

# Le sel, saveur de la Terre

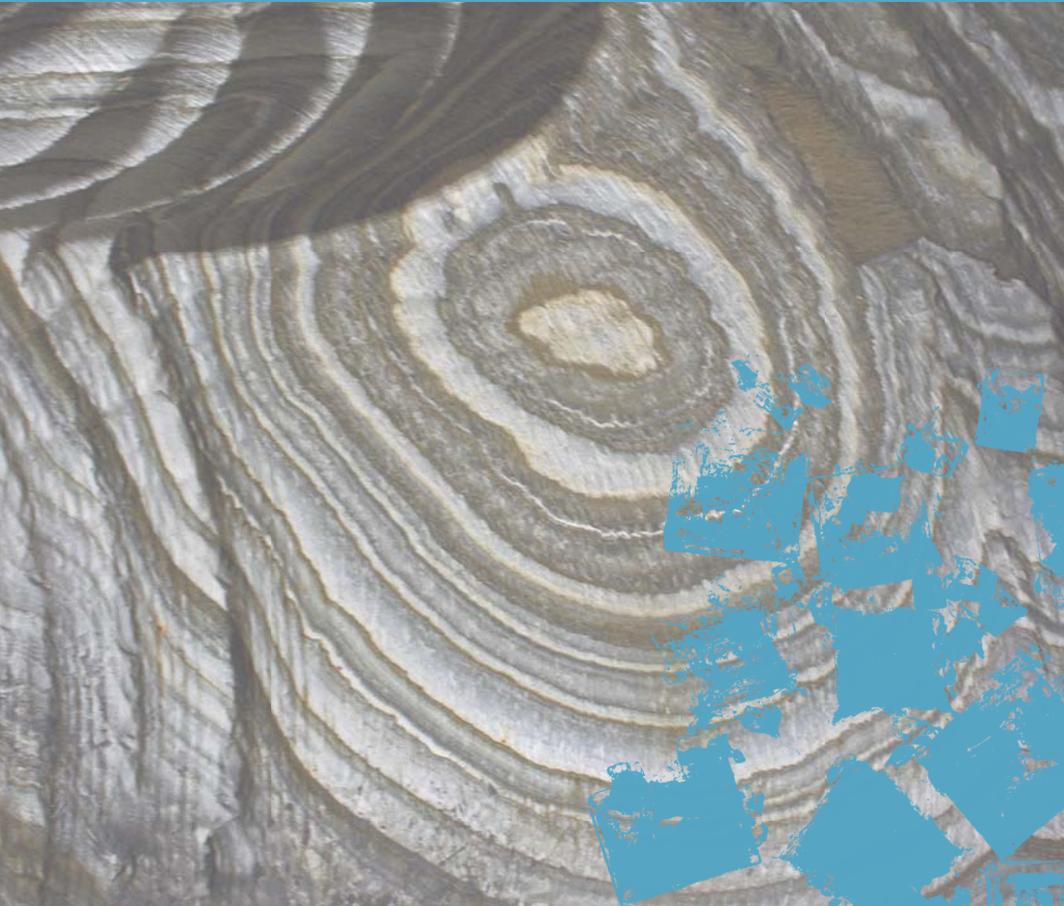
Patrick De Wever & Jean-Marie Rouchy





# Le sel, saveur de la Terre

Patrick De Wever & Jean-Marie Rouchy



Dans la même collection :

*La valse des continents*, P. De Wever et F. Duranthon, 2015,  
ISBN : 978-2-7598-1182-3

*L'eau de la vie*, P. De Wever, 2015, ISBN : 978-2-7598-1189-2.

*Voyage d'un grain de sable*, P. De Wever et F. Duranthon, 2015,  
ISBN : 978-2-7598-1183-0

*Du vert au noir : le charbon*, P. De Wever et F. Baudin,  
2015, ISBN : 978-2-7598-1791-7

*Terre de météorites*, P. De Wever et E. Jacquet, 2015,  
ISBN : 978-2-7598-1928-7

*Quand la vie fabrique les roches*, P. De Wever et K. Benzerara, 2016,  
ISBN : 978-2-7598-1978-2

**COLLECTION « LA TERRE À PORTÉE DE MAIN »  
DIRIGÉE PAR PATRICK DE WEVER**

Cette collection, dont les textes sont ponctués d'anecdotes, de petites questions et richement illustrés, est destinée à un très large public. Elle a pour vocation de présenter et de donner des notions très abordables en géologie sur les phénomènes et constituants de notre planète.

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-2049-8

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

# Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier toutes celles et tous ceux qui les ont aidé à l'élaboration de cet ouvrage, d'une manière ou d'une autre : Marie-Madeleine Blanc-Valleron, Dominique Carpentier, France Citrini, Spela Gorican, Myette Guiomar.

Nous avons eu la chance de bénéficier des compétences d'Alexandre Lethiers. Il a toujours exécuté, avec célérité, des dessins élégants, n'hésitant pas à prendre des initiatives heureuses, et à reprendre de multiples fois les hésitations et les essais des auteurs.

Ce travail est effectué dans le cadre de l'ASM Patrimoine géologique national du Muséum, et de l'UMR 7207 (MNHN – CNRS – UPMC).



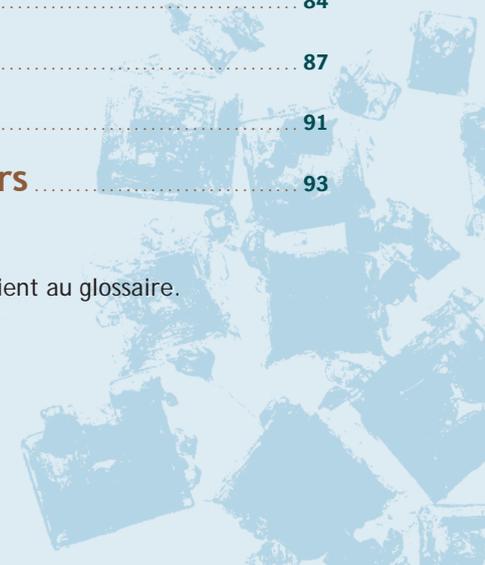
# Sommaire

Remerciements .....	3
Introduction .....	7
<b>1 Qu'est-ce que le sel</b> .....	<b>9</b>
Il y a sels et sel .....	9
<i>Sel au sens propre</i> .....	9
<i>Sel au sens figuré</i> .....	10
<i>Sels naturels, gemme et marin</i> .....	11
<i>Sel alchimique</i> .....	12
Le sel conserve .....	13
<i>Conserver des bactéries des millions d'années</i> .....	15
Pourquoi parle-t-on de « fleur » de sel ? .....	16
<b>2 Comment se forme le sel</b> .....	<b>18</b>
Milieu de dépôt .....	18
<i>Concentration* et cristallisation</i> .....	18
<i>Types de bassins</i> .....	21
<i>Périodes de grands dépôts de sel</i> .....	27
<i>Un dépôt européen sur une Terre reposée</i> <i>(la mer du Nord, il y a environ 250 millions d'années)</i> .....	29
<i>Un dépôt lié à l'ouverture d'un océan</i> <i>(l'Atlantique Sud, il y a environ 120 millions d'années)</i> .....	30
<i>Un dépôt lié à la fermeture d'une mer</i> <i>(la Méditerranée, il y a environ six millions d'années)</i> .....	30
<b>3 Exploitation du sel</b> .....	<b>34</b>
Production .....	34
<i>Marais salants</i> .....	34
<i>Excavation (mécanique)</i> .....	36
<i>Dissolution</i> .....	37
Usages .....	39
<i>Domestique</i> .....	39
<i>Sel et industrie</i> .....	43
<i>Saler les routes : un prodige</i> .....	47
Dessaler l'eau de mer .....	49
<i>L'osmose*</i> .....	49
<i>La distillation</i> .....	50
Faire de l'électricité avec l'eau salée .....	52



<b>4</b>	<b>Le sel en France et en Europe</b> .....	<b>53</b>
	Le sel en France.....	53
	<i>Le sel de l'ère secondaire</i> .....	53
	<i>Le sel de l'ère tertiaire</i> .....	54
	<i>La production de sel en France</i> .....	55
	Le sel en Europe .....	56
<b>5</b>	<b>Effets des dépôts de sel</b> .....	<b>58</b>
	Roche légère et plastique.....	58
	<i>Les diapirs</i> .....	58
	<i>Couche savon</i> .....	59
	Roche soluble .....	62
	<i>Cavités (effondrements et stockage souterrain)</i> .....	62
	<i>Eaux thermales</i> .....	65
<b>6</b>	<b>Le sel dans l'histoire</b> .....	<b>68</b>
	Avant notre ère .....	68
	Commerce, objet d'échange .....	71
	Un impôt historique : la gabelle .....	72
<b>7</b>	<b>Mythes et religions</b> .....	<b>75</b>
	Mythes .....	75
	Religions.....	77
	<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>81</b>
	<b>Glossaire</b> .....	<b>82</b>
	<b>Index</b> .....	<b>84</b>
	<b>Citations</b> .....	<b>87</b>
	<b>50 proverbes sur le sel</b> .....	<b>91</b>
	<b>Livres des mêmes auteurs</b> .....	<b>93</b>

Les mots avec \* renvoient au glossaire.





# Introduction

« *Sans sel, ma foi ! On ne peut mener une vie civilisée ; c'est une substance à ce point nécessaire qu'elle désigne aussi par métaphore les plaisirs intellectuels ; c'est en effet, le sel qui leur donne leur nom et tout l'agrément de la vie* »

Pline, Histoire Naturelle, 21, 41, 88

L'eau salée, et donc le sel, existe sur Terre depuis près de quatre milliards d'années. Il était sans doute présent avant que la vie se manifeste. La mémoire la plus ancienne atteste de l'importance du sel pour la vie des humains. Les hommes ont sans doute constaté très tôt, au moins 6 000 ans avant J.-C., que le sel permettait de conserver des viandes, qu'il donnait un meilleur goût à la nourriture, permettait la cicatrisation des blessures, participait au tannage des peaux... bref était très utile. Il est vite introduit dans l'histoire comme symbole d'incorruptibilité. Le sel représente alors l'immortalité.

La tradition hébraïque veut que les aliments présentés en offrande soient accompagnés de sel. Cette obligation est mentionnée dans les commandements de la Torah.

Les Celtes plaçaient sur le corps des défunts un plateau de sel sur lequel brûlait une bougie : le sel devait conserver le corps jusqu'à sa résurrection. Le sel représente donc un lien entre les dieux et les hommes. Il est en quelque sorte un lien spirituel (voir sel et alchimie, sel entre mercure et soufre).

Comme le feu, le sel purifie la nature, raison pour laquelle Élisée a jeté du sel dans les eaux de la fontaine de Jéricho (*Livre des Rois*, § 2).

Dans la tradition biblique, l'homme, déchu du jardin d'Éden est devenu matière putride, mais purifié par le sel, il peut faire alliance avec Dieu.

Purification, immortalité, alliance, ces principes expliquent pourquoi le sel était utilisé dans l'ancien rituel du baptême dans la religion catholique<sup>1</sup>.

Dans notre quotidien, le sel est essentiel et dangereux. Il permet de conserver les aliments, relève le goût mais son abus est néfaste à la santé.

---

**1.** Le sel n'est plus utilisé pour les baptêmes dans le rite latin c'est-à-dire dans l'Église catholique d'occident (dépendant de Rome) mais peut l'être encore dans des églises catholiques de rite oriental.

Son usage aussi est ambigu : il est nécessaire sur les routes verglacées, mais endommage les véhicules et infrastructures routières.

Le sel, qu'il soit simple « marin » ou sophistiqué « de Guérande », chacun sait qu'il vient de marais salants, en bordure de mer. Mais si l'on demande d'où provient le sel déversé en abondance sur les routes pour éviter le verglas, les interlocuteurs sont beaucoup moins à l'aise, certains se risquent à supposer une production en usines chimiques.

Quand on précise que le sel est un produit naturel, alors connu sous le nom de sel gemme ; qu'on le trouve dans les terrains, même anciens et qu'il a été exploité dans des lieux aussi emblématiques que les salines royales d'Arc-et-Senans (Jura) et que beaucoup de toponymes en attestent tels Sélestat en Alsace, Salzbourg en Autriche, toutes les villes comprenant Salins (Salins-les-Thermes, Salin-de-Giraud... et Salins-les-bains), Lons-le-Saunier dans le Jura, Salies-de-Béarn dans le Sud-Ouest, alors nos interlocuteurs admettent cette profusion. Si l'on demande à quoi sert tout ce sel, généralement hormis l'usage culinaire ou routier, peu de propositions sont formulées.

Ces deux expériences révèlent que si le sel est un produit banal, son origine et son usage sont finalement assez mal connus.



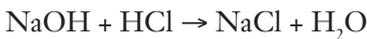
# 1 Qu'est-ce que le sel

## Il y a sels et sel

### *Sel au sens propre*

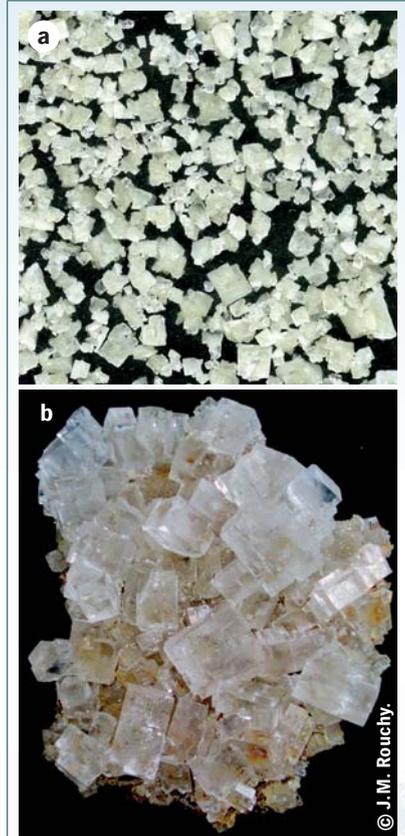
Le sel, dans son acception la plus commune est celle qui fait l'objet de cet ouvrage : il s'agit de celui qui est utilisé en cuisine, dont la composition chimique est du chlorure de sodium (NaCl) et dont le nom précis est la halite\*, mais dans la suite de cet ouvrage on le citera seulement sous le vocable « sel ».

En chimie, le sel a un sens beaucoup plus général : il s'agit du produit qui se forme quand on mélange un acide et une base. Ainsi, le mélange d'acide chlorhydrique (HCl) et de soude (NaOH) donne du sel (NaCl) et de l'eau (H<sub>2</sub>O) :



Donc notre sel de cuisine est bien un sel en chimie, mais tous les sels offerts par la chimie ne sont pas utilisables en cuisine.

Le sel de cuisine forme de petits grains cubiques qui mesurent seulement quelques millimètres de côté (*Fig. 1*). Une simple loupe permet d'observer ces myriades de cubes. Il existe des cristaux de plus grande dimension, centimétrique

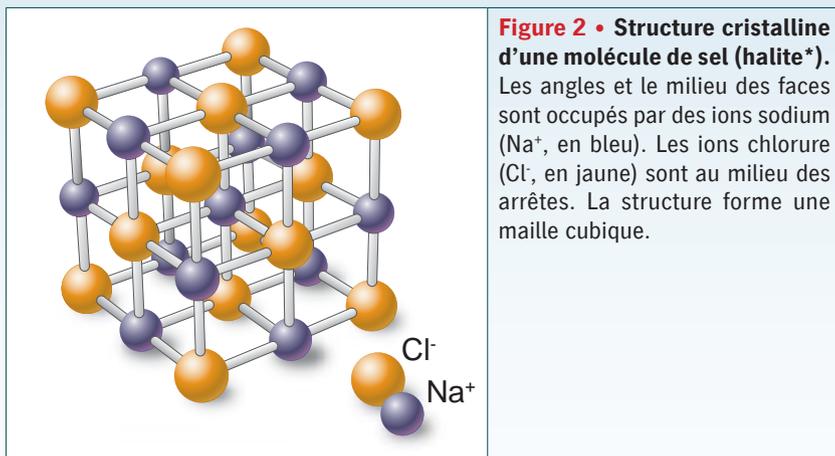


**Figure 1 • Cristaux de sel.**

**a.** Cristaux de sel de cuisine (halite\*). En dépit de leur taille réduite, on remarque que les grains sont cubiques. Leur taille est voisine de 1 à 2 mm.

**b.** Cristaux de sel de plus grande dimension (taille : 1 à 2 cm) provenant d'une mine de sel de Pologne, sel formé il y a environ 15 millions d'années.

et plus. La structure cubique (Fig. 2) et la composition chimique permettent de définir le minéral dont il s'agit : la halite\*. Il est incolore ou blanc, parfois coloré par des impuretés (exemple du « sel de l'Himalaya »).



### POURQUOI LE SANG EST-IL SALÉ ?

La vie est apparue dans l'eau il y a près de 3,5 milliards d'années. Elle y a séjourné plus de trois milliards d'années avant d'en sortir il n'y a qu'environ 400 millions d'années. Cela paraît beaucoup, à l'échelle humaine, mais ne représente qu'un peu plus de 10 % de l'histoire de la vie. Les fonctionnements cellulaires se sont donc établis en fonction de la salinité de l'eau de mer, tant en termes de chimie que de pression osmotique. Quand les organismes se sont affranchis de l'eau, ils ont gardé cet équilibre et cette salinité. Voilà pourquoi le sérum physiologique a la même salinité que l'eau de mer.

### Sel au sens figuré

Le mot sel est aussi employé fréquemment au figuré : le sel d'une conversation, mettre son grain de sel, une addition salée. À chaque fois cependant, c'est la nature du sel, ses effets qui sont évoqués : le sel d'une conversation... Comme le sel est un exhausteur de goût, le sel de la conversation lui donne du piquant, en augmente l'intérêt. Parfois, ce piquant vient de ce qu'un interlocuteur s'immisce mal à propos dans une conversation.

Une addition salée... ceci proviendrait d'une ancienne habitude : dans les auberges, on pouvait obtenir un repas sans sel, ou avec sel mais c'était alors plus cher (impôt oblige), l'addition salée était donc plus élevée (aujourd'hui, le sens s'est renforcé et une addition salée signifie presque trop chère).

### VOUS AVEZ DIT « SEL » ?

Plusieurs produits comportent le mot sel, il s'agit la plupart du temps de produits qui n'ont rien à voir avec notre sel de cuisine.

Sel d'Angleterre, de Sedlitz ou d'Epsom = sulfate de magnésium.

Sel de Glauber = sulfate de sodium.

Sel de Vichy = bicarbonate de sodium.

Sel de bain = mélange de sels minéraux ajouté à l'eau du bain pour la parfumer.

### *Sels naturels, gemme et marin*

Les sels naturels, comme la halite\* qui est le sel de cuisine, proviennent de l'évaporation des eaux salées. De par le mode de formation, les sels, nombreux et variés, sont regroupés sous l'appellation d'évaporites\*. On en trouve en abondance dans les couches géologiques et ils constituent la matière première pour de nombreuses utilisations industrielles. Outre la halite\*, les plus connus sont le gypse\* (ou sulfate de calcium) et la potasse. Le gypse\* est exploité pour produire le plâtre. La potasse, les sels de potassium pour être plus précis, ont longtemps été exploités pour la fabrication des fertilisants agricoles, notamment dans le bassin de Mulhouse. On pourrait encore citer les carbonates de sodium (trona et natron), les sulfates de sodium, les borates... on connaît plus de 50 minéraux communs.

Le sel gemme, plus correctement défini comme sel fossile extrait des mines, doit son qualificatif « gemme » à ce qu'il était une pierre considérée précieuse. Il contient outre le chlorure de sodium dominant, des minéraux indispensables à notre santé et à notre bien-être. Ce qui explique que les cures thermales se situent souvent là où il y a des eaux salées. En effet, les eaux enrichies en sel, par dissolution du sel gemme, sont utilisées notamment pour les troubles de la croissance. On les appelle les eaux chlorurées.

Le sel marin « pur » provenant de marais salants est effectivement pur et contient quelques oligo-éléments, notamment de l'iode, du brome,

du bore. À l'inverse, le sel ancien « tout-venant », exploité en mine, peut être riche en éléments et en minéraux divers, voire en matière organique et microorganismes comme des bactéries (voir § « Conserver des bactéries des millions d'années »). Cette richesse en divers composants, incorporés dans les cristaux, fait la réputation de certains sels comme le sel de l'Himalaya dont la couleur rose est due à un peu de fer, ce qui lui confère son intérêt pour les lampes d'agréments (Fig. 3).

Les sels marins contiennent toujours un peu d'iode, ce qui n'est pas le cas des sels anciens et ceux d'origine continentale.

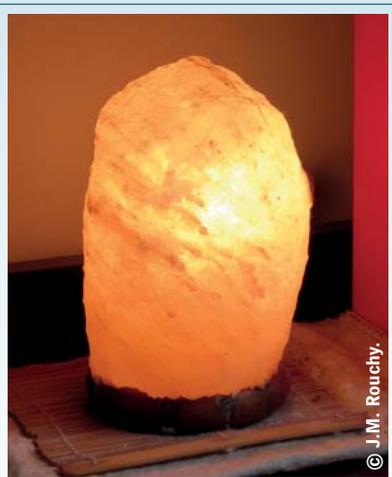
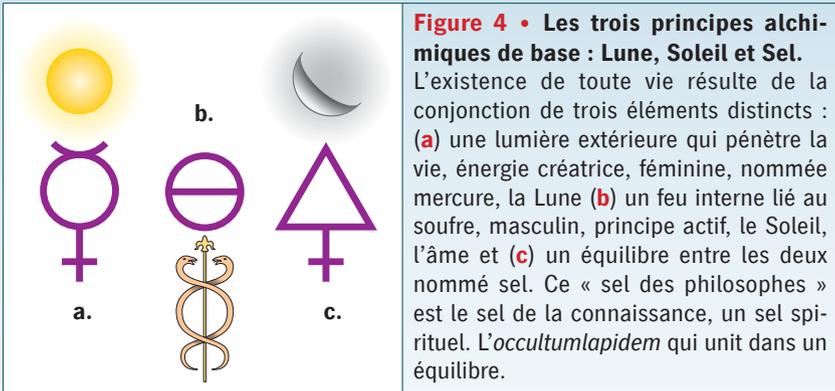


Figure 3 • Lampe montée dans un sel rose de l'Himalaya.

### Sel alchimique

Le sel, en chimie, résulte, comme nous l'avons dit, de l'action d'une base (soude, potasse) sur un acide (chlorhydrique, sulfurique...). Du mélange de ces deux liquides résulte un élément solide, le sel. Cet élément provient de la neutralisation des deux premiers, tel un principe d'équilibre, de conservation. En outre, il s'oppose à la corruption... il a donc été revêtu d'un aspect « magique » et est devenu un symbole, notamment pour les alchimistes. Pour eux, il n'est pas matière, il est principe (d'où les majuscules), et même un des trois principes fondateurs avec le Soufre et le Mercure. Tous trois sont plus que des substances chimiques. Dans cet ensemble, le Sel est le principe qui résulte de l'union du Soufre (Soleil) et du Mercure (Lune) (Fig. 4). Le sel réunit deux principes apparemment inconciliables. Il unit les contraires dans l'harmonie. L'acide est le principe actif, le soufre, le Soleil, masculin, et la base est passive, le mercure, la Lune, féminine. Le sel résultant en est le fruit, la régénérescence. Cet élan de vie, impulsion créatrice, force d'amour, est force de guérison. Dans le symbolisme alchimique, le Sel est associé à une pierre brute qui, après avoir été taillée, devient la Pierre philosophale, souvent associée allégoriquement au Christ. Le sel a été repris dans les religions du livre et symbolise aussi le Christ.



**Figure 4 • Les trois principes alchimiques de base : Lune, Soleil et Sel.**

L'existence de toute vie résulte de la conjonction de trois éléments distincts : (a) une lumière extérieure qui pénètre la vie, énergie créatrice, féminine, nommée mercure, la Lune (b) un feu interne lié au soufre, masculin, principe actif, le Soleil, l'âme et (c) un équilibre entre les deux nommé sel. Ce « sel des philosophes » est le sel de la connaissance, un sel spirituel. *L'occultum lapidem* qui unit dans un équilibre.

### POURQUOI LE SEL PREND-IL L'HUMIDITÉ ?

Quand l'air est humide, le sel ne veut plus s'écouler des salières, il est gorgé d'eau et transformé en une sorte de pâte.

La solubilité d'une substance dépend de la conformation des molécules et de la liaison ionique, une des trois liaisons fortes en chimie, unit par attraction électrostatique des ions de signes contraires, comme le chlorure de sodium composé des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . Les molécules d'eau diminuent la force de cohésion entre les ions chargés positivement et négativement, les ions se séparent et le cristal se dissocie. Le sel (halite\*) est hydrophile, car il a beaucoup d'affinité avec les ions  $\text{H}^+$  et a donc tendance à attirer les molécules d'eau. De ce fait, les cristaux ioniques, fondus ou en solution dans l'eau, sont donc des liquides conducteurs et électrolysables.

## Le sel conserve

Le sel pénètre à l'intérieur de l'aliment où il se dissout dans l'eau présente dans cet aliment pour former une solution plus concentrée que celle qui était contenue dans l'aliment et qui renfermait les microbes. Les microbes sont ainsi privés des molécules d'eau libre nécessaires à leur fonctionnement, et donc à leur survie. Pour parler simple, on les prive d'eau. Ils ne peuvent donc ni se développer, ni survivre. Le sel conserve donc grâce à sa capacité de déshydratation. Mais l'effet conservateur est limité dans le temps. En effet, si certains microorganismes disparaissent, d'autres bactéries qui se plaisent dans des milieux très salés (appelées halophiles – amies du sel – tels *Halococcus* ou *Halobacillus*) finissent par s'y installer et peuvent commencer à décomposer des aliments salés.

## POURQUOI LE SEL DONNE-T-IL SOIF ?

Quand on consomme du sel, on augmente sa concentration\* dans le liquide extracellulaire. Il y a alors déséquilibre de concentration\* entre l'intérieur de la cellule et l'extérieur. L'eau intracellulaire a tendance à passer dans l'eau extracellulaire pour établir une concentration\* équivalente (voir pression osmotique\*), ce qui serait néfaste pour la cellule. Celle-ci envoie alors un message au cerveau (à l'hypothalamus) sous la forme d'une hormone, et le cerveau répond en déclenchant la sensation de soif. On va boire, donc diluer la concentration\* extracellulaire qui rétablira l'équilibre entre extérieur et intérieur de la cellule. Il n'est pas anodin de servir des biscuits salés avec l'apéritif...

Ces relations sont utilisées lors de situations particulières. Quand un scientifique descend en eau profonde avec un sous-marin, tel le Nautilus (Fig. 5) où il est impossible de bouger, ou presque, pour une mission d'une journée, il est évident que les besoins de miction, pourtant bien naturels, sont redoutés. Pour éviter cet inconfort, la personne mange très salé l'avant-veille de la plongée. Elle a alors soif, boit beaucoup d'eau, les cellules se gorgent d'eau. La veille au soir de l'expédition, elle ne boit plus, pour éviter un besoin de vidange dans la journée, mais comme les cellules sont saturées en eau il n'y a pas risque de déshydratation du corps.



© P. De Wever.

### Figure 5 • Les sous-marins français Nautilus.

Ce bathyscaphe peut descendre jusqu'à - 6 000 m. Sur la photo il est remonté sur le pont du bateau après une mission au large du Pérou. La descente s'effectue en une heure ou deux, autant pour la remontée. Les missions durent entre huit et 12 heures. Trois personnes habitent cette sphère de deux mètres de diamètre.

## Conserver des bactéries des millions d'années

Le sel préserve les aliments de la décomposition, au moins pendant un certain temps. Peut-il conserver des organismes vivants, telles des bactéries, durant plus de 250 millions d'années ?

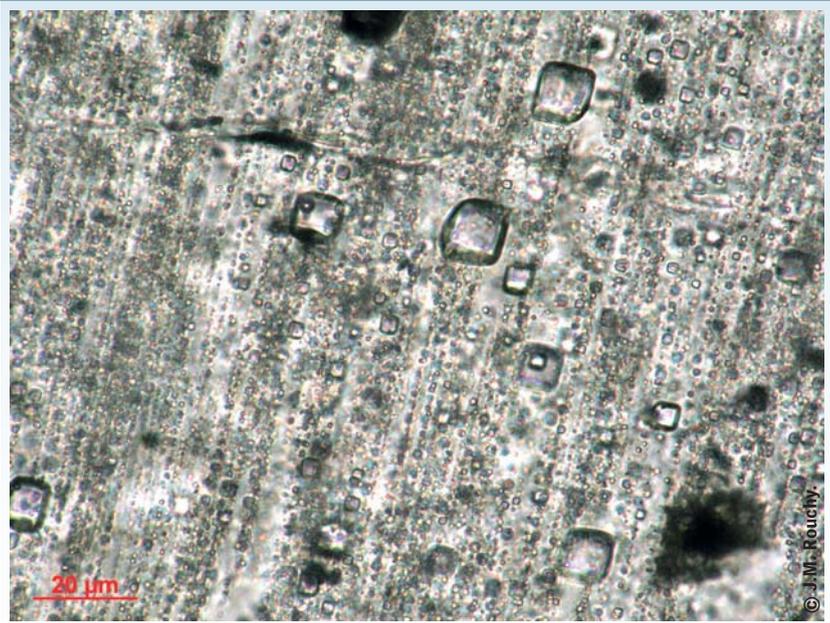
En 2000, une équipe américaine annonçait avoir réussi à isoler et à réanimer des bactéries conservées à l'état de vie ralentie (ou dormant ?) à l'intérieur de sel déposé à cette époque lointaine (Permien). La nouvelle fit grand bruit. Les cristaux en question avaient été prélevés dans une couche de sel enfouie à 570 mètres sous terre, dans un puits d'un site d'enfouissement du Nouveau-Mexique. Ces bactéries magnifiquement préservées étaient retenues dans de minuscules cavités dans lesquelles les cristaux emprisonnent, au cours de leur croissance, de l'eau sursalée (saumure) de la lagune, ou du lac, dans lequel ils se développent, sous forme de minuscules inclusions fluides (Fig. 6). Cette saumure était riche en bactéries car, aux salinités très élevées auxquelles le sel se forme, seules quelques algues unicellulaires (*Dunaliella*) et des bactéries adaptées à ces conditions extrêmes (des archéobactéries) sont capables de survivre et proliférer. L'équipe s'était entourée de toutes les précautions depuis le prélèvement sur site jusqu'aux analyses de laboratoire (mise en culture) pour éviter une contamination avec des organismes actuels. L'analyse de l'ADN leur a permis de soutenir qu'il s'agissait bien de souches différentes de celles qui vivent aujourd'hui. D'autres scientifiques ont même travaillé sur du sel encore plus ancien (420 millions d'années, Dévonien). Comme toujours, une découverte de cette importance a suscité enthousiasme et scepticisme et généré un débat très riche fondé des deux côtés sur des arguments solides et rigoureux.

Des réserves portaient sur plusieurs points :

- les risques de contamination récente ;
- la capacité de survie de bactéries sur d'aussi longues périodes ;
- la préservation du matériel génétique qui se dégrade avec le temps et qui est de plus, soumis à des radiations par la radioactivité naturelle liée à la présence de potassium, etc.

Critiques et preuves se sont succédé. Si cette découverte était confirmée, cela ouvrirait d'intéressantes perspectives pour les recherches sur l'origine de la vie et la présence de tels organismes sur d'autres planètes (Mars, Europe...). En même temps, une telle éventualité porte en germe d'autres sources d'inquiétudes... Le monde d'aujourd'hui est en équilibre (dynamique, c'est-à-dire en rééquilibrage constant), est-ce que la réactivation de tels organismes ne porte pas le risque de rompre

fortement cet équilibre ? (pensons à l'effet dévastateur sur les amérindiens de l'apport de virus de la variole, de la rougeole... que les colons européens portaient en eux).



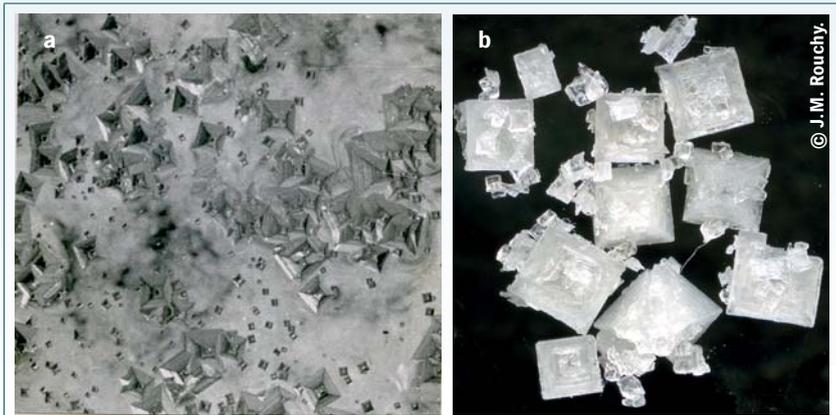
**Figure 6 • Inclusions fluides dans le sel.**

Les inclusions fluides apparaissent sous forme de bulles légèrement cubiques. Photo en microscopie optique. Les inclusions font de 0,01 à 0,02 mm.

## Pourquoi parle-t-on de « fleur » de sel ?

La fleur de sel désigne des cristaux millimétriques de sel très fins et légers, qui se forment, en été, à la surface des bassins d'évaporation (cristallisoirs, œillets) des marais salants. Le vent augmente la concentration\* de la saumure en surface, alors se développent de minuscules cristaux en forme de pyramides très petites, délicates et fragiles (*Fig. 7a*) qui croissent, pointe vers le bas, et qui s'agrègent en formant d'abord des radeaux, puis un voile très fin qui finit par recouvrir toute la surface de la saumure. Si la fleur n'est pas récoltée à temps, elle s'alourdit par développement de plus gros cristaux et, sous l'action du vent, la pellicule superficielle se casse en fragments qui sombrent sur le fond où ils sont englobés dans le gros sel.

La fleur de sel est « cueillie » manuellement à la surface des bassins avec une sorte de raclette, la « lousse » dans les marais salants atlantiques. Les cristaux peuvent avoir une légère coloration rosée due à l'incorporation d'un pigment (un  $\beta$ -carotène) produit par *Dunaliella salina*, une micro-algue, adaptée aux fortes salinités. L'appellation fleur de sel de Guérande est protégée par une IGP (Indication Géographique Protégée) obtenue de l'Union européenne et fondée sur le respect d'un cahier des charges très strict qui garantit la qualité du produit. La fleur de sel réputée pour ses qualités gustatives et diététiques figure aujourd'hui à la carte de nombreux restaurants « branchés » (Fig. 7b).



**Figure 7 • Cristaux de fleur de sel.**

**a.** Petits cristaux millimétriques en pyramide inversée flottant à la surface d'une saline à Mireval (Languedoc). Ces cristaux forment la variété fleur de sel.

**b.** Fleur de sel du commerce produite par les salins de Guérande, en Loire-Atlantique. Dimension environ 2 mm.

Comme son appellation le suggère, le gros sel manque de raffinement. En fait, il s'agit d'agrégats de cristaux cubiques qui recouvrent le fond, généralement argileux, des œillets. En cristallisant, il incorpore davantage d'impuretés d'où son appellation de sel gris.

# 2 Comment se forme le sel

## Milieu de dépôt

### Concentration\* et cristallisation

Le sel se forme naturellement par évaporation d'eau de mer (ou de lacs salés). Il est souvent mélangé à d'autres sels qui existent aussi dans l'eau. L'ensemble ainsi formé est dénommé sous le terme générique d'évaporites\*.

Sur Terre, le principal réservoir de sel est l'océan qui contient environ 34,5 grammes de sel par litre d'eau qui sont dominés par le chlore et le sodium, les composants du sel, qui à eux seuls représentent 85 % (29,5 g). Cette dominante explique que l'évaporation de l'eau de mer produise de grandes quantités de sel. Néanmoins, le sel est tellement soluble qu'il ne commence à précipiter que lorsque 90 % de l'eau s'est évaporée (Fig. 8 et 9). Avant le dépôt du sel (chlorure de sodium = halite\*) se dépose du gypse\* (sulfate de calcium), et après lui les sels de potassium (appelé communément « potasse ») et de magnésium.

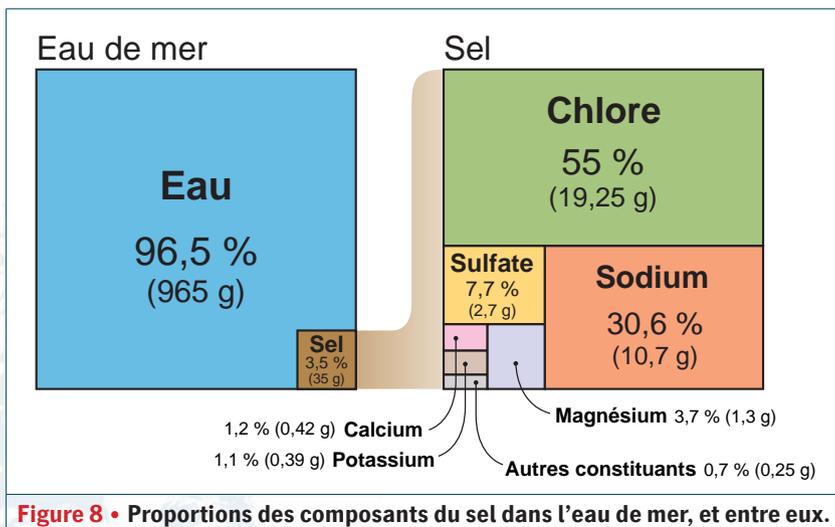
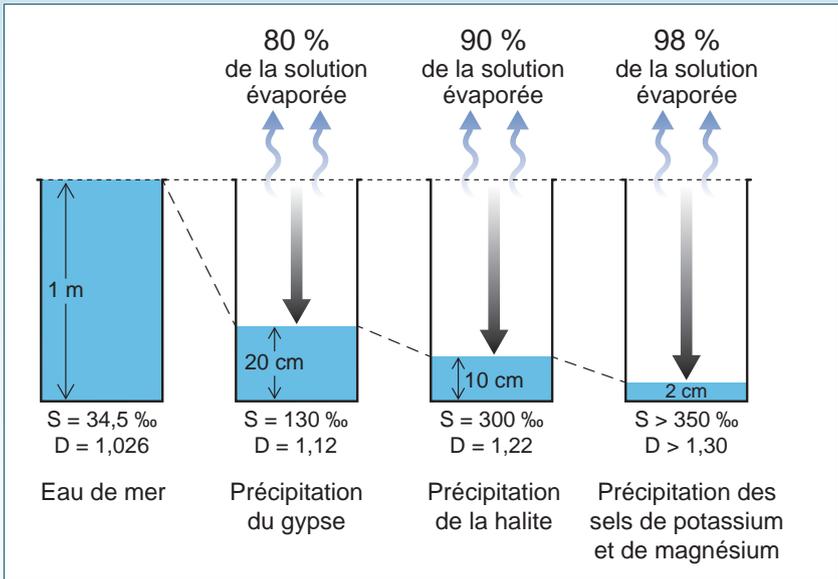


Figure 8 • Proportions des composants du sel dans l'eau de mer, et entre eux.



**Figure 9 • Les étapes de la cristallisation de sels lors de l'évaporation d'une eau de mer.**

Il est important de noter pour l'interprétation des milieux naturels que la concentration\* de l'eau s'accompagne d'une baisse du niveau, expliquant que la plupart des bassins salins ont un niveau plus bas que celui de l'océan. S indique la salinité et D la densité de l'eau (saumure) à chaque étape principale de la concentration\*.

La salinité n'est pas homogène d'un réservoir d'eau à un autre (tableau 1), il y a des zones moins salées (Pacifique Nord) que d'autres (Atlantique central), des mers très salées (Méditerranée, mer Rouge) et d'autres moins (Baltique) selon que la région est plus aride ou reçoit davantage d'apports fluviaux, qu'elle est plus ou moins isolée par rapport à l'océan (Fig. 10).

Réservoir	Salinité
Mer Baltique	10 g/l (5 dans le golfe de Botnie)
Mer Caspienne	13 g/l
Océan global	34,5 g/l (de 33 à 37 selon les endroits)
Mer Rouge	environ 40 g/l
Mer Méditerranée, golfe Arabo-Persique	36 à 39 g/l
Mer Morte	Env. 330 g/l

**Tableau 1 • Concentration\* en sel dans différents réservoirs d'eau.**