



VUE DORSALE



Blanc quand il est vivant, hérissé de petites soies, le collembole *Tullbergia medianarctica* se dessèche rapidement et meurt lorsqu'il est exposé à l'air libre. Sur les restes de cet individu, coloré et fortement agrandi, l'exosquelette de la tête, dur, apparaît en rouge ; le reste de la cuticule, plus souple, est en vert.

> plupart des régions du monde, il ne s'accumule pas dans les sols, car les pluies le lessivent. Mais dans les endroits secs, comme sur les monts Transantarctiques, il peut s'accumuler au fil des millénaires jusqu'à atteindre des niveaux toxiques. Ces lieux d'altitude accumulent également du perchlorate (ClO_4^-), un oxydant utilisé dans les désinfectants et les propulseurs de fusée – et présent à la surface inhospitalière de la planète Mars, comme l'a découvert en 2008 la sonde *Phoenix*.

Les sels constituent un redoutable écueil pour les petits animaux, tels les collembolles, qui tentent d'échapper à la progression des glaciers : rester sur place signifie qu'ils seront enterrés sous la glace, tandis que remonter la pente mène à des milieux toxiques.

Bien sûr, Ian Hogg et Byron Adams n'ont trouvé que des collembolles vivant en dessous de la ligne de démarcation. Cependant, ces endroits ont vraisemblablement été recouverts par 100 mètres de glace ou plus au dernier maximum glaciaire, et il aurait été impossible pour des formes de vie aussi complexes de survivre dans la glace pendant des dizaines de milliers d'années. Alors, où sont allés ces hexapodes ?

L'HISTOIRE RÉÉCRITE

La survie de tout animal dépend de l'eau, et l'eau semble indiquer une explication à l'improbable résistance de *Tullbergia*.

À 700 kilomètres au nord-ouest du glacier de Shackleton, les monts Transantarctiques émergent de l'intérieur du continent et commencent à longer le littoral. C'est là que se situent les vallées sèches de McMurdo. Malgré la sécheresse, plusieurs de ces vallées isolées abritent des lacs couverts de glace, alimentés par les eaux de fonte estivales. Ces lacs ne sont profonds que de quelques mètres, mais on observe dans le haut des parois de certaines vallées des lignes de rivages anciens de sable et de gravier. Ces lignes de rivages suggèrent que ces vallées ont contenu autrefois des centaines de mètres de hauteur d'eau, apportée par des ruisseaux dévalant les montagnes.

L'idée est cependant incomplète, car les vallées, étant ouvertes à leur extrémité du côté

mer, n'ont rien pour retenir des eaux aussi profondes. Les scientifiques supposent donc qu'au cours d'une précédente période glaciaire, l'inlandsis de l'Antarctique occidentale avait progressé de plusieurs centaines de kilomètres vers le nord, s'approchant des montagnes et fermant l'embouchure des vallées, ce qui a ainsi rendu possible la formation de grands lacs. L'un d'entre eux, le lac glaciaire de Washburn, avait une profondeur d'au moins 300 mètres.

Dans les années 1990, Brenda Hall, géologue à l'université du Maine, aux États-Unis, a creusé dans les anciens sédiments situés en haut de la paroi de la vallée du lac de Washburn et a recueilli des morceaux de tapis d'algues qui y avaient poussé et qui étaient desséchés par le froid. Par datation au radiocarbone, la chercheuse a estimé que les algues – et donc le lac – dataient d'il y a 23 000 à 13 000 ans, à peu près au maximum de la dernière période glaciaire. Cette découverte a donné lieu à une curieuse controverse, selon Brenda Hall : on était conduit à penser que pendant la période glaciaire, « les glaciers fondaient probablement plus qu'ils ne le font actuellement ».

Les scientifiques se sont efforcés d'expliquer comment cela a pu se produire en dépit d'un climat plus froid. Selon l'une des théories, les océans environnants étaient plus largement recouverts de glace qu'ils ne le sont aujourd'hui – ce qui entraînait moins d'évaporation et donc moins de nuages, moins de chutes de neige et plus de rayonnement solaire atteignant les roches sombres des montagnes. Cela aurait provoqué une fonte plus importante en altitude. Cette fonte accrue se serait peut-être produite sur toute la longueur des montagnes, notamment là où l'on a découvert les *Tullbergia*.

Un phénomène étrange, que les scientifiques dénomment aujourd'hui « effet de serre à l'état solide », est étroitement lié à cette situation. La plupart des rayons du soleil qui frappent un glacier sont réfléchis par son extérieur enneigé. Mais dans les monts Transantarctiques, où des vents forts et secs évaporent lentement la neige et la glace, les glaciers ont souvent une glace profonde et relativement transparente exposée en surface. Le rayonnement solaire



VUE VENTRALE



VUE LATÉRALE

peut pénétrer sur une profondeur de l'ordre de un mètre dans cette glace, ce qui réchauffe celle-ci et la fait fondre de l'intérieur. Andrew Fountain, glaciologue à l'université d'État de Portland, aux États-Unis, a découvert que cela peut se produire à des températures atmosphériques descendant jusqu'à -10°C .

Brenda Hall a été témoin de ce phénomène dans les montagnes du sud, jusqu'à 200 kilomètres au sud du glacier de Shackleton: «J'ai vu par des jours ensoleillés et clairs, raconte-t-elle, ces films d'eau qui descendent le long du front de la falaise de glace.»

DES HABITATS «BOUCLES D'OR»

Pour Ian Hogg et Byron Adams, ces mécanismes offrent des indices importants sur la façon dont *Tullbergia* et *Antarctophorus*, ainsi que de petits vers, acariens et autres animaux, ont pu survivre à des dizaines de périodes glaciaires le long des marges de glaciers tels que le Shackleton. Byron Adams surnomme ces milieux de vie les «habitats Boucles d'Or» – des cuvettes orientées au nord (vers le soleil) ayant juste la bonne configuration de roches sombres et de glace transparente. Cette glace aurait été bordée par une étroite bande habitable, peut-être large de quelques mètres seulement, où de petites et occasionnelles quantités d'eaux de fonte débarrassaient le sol de ses sels et grâce auxquelles les hexapodes s'hydrataient. À mesure qu'une période glaciaire s'installait et faisait remonter la glace sur les pentes, les *Tullbergia* auraient aussi remonté lentement la pente, peut-être juste de un mètre par an, s'ils avaient la chance de rencontrer des habitats Boucles d'Or en cours de route.

Ces explications semblent plausibles mais sont inachevées. Ian Hogg et Byron Adams, qui ne sont retournés ni l'un ni l'autre au glacier de Shackleton, doivent relier la génétique à une chronologie plus claire des va-et-vient de la glace de l'Antarctique. Ils doivent également voir si ce schéma se vérifie pour d'autres espèces. Avec leurs étudiants, ils essaient maintenant de séquencer l'ADN du même gène codant la cytochrome C oxydase chez une espèce d'acarien et une espèce de ver nématode qu'ils ont trouvées

sur le glacier de Shackleton et en d'autres endroits des monts Transantarctiques du Sud. Ils espèrent que la comparaison des séquences génétiques permettra d'expliquer depuis combien de temps ces autres espèces vivent ici, comment elles se sont déplacées dans le passé et comment elles ont subsisté.

Ce qui est déjà apparent, c'est que certaines espèces ont survécu de justesse. Lors des retraits glaciaires, elles ont peut-être établi de nouveaux avant-postes sur les montagnes voisines. Mais à chaque nouvelle période glaciaire, la plupart des populations se sont éteintes. *Tullbergia* porte les cicatrices de cette histoire brutale dans son ADN. Le fait que chaque individu des environs du glacier de Shackleton porte des séquences génétiques pratiquement identiques suggère qu'à un moment donné dans le passé, seulement deux de ces collembolles ont réussi à survivre. Chaque représentant vivant aujourd'hui descend de ces géniteurs, qui ont peut-être eu la chance d'être emportés par une tempête de vent sur un habitat Boucles d'Or de la taille d'un terrain de basket. *Tullbergia mediantarctica* «a été extrêmement proche de l'extinction», affirme Byron Adams.

Bien sûr, des communautés entières de plantes et d'animaux ont disparu de l'Antarctique, faisant partie des vagues d'extinctions qui ont ponctué l'histoire de la Terre. Un Antarctique plus chaud et plus humide aiderait-il *Tullbergia* à rebondir? Byron Adams était de retour dans les vallées sèches de McMurdo en janvier 2020. Le niveau des lacs monte, les sols secs deviennent plus humides et le nombre de petits animaux, tels certains vers nématodes qui vivent dans le sol, augmente. Dans le même temps, selon Byron Adams, les espèces qui ont survécu aux sols vraiment froids, secs et rudes diminuent en abondance, et leur aire de répartition se réduit. Les nouveaux arrivants évincent peut-être les plus anciens, qui s'accrochaient.

La question est de savoir si *Tullbergia* connaîtra un sort similaire. «Sur la base de ce que cette espèce a traversé dans le passé, je pense qu'elle s'en sortira plutôt bien, avance Byron Adams; tant qu'elle ne sera pas en concurrence avec les espèces envahissantes...» ■

BIBLIOGRAPHIE

G. E. Collins, **The diversity and population genetic structure of Collembola (Springtails) in Namib and Antarctic desert environments**, thèse de doctorat, université de Waikato (Nouvelle-Zélande), 2019 (<https://bit.ly/3bGnEdW>).

G. E. Collins et al., **Spatial and temporal scales matter when assessing the species and genetic diversity of Springtails (Collembola) in Antarctica**, *Frontiers in Ecology and Evolution*, vol. 7, article 76, 2019.

T. Caruso et al., **Nematodes in a polar desert reveal the relative role of biotic interactions in the coexistence of soil animals**, *Communications Biology*, vol. 2, article 63, 2019.

L'ESSENTIEL

> Numération, dessins géométriques, tatouages, vannerie, jeux de ficelle... Au XIX^e siècle, ethnologues, missionnaires et voyageurs ont rapporté des témoignages de pratiques non occidentales qui, aujourd'hui, sont autant de sujets d'étude de l'ethnomathématique.

> Jusqu'au milieu du XX^e siècle cependant, en raison de la prégnance de certaines théories, notamment évolutionnistes, ces pratiques ont été souvent appréhendées comme des

formes de rationalité et de logique peu abouties ou distinctes de celles au cœur de la science occidentale.

> La parution de *La Pensée sauvage*, de Claude Lévi-Strauss, en 1962, a contribué significativement à la remise en cause de cette perspective.

> Plusieurs mathématiciens se sont ensuite intéressés à ces pratiques avec l'idée de mieux saisir la diversité des mathématiques.

LES AUTEURS



ERIC VANDENDRIESCHE
ethnomathématicien
au sein du laboratoire
Science, philosophie,
histoire (Sphere) du CNRS
et de l'université de Paris



CÉLINE PETIT
ethnologue,
rattachée
au laboratoire
Sphere

Des ethnologues au pays des mathématiques

Dès la fin du XIX^e siècle, les anthropologues se sont intéressés à l'art de compter dans les sociétés non occidentales. Mais il a fallu plusieurs décennies pour que mathématiciens et anthropologues étudient les pratiques mathématiques de ces sociétés.

En 1927, alors qu'il mène des recherches ethnographiques auprès des habitants des îles de Malekula et d'Ambrym, aux Nouvelles-Hébrides (actuel Vanuatu, dans le Pacifique sud), le jeune Bernard Deacon adresse à son directeur de thèse à l'université de Cambridge, l'anthropologue Alfred Haddon, une lettre où il souligne avoir observé la manifestation de «compétences en mathématiques» chez des membres de ces sociétés alors encore souvent perçues comme «primitives» :

Les hommes plus âgés m'ont expliqué le système [de parenté d'Ambrym] avec une parfaite lucidité, je ne pourrais pas mieux l'expliquer moi-même. Il est parfaitement clair que les indigènes

(du moins les plus intelligents d'entre eux) conçoivent ce système comme un système de relations qu'ils peuvent représenter par des diagrammes. [...] La façon dont ils pouvaient raisonner sur les relations à partir de leurs diagrammes était absolument comparable à un bon exposé scientifique donné dans une salle de conférence. J'ai également recueilli [à Malekula] certaines expressions de compétences mathématiques. Lorsque j'aurai rassemblé mes matériaux, j'espère être en mesure de prouver que les autochtones sont capables d'une pensée assez abstraite.

Victime de complications du paludisme, Deacon décéda peu de temps après sur l'île de Malekula et n'eut pas l'occasion de développer son propos. Toutefois, ses notes ethnographiques nous indiquent que ces «expressions >

Ce croquis de tortue représente l'un des nombreux dessins sur le sable que le jeune anthropologue britannique Bernard Deacon recopia dans ses carnets de notes pendant son voyage dans l'archipel de l'actuel Vanuatu, dans le Pacifique sud (celui-ci sur l'île Ambrym), dans les années 1920. Ces dessins sont formés d'une ligne continue, que les nombres indiqués sur le schéma permettent de reproduire.