

Des scientifiques français percent les mystères du “sang des glaciers”

Environnement Un groupement de laboratoires étudie une microalgue étonnante décrite pour la première fois par Aristote il y a 2300 ans.

Éclairage Julie Renson Miquel

Imaginez-vous vous promener dans le massif des Alpes à 2000 mètres d'altitude un doux matin de juin, le soleil levant irradiant peu à peu votre visage gelé, du blanc à perte de vue. Soudain, au détour du chemin immaculé, votre regard bute sur une large étendue de neige couverte de stries écarlates. Une matière rouge carmin dessine une calligraphie aléatoire à la surface du névé, cette neige persistante qui résiste aux assauts du soleil.

Ces “neiges rouges”, également surnommées “sang des glaciers”, ont été décrites pour la première fois il y a plus de 2300 ans par Aristote, au IV^e siècle avant notre ère dans son *Histoire des animaux*. À l'époque, le savant et philosophe grec attribuait ce mystérieux phéno-

mène à des larves velues colonisant le manteau neigeux. En réalité, il s'agit de microalgues rouges mesurant 1/30 de millimètre, *Sanguina nivaloides*, de leur nom scientifique.

Alpes françaises ou japonaises, cordillère des Andes en Amérique du Sud, Nouvelle-Zélande, Arctique, Antarctique... Au fil des siècles, habitants des montagnes et explorateurs se sont familiarisés avec ce spectacle fascinant. Dès 1760, à Chamonix, le naturaliste et physicien suisse Horace Bénédict de Saussure observait pour la première fois ces algues rouges au microscope. Mais la réelle identité de la *Sanguina* n'a été révélée que bien plus tard, en 2019, lorsqu'une équipe de recherche pragoise a usé des méthodes modernes de séquençage ADN pour conclure qu'il s'agissait non pas d'une algue du type *Chlamydomonas*, comme on le pensait



Les pigments rouges de l'algue, constitués de caroténoïdes, constituent un système de défense pour protéger ses cellules de l'intense luminosité de la neige.

depuis le début du XX^e siècle, mais bien d'une nouvelle espèce, encore jamais étudiée.

"Avant, ces algues passaient quasi inaperçues"

Branle-bas de combat au sein de la communauté scientifique: comment cette algue survit-elle dans la neige? Pourquoi ces proliférations rapides et excessives, appelées *blooms* de leur nom anglais, se forment-elles? Quelle est leur place dans la chaîne alimentaire? Y en a-t-il plus qu'avant? Quel est l'impact du réchauffement climatique sur ces écosystèmes? Pour tenter de résoudre ces énigmes, cinq laboratoires français comprenant des chercheurs du CNRS, du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, de Météo-France, de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement et de l'Université Grenoble Alpes se sont associés en 2019 dans le cadre du programme AlpAlga.

La même année, des chercheurs allemands ont fait une singulière découverte. *"D'après leurs calculs, au Groenland, plus de 10% de la fonte des glaciers peut être attribuée à la présence de ces microalgues"*, raconte Eric Maréchal, spécialiste des *Sanguina* et coordinateur du consortium AlpAlga. *"C'est colossal"*. En cause, le désormais bien connu phénomène d'albédo: la couleur blanche de la neige réfléchit 100% des rayons du soleil tandis qu'à l'inverse, le noir absorbe toute cette énergie. La couleur rouge étant plus foncée que le blanc, la neige colonisée par notre algue se met à absorber une partie des rayonnements solaires. Résultat, elle fond. Il est encore trop tôt pour savoir si la *Sanguina* agit sur le même pourcentage de neige dans toutes les chaînes montagneuses du monde, et en particulier dans les Alpes, car les régimes climatiques diffèrent trop du Groenland.

Trop tôt également pour savoir si le réchauffement climatique favorise son développement, ajoute Eric Maréchal. Le chercheur au CNRS s'est lui-même rendu au Groenland au cours de l'été 2023 pour collecter des échantillons de neige à proximité d'un village inuit afin d'interroger l'impact des activités humaines sur le sang des glaciers. *"Nous recueillons de plus en plus de témoignages sur ces blooms de la part de personnes vivant aux alentours des montagnes, mais cela n'est pas forcément synonyme d'une expansion de l'algue, analyse-t-il. Les neiges rouges ont récemment été mises en lumière. Avant, elles passaient quasi inaperçues, les gens n'y faisaient pas plus attention que cela. Désormais, la population a un regard un peu plus instruit, plus connaisseur. Il y a peut-être un biais."* Pour obtenir des données objectives, les scientifiques ont mis au point un algorithme qui détecte les proliférations de l'algue à partir d'images satellites. Difficile de dégager une tendance pour le moment: des données recueillies pendant plusieurs décennies sont nécessaires et l'étude ne remonte qu'à quelques années. *"Mais nous devrions avoir très prochainement des éléments de réponse"*, assure le biologiste.

"Le vivant arrive toujours à coloniser les espaces vierges"

Le consortium communique régulièrement sur ses découvertes. En 2021 déjà, en utilisant les techniques de la police scientifique, l'équipe d'AlpAlga a étudié l'ADN des micro-organismes des neiges des Alpes françaises, révélant que notre algue rouge se trouvait entre 2000 et 3000 m d'altitude dans une fine pellicule d'eau circulant en périphérie des cristaux de neige aux côtés de bactéries et de champignons. La neige est donc riche d'un écosystème aussi complexe que celui des rivières. On pensait cette eau congelée – beaucoup moins étudiée que les océans – hostile à la vie du fait de ses températures très basses, proches de zéro degré Celsius, et du manque de nutriments qu'on y trouve. En réalité, elle fait office de manteau protecteur pour l'al-

gue rouge face à l'air glacial des hautes altitudes et latitudes. *"Le vivant arrive toujours à coloniser les espaces terrestres vierges"*, fait remarquer Eric Maréchal.

Y trouver un micro-organisme qui non seulement survit mais en plus s'épanouit, a surpris les chercheurs. Pour ce faire, la *Sanguina* a développé des mécanismes d'adaptation cellulaires inédits que le consortium vient de dévoiler dans une étude parue dans la revue *Nature Communications*. Grâce au laboratoire du jardin botanique et universitaire du Lautaret (Hautes-Alpes), situé à 2100 mètres d'altitude face aux glaciers de la Meije, et aux techniques de microscopie 3D, les biologistes ont observé que la membrane superficielle de *Sanguina* était parcourue de petites rides qui augmentent sa surface de contact avec l'extérieur. *"Cela permet à la cellule de capturer la moindre trace de nutriments dans la neige, qui est très pauvre par rapport à d'autres milieux aquatiques"*, décrit Eric Maréchal, coauteur de l'étude, qui s'est également rendu avec ses collègues sur le mont Olympe, en Grèce, pour récupérer des échantillons à l'endroit où Aristote avait observé ses fameuses "larves" rouges et poilues.

Mais ce n'est pas tout. *"Le chloroplaste [endroit de la cellule végétale contenant de la chlorophylle et assurant la photosynthèse, Ndlr] a des panneaux solaires – les thylakoïdes – qui s'ouvrent en éventail de façon à recevoir la lumière de toutes les directions, contrairement à la plupart des végétaux où ils sont orientés vers un seul endroit"*, poursuit le biologiste. *"Ainsi, l'algue capte la moindre trace d'énergie solaire – qui, dans la neige, arrive par en haut, en bas et par les côtés – pour réaliser la photosynthèse, processus par lequel le gaz carbonique de l'atmosphère est transformé en sucre."* Cette fabrication de matière, qui est le point d'entrée dans le vivant, est réalisée de façon extrêmement efficace grâce à cette architecture si singulière.

"Une métamorphose extraordinaire"

À l'image de l'ours brun qui hiberne dans sa caverne ou de la marmotte dans son terrier, la *Sanguina* stocke énormément de gras pour se préparer à passer l'hiver. En plus de cet apport en lipides, l'équipe de recherche a découvert que les pigments rouges de l'algue, constitués de caroténoïdes, constituaient un système de défense pour protéger la cellule de *"l'intense luminosité de la neige qui provoque ce que l'on appelle des stress oxydants"*, précise l'expert. Elle vient ainsi colorer la surface de la neige en rouge lorsque la température permet la formation de minuscules courants d'eau liquide, ce qui n'est pas le cas au cœur de l'hiver quand il fait encore trop froid. C'est pour cette raison que le sang des glaciers n'est pas encore visible. Mais cet hiver, des vacanciers skient déjà, sans le savoir, sur des lits de *Sanguina*.

Que se passe-t-il quand la neige fond? Sans son manteau protecteur blanc, la microalgue meurt-elle? *"Non, sinon il n'y en aurait pas l'année suivante"*, observe Eric Maréchal. *"L'algue continue son cycle de vie en opérant une métamorphose extraordinaire: sa cellule change de forme et de couleur en devenant verte, et elle se met à nager grâce à ses flagelles dans l'eau présente à l'intérieur du milieu dans lequel elle va survivre: la terre"*. Comment opère-t-elle cette métamorphose? Mystère. Les scientifiques ne savent d'ailleurs toujours pas pourquoi l'algue prolifère dans certaines zones plutôt que dans d'autres. Les questions restent nombreuses et le temps presse pour percer les mystères de cette algue.

En effet, le réchauffement climatique menace son habitat principal: la neige. Dans les années à venir, la *Sanguina* va disparaître des zones où la période d'enneigement deviendra très brève, anticipent les chercheurs, ne subsistant très probablement que dans des altitudes et latitudes extrêmes, plus difficiles d'accès pour les humains.

© Libération

2023 a posé de nouveaux jalons

Climat L'année a été marquée par de multiples records.

Comme on s'y attendait, 2023 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée depuis le début des relevés, a annoncé mardi le Service Copernicus sur le changement climatique (C3S).

Les indicateurs observés tout au long de l'année témoignent de conditions record telles que *"le mois le plus chaud jamais enregistré et des moyennes journalières de température globale dépassant les niveaux préindustriels de plus de 2°C"*.

Moyenne mondiale: 14,98°C

Des dizaines de records journaliers sont ainsi tombés en 2023.

Dans son rapport énumérant *"les faits marquants sur le climat mondial"* en 2023, le service européen indique que la température moyenne mondiale était de 14,98 °C, soit 0,17 °C de plus que la valeur annuelle la plus élevée mesurée en 2016, qui jouissait jusqu'à présent du titre de l'année la plus chaude. La température moyenne était, en outre, 1,48 °C plus élevée que celle enregistrée entre 1850 et 1900.

Une tendance de fond

Pour la première fois, chaque jour de l'année 2023 a donc dépassé de plus de 1°C le niveau préindustriel, et près de la moitié des 365 jours de l'année ont été plus chauds d'au moins 1,5°C. Cela représente 47,4% des jours de l'année, très loin des observations passées: en 2016, précédente année record, seulement 77 jours (21% de l'année) avaient dépassé ce niveau, franchi pour la première fois en 2015.

Cela ne signifie pas pour autant que les limites fixées par l'accord de Paris sur le climat en 2015, qui avait pour objectif de contenir la hausse des températures bien en dessous de 2°C, ont été dépassées. Celles-ci font référence à des périodes d'au moins 20 ans. *"Mais cela crée un précédent désastreux"*, avertit toutefois Copernicus. (AFP)