



l'environnement. Cependant, le 29 avril 2020, Espérance, le projet de grande envergure d'extraction aurifère dans la commune d'Apatou, sur les rives du Maroni, a reçu un avis favorable de la commission des mines de Guyane et menace les populations et les écosystèmes. Sans compter l'orpaillage clandestin qui, en forte recrudescence depuis quelques décennies, contribue grandement à la déforestation et à la pollution des cours d'eau.

Dans son œuvre, Ti'iwan Couchili dénonce les ravages de cet extractivisme à l'œuvre depuis plus de 160 ans en associant à différents types d'animaux emblématiques de l'Amazonie une concentration en mercure (fictive, mais réaliste) dans leurs chairs, de la même façon que le méthylmercure est mesuré dans les cheveux des Amérindiens. De part et d'autre d'une forêt détruite par le défrichage (à

droite sur le détail ici représenté), on distingue par exemple des classiques du bestiaire des *maluwana*, comme *ëlukë*, la chenille urticante (voyez les poils dressés) à deux têtes, et *walisimë*, le tamanoir.

Le MEG expose également des peintures aborigènes d'Australie, qui dans les tribunaux, font office de preuve cadastrale. Comment? Pour ces peuples, tous les éléments du paysage (rochers, plans d'eau...) portent la trace d'êtres ancestraux. Ainsi, en prenant comme sujets des récits mythiques, des œuvres témoignent d'une occupation ancienne de certaines terres, qui peuvent alors être revendiquées.

Le musée accorde aussi une grande place à Måret Anne Sara, une Sami de Norvège dont la famille a dû quitter ses terres traditionnelles, où elle élevait des rennes. Ses œuvres retracent la lutte devant les tribunaux pour dénoncer la

surexploitation par le gouvernement des ressources des territoires autochtones.

Qu'ils soient d'Alaska, des îles Marshall, du Canada, du Kenya ou d'ailleurs, les peuples autochtones se feront d'autant mieux entendre qu'ils parleront ensemble. C'est ce qu'ils font aux Nations unies, et un fort écho résonne sur les rives du lac Léman. ■

« Injustice environnementale – Alternatives autochtones », musée ethnographique de Genève, en Suisse, jusqu'au 21 août 2022. www.ville-ge.ch/meg/



L'auteur a publié : **Pollock, Turner, Van Gogh, Vermeer et la science...** (Belin, 2018)

LES AUTEURS



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

CONGELER À VOLUME CONSTANT, C'EST MIEUX

Conserver des aliments en préservant toutes leurs qualités: un nouveau procédé, la congélation isochore, s'approche de cet objectif.



Maintenir les aliments à -18°C dans une chambre froide ou un congélateur domestique permet de les conserver plusieurs mois sans qu'ils ne se dénaturent. Cette méthode éprouvée n'est toutefois pas exempte de défauts: dénaturation partielle de certains aliments et forte consommation d'énergie, pour ne citer que deux des plus importants. Afin d'y remédier, Boris Rubinsky et ses collègues, de l'université de Californie à Berkeley, étudient depuis plusieurs années une approche originale, la congélation isochore, c'est-à-dire à volume constant. Le refroidissement des aliments, immergés dans une solution adaptée, s'accompagne alors d'une augmentation de pression d'un facteur mille et prévient un gel complet. Nous allons voir pourquoi.

Les réactions chimiques sont d'autant plus lentes que la température est basse. Tous les processus du vivant ralentissent ainsi de l'ordre d'un facteur 2 à chaque fois que l'on diminue la température de 10°C . En outre, le gel de l'eau réduit considérablement la diffusion des molécules. On a donc tout intérêt à choisir la température la plus basse possible pour faciliter la conservation de tissus biologiques.

LA CONGÉLATION ISOBARE, DESTRUCTRICE ET ÉNERGIVORE

Hélas, les cellules baignent dans du liquide physiologique, c'est-à-dire de l'eau légèrement salée, à 9 grammes par litre. À pression atmosphérique, cette solution gèle à une température

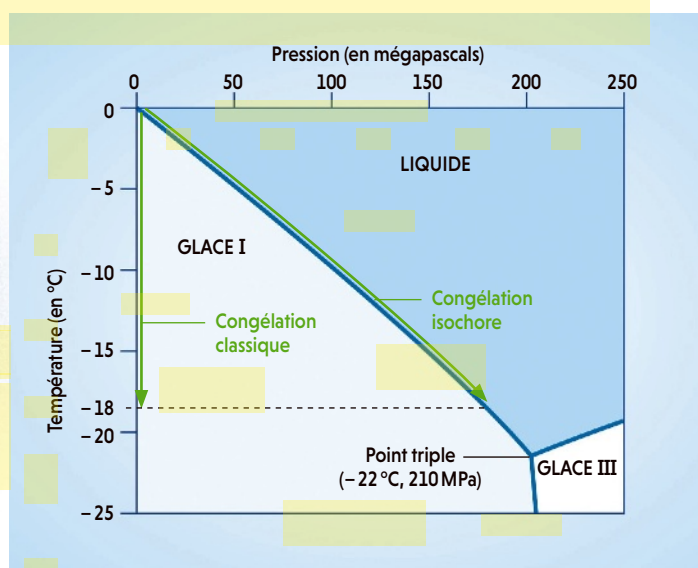
légèrement négative ($-0,57^{\circ}\text{C}$). Lorsque l'on congèle des aliments chez soi, la lenteur du processus (de l'ordre de 24 heures) conduit à la formation de gros cristaux de glace et au transfert d'eau de l'intérieur des cellules vers l'extérieur. Cette congélation isobare (à pression constante) endommage les tissus, parfois de façon irréversible: à la décongélation, on obtient des produits dénaturés, dont la couleur ou la consistance, par exemple, ont changé. Qui ne s'est pas désolé devant des framboises réduites en bouillie?

La surgélation, une congélation très rapide, réduit considérablement ces effets, notamment parce que les cristaux de glace formés sont très petits. En adaptant ce processus au cas par cas, il est même possible de conserver vivantes des cellules.



SUIVRE L'ÉQUILIBRE LIQUIDE-SOLIDE

Le diagramme de phase d'un corps indique l'état physique de ce corps en fonction de la température et de la pression. Celui de l'eau, montré ici partiellement, indique que la température du point de congélation diminue lorsque la pression augmente. La congélation classique, à la pression atmosphérique, implique à 0 °C le passage intégral de l'eau de son état liquide à un état solide (glace de type I). La congélation isochore, à volume constant (donc à pression croissante quand la température diminue), correspond à une diminution de la température jusqu'à -18 °C en suivant la ligne de coexistence liquide-solide : une partie de l'eau reste liquide, à l'équilibre avec la glace.



Placés dans un congélateur classique (à gauche), certains aliments tels que tomates ou feuilles d'épinard se dégradent, surtout durant la décongélation. En empêchant le gel de toute l'eau dans laquelle on immerge les aliments, la congélation à volume constant (à droite) assure une bien meilleure préservation.

Cependant, tout cela a un coût énergétique non négligeable. Pour fixer les idées, prenons un simple litre d'eau que nous voulons refroidir à -18 °C à partir de la température ambiante (20 °C). On peut distinguer trois étapes dans le processus : refroidissement de l'eau liquide de 20 °C à 0 °C (84 kilojoules, kJ), transformation de l'eau en glace à 0 °C (334 kJ) et refroidissement de la glace de 0 °C à -18 °C (38 kJ). Au total, cela fait 456 kJ, soit environ 0,13 kilowattheure. Cette énergie à prélever semble modeste, mais, compte tenu de l'importance de la chaîne du froid à l'échelle mondiale, elle requiert 4% de la consommation globale d'électricité. Et l'on remarque aussi que 73% du coût énergétique provient de l'étape du gel.

Ne pourrait-on pas alors éviter l'apparition de la glace, à la fois responsable de la dénaturation du matériel biologique et du coût énergétique ?

ABAISSE LA TEMPÉRATURE DE SOLIDIFICATION

Il y a deux pistes. La première est l'utilisation d'un « antigel » ou, comme disent les biologistes, d'un « cryoprotecteur » : un composé qui non seulement abaisse le point de congélation de la solution, mais peut aussi pénétrer dans les cellules pour les protéger du gel sans être trop nocif. Ce procédé est courant dans les laboratoires de biologie où l'on utilise du glycérol, de l'éthylène glycol, etc., mais uniquement pour des échantillons en faible quantité ou très fins (sperme, sang, coupes

histologiques...), qu'il faut ensuite, après décongélation, « rincer » afin d'éliminer le cryoprotecteur. On ne voit pas comment faire de même en cuisine !

La seconde piste consiste à profiter d'une propriété remarquable de l'eau (voir l'encadré ci-dessus) : la température de son point de congélation diminue lorsque la pression augmente. Cela provient du fait qu'en se transformant en glace, l'eau prend du volume, contrairement à la plupart des autres matériaux ; elle enfle d'environ 10% à pression atmosphérique.

Les auteurs ont notamment publié : **En avant la physique !**, une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).

