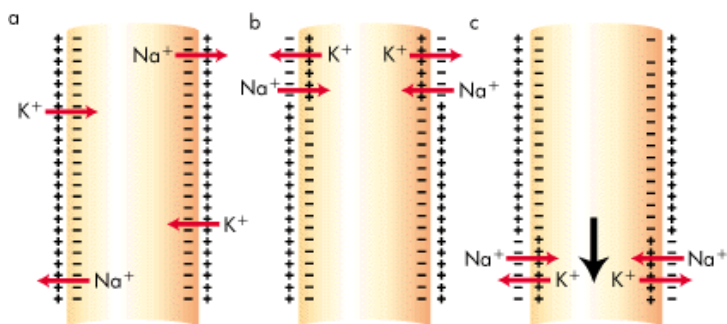


Le sel de cuisine

« Le sel est un aliment qui agrmente les autres aliments, de la nourriture nécessaire, il fait une nourriture agréable. » Plutarque

Chimiquement parlant, le sel à l'état pur est un composé ; c'est du chlorure de sodium de formule chimique NaCl. Commercialisé, il peut contenir d'autres composants (argiles, sables, marnes, sulfate de calcium ou de magnésium, iodure de potassium\*) en quantités variables. La saveur détectée par les récepteurs du goût, situés à l'intérieur des papilles gustatives au bout de la langue, est celle des cations sodium Na<sup>+</sup>. Ceux-ci se fixent sur des protéines réceptrices ; il en résulte après diverses étapes un signal vers le cerveau.

Si nous sommes si sensibles au goût du sel c'est sans doute à cause de la très petite taille de l'ion Na<sup>+</sup> : dissous même en quantité faible, celui-ci atteint facilement les récepteurs du goût. Le bicarbonate de sodium, et d'autres sels sodiques ont aussi une saveur salée.



On le croit blanc, mais lorsqu'il est très pur et parfaitement cristallisé le monocrystal de sel est transparent. Les impuretés emprisonnées dans les cristaux de sel, à commencer par l'eau, sont responsables de la coloration blanche, par diffusion, réfraction et réflexions multiples de la lumière à l'intérieur des cristaux. Certaines formes de sel ont d'autres couleurs, provenant d'autres impuretés que l'eau. Par exemple, le sel gris de Guérande, qu'affectionnent les gourmets, est de teinte grisâtre, car en cristallisant en colonnes verticales à partir du fond du marais salant, il s'est contaminé en particules de divers minéraux (argiles...). Avec une concentration moyenne en NaCl voisine de 30 grammes par litre, les mers et les océans qui couvrent, rappelons-le, 70 % de la surface du Globe constituent une réserve de sel considérable. Le sel qui se trouve sur votre table peut avoir diverses provenances. Il a pu s'obtenir par évaporation à l'air libre de l'eau de mer dans des marais salants, lorsque le climat le permet, c'est-à-dire lorsque la belle saison ensoleillée n'est pas entrecoupée de pluies détruisant la récolte. L'emploi

ici du terme récolte n'est pas gratuite : il s'agit bel et bien d'une activité agricole saisonnière. C'est probablement l'une des plus belles utilisations des énergies solaire et éolienne. Certaines mers (Caspienne, mer Morte, Grand Lac salé, lac Asal...) ont de fortes salinités, car l'évaporation l'emporte sur l'apport de sels minéraux par les rivières et fleuves après lessivage des sols par les pluies. A l'extrême, lorsqu'une mer s'est totalement retirée, il ne reste plus à sa place qu'une évaporite de sel. Au cours des temps géologiques, ces couches d'évaporites marines ont été recouvertes par des sédiments plus denses. Des galeries ou des puits permettent aujourd'hui d'accéder à ces réserves\* de sel fossile (sel gemme).

Une forme particulière de réserve est le diapir\* : les évaporites marines plus légères que les roches encaissantes ont migré vers la surface, formant des sortes de champignons géants. A l'échelle microscopique, ce mouvement très lent s'effectue par glissement des plans contenant les atomes, le long des lignes de dislocation\* du cristal. Les diapirs se coiffent, près de la surface, de chapiteaux (le terme anglais *cap-rock* est souvent utilisé par les géologues), roches formées de résidus de dissolution du sel par les eaux d'infiltration. Ce sont ces « chapeaux de champignons » de sel qu'on exploite (schéma).

Le sel peut aussi provenir de sources salées ou bien de saumures que l'on a fait s'évaporer par une technique artificielle (fabrication du sel dans les salines). Les saumures sont en général formées par l'injection d'eau bouillante dans les gisements de sel gemme. Saupoudrez de sel une limace et bientôt vous la retrouvez morte, dans une petite flaque d'eau salée. Les cellules de l'animal sont des sortes de sacs microscopiques renfermant une solution aqueuse. Les parois de ces cellules, ou membranes, sont perméables. Lorsqu'une membrane cellulaire sépare deux compartiments aux teneurs en sel différentes, sa perméabilité les fait communiquer : de l'eau migre de la solution la moins salée vers la solution la plus salée. C'est le phénomène d'osmose. La limace perd tant d'eau, lorsque ses cellules l'expulsent pour s'efforcer de diluer le sel environnant, qu'elle en meurt. C'est le même processus qui fait dégorger les concombres : si le milieu environnant devient très salé, le concombre expulsera son eau. Ce dégorgement est accéléré au soleil et à la chaleur. L'être humain n'est pas à l'abri d'un tel phénomène. Pour fixer les idées, le sérum sanguin contient en moyenne 8 grammes de sel par litre et la concentration en sel de nos cellules atteint 3 grammes par litre. L'ingestion d'eau de mer beaucoup plus salée (30 grammes par litre) peut donc être toxique : elle cause, paradoxalement, une forte déshydratation ! C'est l'un des dangers qui guettent les rescapés d'un naufrage ;

Alain Bombard - « naufragé volontaire » - prouva néanmoins qu'on pouvait survivre, en ne buvant que de menues quantités d'eau de mer.

Certains organismes sont adaptés aux variations brutales de salinité. C'est le cas notamment des poissons migrateurs (saumons, anguilles, certains crabes, etc.) qui passent régulièrement des océans (eaux salées) aux rivières (eaux douces). Dans l'eau de mer, ces poissons sont tous hypoosmotiques : leur concentration interne en sel n'est que le tiers de la concentration de l'eau de mer. L'excès de sel absorbé par l'animal est éliminé par une urine peu abondante mais très concentrée ou par les branchies. Lorsqu'il se trouve en eau douce, le phénomène de transport d'ions s'inverse : les branchies absorbent du sel, le rein excrète une urine abondante et très diluée. Le sel a un rôle désinfectant : il ne tue pas que les limaces !

S'il est prodigué en abondance, le sel tue la plupart des bactéries. L'humanité en a tiré parti, depuis les temps préhistoriques, pour protéger de la corruption la viande excédentaire qu'elle souhaite conserver. Le sel permet ainsi, en complément - ou à la place - de la réfrigération (elle aussi très ancienne), la conservation de nombreux aliments. Cette protection contre la prolifération bactérienne est encore très utilisée de nos jours : citons, entre autres, le salage du jambon, de la morue, du saucisson (l'étymologie du mot reflète d'ailleurs sa préparation). Le caquage, c'est-à-dire la salaison du hareng, inventé aux Pays-Bas vers le XVI<sup>e</sup> siècle, aida l'expansion du commerce maritime néerlandais et permit les grands voyages de découverte des XVI<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles. L'eau salée a non seulement une température d'ébullition plus élevée que l'eau pure, mais aussi une température de fusion du solide (glace) plus basse.

Ainsi, certains mélanges réfrigérants (eau + sel + glace) ont des températures de fusion comprises entre 15 et 20 °C, alors que le mélange eau + glace est thermostaté à 0 °C.

Si vous souhaitez rafraîchir plus rapidement votre champagne, il faudra donc saler le contenu de votre seau à glace. C'est la même raison qui fait épandre du sel sur les routes enneigées. Le mélange (glace + sel) reste liquide bien en dessous de 0 °C : le salage protège les routes du verglas, diminuant par là les risques d'accidents... mais il menace dans le même temps les arbres qui se trouveraient sur son passage. Les ions chlore et sodium pénétrant dans l'arbre par les racines vont lentement mais sûrement atteindre ses organes vitaux.

Le phénomène d'osmose aboutit à une déshydratation chronique et lente de l'arbre. Notre système nerveux est très sensible aux déficiences en ions sodium et

chlore. Outil de transmission et d'intégration des messages nerveux, le neurone, comme toutes les cellules de l'organisme, maintient *via* sa membrane perméable un équilibre ionique entre les liquides extra- et intracellulaires. L'équilibre est assuré en permanence par les ions sodium, chlore et potassium qui peuvent migrer à travers la membrane de façon passive (diffusion le long des gradients de concentration) ou de façon active\* (transport d'ions dans le sens inverse de la diffusion).

La membrane des neurones est sélective : au repos, elle ne permet pas à la cellule de faire pénétrer autant d'ions K<sup>+</sup> qu'elle éjecte d'ions Na<sup>+</sup>. Ce phénomène génère une différence de potentiel électrique négative entre ses bords externes (chargés positivement) et ses bords internes (chargés négativement). Mais, sous l'effet d'une stimulation, la membrane laisse passer plus d'ions sodium, ce qui entraîne une réduction de la différence de potentiel de part et d'autre. Cette « dépolarisation » génère un signal électrique qui se propage de proche en proche le long du neurone : c'est ainsi que se transmettent les messages nerveux. Le fonctionnement de notre système nerveux exige donc le maintien d'une quantité suffisante de sel dans le milieu aqueux qui baigne les cellules. C'est la raison pour laquelle nous ingérons 1 à 2 grammes de sel par jour. Une déficience en sel, provenant en général d'une trop grande excrétion (nous excrétons 90-95 % du sel ingéré, sous forme d'urine et de sueur), perturbe le mécanisme de polarisation-dépolarisation des neurones en contact avec les cellules musculaires. La carence en sel peut entraîner des crampes musculaires nocturnes, des mollets entre autres. C'est un signal d'alarme. Lorsqu'on fait s'évaporer de l'eau de mer, on assiste d'abord au départ de la composante la plus volatile. En l'occurrence l'eau. Vous pouvez vous en convaincre facilement en goûtant un peu de givre formé sur les parois internes de votre réfrigérateur: il n'a aucun goût salé. Il est fait d'une eau en fait très pure, bien qu'il provienne des fruits, légumes et autres denrées contenues dans l'armoire frigorifique, toutes constituées de mélanges aqueux. L'évaporation a fourni un liquide pur, que le froid a condensé en cristaux sur les parois. En cas de besoin, on peut faire fondre ce givre et obtenir une eau distillée et déminéralisée, par exemple pour en alimenter la solution acide de l'accumulateur d'une voiture. La neige et la glace sont aussi constituées d'eau pure : les précipitations atmosphériques qui garnissent les sommets de névés, glaciers et autres neiges éternelles, viennent des nuages, c'est-à-dire de vapeur d'eau pompée par la chaleur du soleil aux océans en majeure partie. De même la glace de la banquise est une eau très pure : elle résulte, elle, d'une cristallisation. On a d'ailleurs

proposé de remorquer des icebergs, c'est-à-dire des excroissances de glaciers, pour fournir en eau potable des régions désertiques telles que le golfe Persique ; mais de tels projets restent du domaine de l'utopie. Puisque remorquer des icebergs n'est guère envisageable, pour son coût, comme pour la sécurité de la navigation, dessaler l'eau de mer est parfois indispensable pour fournir en eau de boisson une population, confinée dans un lieu clos comme un sous-marin nucléaire, ou vivant dans une région aride, comme l'Arabie Saoudite ou la Californie du Sud. L'un des procédés de dessalement les plus utilisés actuellement consiste à chauffer l'eau de mer dans une chaudière et à la distiller. Partant d'une eau de mer dont la salinité, mesurée en ppm (parties par million) est 35 000 (35 g/l), on peut obtenir une eau douce par distillation qui ne contient plus qu'une quantité infime, entre 1 et 50 ppm (de 1 à 50 mg/l) de sel. Une variante est le procédé de distillation à effet multiple : il consiste à vaporiser l'eau à des températures largement inférieures à 100 °C mais sous un vide partiel.

Un autre procédé thermique de dessalement est la distillation éclair. Si on chauffe de l'eau à 100 °C, et si on la maintient sous pression, avant de l'introduire dans une enceinte où on a fait le vide, on assiste à une transition très rapide, le liquide se transformant en un éclair en vapeur. Ces deux procédés permettent d'obtenir une eau très pure (1-50 ppm de sels). Mais il existe aussi d'autres procédés plus onéreux tels que l'osmose inverse qui consiste à faire passer l'eau dans des membranes synthétiques. Pour éviter l'engorgement des cellules d'un aliment - d'origine animale ou végétale. Il s'agit toujours du phénomène d'osmose : faites cuire un oeuf dans de l'eau douce très pure, sa coquille éclatera.

Autre avantage, l'eau salée bout à température plus élevée que l'eau pure : votre oeuf coque cuira donc plus rapidement ! Explication : l'ébullition correspond au moment où la pression de vapeur saturante (fonction de la température) égale la pression atmosphérique. Or, à température donnée, le mélange (eau + sel) a une pression de vapeur saturante plus basse que l'eau pure. A pression extérieure égale, il faut donc chauffer l'eau salée à des températures plus élevées que l'eau douce pour atteindre le point d'ébullition. Ce phénomène obéit aux lois de l'ébullioscopie établies par le Grenoblois François Marie Raoult dans la seconde moitié du XIXe siècle. Le sel est une importante matière première pour l'industrie chimique. Elle en tire à la fois le chlore et la soude : l'électrolyse d'une saumure\*, c'est-à-dire d'une solution aqueuse de sel, fournit la soude NaOH à l'une des électrodes baignant dans la solution, et le chlore Cl<sub>2</sub> à l'autre électrode. C'est l'une des rares

coproductions de la chimie lourde : en effet, les périodes de forte demande économique en chlore et en soude coïncident rarement. Le chlore sert, entre autres, à transformer l'éthylène en chlorure de vinyle, qui est à son tour polymérisé en polychlorure de vinyle ou PVC, l'une des matières plastiques les plus utilisées, dans la construction en particulier. La soude a elle aussi de nombreuses utilisations. Par exemple elle sert à hydrolyser, c'est-à-dire à couper en fragments plus petits, les polymères naturels que sont la cellulose et la lignine des arbres pour en faire de la pâte à papier.