



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).



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.

