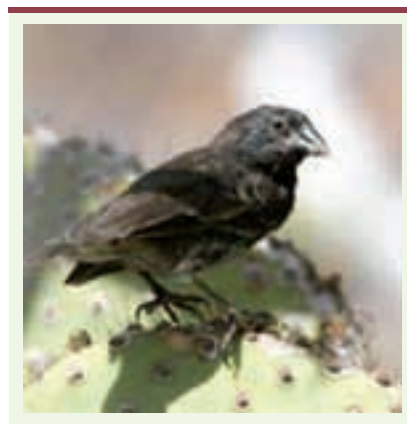


Figure 1. *Geospiza fortis* mâle sur Daphne Major.

ne s'accouplent pas avec les mâles de ce nouveau lignage. On connaît à présent les bases neurologiques de reconnaissance du chant, sous dépendance hormonale chez les mâles, avec activation différentielle de plusieurs noyaux cérébraux comme le met en évidence l'IRM fonctionnelle selon qu'il s'agit de chants spécifiques (hémisphère droit), ou hétérospécifiques (hémisphère gauche) [3].

Actuellement les auteurs se gardent de tirer des conclusions sur ces préludes à une spéciation incipiente dans lesquels le chant, dont la particularité n'est due qu'à des événements stochastiques, joue un rôle important, mais ils poursuivent leur surveillance.

Spéciation sympatrique chez des fauveltes à tête noire

La spéciation sympatrique (se produisant sur des populations non isolées géographiquement) peut être observée chez des oiseaux migrateurs, du fait d'un raccourcissement du temps d'hivernage, d'un décalage de l'époque de la nidification, et en raison des modifications du tracé des routes migratoires ou de leurs destinations.

Étude des migrations chez les oiseaux

L'observation des oiseaux migrateurs s'est intensifiée dans le monde au cours de ces dernières décennies en raison de l'intérêt croissant pour la sauvegarde des espèces. L'étude des migrations se fait par l'observation des vols migratoires, par la collecte des dates d'arrivée et de départ des migrateurs stricts ainsi que par diverses méthodes de repérage : (1) la surveillance par baguage, qui date du début du xx^e siècle, a été complétée par l'utilisation des radars (initiée dans les années 1960 par la sécurité aérienne), puis par la pose de balises Argos, de plus en plus miniaturisées et, depuis les années 2000, d'émetteurs GPS. Ces balises de suivi par satellite sont cependant réservées à des espèces assez grosses de longs migrants,



Figure 2. Fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*) mâle.

quoique de très petits oiseaux (comme les colibris) puissent aussi effectuer de très longues distances² ;

(2) pour suivre les nombreuses espèces qui ne migrent que sur de courtes distances, on a actuellement recours à l'analyse isotopique des plumes comme traceur géographique. La mise au point des *ratios* isotopiques (c'est-à-dire la proportion mesurée entre les différents isotopes d'un même atome dans un endroit donné) a montré que le *ratio* isotopique de l'hydrogène (estimation de la proportion de deutérium) était le plus informatif, avec un large gradient sud-ouest/nord-est. Après une phase de validation en Europe, initiée en France en 2004 par l'ONCFS (Office national de la chasse et de la faune sauvage) à partir de l'eau de pluie et des plumes d'espèces sédentaires [4], cette méthode est désormais utilisée comme traceur pour étudier les migrations en Europe et les modifications éventuelles des parcours migratoires.

Beatles ou flamenco : comment choisissent les fauvettes à tête noire

L'analyse isotopique a ainsi permis d'observer un début de spéciation dans une population de fauvettes à tête noire (*Sylvia atricapilla*) vivant en Europe centrale.

La fauvette à tête noire (Figure 2) est une espèce commune dans toute l'Europe, ainsi qu'en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et en Asie Mineure. Elle

vit à proximité des habitations et fait son nid dans les buissons. Elle passe souvent inaperçue car elle évolue sous couvert de feuillages. Mais son chant, très caractéristique, qui commence par une série de notes et se termine par un final retentissant³, est bien connu des ornithologues amateurs. Seul le mâle a la tête noire, la femelle a une calotte brun-roux. Ce sont des migrateurs partiels, avec des trajets migratoires plus ou moins longs (certaines partent de Russie pour aller en Afrique du Nord), mais certaines populations, en particulier en Espagne, sont sédentaires ou se sont sédentarisées.

En 2005, une publication britannique attira l'attention sur la présence en hiver dans de nombreux jardins anglais (31 % entre octobre 2003 et mars 2004) de fauvettes à tête noire, alors qu'auparavant elles étaient censées y passer seulement l'été [5]. Un suivi par étude isotopique des plumes a alors montré qu'elles venaient d'Europe centrale (Allemagne, Autriche) où elles retournaient en été pour nidifier.

Au cours des années suivantes (2006-2008), des fauvettes furent capturées au sud de l'Allemagne pendant la période estivale. Il apparut alors que ces fauvettes d'Europe centrale comportaient deux groupes distincts, l'un choisissant d'hiverner en Espagne et l'autre optant pour l'Angleterre. L'équipe de Martin Schaefer, de l'université de Fribourg (Allemagne), a comparé les phénotypes de ces deux groupes : les migrants au sud-ouest (S-O) et les migrants au nord-ouest (N-O), qui évoluent vers un isolement reproductif [6].

Les divergences dans les marqueurs neutres de leur génome (à partir d'un modèle d'étude de génotypes multilocus [7]) montrent un début de spéciation sympatrique, puisque ces oiseaux vivent dans les mêmes régions boisées d'Allemagne et d'Autriche.

Les mâles N-O reviennent plus tôt, et commencent à préparer le nid en

attendant les femelles. Ils réussissent mieux leurs couvées et obtiennent plus de jeunes. Cinq paramètres montrent la divergence survenue au cours de quelques décennies en situation sympatrique : la forme des ailes (plus arrondie chez les migrants N-O) ; la forme du bec (plus long et plus fin chez les migrants N-O) ; bien qu'ils muent à la même époque, un peu avant de migrer, la couleur des plumes diffère : les migrants N-O ont le dos plus brun avec des reflets olive et leur bec est plus foncé ; ces changements de couleur doivent traduire une variation dans la répartition de l'eumélanine et de la phéomélanine plutôt qu'une conséquence de l'alimentation différente en Espagne (où ils sont essentiellement frugivores), et en Angleterre (où une nourriture variée leur est offerte généreusement par les habitants, dans des mangeoires à silos sophistiquées, parfaitement adaptées à leur besoin (Figure 3).

Il est intéressant, dans ce cas, de voir qu'un groupe a préféré les frimas anglais avec leurs avantages : un trajet plus court et une nourriture équilibrée, quelles que soient les variations climatiques. Là encore, on ne peut parler d'une



Figure 3. Mangeoire à silos.

² Le colibri roux (*Selasphorus rufus*) migre de l'Alaska aux régions du nord et du centre du Mexique.

³ Audible sur : <http://www.chants-oiseaux.fr/passereaux-2.htm>



spéciation établie, mais il semble qu'elle soit en cours. L'affaire est à suivre, d'autant plus que, jusqu'à présent, les chercheurs n'ont pas mentionné le rôle du chant dans la préférence des femelles pour les mâles de leur groupe. Car, qui sait, les mâles hivernant en Angleterre zinzinent peut-être façon Beatles, ce qui serait évidemment très séduisant. ♦

Stochastic elements of speciation in Darwin's finches and in Central European blackcaps

CONFLIT D'INTÉRÊTS

L'auteur déclare n'avoir aucun conflit d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

RÉFÉRENCES

1. Grant PR, Grant BR. Unpredictable evolution in a 30-year study of Darwin's finches. *Science* 2002 ; 296 : 707-11.
2. Grant PR, Grant BR. The secondary contact phase of allopatric speciation in Darwin's finches. *Proc Natl Acad Sci USA* 2009 ; 106 : 20141-8.
3. Poirier C, Boumans T, Verhoye M, et al. Own-song recognition in the songbird auditory pathway : selectivity and lateralization. *J Neurosci* 2009 ; 29 : 2252-8.
4. Hobson KA, Bowen GJ, Wassenaar L, et al. Using stable hydrogen and oxygen measurements of feathers to infer geographical origins of migrating European birds. *Oecologia* 2004 ; 141 : 477-88.
5. Bearhop S, Fiedler W, Furness RW, et al. Assortative mating as a mechanism for rapid evolution of a migratory divide. *Science* 2005 ; 310 : 502-4.
6. Roishausen G, Segelbacher G, Hobson KA, Schaefer HM. Contemporary evolution of reproductive isolation and phenotypic divergence in sympatry along migratory divide. *Curr Biol* 2009 ; 19 : 1-5.
7. Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 2000 ; 155 : 945-59.

NOUVELLE

Les bactéries filamenteuses segmentées induisent les cellules Th17 dans l'intestin

Ivaylo I. Ivanov, Nicolas Manel

I.I. Ivanov, N. Manel : The Kimmel Center for Biology and Medicine of the Skirball Institute, New York University School of Medicine, New York, NY 10016, États-Unis.
N. Manel : Institut de génétique moléculaire de Montpellier, Centre national de la recherche scientifique et Université Montpellier I et II, Unité mixte de recherche 5535, Montpellier, France.
nicolas.manel@nyumc.org

► Le conduit gastro-intestinal contient un grand nombre de micro-organismes résidants. Chez l'homme, ces bactéries dites commensales surpassent en nombre les cellules de l'organisme, et représentent plus de mille espèces. On sait depuis longtemps que l'anatomie, la physiologie et les fonctions normales de l'intestin dépendent de la présence et de l'activité des bactéries commensales. La colonisation par ce microbiote intestinal induit notamment la maturation du système immunitaire des muqueuses, et plus particulièrement le développement des structures lymphoïdes organisées, le recrutement des lymphocytes B et T dans la *lamina propria* et la sécrétion d'immunoglobulines A (IgA) et de peptides antimicrobiens dans la lumière de l'intestin. Les agents commensaux fournissent une protection additionnelle en privant les pathogènes potentiels de nutriments et d'accès à la muqueuse. Cependant, la capacité des différentes espèces de bactéries intestinales à réguler individuellement les mécanismes immunitaires reste mal connue.

Propriétés des lymphocytes Th17

Les lymphocytes Th17 représentent un des sous-types majeurs des cellules T auxiliaires CD4⁺ [18, 19]. Ils produisent plusieurs cytokines pro-inflammatoires, dont l'IL(interleukine)-17, l'IL-21, l'IL-22 et l'IL-26 (cette dernière est absente chez les souris) et peuvent contribuer aux effets délétères qui caractérisent des maladies inflammatoires auto-immunes comme la sclérose en plaques, la polyarthrite rhumatoïde et les maladies inflammatoires de l'intestin [20]. En conditions normales, les cellules Th17 confèrent une protection contre les pathogènes extracellulaires, et agissent plus spécifiquement au niveau des surfaces muqueuses. Le processus moléculaire de différenciation des cellules Th17 a été très étudié chez l'homme [1-3] et la souris [4, 5-10]. Le facteur de transcription ROR γ T est nécessaire et suffisant pour cette différenciation [11] et plusieurs autres facteurs de transcription contribuent au façonnage du phénotype Th17 [12]. De plus, ces cellules partagent certaines voies de développement et de

différenciation avec les lymphocytes T auxiliaires régulateurs (Treg) qui expriment le facteur de transcription FoxP3 [13]. *In vivo*, en conditions normales, les cellules Th17 sont presque exclusivement localisées dans les tissus gastro-intestinaux comme la *lamina propria* de l'intestin grêle. Dans ce tissu, les cellules Th17 et Treg représentent plus de la moitié des lymphocytes T CD4⁺ et se trouvent à un état d'équilibre considéré comme déterminant pour la nature et l'intensité des réponses immunitaires muqueuses.

Induction des cellules Th17 de l'intestin par un élément de la flore intestinale

Parce que les cellules Th17 sont principalement présentes dans la *lamina propria* de souris non immunisées, nous avons émis l'hypothèse que l'intestin contient des signaux uniques pour la différenciation de ces cellules. La présence