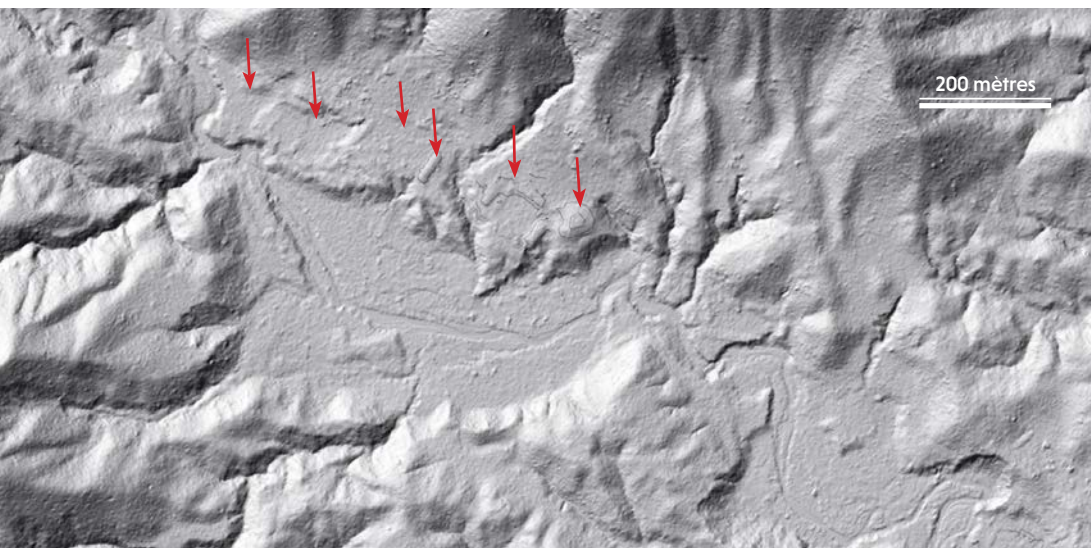




Dans la jungle de la Mosquitia du Honduras, une dense végétation dissimule de nombreux sites archéologiques possibles. Les relevés par lidar aéroporté font cependant apparaître à l'œil exercé des structures qui semblent d'origine humaine et non pas naturelle (flèches).

La première et la plus évidente est qu'une grande partie des implantations anciennes ont été détruites par les villages et infrastructures modernes, ce qui ne peut que fausser les estimations de la démographie ancienne. Dans les zones où la forêt a tout figé et où les anciens habitats semblent conservés dans l'état dans lequel ils ont été abandonnés, le lidar n'est en mesure que de détecter les grandes structures gouvernementales ou cérémonielles. Les petites structures, telles les fondations de petites constructions résidentielles, peuvent être aujourd'hui indétectables parce qu'elles sont enfouies sous des sédiments ou parce qu'elles ont été érodées au fil des siècles.

LES STRUCTURES REPÉRÉES N'ÉTAIENT PAS FORCÉMENT OCCUPÉES À LA MÊME PÉRIODE

Un problème plus important encore est que les structures anthropiques repérées par les archéologues dans les données lidar n'étaient pas forcément toutes occupées à la même période, ce dont il faut tenir compte pour éviter les surestimations. Déterminer quelles agglomérations étaient habitées à un moment donné est un processus long et ardu, qui implique des fouilles et des datations, éventuellement de restes humains.

Les archéologues ont tiré plusieurs enseignements de ces premières explorations au lidar aéroporté en Mésoamérique. D'une part, on a découvert des agglomérations inconnues dans presque toutes les zones cartographiées. D'autre part, les sites déjà connus se sont révélés bien plus vastes et plus complexes qu'on ne le pensait. Il est aussi apparu que les investissements faits dans les infrastructures, la gestion de l'eau, le transport et la défense étaient bien plus importants qu'on ne l'avait précédemment identifié ou imaginé.

Toutes ces nouvelles données changent nos hypothèses sur le peuplement, l'agriculture, l'aménagement des sols, le commerce, la guerre, les structures politiques et les interactions sociales précolombiennes.

ENCORE DE VASTES ÉTENDUES À EXPLORER

Étant donné qu'il reste de vastes étendues couvertes de jungles peu explorées – la Mosquitia au Honduras et au Nicaragua, le Darién au Panama et dans le nord de la Colombie, les hautes forêts brumeuses des Andes, et la plus grande de toutes, la forêt amazonienne –, il est probable que le lidar continuera à nous révéler de nouvelles cités disparues et d'autres installations humaines oubliées, ce qui devrait nous faire revoir régulièrement à la hausse les effectifs de la population précolombienne.

Les importants efforts des archéologues déployés jusqu'à présent pour cartographier au lidar les zones archéologiques du Mexique et d'Amérique centrale ont révélé moins de 5% des zones de la région couvertes par une forêt dense. Le lidar aéroporté pourrait couvrir le reste en une décennie environ, pourvu qu'un soutien financier suffisant soit garanti. Le grand défi consistera alors à recruter l'armée d'archéologues nécessaire afin d'analyser, d'interpréter et de valider sur le terrain toutes les données recueillies à distance.

Nous espérons que ces futures observations au lidar aéroporté produiront une meilleure estimation de la population précolombienne, et permettront de mettre enfin d'accord les *low counters* et les *high counters*. Même s'il s'avère que cet objectif est inatteignable, le lidar aéroporté continuera de nous alimenter en découvertes fascinantes sur les peuples qui habitaient les Amériques avant l'arrivée des Européens. ■

Article publié avec l'aimable autorisation de la revue *American Scientist*.

BIBLIOGRAPHIE

M. A. Canuto et al., **Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala**, *Science*, vol. 361, pp. 1313-1314, 2018.

T. Inomata et al., **Archaeological applications of airborne LiDAR to examine social changes in the Ceibal region of the Maya lowlands**, *Plos One*, vol. 13(2), e0191619, 2018.

W. E. Carter et al., **Archaeology from the air**, *American Scientist*, vol. 104, pp. 28-35, 2016.

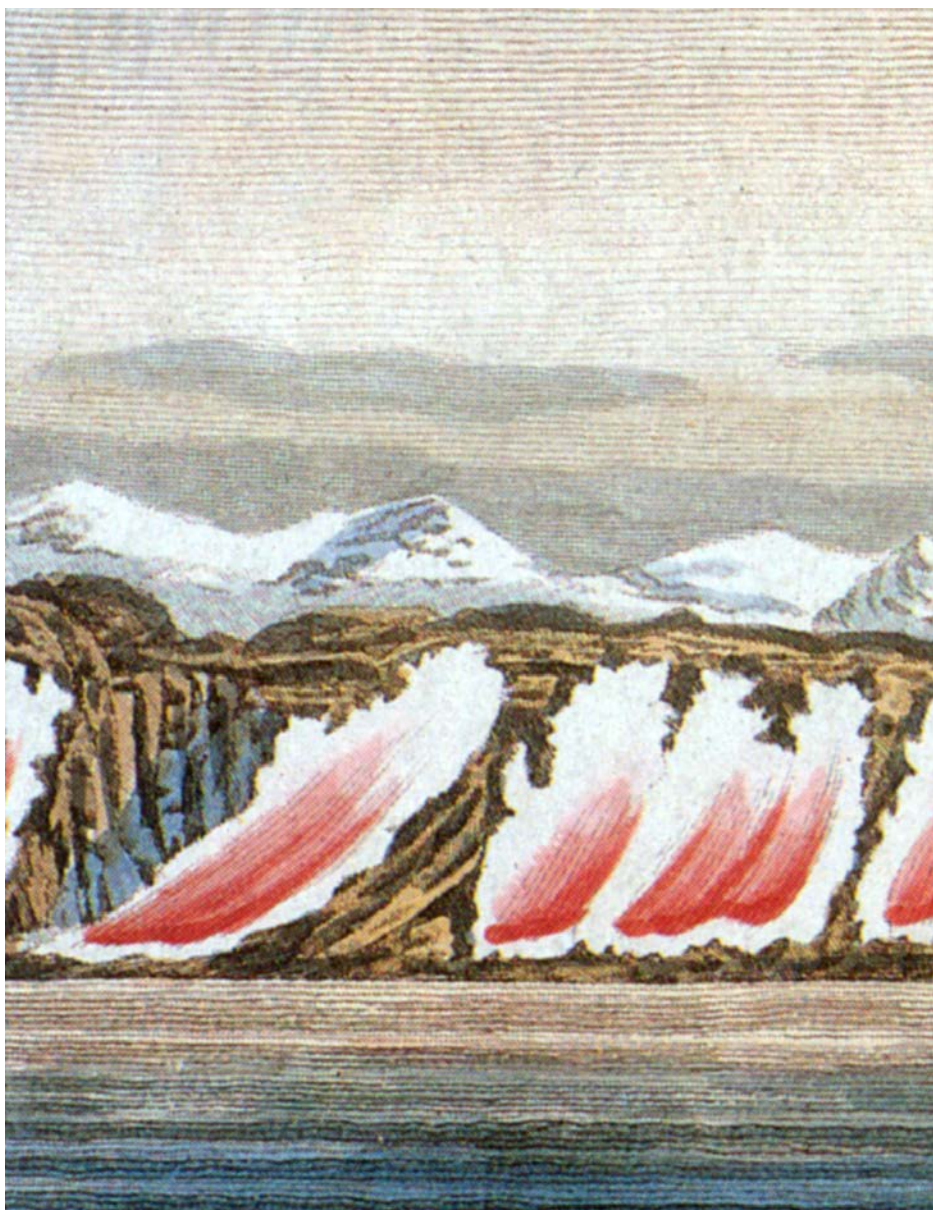
A. F. Chase et al., **The use of LiDAR in understanding the ancient Maya landscape**, *Advances in Archaeological Practice*, vol. 2(3), pp. 208-221, 2014.

Rouge...

Des champs de neige rouge dans
les montagnes, des averses pourpres,
des traces sanglantes de pas sur
un tapis neigeux immaculé...
Au ^{xix}^e siècle, les savants multipliaient
les hypothèses et les études
pour comprendre cet étrange
phénomène, élucidé il y a peu.

«**L**ycosthenes raconte, qu'en Saxe il pleut des poissons en grand nombre: et que du temps de Loys empereur, il pleut trois jours et trois nuits durant, du sang: et que l'an 989, il tomba vers la ville de Venise, neige rouge comme sang», relate Ambroise Paré en 1579 dans l'*Appendice au livre des monstres*. De la neige rouge comme du sang? Les preuves de ce phénomène singulier affluent de toutes parts. Parfois, une fine couche de neige blanche la recouvre et, lorsque le voyageur la foule, il laisse des traces sanglantes sur son passage. Ce phénomène effrayant accentue la crainte que provoquent les montagnes. Traverser un tel champ, est-ce une punition de Dieu? Est-on alors maudit par des esprits maléfiques ou des mauvais génies?

Durant plusieurs siècles, les voyageurs redoutent ainsi de rencontrer cette terrible neige rouge. De premières explications >



L'ESSENTIEL

> Dès le ^{xvi}^e siècle, divers récits témoignaient de neige rouge, mais les savants ne se sont penchés sur ce phénomène qu'au ^{xviii}^e siècle, quand le naturaliste d'Horace Bénédic de Saussure en a observé de vastes étendues dans les Alpes.

> Algues, pollen, champignons, animalcules, les savants ont

avancé diverses hypothèses, sans toutefois réussir à trancher.

> Il a fallu attendre le ^{xx}^e siècle pour se convaincre que la neige rouge était due à une algue, et les années 2000 pour s'apercevoir qu'une multitude d'espèces d'algues étaient en fait à l'œuvre.

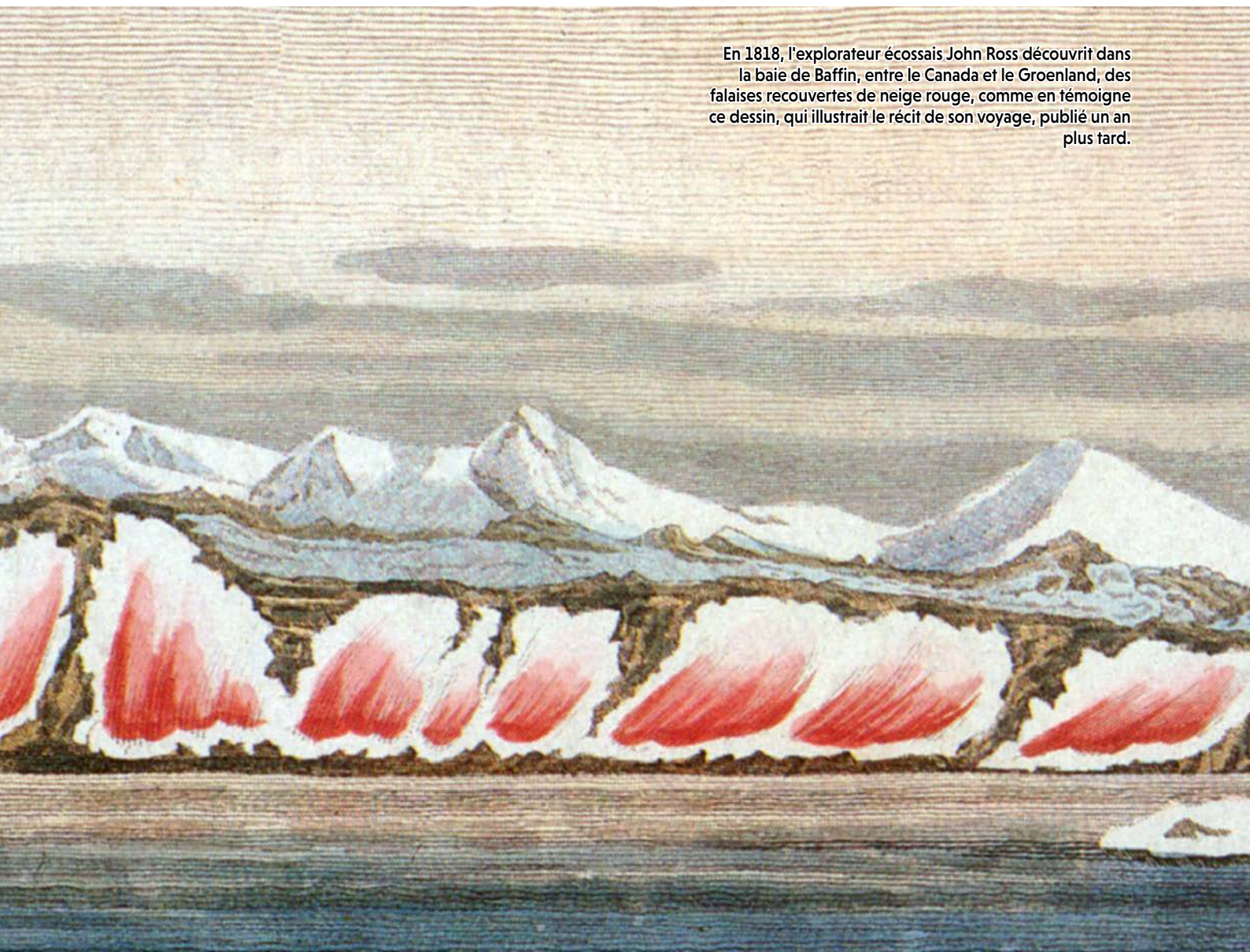
L'AUTRICE



FRÉDÉRIQUE RÉMY
directrice de recherche du CNRS
au Laboratoire d'études en géophysique
et océanographie spatiales,
à l'Observatoire Midi-Pyrénées, à Toulouse

comme neige

En 1818, l'explorateur écossais John Ross découvrit dans la baie de Baffin, entre le Canada et le Groenland, des falaises recouvertes de neige rouge, comme en témoigne ce dessin, qui illustre le récit de son voyage, publié un an plus tard.





> rassurantes sont proposées au milieu du XVIII^e siècle. Ce phénomène serait dû à la couleur de la terre ou de l'air local. « En Arménie, il tombe des neiges rouges qu'Eustazio attribue au vermillon qui se trouve dans ces contrées », affirme le chroniqueur de la *Gazette de France* en 1772. Il ajoute que parfois les marins qui croisent au large de cette région voient leurs voiles devenir rouges. Pour d'autres, cette couleur provient des exhalaisons. Mais personne n'a encore pris le temps d'examiner attentivement cette neige. Et quand les savants commencent à s'y intéresser, intrigués par deux observations du naturaliste suisse Horace Bénédicte de Saussure, à la fin du XVIII^e siècle, ils se heurtent à une énigme coriace, dont les dernières ombres ne se dissiperont... qu'au XXI^e siècle.

UN CHAMP DE NEIGE ROUGE

Horace Bénédicte de Saussure est le premier naturaliste à avoir compris l'importance, pour de nombreux domaines scientifiques, de l'étude des montagnes. C'est lors de son ascension du Brévent, dans les Alpes, en 1760, qu'il est confronté au phénomène pour la première fois : un immense champ de neige rouge s'étend devant lui. Il l'observe méticuleusement : le champ n'est pas compact, on ne voit pas de marques de vent, la neige rouge pénètre peu en profondeur. Elle semble plutôt suivre l'écoulement de l'eau de fonte. Pollen ? Algues ? Lichens ? Saussure, qui ne dispose pas de matériel pour étudier plus avant cette neige, ne peut trancher entre ses différentes hypothèses. Mais près de

Aujourd'hui encore, on rencontre des étendues de neige rouge aux pôles, comme ici en Antarctique, ou en altitude, à des périodes où la température extérieure devient supérieure à celle de fusion de la neige.



HORACE BÉNÉDICTE DE SAUSSURE

Ce naturaliste genevois passionné de montagne observa plusieurs champs de neige rouge dans les Alpes en 1760 et 1778.

vingt ans plus tard, alors qu'il traverse les Alpes, il aperçoit de nouveau un champ de neige rouge. Et cette fois, il est équipé ! En distillant cette neige au bain-marie, il remarque que sa couleur et son odeur sont inchangées. Il reste par ailleurs, au fond de la cornue, une matière huileuse qui ne se dessèche pas. Il récupère la « poudre » rouge et la passe au chalumeau : elle s'enflamme et laisse une odeur d'herbes brûlées. Pour lui, il s'agit donc probablement d'une poussière d'éta-mines, quoiqu'il ne connaisse pas de plantes rouges dans les Alpes. Cependant, il n'exclut pas que ce soit « une terre séparée de la neige même, et imprégnée de matières inflammables par une combinaison immédiate de la lumière, qui brille avec tant de vivacité dans l'air pur de ces hautes régions ». Il prélève quelques échantillons de cette neige rouge pour la rapporter à ses collègues, mais rien de concluant n'en sort.

Les croyances ancestrales n'en sont pas oubliées pour autant. Encore en 1810, la *Gazette de l'Empire* relate qu'il est tombé en Italie de la neige rouge pendant un orage. Attesté par un grand nombre de témoins, ce phénomène n'apporte-t-il pas la preuve de l'existence de « pluie d'un rouge de sang » dont parlent les Anciens dans leurs histoires ? De même, le 14 mai 1813, un certain Pourtatez observe un épais brouillard qui donne une teinte bleue à tous les objets lorsque de la neige rouge tombe sur les montagnes et effraie les habitants. Mais c'est une nouvelle expédition qui relance les recherches.

En 1818, une quarantaine d'années après le second voyage de Saussure dans les Alpes, le

lieutenant de vaisseau écossais John Ross explore l'Arctique lorsqu'il aperçoit sur la côte des coulées de neige rouge. Il envoie ses officiers en récolter des échantillons. À leur retour, ceux-ci racontent que des petites particules rouges sont visibles jusqu'à douze pieds de profondeur et donnent, en fondant, une eau semblable à du vin. Certains pensent que la coloration vient des excréments d'oiseaux qui mangent des chevrettes rouges, sortes de crevettes des eaux polaires. Ou du frai de ces chevrettes. Ross réfute, car les oiseaux mangeurs de la chevette rouge se rassemblent parfois par milliers sur la neige, or jamais il ne l'a vue ainsi. Pour lui, la coloration vient toutefois du monde animal.

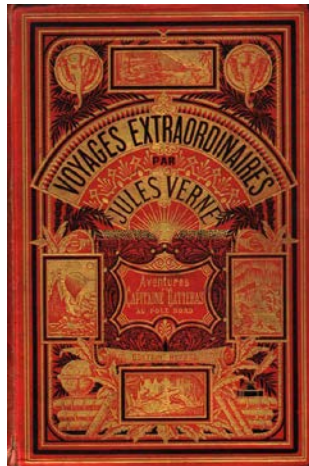
Les échantillons qu'il prélève font le tour de l'Europe et sont passés au crible. La coloration vient de petits globules rouges, d'enveloppe transparente et remplis de matière rouge et huileuse. Jusqu'à huit globules se trouvent à l'intérieur de l'enveloppe, les plus petits étant blancs. Par distillation, une odeur fétide se dégage. Certains pensent donc à des œufs. Mais des œufs de tailles différentes, ça n'existe pas, rétorquent les détracteurs de l'hypothèse. Ces globules chauffés au rouge se consomment très vite et donnent de la cendre grise, ce qui exclut une origine animale, aucun animal connu n'ayant ces caractéristiques. Le botaniste suisse Augustin Pyrame de Candolle examine toutes les possibilités : animalcules (terme utilisé à l'époque pour désigner des animaux microscopiques) ? Champignons ? Algues ? Il penche pour ces dernières. Des biologistes les nomment alors *Protococcus nivalis*.

ANIMALCULE, ALGUE OU CHAMPIGNON ?

Mais le botaniste et peintre Franz Bauer remarque, lui, que si les petits globules deviennent rouges lorsqu'ils sont secoués, ils restent blancs en culture. En revanche, conservés dans l'eau, ils végètent et deviennent verts. Et s'il les fait sécher, ils tournent gris. Il les écrase ensuite dans sa main et les morceaux prennent la couleur d'un rouge vermillon. Enfin, quand il dépose les globules sur la neige, ils virent au rouge et se multiplient... Pour lui, il s'agit d'un champignon, l'*Uredo nivalis* ou « rouille des neiges ». Les chimistes s'en mêlent alors. Entre autres, le Napolitain Luigi Sementini examine cette neige de près. Elle lui semble onctueuse au toucher. Il remarque qu'elle brunit avec la chaleur avant de rougir. Une multitude de petites paillettes brillantes sont visibles sous l'effet de la chaleur. Il analyse les globules et y trouve de la silice, de l'alumine, de la chaux, du chrome, du fer et de l'acide carbonique... Il élimine l'hypothèse du champignon et de l'œuf et penche, lui aussi, pour une algue.

En ce début du XIX^e siècle, cependant, bien que l'hypothèse des algues semble s'imposer,

Deux longs tentacules en mouvement apparaissent lorsque l'organisme se déplace



SOUS LA PLUME DE JULES VERNE

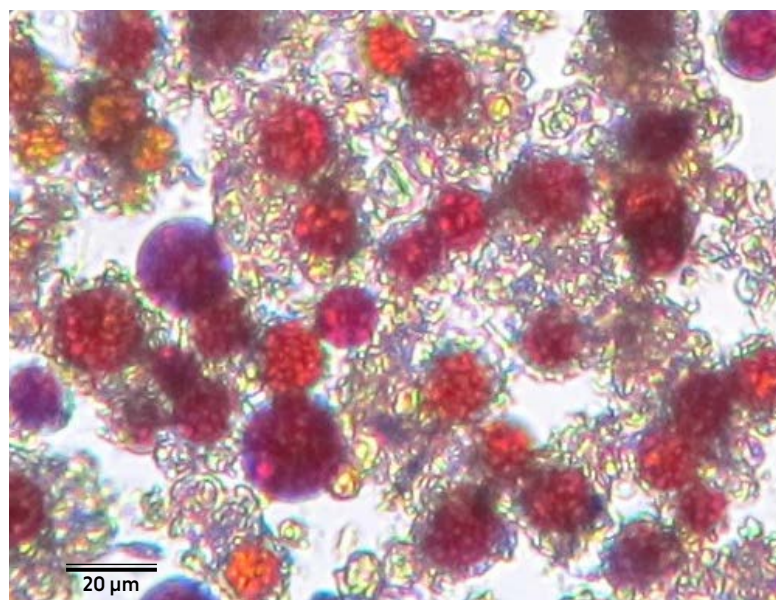
La neige rouge n'échappe pas aux écrivains de l'époque qui cherchent des phénomènes curieux à vulgariser, dont Jules Verne. Les compères du Capitaine Hatteras aperçoivent un jour un long « rideau cramoi » un peu terrifiant... Mais le docteur Clawbonny les rassure : « Cette couleur provient de la présence de corpuscules organiques. Longtemps les chimistes se sont demandés si ces corpuscules étaient de nature animale ou végétale mais ils reconnurent qu'ils appartenaient à la famille des champignons du genre *Uredo*. »

tout le monde n'est pas convaincu. En 1828, le chanoine suisse Jean-François-Benoît Lamon propose que la coloration vienne d'infusoires, des animalcules vivant dans les liquides. Cette hypothèse tient un temps la vedette et a la préférence des vulgarisateurs, dont Louis Figuier. Une nouvelle observation semble d'ailleurs la conforter. Au fil de plusieurs expéditions sur des glaciers alpins à la fin des années 1830, le naturaliste et médecin suisse Carl Vogt a en effet longtemps examiné cette drôle de neige au microscope, instrument dont la précision s'est considérablement améliorée depuis les premières observations d'animalcules, au XVII^e siècle, par le Néerlandais Antoni Van Leeuwenhoek. Pour Vogt, sa couleur provient bien d'un animal, ovale et entouré d'une carapace à l'état adulte. Avec un fort grossissement, il distingue deux tentacules très longs et continuellement en mouvement lorsque l'animal se déplace. Dès qu'il s'arrête, les tentacules se rétractent et deviennent invisibles. L'animal se propage par division : deux, quatre ou six petits animalcules s'agitent dans la carapace jusqu'à ce qu'elle cède et libère les animaux.

La couleur pose aussi problème. Le botaniste français Charles Martins, de voyage au Spitzberg en 1838, observe en effet... de la neige verte. Mais en l'examinant de près, il se rend compte que certains globules, plus petits, tirent sur le rouge. Il en conclut que les jeunes globules sont rouges et verdissent avec le temps. Pour d'autres, au contraire, ce qui cause cette coloration semble être vert au début et rougir avec le temps. En revanche, on s'accorde à penser qu'elle se développe juste à la température de fusion de la neige, ce qui paraît très curieux. D'ailleurs, Charles Darwin, dans son *Voyage d'un naturaliste autour du monde* (1839), témoigne que les empreintes de pas de ses mules dans la neige deviennent rouges. Il confirme aussi que la neige rougit là où sa température s'approche du point de fusion. Cette faculté de l'animal à exister et se multiplier au-dessous du point de

NEIGE ROUGE ET ALBÉDO

Un paramètre clé du recul des glaces et des neiges est la baisse de leur albédo – la capacité à renvoyer l'énergie reçue du soleil : initialement élevé, l'albédo diminue à cause du dépôt de poussières atmosphériques, dû par exemple aux feux de forêts ou au sable jaune du Sahara. Mais en 2016, Stefanie Lutz, de l'université de Leeds, au Royaume-Uni, et ses collègues ont montré qu'un autre facteur contribue de façon considérable à la baisse d'albédo : les algues responsables de la neige rouge. Les chercheurs ont choisi 40 sites répartis dans l'Arctique, au Groenland, en Islande, au Svalbard et en Suède en échantillonnant altitude, latitude et régime (maritime ou continental) de chacun. Ils ont mesuré la température, la conductivité thermique, le rayonnement ultraviolet et l'albédo de ces sites ainsi que les caractéristiques des algues. La composition variait peu d'un lieu à l'autre, malgré des conditions géochimiques et minéralogiques variées : une espèce d'algue majoritaire, de la famille des *Chlamydomonadaceae*, et cinq autres en proportions variées. L'équipe a évalué qu'en proliférant ces algues diminuent l'albédo de la neige de 13 % durant la saison des fontes, augmentant l'absorption de l'énergie solaire de plus de 10 %.



- > congélation fascine les savants, sans qu'ils parviennent à l'expliquer.

En 1858, dans *La Clef de la science*, le révérend anglais Ebenezer Cobham Brewer récapitule les connaissances sur les causes de la neige rouge : cela peut être une maladie cryptomatique, sorte de pourriture grise causée par l'*Uredo nivalis*, mais parfois cette teinte est due à la présence de petits œufs d'infusoires nommés *Philodina roseola* ou à de petites algues, *Hematococcus nivalis*. Aucune hypothèse n'est encore éliminée, car des indices contradictoires s'accumulent : d'après l'écrivain botaniste Samuel Berthoud, dans ses *Petites Chroniques pour la science*, parues en 1862, cette matière n'est ni purement végétale ni purement animale, elle tient des deux règnes : ses petits globules sphériques, de couleur rouge, qui renferment eux-mêmes d'autres granules, semblent relever du règne végétal, mais l'odeur fétide qui s'en dégage après distillation suggère une appartenance au règne animal...

De fait, le vivant est alors réparti en deux règnes, animal et végétal, et les naturalistes

éprouvent un certain embarras pour classer l'énigmatique organisme parmi les plantes ou les animaux. Mais en 1866, cette classification binaire du vivant ne suffit plus. L'Allemand darwiniste Ernst Haeckel forge alors le mot «protiste» pour désigner un troisième règne rassemblant organismes unicellulaires et pluricellulaires sans tissus différenciés – algues, champignons unicellulaires, protozoaires et bactéries – et qui serait arrivé en premier sur Terre. Tout le monde s'accorde pour classer les globules dans ce nouveau règne (aujourd'hui obsolète), mais la question de sa nature reste entière jusqu'au début du xx^e siècle.

Avec les progrès des connaissances, il devient alors clair que la coloration rouge vient d'une algue. Des chercheurs se convainquent qu'elle est du genre *Chlamydomonas*. Elle s'entoure d'une membrane gélifiée pendant sa période de repos en hiver, ce qui lui donne l'aspect d'une autre algue, *Protococcus*. En fait, depuis les années 2000, on sait que plusieurs genres d'algues sont responsables de la neige rouge. On recense même plusieurs centaines de familles d'algues vivant dans la neige. On sait aussi qu'elles sont munies de flagelles leur permettant de se déplacer dans l'eau : Carl Vogt avait vu juste. En revanche, leur vitesse dans la neige est extrêmement faible. Le mystère des pas sur la neige blanche se muant en traces sanglantes est aussi résolu : les algues se reproduisent dans la neige, à quelques centimètres de profondeur, ce qui les protège du rayonnement ultraviolet tout en leur fournissant assez de lumière visible pour la photosynthèse. Lorsque l'on marche sur la neige, on écrase la fine couche blanche et le rouge apparaît. Quant aux chutes de neige rouge attestées par le passé, elles n'ont aucun rapport avec ces algues : elles correspondent à la présence de masses d'air d'origine saharienne...

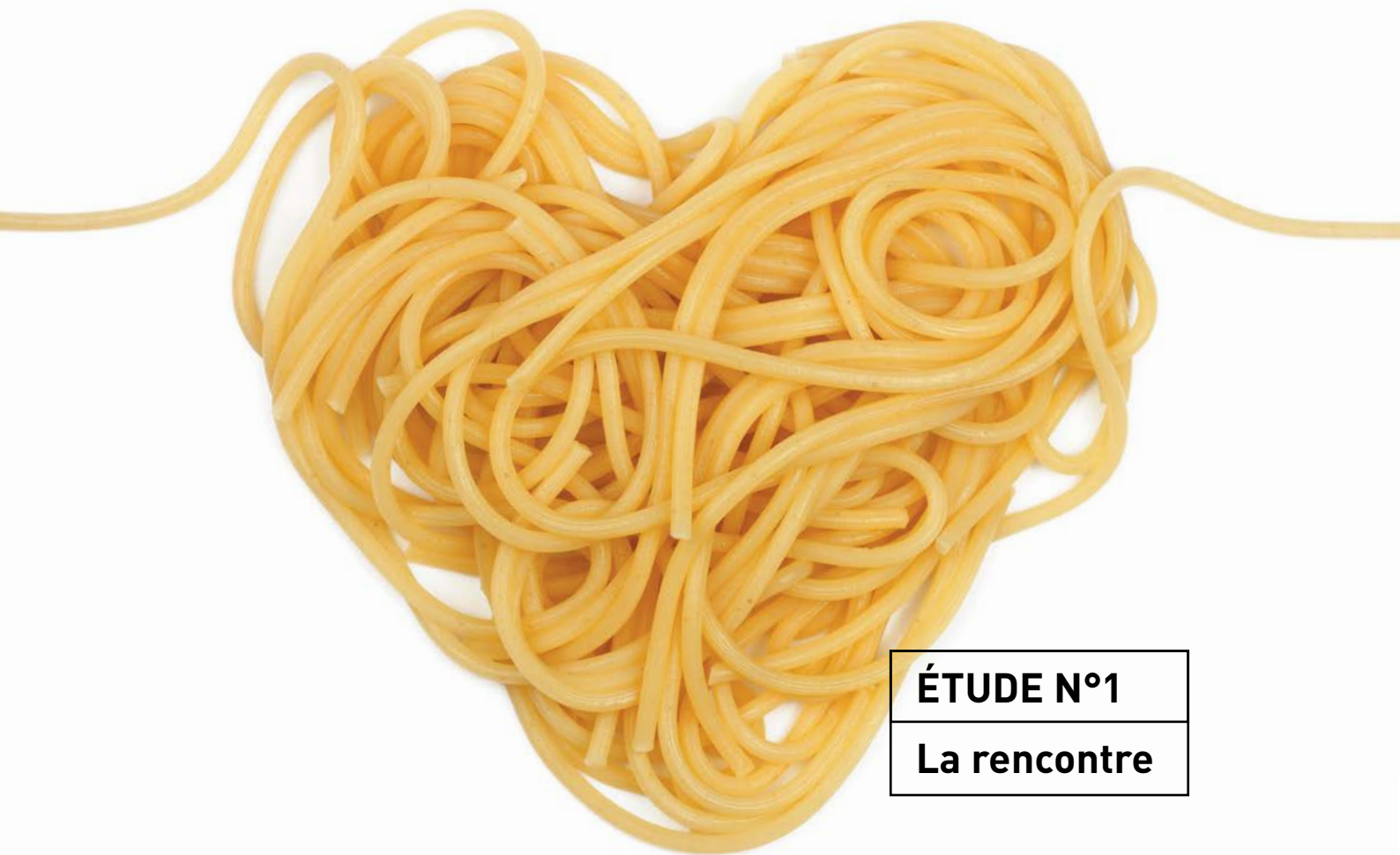
LE RETOUR DE LA NEIGE ROUGE

Mais l'histoire de la neige rouge n'est pas terminée pour autant. Vertes au printemps, les algues qui la produisent deviennent orange au cours de l'été et rougissent fortement l'hiver. Ce faisant, elles emmagasinent de la chaleur qui les aide à résister au froid. Elles ont tendance alors à diminuer l'albédo de la neige, donc sa capacité à résister à la chaleur du soleil. Elles se développent par ailleurs juste quand la température dépasse le point de fusion de la neige. Or, de nos jours, la température des glaciers et des glaces de mer augmente, s'approchant souvent du point de fusion. Les algues se propagent alors et diminuent l'albédo de la neige, laquelle absorbe davantage la chaleur du soleil, ce qui augmente sa fusion et donc la propagation des algues. C'est ainsi que les algues qui terrifiaient nos ancêtres pourraient devenir un nouveau cauchemar. D'ailleurs, elles ont comme surnom «le sang des glaciers». ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Lutz et al., **The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers**, *Nature Communications*, vol. 7, article 11968, 2016.

H.-B. de Saussure, **Voyages dans les Alpes, précédés d'un Essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève**, Barde et Manget, 1786.



ÉTUDE N°1

La rencontre

de l'amour

EXPOSITION, À PARTIR DU 08.10.2019



#DelAmour
© Franklin Roosevelt
Champs-Élysées Clemenceau
palais-decouverte.fr

EN PARTENARIAT AVEC
 UNIVERSITÉ
DE GENÈVE
CENTRE INTERFACULTAIRE
EN SCIENCES AFFECTIVES

EN COLLABORATION AVEC
 ined (@)
INSTITUT NATIONAL
D'ÉTUDES GÉOGRAPHIQUES

france+tv

Le Monde



marie claire

Cerveau & Psycho

Slate.fr

SCIENCE

NEON

philosophie



R

ENDEZ-VOUS

P.86 Idées de physique
P.90 Art & science
P.92 Chroniques de l'évolution
P.96 Science & gastronomie
P.98 À picorer

LA CLÉ DES CHAMPS FORTS

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

Il est difficile de créer des champs magnétiques à la fois permanents et très intenses. Les records actuels ne dépassent pas 50 teslas.

Produire des champs magnétiques très intenses est un enjeu de taille, tant en recherche fondamentale, pour sonder les propriétés de la matière, que du côté de la santé, pour augmenter la résolution de l'IRM (imagerie par résonance magnétique). Mais le champ à la surface des meilleurs aimants permanents n'atteint que quelques teslas, environ 30 000 fois le champ magnétique terrestre. Une valeur modeste et, de plus, limitée à de petits volumes.

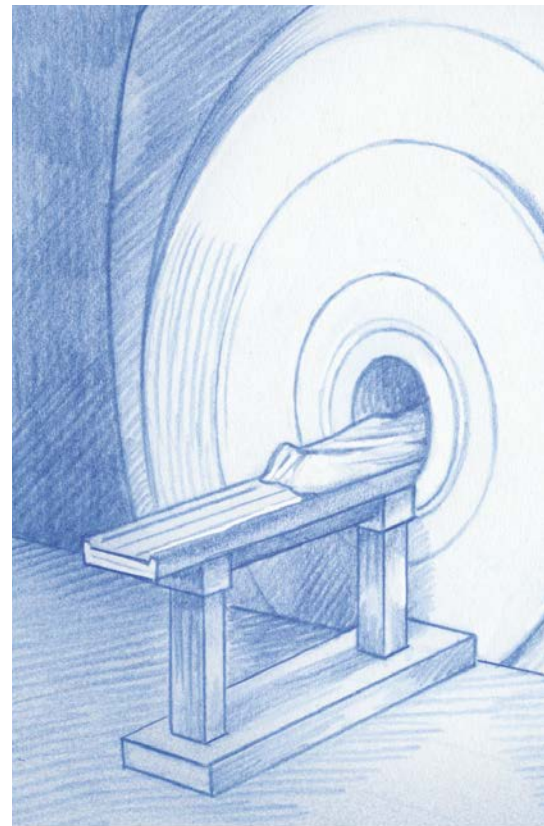
Pour des champs plus intenses et plus étendus, il y a les électroaimants, présents dans de nombreuses applications du quotidien, par exemple les moteurs électriques ou les verrouillages de porte. Mais des obstacles apparaissent dès que l'on souhaite des champs de plusieurs dizaines de teslas. Lesquelles, et comment les surmonter ?

Voyons d'abord le principe d'un électroaimant. Tout courant électrique

crée un champ magnétique dans son voisinage. Celui-ci est toutefois très faible, même pour des courants intenses : pour atteindre 1 millième de tesla, il faut se placer à 2 centimètres d'un conducteur où circulent 100 ampères !

DU COURANT ÉLECTRIQUE AU CHAMP MAGNÉTIQUE

Afin d'obtenir un champ plus intense, on enroule le fil conducteur autour d'un cylindre. Le champ magnétique d'un tel solénoïde est non seulement plus intense que pour un fil droit, il est aussi quasiment uniforme à l'intérieur de cette bobine (voir l'encadré page ci-contre). Le champ central est proportionnel au courant et au nombre de tours de fil par unité de longueur de la bobine. Avec un courant de 10 ampères et 20 000 tours de fil par mètre, on atteint déjà 0,25 tesla. Ne suffit-il donc pas d'augmenter l'intensité et le nombre de tours par unité de longueur, bref de faire des



bobines géantes, pour obtenir des champs aussi forts que souhaité ?

On est vite confronté à deux problèmes. Le premier est l'effet Joule, c'est-à-dire la chaleur dégagée à cause de la résistance électrique du conducteur. Si notre bobine faisait 10 centimètres de long et de diamètre, avec du fil de cuivre de 1 millimètre carré de section, il faudrait un courant de 40 ampères pour obtenir 1 tesla, mais la puissance dissipée serait d'environ 16 kilowatts, de quoi faire fondre rapidement le dispositif. Et inutile de chercher à réduire cette valeur en augmentant le diamètre du fil comme on le fait pour les rallonges électriques des appareils électroménagers : pour garder un même encombrement, il faudrait réduire le nombre de tours, donc