

Manifestement non. Depuis quelques années, en effet, plusieurs études suggèrent que des lymphocytes T CD4+ contribueraient aussi à l'élimination des cellules infectées chez les contrôleurs du VIH, et Lisa Chakrabarti et ses collègues apportent à présent une confirmation de cette hypothèse en révélant le mécanisme qui transforme ces cellules en tueuses.

En 2016, l'équipe avait déjà franchi une étape. Elle avait montré que des lymphocytes T CD4+ des contrôleurs du VIH sont particulièrement efficaces pour reconnaître un fragment très conservé de la capsid du virus, le peptide Gag293, grâce à des récepteurs étonnants. Lors d'une infection, des cellules immunitaires capturent les virus rencontrés et les digèrent, puis en présentent les fragments à d'autres cellules immunitaires, dont les lymphocytes T CD4+. Ces cellules reconnaissent alors les fragments à l'aide de récepteurs, les TCR. Chaque humain exprime près de 20 millions de versions de ces récepteurs parmi l'énorme répertoire des TCR ($>10^{15}$), et deux individus partagent environ 5% de versions, nommées « TCR publics ». Or les chercheurs ont détecté une forte fréquence de TCR publics chez les contrôleurs du VIH. De plus, ces TCR publics se sont révélés capables de reconnaître le fragment viral même si la molécule qui le leur présentait – HLA – variait. Comme les TCR, les molécules HLA sont propres à chaque individu et, en général, un TCR ne reconnaît qu'un type de HLA. Or certains des TCR publics sont capables d'identifier le peptide Gag293 présenté par cinq molécules HLA différentes !

Dans leur dernière étude, les chercheurs ont décrit le mécanisme qui rend ces TCR publics si performants. Par cristallographie, ils ont montré que ces TCR reconnaissent une région précise du peptide Gag293 et que celle-ci n'est pas modifiée lorsqu'elle est présentée par l'un ou l'autre type de HLA. Par ailleurs, ces TCR entrent surtout en contact avec le peptide et peu avec HLA, ce qui limite l'influence de cette molécule. Enfin, transférés à des lymphocytes T CD4+ et T CD8+ de donneurs sains, ces TCR les rendaient capables de tuer des cellules infectées par le VIH en culture. Les chercheurs tentent maintenant de mettre au point un traitement par transfert de ces TCR. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

M. Galperin et al., *Science Immunology*, vol. 3(24), article eaat0687, 2018

La fonte de l'Antarctique s'accélère

À l'occasion des 60 ans de la création du Comité scientifique de la recherche en Antarctique, une équipe internationale de chercheurs a dressé le bilan de l'évolution du continent blanc. Valérie Masson-Delmotte, climatologue et coprésidente du groupe de travail n° 1 du Giec, commente ces résultats.



Propos recueillis par SEAN BAILLY

VALÉRIE MASSON-DELMOTTE climatologue au LSCE, laboratoire des sciences du climat et de l'environnement du CEA

Quelle est la situation de l'Antarctique ?

L'Antarctique abrite près de 90 % des glaces terrestres. En 2014, le rapport du Giec résumait nos connaissances sur leur évolution : les pertes étaient estimées à près de 30 milliards de tonnes par an, en moyenne, pour la période 1992-2001 et 147 milliards pour la période 2002-2011. Mais ces valeurs étaient marquées par des incertitudes importantes et une forte variabilité régionale qui restaient à préciser.

Quelles sont les nouvelles conclusions ?

Grâce à la prise en compte des données satellitaires précises, les chercheurs montrent que, depuis 25 ans, le rythme de la fonte a été multiplié par 5 dans la région de la péninsule Antarctique (de 7 milliards de tonnes par an en 1992 à 33 milliards de tonnes en 2017) et par trois dans l'Ouest de l'Antarctique, où les pertes sont passées de 53 milliards de tonnes par an à 159 milliards.

Les incertitudes restent assez grandes pour la partie orientale du continent, du fait des difficultés à estimer la distribution spatiale et temporelle de l'enneigement. Mais le bilan de masse indique une certaine stabilité (voire une légère augmentation de l'enneigement).

Au total, l'Antarctique aurait perdu près de 2 700 milliards de tonnes de glace en 25 ans, à un rythme qui s'est accru au cours des dernières années.

Quelles sont les conséquences de cette fonte importante ?

L'effet le plus direct concerne la hausse du niveau des océans : l'apport d'eau de fonte a conduit à une élévation de quasiment 8 millimètres en 25 ans. Rappelons que l'Antarctique abrite assez d'eau pour provoquer une hausse du niveau des océans de 58 mètres ! Il est donc crucial de comprendre

sa dynamique actuelle et d'anticiper comment elle évoluera.

Avec plusieurs collègues, vous posez la question du futur de l'Antarctique en comparant deux scénarios antagonistes. Comment avez-vous procédé pour réaliser cette étude ?

Nous nous sommes projetés en 2070, c'est-à-dire dans à peine 50 ans, pour montrer que le destin de l'Antarctique peut être très différent d'un scénario à l'autre selon les décisions que nous prenons aujourd'hui.

La fonte des glaces est directement liée au réchauffement climatique dû aux émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. Nous avons donc comparé un scénario où les rejets de gaz à effet de serre ne sont pas contrôlés et continuent au rythme actuel avec un autre où une politique forte de maîtrise de ces émissions est mise en place. Nous avons alors comparé des indicateurs physicochimiques (température, pH et niveau des océans, etc.) en utilisant des modèles climatiques, mais aussi d'autres facteurs tels que la pêche et le tourisme dans cette région, l'arrivée d'espèces invasives, etc.

Quels sont les résultats ?

L'élévation de la température atmosphérique moyenne en Antarctique (par rapport à 1986-2005, la période de référence) est de 0,9 °C dans le scénario optimiste et de 3 °C dans l'autre. La fonte des glaces contribue à, respectivement, 6 et 27 centimètres de la hausse du niveau des océans. Dans ce dernier scénario, on s'attend aussi à voir augmenter, en Antarctique, l'activité humaine (pêche, exploitation minière, tourisme...) et une modification du biotope.

Avec cette étude, nous avons voulu souligner le fait que, malgré les très nombreux défis, tout n'est pas joué. Il est encore possible d'agir à l'échelle internationale pour limiter les conséquences de l'activité humaine sur le climat de la planète. ■

Collaboration IMBIE, *Nature*, vol. 558, pp. 219-222, 2018 ; S. R. Rintoul et al., *ibid.*, pp. 233-241

PALÉONTOLOGIE

LES PREMIERS TÉTRAPODES, SORTIS D'EAUX SAUMÂTRES?

Avant leur conquête de la terre ferme, les tétrapodes s'étaient adaptés aux marais côtiers, estuaires, lagunes et autres milieux aquatiques de salinité variable.

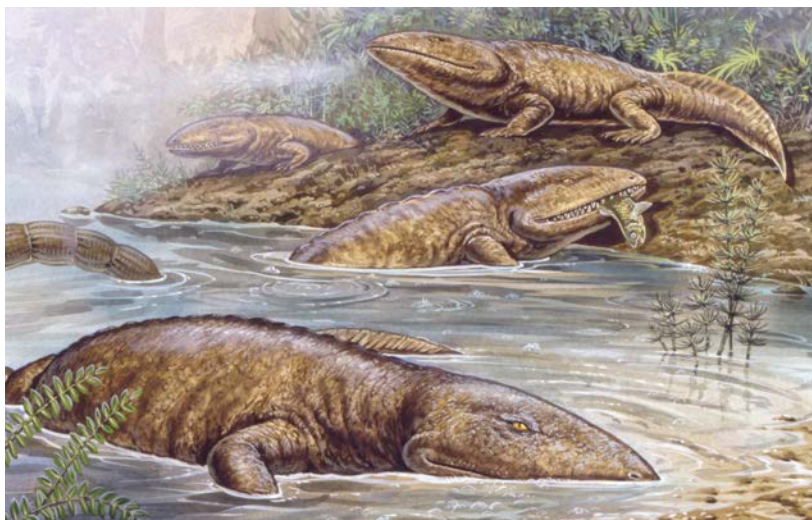
Il y a 375 millions d'années, voire avant, des tétrapodes originaires de milieux aquatiques ont commencé à coloniser les terres émergées. Une équipe franco-chinoise dirigée par Jean Goedert et Christophe Lécuyer, de l'École normale supérieure de Lyon, vient de montrer que cette « sortie des eaux » s'est effectuée à partir des estuaires, lagunes, marais et autres milieux de salinité variable.

Des fossiles suggèrent que c'est vers la fin du Dévonien (419,2 à 358,9 millions d'années), que s'est produite la diversification des premiers tétrapodes vivant sur la terre ferme. Ces animaux à quatre membres munis de doigts, dont nous faisons partie, descendent des tétrapodes aquatiques, qui descendent eux-mêmes des sarcoptérygiens, les poissons à nageoires charnues.

Au Dévonien, tandis que le supercontinent du Gondwana dominait dans le froid du Sud, de plus petits continents, la Sibéria et la Laurussia, s'étendaient plus au nord et sous les tropiques. À cette époque, *Ichthyostega* et *Acanthostega*, les premiers tétrapodes sans doute capables d'une forme de reptation à terre, vivaient dans les chaudières du Groenland. Comme on les a découverts dans les « vieux grès rouges » groenlandais, réputés produits par le dépôt de sédiments fins dans des bassins sédimentaires terrestres, on a supposé que les premiers tétrapodes terrestres et la faune associée vivaient dans des milieux d'eau douce. C'est cette idée, qui s'est progressivement imposée malgré la découverte de quelques fossiles donnant une autre impression, que l'équipe de Jean Goedert et de Christophe Lécuyer a voulu tester.

Les chercheurs ont étudié les rapports de concentrations d'isotopes de l'oxygène, du soufre et du carbone ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ et $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) dans plusieurs fossiles de tétrapodes du Dévonien et dans des vertébrés actuels. Ces rapports isotopiques varient selon les conditions qui règnent dans le milieu de vie des organismes. Ainsi, les vertébrés marins ont des rapports $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ compris entre 14,8 et 22,8‰ dans les os et entre 17,4 et 19,8‰ dans les muscles, des valeurs proches du rapport constaté dans l'eau de mer (21‰).

Ces rapports dépendant des concentrations de sulfates dans l'eau, ils sont nettement



Cette restitution d'*Ichthyostega* montre cet organisme du Dévonien groenlandais dans l'une des lagunes tropicales où, semble-t-il, vivaient ces premiers vertébrés à avoir arpenté les terres.

21 %

C'EST LA VALEUR
DU RAPPORT
ISOTOPIQUE $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$
DANS L'EAU DE MER
ACTUELLE.
ELLE AURAIT
ATTEINT 25 %
AU DÉVONIEN.
DANS LES OS
DES ORGANISMES
MARINS, CE RAPPORT
ISOTOPIQUE A DES
VALEURS VOISINES.

supérieurs à ceux qu'on trouve chez les vertébrés d'eau douce. Or les chercheurs ont constaté que le rapport $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ dans les os de tétrapodes dévoniens de Chine et du Groenland varie entre 12,5‰, valeur correspondant plutôt à de l'eau douce, et 31,8‰, valeur correspondant à de l'eau de mer. Ces variations sont similaires à celles observées chez les poissons d'estuaire. En revanche, le rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, marqueur caractéristique du régime alimentaire, s'est révélé comparable à celui de prédateurs marins, tels les requins. Quant au rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, les valeurs trouvées sont bien plus basses que celles d'eaux de mer très oxygénées, ce qui suggère un environnement pauvre en oxygène, et elles sont par ailleurs incompatibles avec un milieu d'eau douce.

La conclusion qui s'impose est que les tétrapodes du Dévonien étaient des animaux adaptés à la salinité variable des estuaires, lagunes et autres marais saumâtres. Ce résultat confirme l'idée que les tétrapodes terrestres descendent de tétrapodes aquatiques qui se sont d'abord adaptés à ce type de milieux avant de survivre à des séjours terrestres brefs, puis de plus en plus longs. ■

FRANÇOIS SAVATIER

J. Goedert et al., *Nature*, vol. 558, pp. 68-72, 2018