

tite. A mesure que la stalagmite grossit et s'exhausse, elle se rapproche de la stalactite placée au-dessus et qui s'abaisse elle-même en grossissant; elles finissent parfois par se rencontrer et forment ainsi un pilier solide, s'élevant du sol à la voûte. La figure 33 donnera une idée des formes ordinaires qu'affectent les stalactites et les stala-

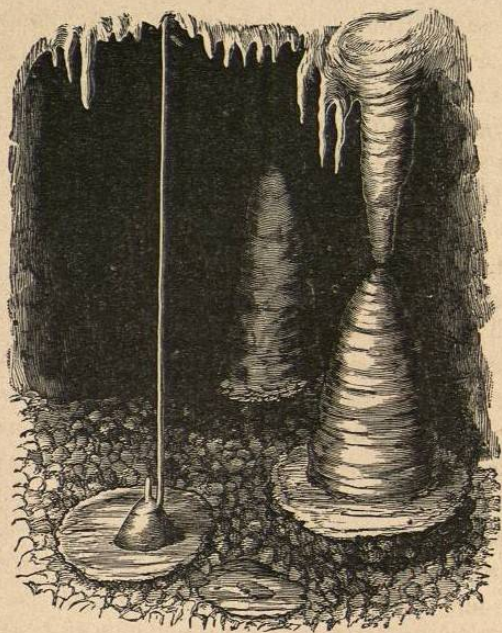


FIG. 33. — Stalactites et stalagmites, île de Caldy.

gmites. Elle représente une cavité, décrite par M. le Professeur Boyd Dawkins sous le nom de Chambre des Fées, dans une caverne calcaire de l'île de Caldy, vis-à-vis de Tenby, dans le Pembrokeshire¹. Dans la formation et la décoration de grottes semblables, l'eau est l'agent

1. *Cave Hunting*, par W. Boyd Dawkins, p. 64, 1874.

principal du commencement à la fin. Se frayant un chemin à travers les crevasses et les fissures de la roche solide, elle ronge d'abord le calcaire de manière à former la cavité, puis elle décore la voûte, le sol et les murs de dépôts calcaires aux formes les plus fantastiques. Même sans aller dans une caverne calcaire, on peut voir aisément des échantillons de ces stalactites. Il est en effet très commun de voir de petites stalactites pendre, comme de petits glaçons, de la voûte des arches d'un pont de chemin de fer; elles y sont produites par l'eau de pluie qui dissout la matière calcaire contenue dans la voûte ou dans les matériaux dont l'arche est faite.

Les sels calcaires, pour être les plus communs, ne sont nullement les seuls composés minéraux que l'on trouve dans les eaux naturelles. Certaines sources, telles que celles d'Epsom, sont riches en sulfate de magnésie; de là le nom de *Sels d'Epsom* donné vulgairement en Angleterre à ce sel, et celui de *salines* aux sources elles-mêmes. D'autres contiennent parfois des sels de fer et forment les sources *ferrugineuses*, dont nous avons parlé à la p. 26. Il est à remarquer qu'un grand nombre de sources minérales ont une température plus élevée que celle de l'endroit où elles jaillissent; ainsi les sources thermales de Bath ont une température de près de 49° Cent. Dans les régions volcaniques, ces sources thermales sont extrêmement communes, et comme l'eau, quand elle est chaude, dissout les substances plus facilement que lorsqu'elle est froide, il arrive que ces sources sont souvent riches en matières minérales. Les fameux *geysers* de l'Islande et du Colorado sont des sources bouillantes intermittentes, qui contiennent en dissolution une grande quantité de silice, la matière dont sont composés les cailloux et le cristal de roche (Voir Chapitre XIII).

Les sources du genre de celles que nous venons de

mentionner sont, bien entendu, exceptionnelles; mais il faut se rappeler que toute eau de source contient plus ou moins de matière minérale en dissolution. En comparant la composition de l'eau de rivière avec celle de l'eau de source, on trouvera généralement que l'eau de rivière contient moins de matières salines. En effet l'eau que les sources déchargent dans la rivière se dilue en se mêlant directement à la pluie, et cette dilution compense et au delà la perte qu'elle peut subir par l'évaporation; si bien qu'en somme la proportion des sels diminue. En outre les organismes qui peuplent la rivière tirent leur approvisionnement indispensable de matière minérale, directement ou indirectement, du milieu qui les environne, et c'est ainsi que les coquillages et les crustacés d'eau douce s'approprient une quantité considérable de chaux, empruntée à la rivière même dans laquelle ils vivent, pour former leurs coquilles. Mais il en retourne beaucoup à la rivière par la décomposition des coquilles après la mort des animaux.

Par là et d'autre manière encore, on peut aisément s'expliquer pourquoi la proportion des sels est moindre dans l'eau de rivière que dans l'eau de source. Si la rivière reçoit les eaux d'un pays où le sol est formé de roches résistantes et presque insolubles, l'eau ne contiendra que peu d'impuretés minérales. Ainsi les sources du granit du Morvan marquent en degrés hydrotimétriques de 2° à 7°. Mais le cas est tout différent avec les sources de la région gypsifère du bassin de la Seine, qui indiquent de 23° à 55°, ou avec un fleuve tel que la Tamise, qui reçoit des eaux venues à travers des roches comparativement tendres et solubles. L'analyse suivante indique la composition de l'eau de la Tamise¹:

1. *Analysis of Thames Water*, par John Ashley. *Quarterly Journal of the Chemical Society*, vol. II, p. 74.

COMPOSITION DE L'EAU DE LA TAMISE AU PONT DE LONDRES

| | En grammes par litre. |
|----------------------------------------|-----------------------|
| Carbonate de chaux..... | 0,1157 |
| Chlorure de calcium ¹ | 0,0995 |
| Chlorure de magnésium..... | 0,0011 |
| Chlorure de sodium..... | 0,0339 |
| Sulfate de soude..... | 0,0443 |
| Sulfate de potasse..... | 0,0038 |
| Silice..... | 0,0018 |
| Matières organiques insolubles..... | 0,0689 |
| Matières organiques solubles..... | 0,0333 |
| | 0,4023 |

Bien que la proportion de matière minérale tenue en dissolution dans l'eau de la Tamise semble, d'après l'analyse que nous venons de citer, extrêmement réduite, il faut pourtant se rappeler que si l'on considère l'immense débit de la Tamise, la quantité totale de matière enlevée de la sorte à la terre et entraînée à la mer atteint un chiffre énorme. M. le professeur Prestwich, évaluant le débit journalier de la Tamise à Kingston, où la Tamise est beaucoup moins large que la Seine au-dessus de Paris, à 5 678 750 mètres cubes et les sels en dissolution à 0^{gr},2843 par litre, calcule que la quantité de matière minérale qui passe, emportée par le courant à l'état de dissolution, devant cette localité, s'élève à 1 526 000 kilog. par vingt-quatre heures, soit approximativement 1 000 kilog. par minute. Dans ce total, un peu plus de 1 000 tonnes consistent en carbonate de chaux et 242 tonnes en sulfate de chaux. La quantité totale de sels terreux que la Tamise enlève invisiblement à son bassin au-dessus de Kingston atteint de la

1. Le calcium existe probablement plutôt à l'état de sulfate de chaux et le chlore à l'état de chlorure de sodium.

sorte, dans le cours d'une année, le chiffre énorme de 557 000 tonnes. Le titre hydrotimétrique de l'eau de la Tamise (20°,68) se rapproche beaucoup de celui de la Seine. Des observations faites sur les eaux de la Marne près de Paris ont relevé, comme poids de matières suspendues, 56 grammes en moyenne par mètre cube. Une longue série d'expériences sur l'eau de la Seine (du 1^{er} octobre 1863 au 30 octobre 1866) a donné comme poids moyen de matière en suspension 24 grammes par mètre cube. Le total, à la fin de l'année, pour un mètre cube d'eau de Marne puisé chaque jour est, d'après M. Belgrand, de 19°,84, et pour un mètre cube d'eau de Seine, de 9°,66. Or « la ville de Paris élève à Saint-Maur 40 000 mètres cubes d'eau par jour; il est possible qu'on filtre cette eau qu'on peut à volonté puiser dans la Seine à Maisons-Alfort, ou directement dans la Marne. Le dépôt qui se formera annuellement dans le bassin d'épuration et sur les filtres sera :

$$\begin{aligned} \text{Eau de Seine} &: 9^{\circ},66 \times 40000 = 386\ 400 \text{ kilogr.} \\ \text{Eau de Marne} &: 19^{\circ},84 \times 40000 = 793\ 600 \text{ kilogr.} \end{aligned}$$

Ces volumes n'ont rien d'excessif, et rien *a priori* ne fait supposer que les eaux de la Seine et de la Marne ne soient pas filtrables en grand¹. » La masse des dépôts est bien autrement considérable dans les torrents; ainsi, d'après le même auteur, la Durance ne contient pas moins de 1 kilog. de matière en suspension par mètre cube, ce qui, pour un volume de 40 000 mètres cubes par jour, donne un déplacement de 14 600 000 kilogrammes.

Quoique nous ayons montré que l'eau de rivière contient une moindre proportion de sels terreux que l'eau de source, on se tromperait fort si l'on inférait de là que l'eau de rivière est plus pure et plus salubre. Au con-

1. Belgrand, ouvr. cité, p. 461.

traire, l'eau de rivière, bien que pauvre en matières minérales, est d'ordinaire riche en impuretés organiques: elle est donc beaucoup moins bonne à boire. Le plus souvent les eaux des puits et des sources profondes ne contiennent que des traces minimales de matières organiques; mais pour les fleuves, la décomposition des matières végétales répandues sur une large surface du pays dont ils recueillent les eaux est une source abondante d'impuretés organiques. Il y a cependant une cause plus sérieuse encore de contamination: ce sont les matières que les égouts apportent à un fleuve tel que la Seine des centres de population assis sur ses bords ou dans leur voisinage. Mais on doit néanmoins se rappeler que l'eau souillée exposant sans cesse des surfaces nouvelles à l'action de l'atmosphère, comme il arrive dans l'écoulement d'une eau courante, la matière organique s'oxyde et peut ainsi dans la suite se transformer en produits parfaitement inoffensifs; en d'autres termes, une rivière est capable d'opérer elle-même sa purification si elle n'est souillée outre mesure.

Tandis que les impuretés organiques, c'est-à-dire les impuretés dérivées de sources animales ou végétales, peuvent ainsi se modifier considérablement en suivant le flot de la rivière, les sels au contraire demeurent inaltérés en dehors de ce que peuvent leur emprunter de matière minérale les organismes qui peuplent la rivière. Les matières minérales sont donc en majeure partie entraînées par le fleuve et finalement déchargées dans la mer. L'océan devient ainsi le réceptacle final de tous les sels enlevés à la terre par les eaux qui la lavent et transportés par les rivières. Et cependant la composition chimique de l'eau de mer diffère considérablement de celle des eaux de rivière ou de source. Tandis qu'un litre d'eau de la Seine contient en dissolution 0^{gr},24 de sels, un litre d'eau de mer en contient 31 grammes environ. En effet

la proportion de matière saline dans l'eau de mer s'élève jusqu'au chiffre de 3 1/2 à 4 p. 100. Il est inutile de faire observer que la plus grande partie de cette matière saline consiste en sel commun, tel que celui dont nous faisons usage à table, sel connu des chimistes sous le nom de *chlorure de sodium* parce qu'il se compose de deux éléments, à savoir un élément gazeux, le *chlore*, et un métal, le *sodium*. Sur 150 grammes de matière minérale dans un gallon ou 4^{litres},543 d'eau de mer, plus de 125 grammes consistent dans ce sel commun.

Comme exemple de la composition de l'eau de mer, on peut citer l'analyse suivante de l'eau de la Manche¹. On trouva que la densité de cette eau était de 1,027 :

COMPOSITION DE L'EAU DE LA MANCHE

| | En grammes par litre. |
|----------------------------|-----------------------|
| Chlorure de sodium..... | 28,011941 |
| Chlorure de potassium..... | 0,720178 |
| Chlorure de magnésium..... | 3,660285 |
| Bromure de magnésium..... | 0,029150 |
| Sulfate de magnésic..... | 0,229168 |
| Sulfate de chaux..... | 1,404215 |
| Carbonate de chaux..... | 0,032944 |
| Iode et ammoniaque..... | traces |
| | <hr/> |
| | 34,087881 |

Chaque marée amène cette eau de mer en contact avec l'eau douce d'un fleuve à marées, comme l'est la Seine, et les eaux douces se marient ainsi aux eaux marines. En descendant la Seine à partir du pont de Rouen, on dé-

1. *An analysis*, par Schweitzer, dans le *Philosophical Magazine*, vol. XV, p. 58. Les calculs ont été refaits pour permettre la comparaison avec l'eau de la Tamise, p. 141.

COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX NATURELLES. 145

couvre que le flot perd graduellement sa qualité d'eau douce. Il acquiert peu à peu une saveur salée, et cette salure augmente jusqu'à ce que l'eau devienne décidément saumâtre et imbuvable. En allant encore plus avant vers l'embouchure de l'estuaire, la salure s'accroît et quand on atteint la baie de la Seine, on peut à peine distinguer l'eau du fleuve de celle de la mer elle-même.

Cependant l'eau douce d'un fleuve ne se mélange pas immédiatement avec l'eau salée, mais elle tend plutôt à flotter à sa surface. En effet l'eau de mer étant riche en matière solide, sa densité est proportionnellement plus grande, c'est-à-dire que l'eau de mer doit peser, à volume égal, beaucoup plus que l'eau douce. Par suite de cette densité considérable, il est plus aisé de nager sur l'eau salée que sur l'eau douce. C'est pour cette raison aussi que l'eau douce déversée par un fleuve tend à flotter pendant un certain temps sur la surface de l'eau de mer plus dense; en avant des embouchures de quelques grands fleuves, l'eau est encore presque douce jusqu'à une certaine distance en mer.

Sous l'action du soleil, l'eau ne cesse de s'évaporer de l'immense surface que la mer expose aux rayons solaires. Mais pratiquement c'est de l'eau pure qui est ainsi aspirée dans l'atmosphère, les éléments salins de l'eau de mer restant derrière. Cette vapeur se condense en eau pure, et cette eau qui tombe sur la terre sous la forme de pluie, renfermant jusqu'à un certain point les éléments de l'atmosphère, enlève aux roches, qu'elle détrempe plus ou moins, de leurs éléments solubles qui sont finalement entraînés à la mer, où ils s'accumulent. Il y a donc de la terre à l'océan un transport perpétuel de matière solide, mais ce transport échappe entièrement à notre vue, parce que la matière est entraînée à l'état de dissolution invisible. Mais, ainsi qu'on l'a remarqué au début de ce chapitre, outre la matière dissoute qui

trompe ainsi l'observation, la Seine, comme les autres fleuves, charrie une immense quantité d'autres matières solides à l'état de suspension mécanique, par conséquent aisément perceptibles à l'œil. Ce transport mécanique de matière solide de la terre à la mer forme le sujet du chapitre suivant.

CHAPITRE IX

L'ŒUVRE DE LA PLUIE ET DES RIVIÈRES

Prenez quelques litres de l'eau de la Seine à Paris et laissez-la reposer tranquillement dans un vase bien propre. Si vous la regardez après qu'elle a reposé plusieurs heures, vous trouverez que l'eau est beaucoup plus claire et qu'une quantité de matière limoneuse s'est déposée au fond du vase, cette quantité étant plus ou moins grande selon la condition du fleuve au moment de l'examen. Ce limon était précédemment tenu en suspension dans l'eau et était la cause principale de son état trouble; aussi, à peine les particules vaseuses sont-elles précipitées que l'eau devient plus claire. Tant que l'eau était dans le fleuve, les minces particules solides étaient maintenues dans une incessante agitation par le courant du flot, et le dépôt en était ainsi prévenu. Plus le courant est rapide, plus grand est le pouvoir qu'il a d'entraîner ces matières en suspension, mais à mesure que le fleuve approche de son embouchure, le flot se ralentit et le sédiment tombe au fond. Aussi, dans la partie inférieure du cours de la Seine, surtout dans les coudes du fleuve, y a-t-il de larges bancs de vase; et cette vase est régulièrement draguée et enlevée pour prévenir la formation d'une barre. Les particules de vase