

gorgones (ou éventails de mer) en particulier – auraient été transportés dans de la poussière venue d'Afrique. Cela reste à confirmer, mais la désertification croissante du nord-ouest de l'Afrique accroît ce danger potentiel. En effet, de plus en plus de terres semi-arides se transforment en poussière, qui peut alors véhiculer un plus grand nombre de microorganismes.

Les microorganismes aériens favoriseraient des épisodes de grêle, de neige ou de pluie

Ces microbes ne font pas que propager des maladies en voyageant dans le ciel. Certains chercheurs suggèrent qu'ils influeraient aussi localement sur le temps en favorisant des épisodes de grêle, de neige ou de pluie. En règle générale, la formation d'un flocon de neige ou d'une goutte de pluie commence par la constitution de minuscules cristaux. Des gouttes d'eau ou des flocons se forment alors autour de ces microcristaux en fonction de certaines conditions, notamment la présence de particules, comme de la suie. Avec ces particules, l'eau gèle à des températures plus élevées que d'habitude (sans perturbation, l'eau pure peut rester liquide jusqu'à environ -38°C par le phénomène de surfusion).

CES MICROORGANISMES QUI FONT PLEUVOIR

En 1982, David Sands, de l'université d'État du Montana, et ses collègues ont avancé l'idée selon laquelle des microorganismes – à savoir la bactérie *Pseudomonas syringae* – pouvaient aussi servir de noyaux pour les cristaux de glace dans l'atmosphère. Dans des travaux ultérieurs, les chercheurs ont esquissé un mécanisme possible: certaines souches de *Pseudomonas syringae* produisent une protéine particulière à leur surface qui piège les molécules d'eau de telle façon qu'elles commencent à créer un réseau cristallin.

Au niveau du sol, les souches qui produisent ces protéines dites glaciogènes peuvent causer des dommages aux céréales en induisant un épisode de gel. Dans l'atmosphère, où la température est bien inférieure à 0°C , si une

quantité suffisante de ces bactéries et de leurs protéines glaciogènes est présente, un épisode de pluie ou de neige pourrait en découler.

Depuis les travaux précurseurs de David Sands, les chercheurs ont trouvé beaucoup de *Pseudomonas syringae* dans des échantillons de pluie et de neige. Il reste difficile de démontrer si ces microorganismes sont responsables du déclenchement des précipitations ou s'ils ne font que «suivre le mouvement». Des responsables de stations de ski n'ont pas attendu une réponse à cette question: un grand nombre d'entre eux utilisent des agents de nucléation de la glace vendus dans le commerce, qui contiennent des cellules de *Pseudomonas syringae*, pour fabriquer de la neige artificielle durant les journées d'hiver trop douces.

L'hypothèse de David Sands nous a incités à chercher d'autres microorganismes dans l'atmosphère qui déclencheraient des précipitations. David Schmale et ses collègues ont montré que les microorganismes associés à des précipitations sont beaucoup plus divers qu'on ne le pensait. En Virginie, Boris Vinatzer et David Schmale ont collecté de nombreux types de bactéries et de champignons dans l'atmosphère et dans des précipitations, qui pourraient servir d'agents de nucléation de la glace, au moins d'après des résultats en laboratoire. Et ces microorganismes qui «font la pluie» varieraient d'une région à une autre.

En combinant les informations sur la biodiversité locale, sur le mouvement des microorganismes dans l'air et sur les mécanismes de nucléation, nous pourrions mieux anticiper certains épisodes de précipitation. Et, au-delà de l'aspect prédictif, nous pourrions finalement utiliser certains de ces microorganismes pour faire pleuvoir dans les régions arides ou frappées de sécheresse.

Jusqu'à présent, nous nous sommes surtout intéressés aux processus qui se déroulent au-dessus de la terre ferme. En combinant nos résultats sur les microorganismes contenus dans les gouttelettes d'eau et nos calculs sur les structures lagrangiennes cohérentes, nous voulons décrire ce qui se passe dans l'air au-dessus de la surface des lacs, des rivières et des océans.

Nous avons déjà commencé à collecter des microorganismes au-dessus de l'eau en utilisant des flottes de bateaux sans pilote et des drones aériens. La situation à décrire est plus complexe mathématiquement, car les équations doivent tenir compte du mélange de l'air chargé en microorganismes et de l'eau provenant des embruns, de vagues déferlantes et même des éclaboussures de la pluie. Cependant, comme l'eau recouvre environ 70 % de la planète, nous sommes certains que ce que nous trouverons nous révélera de nouveaux éléments fascinants sur la façon dont les microorganismes parcourent le globe. ■

BIBLIOGRAPHIE

D. G. Schmale III et S. D. Ross, **Highways in the sky : Scales of atmospheric transport of plant pathogens**, *Annual Review of Phytopathology*, vol. 53, pp. 591-611, 2015.

L. E. Ogden, **Life in the clouds**, *BioScience*, vol. 64(10), pp. 861-867, 2014.

T. Peacock et G. Haller, **L'ordre caché des écoulements chaotiques**, *Pour la Science*, n° 434, décembre 2013.