

Section du Biologiste



ENCYCLOPÉDIE
DES AIDES-MÉMOIRES
LÉAUTEUR
DIRECTEUR

ALB. LARBALÉTRIER

LE SEL

LES SALINES

ET LES MARAIS SALANTS

MASSON & C^{IE}

GRANDVILLE VILLARS

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE - MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

LANDALÉTRIÈRE — Le Sel, les salines et les marais salants 1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; L. Isler, Secrétaire
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

N° 279 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LE SEL
LES SALINES
ET
LES MARAIS SALANTS

PAR

A. LARBALETRIER

Professeur à l'École d'Agriculture de Grand-Jouan

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

(Tous droits réservés)

*OUVRAGES DE L'AUTEUR PARUS
DANS LA COLLECTION DE L'ENCYCLOPEDIE*

- I. Les Tourteaux de graines oléagineuses comme aliments et comme engrais.**
- II. Les Résidus industriels employés comme engrais : Industries minérales et animales.**
- III. Les Résidus industriels employés comme engrais : Industries végétales.**
- IV. Le Beurre et la Margarine.**
- V. La Tourbe et les Tourbières.**
- VI. Le Sel, les Salines et les Marais salants.**

LE SEL, LES SALINES ET LES MARAIS SALANTS

CHAPITRE PREMIER

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU SEL

1. Histoire. — Le chlorure de sodium ou sel est sans contredit la substance minérale la plus utile qui existe sur le globe. Au point de vue alimentaire, il est indispensable à l'homme et aux animaux, qui le recherchent partout avec avidité. Son usage est aussi ancien que le monde, car aussi loin qu'on puisse remonter dans l'histoire de l'humanité, on relève l'usage du sel, et cela dans tous les pays.

Nous ne pouvons songer à faire ici l'histoire, même très abrégée, du sel, qui demanderait un volume. Remarquons simplement que, d'après l'Écriture sainte, « la femme de Loth fut changée en une statue de sel ».

Le paganisme consacra le sel aux dieux et, à l'heure actuelle, nous retrouvons le sel jouant un rôle important dans le baptême.

On a mis le sel sur le même rang que le pain et l'on dit communément « offrir le pain et le sel » pour faire allusion à donner l'hospitalité.

Mungo-Park nous apprend que, chez les Mandingoes et les Bambaras, l'usage du sel est un si grand luxe que l'on dit d'un homme : « il assaisonne sa nourriture avec du sel » pour faire entendre qu'il est riche.

Dans le district d'Accra, sur la Côte d'Or, le sel est, après l'or, ce dont on fait le plus de cas, une poignée de cette précieuse substance suffit pour acheter un esclave.

2. Composition. — Le sel, ou muriate de soude, est formé par la combinaison du chlore avec le sodium. Ce n'est que vers le milieu du XVIII^e siècle que le chimiste allemand Margraff détermina sa composition.

Le sel marin peut être obtenu synthétiquement. En effet, si l'on introduit dans un flacon plein de chlore sec, un fragment de sodium; il se produit une vive réaction, accompagnée de production de chaleur et de lumière, et lorsque celle-ci est terminée, on observe sur les parois du flacon de petits cristaux blancs, solubles dans l'eau, qui ne sont autres que du sel.

Sur 100 parties de sel, en nombres ronds, 60 sont représentés par le chlore et 40 par le

sodium. La formule chimique du sel est donc NaCl.

3. Chlore. — Il est curieux de constater que le sel marin, qui est un corps inoffensif, en tous cas nullement dangereux, est formé par la combinaison de deux corps simples qui ont au contraire, lorsqu'on les considère isolément, des propriétés très vives et même caustiques.

Le chlore est un gaz verdâtre, très irritant; respiré, même en faible proportion, il provoque une toux opiniâtre et des crachements de sang. En résumant très sommairement les propriétés du chlore, nous dirons que son poids atomique est 35,5; sa densité très forte est égale à 2,4855, un litre de ce gaz pèse donc 3^{gr}, 215. Il peut être liquéfié à 15° sous une pression de quatre atmosphères. On obtient alors un liquide dont la densité est 1,33, le point d'ébullition — 33°,6 et le point de solidification — 102°.

Le chlore a des affinités très vives. Il se combine avec l'hydrogène avec un grand dégagement de chaleur et donne naissance à de l'acide chlorhydrique.

$H^2 + Cl^2 = 2HCl$ dégage 22 calories (état gazeux). Il se combine avec le brome, l'iode, le silicium, le bore et tous les métaux, ainsi qu'avec le phosphore, l'arsenic et l'antimoine.

Avec l'oxygène, le soufre et l'azote, il se combine indirectement. Le chlore est très soluble dans l'eau. Le réactif caractéristique du chlore est l'iode de potassium amidonné, qui bleuit en présence d'une trace de chlore, par suite de la mise en liberté d'un peu d'iode et de la formation d'iodure d'amidon.

4. Sodium. — Le sodium, Na, est un métal d'un blanc légèrement jaunâtre comme l'argent, son poids atomique est 23. Il est mou comme de la cire; moins lourd que l'eau, sa densité étant 0,97. Il fond à 85°,6 et il se volatilise au rouge vif, vers 700°.

Ses affinités chimiques sont très-vives. Il se combine directement à l'oxygène de l'air en donnant de l'oxyde de sodium (soude). Il décompose l'eau à froid pour s'emparer de son oxygène et cette combinaison est accompagnée d'un grand dégagement de chaleur.

Il est caustique et attaque la peau.

Le sodium forme avec les métaux divers alliages; avec le mercure, il donne l'amalgame de sodium, Hg^6Na .

L'ammoniac liquéfié donne, avec le sodium, un composé d'aspect métallique, plus rouge que le cuivre, c'est le sodammonium, $Az^2H^6Na^2$ (Joannis).

5. État naturel du chlorure de sodium.

— La source la plus abondante de chlorure de sodium est l'eau de la mer, qui recouvre environ les trois quarts de la surface du globe terrestre et qui renferme une quantité de sel qui s'élève à environ 3 ‰ du poids de l'eau. On trouve également le sel marin dans les eaux douces; toutes en contiennent environ 10 grammes par mètre cube. Les eaux de source en renferment plus que les eaux de rivière, soit environ 12 à 13 grammes par mètre cube.

Certaines sources, dites sources salées, en contiennent des quantités bien plus fortes, qui dépassent celles renfermées dans les eaux marines. Il existe aussi des lacs d'eau salée.

On le trouve aussi dans les entrailles de la terre, à l'état solide, il constitue alors la roche appelée *sel gemme*, dont les gisements sont très nombreux (§ 30).

Enfin parmi les poussières solides qui flottent dans l'air, on trouve des parcelles de chlorure de sodium.

Ainsi que le fait observer M. Bouant, les eaux souterraines qui ont traversé des gisements de sel gemme en ressortent salées. Telle est l'origine des sources salées, des marais et des lacs salés. La présence du sel marin sous forme

d'efflorescences, qui sortent du sol des steppes salés, tient également à une cause semblable.

« Les lacs salés sont nombreux en Russie, en Sibérie, en Perse, en Hongrie, en Afrique. Le sol même des contrées où sont ces lacs est tout imprégné de sel. L'eau de la mer Morte renferme plus de 22 % de son poids de sel marin. De même, il y a des sources salées dans presque tous les pays : elles sont particulièrement très abondantes en Allemagne. En France, on en connaît vingt-sept, réparties dans les départements de l'Ariège, du Doubs, de Meurthe-et-Moselle, du Jura, des Basses-Alpes et des Basses-Pyrénées » (E. Bouant).

6. Cristallisation du sel. — Dans le commerce, on distingue deux variétés de chlorure

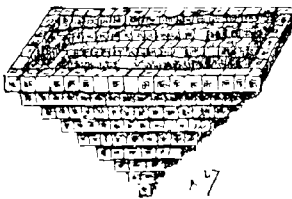


Fig. 1

de sodium, le *sel fin* et le *gros sel* ; mais un examen quelque peu attentif fait voir que les deux sont formés de cristaux très réguliers. Ce sont

de petits cubes qui se groupent et s'unissent de manière à former des sortes de pyramides

creuses quadrangulaires, dont chaque face est constituée par une série de gradins ; ces groupes cristallins sont appelés *trémies* (fig. 1). Voici comment M. Lefebvre explique la formation des trémies à la surface d'une dissolution salée qui, en s'évaporant, abandonne le sel qu'elle contenait : « Supposons qu'un petit cristal cubique se soit d'abord formé ; en vertu de sa plus grande densité, il tend à tomber au fond du liquide (fig. 2) ; mais l'action capillaire le maintient



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Fig. 5

à la surface. Bientôt il se forme d'autres cristaux dans le voisinage du premier : il est parfaitement démontré, en effet, que la présence d'un cristal si petit qu'il soit, facilite la cristallisation. De nouveaux cristaux se groupent autour du premier cadre de manière à en constituer un se-

cond (*fig. 3*): après le dépôt d'un troisième (*fig. 4*), l'aspect serait celui de la *fig. 5* et ainsi de suite. Nous avons supposé qu'il se formait seulement une rangée de petits cristaux cubiques autour des arêtes horizontales du cadre précédemment constitué; mais il peut aussi bien s'en former deux, trois ou quatre rangées contenues dans un même plan horizontal. Il suffit pour cela que le groupe cristallin ne s'enfonce pas dans le liquide, immédiatement après la formation d'une première rangée. On conçoit donc que la hauteur des pyramides creuses peut varier beaucoup par rapport à la largeur de leur base, suivant que le liquide est plus ou moins tranquille et que l'action capillaire est plus ou moins forte. Lorsque, dans les salines, on veut obtenir du sel en *écailles* (en trémies), il faut conduire l'évaporation d'une certaine façon et employer quelques tours de main bien connus des ouvriers qui dirigent l'opération » (§ 38).

Les cristaux du chlorure de sodium sont anhydres, mais on peut l'obtenir hydraté en le faisant cristalliser dans une dissolution refroidie à -12° . Les cristaux ordinaires anhydres, renferment cependant un peu d'eau d'interposition, ce qui les fait décrépiter quand on les projette sur des charbons ardents, à cause de

cette eau qui se volatilise avec rapidité et brise brusquement les cristaux.

Lorsqu'on brise un morceau de sel gemme à coups de marteau, il se casse dans trois directions perpendiculaires entre elles, les fragments ainsi obtenus ont leurs faces planes et parallèles à celles d'un cube, dont elles dérivent, autrement dit, le sel gemme est *clivable* suivant trois plans rectangulaires. La densité du sel marin est de 2,078.

7. Propriétés physiques. — Nous avons vu que lorsqu'on jette du sel sur un corps chauffé au rouge, il décrépité ; si l'on continue à le chauffer, il se fond en un liquide diaphane ; lorsque sa température s'élève au rouge, il se volatilise, surtout sous l'influence d'un courant d'air ou de tout autre gaz.

On sait que le sel marin est très hygrométrique ; cependant, à l'état de pureté absolue, il n'absorbe pas la vapeur d'eau atmosphérique ; l'hygrométrie du sel marin est due, selon toute vraisemblance, à la présence du chlorure de magnésium, qui l'accompagne presque toujours, en petites proportions il est vrai, dans le sel ordinaire.

« L'affinité du sel marin pour l'eau est notable, car il contracte ce liquide ; en s'y dissol-

vant il expulse en grande partie l'air et l'acide carbonique. L'eau saturée de chlorure de sodium produit encore une partie de ces effets avec l'eau pure ; cette affinité explique la contraction qu'il opère sur les tissus, animaux et végétaux en faisant sortir l'eau qui les distend » (Payen).

La solution aqueuse de chlorure de sodium est neutre. En s'accumulant dans les cavités des corps poreux, elle cristallise par l'évaporation, ses cristaux se multiplient graduellement, pressent contre les parois de ces cavités, peuvent les briser et désagréger ainsi la plupart des matériaux de construction plus ou moins perméables (1).

On doit donc employer des pierres ou briques très compactes et résistantes pour la construction des salorges (amas de sel), ou rendre ces matériaux imperméables en les imprégnant à chaud de bitume et les cimentant avec le mastic bitumineux fondu.

Le sel marin est soluble dans l'eau, mais

(1) Le sel marin qui, par cette force de cristallisation, sort en séries de cristaux entre les assises résistantes des pyramides d'Égypte, forme des excroissances cornues, irrégulières, ayant parfois 2 centimètres de diamètre et 8 à 10 centimètres de longueur.

cette solubilité présente des circonstances toutes spéciales. Contrairement à beaucoup d'autres corps (le sucre, par exemple) le chlorure de sodium n'est pas plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide.

TABLEAU I

Solubilité du sel dans l'eau à diverses températures

Températures	Quantités de sel en grammes, dans 100 grammes d'eau	Températures	Quantités de sel en grammes, dans 100 grammes d'eau
— 17,4	26,3	61,4	27,9
7,3	26,4	64,9	28,0
1,1	26,5	68,3	28,1
+ 4,7	26,6	71,1	28,2
10,1	26,7	75,1	28,3
15,3	26,8	78,4	28,4
20,3	26,9	81,7	28,5
25,0	27,0	84,9	28,6
29,6	27,1	88,0	28,7
34,0	27,2	91,0	28,8
38,3	27,3	93,9	28,9
42,4	27,4	96,7	29,0
46,4	27,5	99,5	29,1
50,3	27,6	102,3	29,2
54,1	27,7	105,1	29,3
57,8	27,8	107,9	29,4

TABLEAU II
Densité de l'eau salée

Sel	Densités	
	à 4°	à 18°,75
0	1,0000	//
1	1,0076	1,0071
2	1,0151	1,0143
3	1,0227	1,0215
4	1,0303	1,0287
5	1,0379	1,0359
6	1,0455	1,0432
7	1,0531	1,0506
8	1,0607	1,0580
9	1,0683	1,0654
10	1,0760	1,0729
11	1,0837	1,0804
12	1,0914	1,0879
13	1,0991	1,0956
14	1,1070	1,1032
15	1,1148	1,1109
16	1,1227	1,1187
17	1,1306	1,1265
18	1,1385	1,1344
19	1,1465	1,1422
20	1,1545	1,1504
21	1,1626	1,1584
22	1,1707	1,1666
23	1,1789	1,1748
24	1,1872	1,1830
25	1,1955	1,1913
26	1,2038	1,1997

TABLEAU III
Table pour l'aréomètre de Baumé

Degré du pèse-sel	Densité à 15° centigrades	Sel pour 100
1	1,007	1
2	1,014	2
3	1,022	3
4	1,029	4
5	1,036	5
6	1,044	6
7	1,052	7
8	1,060	8
9	1,067	9
10	1,075	10
11	1,083	11
12	1,091	12
13	1,100	13
14	1,108	14
15	1,116	15
16	1,125	16
17	1,134	18
18	1,143	19
19	1,152	20
20	1,161	21
21	1,171	22
22	1,180	24
23	1,190	25
24	1,199	26
25	1,209	27

2

LARBALETRIER — Le Sel, les salines et les marais salants 2

La solubilité du sel reste à peu près la même à toutes les températures ; elle varie de 35 % à la température de 0°, à 40 % à la température de l'ébullition, qui est de 107°,9 pour la solution saturée. Aussi le sel ne cristallise pas lorsqu'on laisse refroidir une dissolution saturée à chaud : il faut pour y parvenir, évaporer la dissolution et en éliminer l'eau en chauffant pour obtenir le sel qui s'y trouve dissous.

La solubilité du chlorure de sodium dans l'eau a été étudiée avec un soin minutieux par Karsten qui a dressé le tableau I (p. 15).

Il est de toute évidence que l'eau salée a une densité supérieure à l'eau pure.

La densité de l'eau salée contenant une même proportion de sel, dit M. Eugène Lefebvre, varie d'ailleurs avec la température. Le tableau II (p. 16) donne les densités de 4 et 18°,75 (15° Réaumur) de dissolutions salées dans lesquelles la proportion de sel varie de 1 %. La première colonne (*sel*) donne la quantité de sel contenu dans 100 parties de la dissolution.

On peut donc juger de la quantité de sel renfermée dans une dissolution par la densité de celle-ci. Mais la détermination de la densité exacte est une opération difficile, on peut y suppléer par l'emploi de l'aréomètre de Baumé

ou *pèse-sel*, qui n'est autre qu'un flotteur dont le point d'affleurement indique la densité du liquide où il est en équilibre (*fig. 6*) ; on consulte un tableau (tableau III, p. 17) qui donne la teneur en sel marin des solutions salines suivant leur densité.

La graduation du pèse-sel se fait en plongeant l'instrument, d'abord dans l'eau pure, il s'enfonce jusqu'à la partie supérieure de la tige où l'on marque 0 ; puis on le replonge dans un mélange de 15 parties de sel et de 85 parties d'eau pure. Au point d'affleurement, on marque 15 ; l'intervalle est divisé en 15 parties égales et on continue les divisions dans toute la longueur du tube.

Toutes ces déterminations de densité, ainsi que la graduation de l'aréomètre, doivent être faites à la température de 15° centigrades.

Le sel est, de tous les corps solides, celui qui est le plus diathermane, c'est-à-dire celui qui se laisse le plus facilement traverser par la

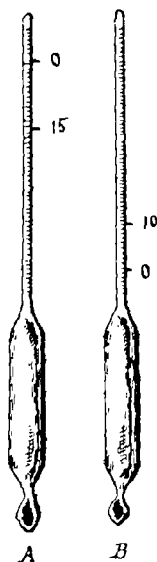


Fig 6

TABLEAU IV

Points d'ébullition et de congélation de l'eau salée

Sel dans 100 parties de dissolution	Point de congélation	Point d'ébullition
	Degrés	Degrés
0	0	+ 100
1	— 0,76	100,21
2	1,52	100,42
3	2,28	100,64
4	3,03	100,87
5	3,78	101,10
6	4,52	101,34
7	5,26	101,59
8	5,99	101,85
9	6,72	102,11
10	7,44	102,38
11	8,16	102,66
12	8,88	102,94
13	9,59	103,23
14	10,29	103,53
15	10,99	103,83
16	11,69	104,14
17	12,39	104,48
18	13,07	104,79
19	13,76	105,12
20	14,44	105,46
21	15,11	105,81
22	15,78	106,16
23	16,45	106,52
24	17,11	106,89
25	17,77	107,27
26	18,42	107,65
27	"	108,04
28	"	108,43
29	"	108,23
29,4	"	109,04

chaleur ; il laisse passer les 0,92 de la chaleur qu'il reçoit ; toutefois l'observation qui précède s'applique au sel gemme. Le sel fabriqué et cristallisé artificiellement ne laisse passer qu'une quantité de chaleur beaucoup moindre, soit environ 0,12 de la chaleur qu'il reçoit.

L'eau salée bout à une température supérieure à 100° et, lorsqu'elle est saturée, elle n'entre en ébullition qu'à 109°, en raison de sa grande densité. Cette solution présente une autre propriété importante, elle ne se congèle qu'au-dessous de 0°, aussi l'eau de mer, même abritée et tranquille, ne se prend-elle en glace que par des froids très intenses. Lorsque l'eau se congèle, la glace qui se forme laisse le sel à l'état solide. Les habitants des côtes de la mer Baltique attendent la congélation de la mer pour faire leur provision de sel.

Le tableau IV (p. 20) donne les points d'ébullition et de congélation de l'eau contenant des quantités croissantes de sel, d'après Karsten.

8. Action du sel sur la glace. Mélanges réfrigérants. — Le sel et la glace mis en présence déterminent la fusion rapide de cette dernière. Cette propriété est appliquée, à Paris notamment, pour provoquer la fusion rapide de

la neige qui tombe dans la rue. Pour cet usage, on emploie du gros sel, impropre à la consommation et exempt d'impôt. Toutefois l'emploi du sel dans ces conditions présente un inconvénient : le mélange forme d'abord une bouillie liquide dont la température est d'environ -20° , bouillie dans laquelle il est très désagréable de marcher.

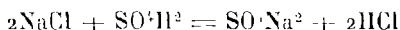
Ce phénomène s'explique en songeant que lorsqu'on met du sel sur de la glace ou de la neige, celles-ci fondent aussitôt, sans avoir le temps de prendre de la chaleur aux corps voisins, mais, comme la fusion ne peut avoir lieu sans chaleur, la glace en emprunte à elle-même et au sel qui la recouvre : leur température s'abaisse donc puisqu'ils perdent de la chaleur, en un mot, il se produit un *mélange réfrigérant*.

Le mélange le plus souvent employé est celui de 2 parties de neige ou de glace pilée et de 1 partie de sel. Les deux corps fondent ; chacun absorbe pour cela de la chaleur, de là un refroidissement d'environ -17° , température qu'on ne peut dépasser puisque le sel n'est plus soluble dans l'eau à -20° . C'est ce mélange qu'utilisent les glaciers pour la confection des sorbets, bombes glacées, etc.

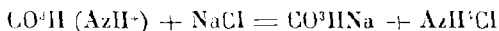
9. Propriétés chimiques. — Le sel est insoluble dans l'alcool absolu : il se dissout faiblement dans l'alcool peu étendu dont il colore la flamme en jaune.

Le chlorure de sodium est précipité de ses solutions saturées par l'acide chlorhydrique, ce qui le différencie du chlorure de potassium. Le sel marin est indécomposable par la chaleur, mais il est décomposé par la pile électrique, en chlore, qui se porte sur l'électrode positive et en sodium qui se rend au pôle négatif.

Traité par l'acide sulfurique, le chlorure de sodium donne de l'acide chlorhydrique et du sulfate de sodium :



Il est décomposé par le carbonate acide d'ammonium avec formation de bicarbonate de sodium :



Ces deux réactions ont une grande importance industrielle, la dernière est utilisée pour la préparation de la soude à l'ammoniaque.

Le sel chauffé avec du massicot (protoxyde de plomb), se décompose en donnant du chlorure de plomb et de la soude.

En présence de la silice hydratée, la vapeur d'eau décompose le sel marin, en donnant de l'acide chlorhydrique et du silicate de soude.

Le sel marin est partiellement décomposé par l'acide oxalique.

Le potassium décompose le sel marin en sodium et chlorure de potassium :



Enfin, le chlorure de sodium forme un grand nombre de sels doubles.

Nous avons vu plus haut que le chlorure de

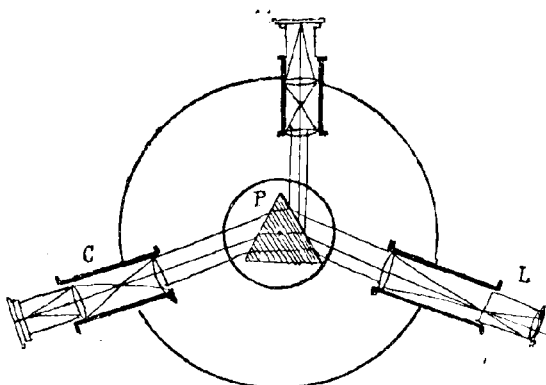


Fig. 7

sodium communique à la flamme une coloration

jaune. Il est intéressant d'étudier cette flamme au spectroscope. Le tube C (*fig. 7*) reçoit, à travers une fente étroite, les rayons de la flamme d'un bec Bunsen, dans lequel brûle un peu de sel soutenu sur un fil de platine : ces rayons traversent le prisme P placé au centre de l'appareil, se séparent s'ils ont des réfrangibilités différentes, et viennent alors donner dans la lunette L une image colorée et étalée de la fente par laquelle ils sont entrés. Si la lumière émise est homogène, les rayons se dévient également dans leur passage à travers le prisme, mais ne fournissent alors qu'une simple ligne lumineuse, dont la coloration et la position changent en même temps.

« L'expérience ainsi faite, dit M. E. Lefebvre, montre que la lumière émise par une flamme, où se trouvent des vapeurs de sel commun, est très sensiblement homogène. L'image de la fente du spectroscope apparaît comme une simple fente lumineuse d'un beau jaune et qui correspond à la raie noire D du spectre solaire (*fig. 8*). Si l'on emploie un instrument ayant un fort pouvoir dispersif, la raie jaune se dédouble en deux lignes séparées l'une de l'autre, mais très rapprochées. Cette réaction est si extraordinairement sensible, que le sel marin renfermé dans

les poussières atmosphériques suffit pour produire le phénomène. En regardant à travers le spectroscopie, la flamme obscure du bec Bunsen, dans laquelle on n'a pas mis le fil de platine

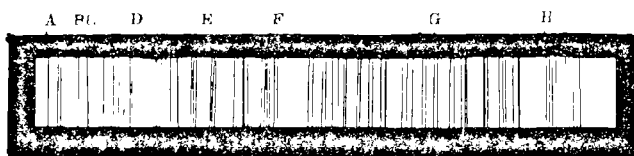


Fig. 8

avec le sel, ou voit apparaître la raie jaune, par intervalles. Ces éclats intermittents correspondent au passage des parcelles salées contenues dans l'atmosphère et que le courant d'air amène dans la flamme ».

10. Réactifs caractéristiques du chlorure de sodium. — Indépendamment de l'analyse spectrale, il y a une autre méthode pour caractériser le sel marin, à la condition toutefois qu'il soit pur.

On fait dissoudre le sel dans l'eau distillée et une petite portion de cette solution est additionnée de quelques gouttes de nitrate d'argent. On obtient alors un précipité blanc de chlorure d'argent. Cette réaction est d'une très grande

sensibilité et permet de trouver les moindres traces de sel dans un liquide. Mais plusieurs autres sels possèdent également la propriété de précipiter avec l'azotate d'argent ; pour être sûr qu'on a affaire à un chlorure, il faut que ce précipité soit soluble dans l'ammoniaque et dans l'hyposulfite de soude, et insoluble dans l'acide nitrique.

Cette réaction nous indique nettement que c'est un chlorure ; mais il faut maintenant caractériser le sodium.

Pour cela nous avons deux réactifs :

Avec le *periodate de potassium basique*, en dissolution concentrée, on a un précipité blanc peu soluble.

Avec le *biméta-ammoniate de potassium*, dissous dans l'eau froide, on a un précipité blanc, cristallisé, fort peu soluble.

Par voie sèche, on peut caractériser le chlorure de sodium pur avec le chalumeau et le charbon. En effet, les chlorures fondent et pénètrent en partie dans le charbon. Ils donnent un enduit blanc qui disparaît à la flamme de réduction.

La soude est caractérisée par la vive coloration jaune de l'extrémité de la flamme bleue du chalumeau ; cette coloration se produit, même

en présence de la potasse ou de la lithine ; elle persiste et devient même plus intense lorsqu'on prolonge l'insufflation. Elle est de la plus grande vivacité lorsqu'on l'observe dans la flamme du gaz d'éclairage produit par le brûleur de Bunsen.

Ainsi que le font remarquer MM. B. Kerl et Jannettaz, la flamme de la soude paraît d'un bleu pur, si la base alcaline s'y trouve en abondance, au travers du verre bleu ; d'un jaune orangé, ou d'un vert grisâtre, pour de petites quantités, au travers du verre rouge ; à travers le verre vert, même lorsqu'elle renferme de petites quantités de soude, la flamme est d'un jaune orangé. Si l'on mouille d'abord l'échantillon avec de l'acide sulfurique, puis qu'on sèche, on peut discerner l'existence de $1/280\ 000$ de milligramme.

Si l'on éclaire avec la flamme de la soude, un cristal de bichromate de potassium qui est rouge, il paraît incolore.

CHAPITRE II

—

LES MARAIS SALANTS ET LE RAFFINAGE DU SEL

11. Composition de l'eau de mer. — La plus grande partie du chlorure de sodium employé chez nous, provient de l'eau de la mer.

L'eau de mer contient de 33,5 à 37,5 parties de sels dissous pour 1 000 d'eau. Ce nombre mesure ce qu'on nomme la *salinité* des eaux marines.

Dans ces sels, le chlorure de sodium entre à lui seul pour 27 parties environ ; viennent ensuite, par ordre d'importance, le chlorure de magnésium, les sulfates de magnésium et de calcium, le chlorure de potassium et le carbonate de calcium.

On y trouve encore, en quantités très minimes, du brome, surtout à l'état de bromure de ma-

gnésium, de l'iode, ainsi que des traces d'argent, de cuivre et même de cobalt (1).

D'une manière générale, ainsi que le fait observer M. F. Priem, on peut dire que l'eau de mer renferme et doit renfermer tous les corps simples. En effet, au début des temps géologiques l'eau a dû emprunter à l'atmosphère tous les corps qu'elle contenait à l'état de vapeurs ; de plus, l'eau des rivières qui arrive à la mer a opéré préalablement un lavage de tous les éléments solubles de la croûte terrestre ; or, il n'est aucun minéral, qui ne soit soluble dans une quantité d'eau suffisante au bout d'un temps plus ou moins long (2).

La salinité des différentes mers présente de légères variations qui sont dues à l'évaporation plus ou moins active et à l'apport plus ou moins considérable des fleuves. Il en résulte que la densité de l'eau de mer n'est pas exactement de 1,028 ; elle est de 1,029 pour la Méditerranée,

(1) L'argent se trouve dans les eaux marines en quantité trop minime pour pouvoir en être extrait économiquement, mais il n'y existe pas moins en proportions sensibles ; ainsi, on a calculé qu'il y a 1 000 kilogrammes d'argent dans un myriamètre cube d'eau du grand Océan.

(2) D'après J. Murray, les eaux des fleuves et des rivières, renferment, en moyenne, par kilomètre cube,

de 1,026 pour l'Océan Pacifique, de 1,039 pour la mer Rouge, de 1,014 pour la mer Noire, etc. Au demeurant, les mers de l'hémisphère austral paraissent être un peu plus légères que celles de l'hémisphère boréal.

La mer Caspienne présente, dans son étendue, de très grandes différences de salinité. « Au voisinage des deltas du Volga, de l'Oural, du Térék,

182600 tonnes de sels en dissolution, qui se répartissent de la manière suivante :

Substances dissoutes	En tonnes
Carbonate de chaux.	78 500
" de magnésie.	27 020
Phosphate de chaux.	690
Sulfate de chaux.	8250
" de soude	7640
" de potasse	4850
Nitrate de soude	6420
<i>Chlorure de sodium.</i>	3630
Chlorure de lithium.	390
" d'ammonium	240
Silice	17 850
Oxyde ferrique	3 110
Alumine.	3 420
Oxyde de manganèse	1 360
Matières organiques	18 920
Total	182 600

dit à ce sujet M. F. Priem, l'eau est presque douce, la salinité est seulement de 9 millièmes. Mais cette mer présente un golfe qui ne communique avec elle que par un canal étroit ; c'est le Karaboghaz ou goufre noir. Là, l'évaporation est très rapide, et sans cesse de l'eau venant de de la Caspienne y dépose du sel. Aussi les eaux du Karaboghaz sont-elles aujourd'hui à peu près saturées, de sorte que la vie a disparu de ce golfe. De Baer a prouvé que le Karaboghar reçoit chaque jour de la Caspienne 350 000 tonnes de sel, qui n'en sortiront plus ».

La salure de la mer varie d'ailleurs avec la profondeur. On croyait autrefois qu'elle n'était salée qu'à la surface, c'est le chimiste Boyle qui releva cette erreur, en faisant remarquer que l'eau salée ne pouvait surnager sur l'eau douce. MM. Pelouze et Reisel, en comparant la composition de l'eau de la Manche à la surface et à la profondeur de 180 brasses ont trouvé que la salure augmentait dans le rapport de 9 à 9,7. Or, comme le maximum de densité de l'eau de mer est à $- 3^{\circ}67$, on voit que le fond de la mer doit toujours être plus froid que la surface.

Le tableau V (page suivante) montre les relations qui existent entre la densité de l'eau de différentes mers et la proportion de sels qu'elles renferment.

TABLEAU V
Composition de 1 000 grammes d'eau de différentes mers

Composition du résidu de l'évaporation	Mer du Nord	Mer Méditerranée	Océan Atlantique	Mer de la Manche	Mer d'Azof	Mer Noire
Chlorure de sodium	33,580	29,421	25,180	25,701	9,551	14,019
" de potassium	0,010	0,305	"	0,064	0,128	0,189
" de magnésium	2,770	3,219	2,910	2,907	0,887	1,304
" de calcium	"	6,080	"	"	"	"
Bromure de sodium	"	0,556	"	0,103	"	"
" de magnésium	"	"	"	0,030	"	0,005
Sulfate de magnésium	1,990	2,477	1,750	2,462	0,764	1,470
" de calcium	1,110	1,317	1,500	1,210	0,288	0,105
" de sodium	"	"	0,270	"	"	"
Carbonate de calcium	"	0,114	"	0,132	0,022	0,365
" de magnésium	"	"	"	"	0,129	0,209
Oxyde de fer	"	0,003	"	"	"	"
Silicate de sodium	"	"	"	0,017	"	"
Totaux	30,460	43,735	31,710	32,677	11,869	17,600

Indépendamment des matières solides qui se trouvent dans l'eau de mer, on y rencontre encore des gaz en dissolution; de l'oxygène, de l'azote et de l'acide carbonique; il y en a plus à une certaine profondeur qu'à la surface, mais on n'en retrouve pas à 1 200 mètres. A la surface, on en trouve des proportions qui varient entre 10 et 30 centimètres cubes par litre, ainsi décomposés, *en moyenne* :

Azote	8 à 17 centimètres cubes	
Oxygène	1 à 3	//
Gaz carbonique	2 à 40	//

Sous ce rapport, il y a d'ailleurs des différences entre les mers considérées; en voici un exemple :

Composition par litre	Océan Atlantique	Méditerranée
Azote	12 ^{cc} ,8	15 ^{cc} ,4
Oxygène	1, 7	2, 8
Gaz carbonique	14, 6	31, 6

Les différences, quoique minimes, qui existent dans la salinité des différentes mers et qui sont indiqués dans le tableau VI (page suivante), ne laissent pas que de se faire sentir sur la flottaison

des bateaux qui calent plus ou moins suivant la salure, c'est-à-dire la densité des eaux qu'ils traversent.

TABLEAU VI
Densité de l'eau de différentes mers

Provenances	Residu pour 1 000 grammes d'eau	Densité de l'eau de mer
Mer Caspienne . . .	6,3	1,005
Mer Noire.	17,6	1,013
Mer Baltique.	17,7	"
Mer du Nord.	30 à 35	"
Océan Pacifique. . . .	32 à 35	1,026
Océan Atlantique . . .	35 à 36	1,027
Mer Méditerranée . . .	37 à 38	1,0285
Mer Rouge	43 à 45	1,034
Mer Morte	270 à 280	1,094
Lac salé de l'Utah. . .	330	"

12. Extraction du sel contenu dans les eaux de la mer. — Connaissant maintenant la composition des eaux de la mer, voyons comment on en extrait le sel.

Cette extraction se fait par trois procédés qui diffèrent suivant les contrées :

1° Par évaporation à l'air libre, dans les marais salants ;

2° Par évaporation en chaudière, au moyen de combustible ;

3° Par la congélation.

Ce dernier procédé n'est employé qu'exceptionnellement, et seulement dans les contrées très froides.

C'est l'évaporation à l'air libre qui est la méthode la plus employée. On l'exécute toujours dans de grands bassins ménagés sur les côtes et désignés sous le nom de *marais salants* dans l'ouest et de *salins* dans le midi.

13. Marais salants. — Suivant la très juste remarque de Payen, l'extraction du sel par l'évaporation de l'eau de mer à l'air libre, dépend essentiellement du climat et des circonstances atmosphériques. Les pays tropicaux, qui sembleraient au premier abord, si propres à l'établissement des salines, n'en possèdent cependant que de peu importantes : c'est dans les régions chaudes et tempérées de l'Europe que se trouvent les principales installations de ce genre.

En France, nous avons des salines sur les bords de l'Océan et sur ceux de la Méditerranée.

Les salines de l'Océan sont petites et nombreuses ; elles sont situées dans les départements de la Charente-Inférieure, de la Loire-Inférieure, de la Vendée et du Morbihan. Le département d'Ille-et-Vilaine en possède sur les côtes de la Manche, mais elles sont peu importantes. Ces

salines sont moins favorisées par le climat que celles du Midi.

D'autres marais salants se trouvent dans la Gironde, ceux de Certes et d'Audenge, sur le bord septentrional du bassin d'Arcachon, du Verdon, de Soulac et de Jau ; dans la Charente Inférieure, ceux des îles de Ré et d'Oléron, de Saint Pierre, d'Arvert, de la Tremblade, de Marennes, de Brouage, d'Ars et de Saint-Martin-de-Ré.

Dans la Vendée, on les rencontre vers les Sables-d'Olonne à la Gachère, à Saint-Gilles, Beauvoir, Boum. Mais les plus célèbres marais salants sont ceux de la Loire-Inférieure, qui vont de l'embouchure de la Loire à celle de la Vilaine. Les plus importants sont ceux de Saint-Nazaire, du Pouliguen, du Croisic, du Bourg-de-Batz, de Guérande, de Mesquer, de Saint-Molf et d'Assérac. Le Morbihan compte les marais d'Auray, de Carnac, de Sarzeau et d'Ambon.

Ainsi que dans la Manche et dans le Calvados, plusieurs de ces marais salants ne sont plus exploités et on en abandonne d'autres chaque année.

Au Portugal, l'industrie du sel, qui a une grande importance, est groupée autour de quatre centres principaux : Lisbonne, Sétubal, Aveiro, les Algarves.

14. Marais salants de l'Ouest. — Les marais salants de l'Ouest sont favorisés par les grandes marées.

La surface où la saline doit être établie est d'abord égalisée et les terres provenant de ce nivellement, transportées aux environs, constituent un sol artificiel appelé *bosses* qui est consacré à la culture.

La campagne des marais salants dans l'Ouest, commence au milieu de mai ; les premiers dépôts de sel se forment en juin et on cesse l'extraction en septembre.

Elle est pratiquée par les *paludiers*, population forte et courageuse, remarquable par sa sobriété et son endurance ; le véritable type du paludier habite le Bourg-de-Batz. Ce sont des hommes bien charpentés et robustes, les femmes, non moins vigoureuses, ont une fraîcheur de teint remarquable.

C'est un jeu pour une paludière de porter sur la tête une *gedde* contenant 30 kilogrammes de sel ⁽¹⁾.

(¹ Les habitants du Bourg de-Batz, prétendent ne pas appartenir à la même race que les populations bretonnes des villages environnants ; ils se croient de souche scandinave ou saxonne ; cependant, ni l'aspect physique, ni le costume, ni la langue des paludiers de Batz, n'indiquent une ligne de séparation nette entre

Nous donnons (*fig. 9*) le plan d'une saline de l'Ouest, des environs de Guérande; l'eau de mer entre par une écluse dans un grand bassin appelé *jas* ou *vasière* (2), qui se trouve placé à un niveau tel qu'il ne peut être rempli qu'à l'époque des grandes marées, et qu'il soit plus élevé que la série des bassins d'évaporation qui suivent.

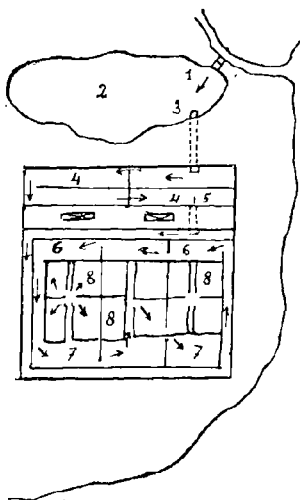


Fig. 9

eux et leurs voisins du plateau de Guérande : les anciens costumes, qui ont à peu près disparu, sauf la coiffe des femmes, étaient de même apparence générale, et la langue, fort rapprochée du vannetais, était jadis bretonne : actuellement, il reste seulement, dans les hameaux avoisinant Batz, 400 personnes environ parlant l'ancien dialecte. Tous les habitants du bourg se marient entre eux, tous sont cousins les uns des autres, et les familles qui portent le même nom sont si nombreuses qu'il faut les distinguer par des sobriquets (Élisée Reclus).

Du jas, on fait pénétrer l'eau dans un réservoir appelé *cobier* ou *métière* où, après une première concentration partielle, on l'évacue dans des compartiments appelés *fares*, *vivres* ou *adernes* (6) qui sont disposés sur le pourtour de la saline et

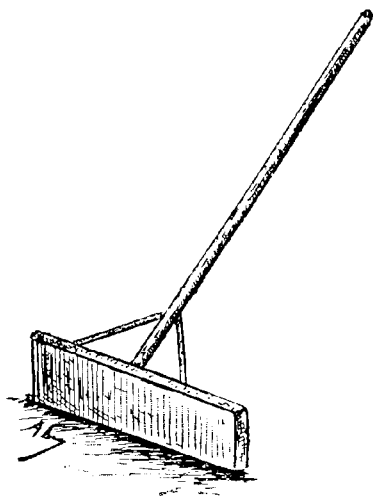


Fig. 10

qu'elle parcourt en diagonale. Ensuite, après un certain séjour dans les compartiments inférieurs appelés *morts* (7), où elle atteint son point de saturation, elle est dirigée dans les *œilletts* (8) ou tables salantes, où la cristallisation s'effectue.

Tous ces passages se font naturellement, le n° 2 étant le plan le plus élevé et le n° 8, c'est-à-dire les œillets, se trouvant au plan le plus bas ; là, la couche d'eau est réduite à 2 centimètres sur les bords et 1 centimètre dans la portion centrale. En raison de leur niveau inférieur, on entoure les œillets de hautes digues appelées *tremets* ou *bosses*, qui les protègent contre les inondations.

Le paludier vient tous les deux jours pendant la bonne saison, avec le *rabble* ou *rouable*, grand râteau en bois (*fig. 10*), attirer sur une petite plate-forme ou *ladure*, le sel qui s'est formé dans l'œillet. A mesure que les petits tas s'égouttent, on les réunit en tas plus gros que l'on recouvre de terre glaise. Sous cette couverture, qui le préserve de la pluie, le sel continue à abaudonner les composés déliquescents, qui s'écoulent par de petits canaux ménagés dans la masse.

Le *sel blanc* est écrémé à la surface et recueilli à part ; le sel ramassé au fond (*gros sel*), le plus abondant, retient encore des particules terreuses, il est en gros cristaux et présente une teinte grise, de là le nom de *sel gris* qu'on lui donne souvent. Tantôt on le livre tel quel au commerce, tantôt il est soumis au raffinage (§ 18). Voici, d'après M. Arsandaux, les proportions suivant lesquelles les différentes sur-

faces sont réparties pour une exploitation de ce genre :

Vasière	40 à 42 ⁰ 0
Fares et adernes	38 à 40
Cèllets	6 à 7

Les vasières ont de 0^m,60 à 2 mètres de profondeur, les couches de 0^m,25 à 0^m,45, les fares de 70 à 80 mètres carrés de superficie et les cèllets de 70 à 75.

Afin de faciliter le travail, on n'évacue pas les eaux-mères ; chaque fois qu'elles ont atteint 32 à 35°B. de concentration, on introduit une nouvelle quantité d'eau saturée afin d'utiliser les sels de magnésie des eaux résiduaires qui, diminuant la solubilité du chlorure de sodium, favorisent sa cristallisation.

Cette méthode offre l'inconvénient suivant : comme les cèllets ne sont jamais à sec, les paludiers sont obligés de tirer au bord les croûtes de sel qui se sont déposées au fond. Outre la difficulté du travail, cela oblige à donner à ces bassins une largeur de 6 à 7 mètres, ce qui occasionne de fortes dépenses.

A Bourgneuf, le sel est déposé sur une partie disposée en plate-forme, des digues en terre qui séparent les salines ; cette plate-forme s'appelle

teosselier ; le sel y est recouvert, pour être préservé de la pluie, par des herbes grossières ou *rouches*.

Dans les marais de Guérande, ce sel est porté de la ladure au *mulon*, qui est soustrait à l'action des pluies, ainsi que nous l'avons dit, par un revêtement de terre argileuse. Ce sont les femmes et les enfants qui transportent ainsi le sel.

Les mulons restent en cet état pendant un temps plus ou moins long, suivant les circonstances atmosphériques ; l'humidité de l'air, les eaux pluviales pénètrent à travers la couverture, dissolvent peu à peu les sels déliquescents, comme ceux de magnésie, qui communiquent au sel une saveur amère.

Ceux-ci s'écoulent par le bas de la meule, et le déchet causé, soit par leur disparition, soit par la dessiccation du sel, est environ de 5 % la première année et 2 % les années suivantes.

Ainsi que le fait remarquer M. Ad. Joanne, dans sa *Géographie de la Loire-Inférieure*, la culture des marais salants est complètement abandonnée aux colons par les propriétaires qui, la plupart du temps, ignorent même l'emplacement de leurs œillets. Les marais salants de la rive droite de la Loire sont répartis entre 1609,

et ceux de la rive gauche entre 280 propriétaires. L'œillet produit en moyenne 1200 kilogrammes de sel gris et 80 kilogrammes de sel blanc. Il faut à peu près 40 jours de saunaison, entre le mois de juin et le mois de septembre pour obtenir une récolte moyenne. En hiver, le paludier se borne à entretenir les rigoles d'alimentation.

Les paludiers sont fort mal rémunérés ; lorsque le temps est beau, ils fournissent une journée de travail partant de 5 heures du matin à 8 heures du soir et reçoivent de ce fait la somme de 3 francs ou son équivalent en sel, qu'il vend ensuite. Ce maigre salaire provient de la surproduction du sel dans l'Ouest et du manque de débouchés.

15. Variations locales. — « Suivant les localités, dit M. F. Billon, les détails de la fabrication varient légèrement. C'est ainsi que, dans les marais de la Charente-Inférieure, on retire le sel à des intervalles variant de 5 à 3 jours. A la fin de la campagne, vers septembre, on ne fait plus qu'une récolte par semaine. En Vendée, on tire le sel tous les trois jours, la couche d'eau qu'on introduit dans les œillets est de 3 à 4 centimètres. Aux Sables-d'Olonne, à Noirmoutier, la couche ne dépasse pas 2 centimètres et la récolte se fait souvent tous les jours.

« La récolte se termine en septembre, moins par le fait des conditions atmosphériques défavorables que par un phénomène que les paludiers désignent sous le nom d'*échaudement* des œillets, et qui résulte de la concentration indéfinie des eaux-mères » (F. Billon).

C'est là un gros inconvénient, aussi la méthode longue et imparfaite suivie par les paludiers de l'Ouest a-t-elle été perfectionnée par Roux, de Rochefort.

« Une grande pièce, dite *nourrice*, reçoit l'eau de mer qui sort des fares et s'y concentre à 24° B. Elle communique avec trois aires latérales dont le sol est propre et bien battu ».

Celles-ci reçoivent l'eau très limpide de la *nourrice*, sur une couche de 2 à 3 centimètres, on l'y laisse séjourner 10 à 15 jours et plus, sans l'agiter ni la brasser. Le sel ne tarde pas à se déposer parfaitement blanc, en couches plus ou moins considérables. On surveille la concentration de l'eau, de manière à maintenir sa densité au-dessus de 27 à 28°, et l'eau de la *nourrice* au fur et à mesure qu'elle s'évapore est remplacée par une nouvelle eau venant des fares ou *nutrants*.

On ne recueille le sel qu'au bout de 10 ou 15 jours et son égouttement se fait au bord de

l'aire salante, sort par l'action d'une essoreuse centrifuge. On l'expose ensuite au soleil en couches peu épaisses, avant de le mettre en pyramides. Ce mode de traitement est certainement bien plus simple que le difficile travail d'enlèvement du sel des œillets. Aussi le sel, se produisant d'une façon continue, donne des cristaux remarquables par leur pureté et leur volume. La cristallisation est poussée aussi loin que possible, sauf, bien entendu, dans le cas d'un changement de temps, où l'on enlève le sel tout de suite.

Soumis à l'analyse, le sel préparé ainsi, a donné, comparativement à celui obtenu par le procédé ordinaire, des résultats très concluants. Il contient jusqu'à 97 % de chlorure de sodium pur, et des quantités extrêmement faibles de chlorure et de sulfate de magnésium, ainsi que de matières étrangères) (1).

16. Marais salants du Portugal.— C'est le Portugal qui est, en Europe, le pays saunier par excellence. Déjà, au temps de Pline, la ville de Setubal (alors Cetobriga) produisait l'un des sels les plus renommés. Les prix auxquels on le livre, dans nos ports, sont encore

(1) Dans l'Ouest de la France, l'importance du rende-

inférieurs à ceux des paludiers de l'Ouest et peuvent les concurrencer sérieusement.

La plupart des marais salants de ce pays sont formés d'un seul bassin de concentration dont le fond est souvent feutré par les filaments enchevêtrés d'une algue verte, ce feutrage semble avoir une influence spéciale sur la qualité du sel.

Ce bassin communique avec la mer par un chenal muni d'une vanne, il reçoit l'eau à marée haute.

La saison commence en mai. Le marais est, à ce moment, couvert d'eau qu'on y a introduit au

ment, d'ailleurs très variable suivant les influences atmosphériques, est à peu près le suivant :

Départements		Tonnes par hectare de marais
Morbihan		7 à 8
Loire-Inférieure	{ rive droite	25
	{ rive gauche	22 à 24
Vendée	{ Les Sables, Saint-	
	{ Gilles	15
	{ Beauvoir	30
Charente-Inférieure.	{ Noirmoutier	18
	{ Marennes	7 à 11
	{ Oléron	10
	{ Ré	12

mois de septembre de l'année précédente et qui donne la première récolte de sel.

Les marais salants du Portugal fournissent trois qualités de sel, qui présentent des compositions différentes, ci-dessous indiquées :

Désignation	1 ^{re} Qualité	2 ^e Qualité	3 ^e Qualité
Chlorure de sodium	93	84	80
Sulfate de magnésium	1,7	6,2	7,3
" de calcium	0,6	0,8	3,6
Eau	2,5	3,6	8,4

L'eau étant introduite, au bout de quarante jours, le niveau ayant baissé a déjà laissé déposer du gypse ou sulfate de calcium, et parfois un peu de sel. Le saunier procède alors à l'enlèvement de ce gypse, de la boue et des herbes qui garnissent le fond, en prenant les plus grandes précautions pour ne pas blesser le feutrage. Ce nettoyage une fois fait, l'opération se continue régulièrement, par arrivage de nouvelle eau du réservoir. Vingt jours après, la formation du sel commence, elle est complète au bout du même temps, la récolte est « mûre ».

Comme on le voit, elle diffère totalement de ce qu'on voit sur les œillets des salines françaises

car, tandis que dans celles-ci, le sel en cristaux est recouvert d'une épaisse couche d'eau, sur les *maios* portugais, il est à peine mouillé d'une petite quantité d'eau-mère.

La couche atteint jusqu'à 4 centimètres, on l'enlève le soir seulement avec des râbles en bois et le sel est mis en tas.

Vingt jours après, on procède à une seconde récolte. Quelquefois même on en fait une troisième.

Le sel du Portugal semble convenir particulièrement pour le salage des poissons.

17. Marais salants de la Russie méridionale. — « Dans ce pays, dit M. Arsандаux, on fait usage des bassins naturels que les fleuves traversant des steppes forment à leurs embouchures ; ces bassins sont remplis par la mer à l'époque des grandes marées et, pendant les chaleurs, il s'y dépose des croûtes de sel marin qui ont de 4 à 5 centimètres d'épaisseur sur les bords et 40 à 50 centimètres au milieu. A l'approche des pluies, les ouvriers cassent la croûte du fond et traînent les blocs formés sur la terre, ce qui les oblige à entrer dans l'eau et cause de violentes irritations dues à l'action de l'eau saturée de sel sur la peau ».

18. Raffinage du sel. — Avant d'être livré au commerce, le sel brut, et surtout le sel gris

des marais salants de l'Ouest, est soumis à des opérations destinées à en améliorer l'aspect et la qualité. Il subit, soit un simple lavage, soit une épuration complète.

Le lavage consiste simplement à agiter le sel dans de l'eau déjà saturée ; on entraîne ainsi une partie des sels magnésiens et des matières insolubles qui restent en suspension dans l'eau de lavage. Parfois on égoutte le produit et on le chauffe très fortement dans des étuves en maçonnerie. Par ce moyen, il perd environ 7 % d'eau, qu'il retrouve plus tard chez les débitants. On économise ainsi 2 francs par 100 kilogrammes sur les frais d'impôts. Les sels lavés sont broyés par des cylindres broyeurs afin de leur donner un petit grain uniforme et la blancheur.

Le raffinage du sel se fait principalement au Croisic et au Pouliguen, où de petites usines reçoivent par bateaux le sel qui doit subir cette opération.

Le raffinage proprement dit, consiste à précipiter complètement la magnésie en ajoutant un lait de chaux. Notons tout de suite que seuls les sels ayant deux ans de mulons, sont soumis au raffinage.

Les raffineries n'acquittent l'impôt qu'après le raffinage.

Le raffinage commence par une dissolution du sel, suivie d'une seconde cristallisation. Voici comment l'opération est décrite par M. E. Lefebvre :

« La dissolution se fait au moyen d'eau de mer prise au quai le long de l'usine. On laisse d'abord le liquide saturé se clarifier par dépôt dans de grands réservoirs ; puis on l'évapore dans des poêles rectangulaires en tôle, chauffées à la houille. La méthode permet d'obtenir à volonté du sel finfin ou d'ébullition, ou des sels fins, moyens et gros. Il suffit de faire varier la température et la durée des cuites.

« Les poêles ne sont pas couvertes, mais simplement installées dans des chambres fermées, ou même à l'air libre sous des hangars. L'eau n'y est introduite que toutes les vingt-quatre heures ; l'épaisseur d'eau après l'alimentation est de 40 à 50 centimètres ; elle se réduit en une journée à 10 centimètres à peu près. L'extraction du sel est continue pour le sel raffiné finfin ; mais elle n'a lieu que toutes les vingt-quatre heures ou toutes les quarante-huit heures pour les autres types de sels. Au sortir de la poêle, le sel raffiné est mis à égoutter et se dessèche ainsi lentement ; de cette façon, les sels étrangers deliquescents contenus dans les eaux-mères s'éliminent peu à peu

d'eux-mêmes. Quand il faut satisfaire à des commandes urgentes, on sèche le sel à l'étuve ; ce procédé rapide a plusieurs inconvénients. Le sel séché à la chaleur prend souvent une teinte rouge analogue à celle de l'eau des œillets sauvants : en outre, l'eau qui mouille s'évapore seule par l'étuvage ; les produits magnésiens qu'elle tenait en dissolution, restent à l'état solide et se retrouvent dans le sel raffiné, auquel ils communiquent une certaine déliquescence.

« L'eau-mère qui reste dans les poêles n'est retirée que lorsqu'elle marque 28 à 30° B. et que le sel extrait commence à prendre une teinte rougeâtre. On la revivifie par le chauffage ; l'addition de la chaux précipite complètement la magnésie et amène la désulfatation du liquide par la formation d'un abondant précipité de sulfate de chaux. Après ce traitement, l'eau-mère rentre dans le raffinage ».

Dans quelques usines, on retire des eaux-mères un peu de sulfate de soude, en les faisant cristalliser par refroidissement, puis on les évapore à 40° B. Elles se prennent alors en une masse compacte de chlorure de magnésium.

Les sels ayant deux ans de mulon subissent, au raffinage, un déchet qui ne dépasse pas 10 % ;

pour les sels de l'année, ce déchet pourrait atteindre 20 et même 22 $\%$, sans compter que dans ce dernier cas le travail marche mal et qu'il faut évacuer fréquemment les eaux-mères.

Les chiffres suivants donnent une idée des frais de raffinage au Croisic, d'après M. E. Lefebvre :

Une tonne de sel brut rendue à l'usine	15 ^{fr} ,00
Déchet au raffinage (10 $\%$)	1, 50
Combustible; charbon anglais à 30 francs la tonne	
500 kilogrammes par tonne de sel	15, 00
Main-d'œuvre	6, 00
Frais généraux et intérêts	5, 00
Prix total d'une tonne de sel raffiné	<hr/> 31 ^{fr} ,50

CHAPITRE III

LES SALINS DU MIDI

19. Principaux salins. — Les salins du Midi sont favorisés par une température élevée, par des pluies relativement peu abondantes et par l'action du *mistral*, vent très sec qui dessèche tout.

On trouve ces marais salants en très grand nombre sur le littoral de la Méditerranée, où leur étendue totale est d'environ 8 000 hectares. Les plus connus de la côte méditerranéenne sont :

1° Dans les Pyrénées-Orientales, ceux de Durieux et de Cordes ;

2° Dans l'Aude, ceux d'Estarac, du Lac, de Sainte-Lucie, Peyriac et Sigean ;

3° Dans l'Hérault, ceux de Bagnas, Villeroy, Méze, Frontignan, Villeneuve, Gramolet et Pérol ;

4° Dans le Gard, ceux des environs d'Aigues-Mortes et de Peccais ;

5° Dans les Bouches-du-Rhône, ceux de Ponteau, de Martigues (étang de Caronte), de Berre, de Rassouen, de Fos et de Citis, dans la Camargue, ceux de la Vignole, de Giraud et de Badon ;

6° Dans le Var, ceux d'Hyères, de Pesquiers, et des Ambiers.

La plupart de ces salins sont exploités par des Sociétés, ou Compagnies en participation, d'où résulte une grande régularité dans la production et dans la vente.

20. Concentration graduelle des eaux marines. — En raison même des différences qui existent entre les marais salants de l'Océan et ceux de la Méditerranée, l'extraction du sel ne se fait pas tout à fait de la même manière, d'autant plus que la présence des composés qui accompagnent le chlorure de sodium, complique singulièrement la question. L'évaporation qui vient après le moment où l'eau est saturée, donne du sel presque pur, mais à mesure que la densité du liquide augmente, il se produit des réactions entre les différents sels et on n'a plus qu'un produit impur.

Dans le but de se rendre compte en petit des diverses réactions qui peuvent s'opérer dans la

TABLEAU VII

Megres Baume	Volume restant apres depot	Oxyde de fer	Carbonate de chaux	Chlorure de sodium	Sulfate de magnesie	Chlorure de magnesium	Bromure de sodium	Chlorure de potassium	Sulfate de chaux
16,75	0,160	0,003	0,004	"	"	"	"	"	0,560
25	0,112	"	"	"	"	"	"	"	0,605
32,4	0,083	"	"	20,501	0,055	0,126	0,141	"	0,263
Dans les 23 décimètres cubes restant, il y a .			"	1,285	3,392	3,101	0,592	0,534	"

Les volumes sont exprimés en décimètres cubes et les poids en kilogrammes.

concentration de l'eau de mer, M. Usiglio, directeur des usines de Salindres ⁽¹⁾, évapora naturellement un mètre cube d'eau de mer; le tableau VII (p. 56) donne la composition des différents dépôts obtenus, ainsi que les degrés de concentration correspondants.

En consultant ce tableau, on voit que le chlorure de sodium commence à se déposer quand la solution marque environ 25° B., auparavant, il ne s'est déposé que de l'oxyde de fer, du carbonate de chaux et du sulfate de chaux, produits inusités; il convient donc de ne pas les mélanger aux dépôts ultérieurs; aussi, en général, établit-on, dans les salins du Midi, des bassins ayant pour objet: 1° de laisser l'eau déposer loin les matériaux en suspension, l'oxyde de fer et le carbonate de chaux, 2° d'une seconde série dans laquelle on laisse la solution arriver à 25° B., et déposer ainsi tout le sulfate de chaux susceptible de se séparer.

A partir de 25° B., le sel se dépose et le sulfate de chaux également; ce dernier, jusqu'à 30° environ; à ce point, le sulfate de magnésie

(1) Les salines et usines de Salindres sont situées dans le Gard, aux environs d'Alais, et forment l'un des principaux groupes de la Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue.

et le chlorure de magnésium cristallisent avec le chlorure de sodium, mais jusqu'à 32°, la proportion est faible. Enfin, de 32 à 35°, la cristallisation donne relativement une faible quantité de chlorure de sodium et ce sont les corps étrangers arrivant à la proportion de 30 ‰, qui prennent la plus grande importance.

D'après ce qui précède, on voit nettement les différentes divisions du travail qu'il faut réaliser :

1° Clarification de l'eau, dépôt de carbonate et de sulfate de chaux ainsi que de l'oxyde de fer.

2° Concentration jusqu'à 26 ou 28°.

3° Concentration de 25 ou 28 jusqu'à 32°.

4° Concentration et utilisation des eaux mères.

21. Description d'un salin. — Nous avons vu plus haut, que les marais salants de la Méditerranée affectaient une disposition différente de ceux de l'Océan, d'autant plus que les marées ne se font pas sentir dans la Méditerranée.

Nous prendrons comme type, d'après M. Eug. Lefebvre, le plan de l'installation d'un salin du Midi représenté par la *fig.* 11.

Le salin est un réservoir d'une très grande surface, dont le sol lui-même forme le fond ; l'eau salée y est enfermée sous une faible épaisseur afin de favoriser son évaporation. Comme elle doit se réduire au huitième environ de son

volume avant de commencer à donner du sel, il y a intérêt à recueillir les eaux déjà évaporées et amenées à saturation, dans une partie du marais plus soignée que le reste et qui doit recevoir le dépôt de sel. C'est ainsi qu'on a été amené à

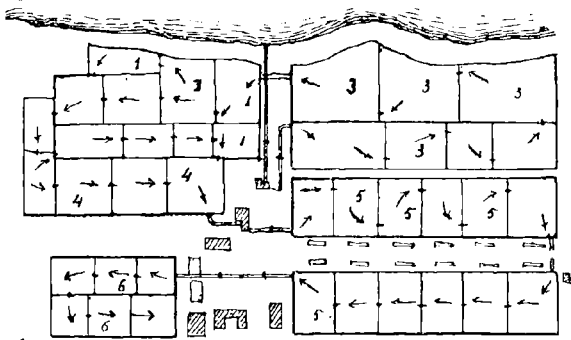


Fig. 11

diviser le marais en plusieurs réservoirs successivement parcourus par les eaux ; les uns servent de *chauffoirs* ou bassins d'évaporation seulement, les autres sont destinés à la continuation de l'évaporation, mais surtout au dépôt du sel.

« Les chauffoirs forment ordinairement deux séries de bassins. Les premiers qu'on nomme *partèments extérieurs* (3,3,3) reçoivent directement l'eau d'alimentation qui peut y at-

teindre 8° B. ; les seconds, ou *partènements intérieurs* (4,4,4) sont remplis avec l'eau qui sort des premiers : elle se concentre jusqu'à 24°. On l'introduit alors dans les bassins de dépôt ou *tables salantes* (5,5,5). Chacune des subdivisions est elle-même partagée en compartiments disposés en pente légère ; ils communiquent entre eux par des vannes, de sorte que l'eau peut les parcourir successivement. Les tables salantes sont, en outre, séparées entre elles par de petites digues en terre, soutenues au moyen de planches » (E. Lefebvre).

L'eau doit parcourir successivement toutes les parties du salin ; il faut, pour cela, que les divers compartiments présentent les uns par rapport aux autres de petites différences de niveau. L'eau d'alimentation introduite dans les plus élevés coule peu à peu dans ceux qui sont plus bas. Les marées de la Méditerranée étant presque nulles, il faut, pour élever les eaux, avoir recours à une force motrice. Ou bien, pour y parvenir, on fait arriver l'eau primitivement à un niveau assez élevé pour qu'elle puisse parcourir tout le salin ; ou bien encore, ce qui est le cas le plus général, on opère par élévations successives en introduisant l'eau, grâce à une légère différence de niveau dans le premier partènement exté-

rieur; en ménageant ensuite convenablement les pentes, on arrive à faire parcourir à l'eau, la série des partènements extérieurs. Comme le volume d'eau se réduit par l'évaporation, la quantité qu'il faut élever mécaniquement du dernier

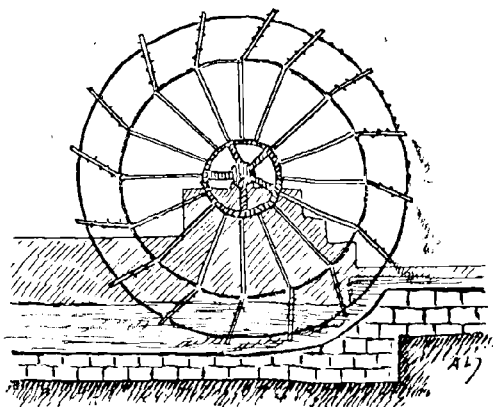


Fig. 12

partènement intérieur est déjà beaucoup moindre. Après cette première élévation, l'eau parcourt d'elle-même les partènements intérieurs; mais il faut l'élever mécaniquement une seconde fois pour la faire arriver aux tables salantes.

Comme machines élévatoires on emploie des pompes foulantes à vapeur, soit de la force de

1 ou 2 chevaux tout au plus, soit des roues à tympan de 3 mètres environ de diamètre, mues par un cheval (*fig.* 12).

22. Obtention du sel. — Au fur et à mesure de l'évaporation, les eaux saturées laissent précipiter des cristaux de sel : la diminution de volume est compensée par l'introduction de nouvelles solutions à 25°. Les premières tables reçoivent ces eaux à 25°, qui se renouvellent, et qui sont les plus riches en sel, tandis que les eaux qui en ont déjà fourni sont refoulées successivement dans les dernières tables : moins riches alors, elles déposent du sel graduellement moins pur. Le sel qui se dépose dans les eaux de 28 à 32°, est en cristaux moins gros et moins transparents, il est moins pur et est par cela même quelquefois soumis au raffinage (§ 18).

On continue à saliner pendant toute la belle saison, puis on opère le levage du sel à la fin de la campagne. Ce levage ou récolte, s'exécute au moyen de pelles plates, ferrées sur les bords, et fixées à un long manche incliné à environ 30 ou 35° sur la surface de la pelle (*fig.* 13) ; on soulève ainsi des plaques de sel qu'on dispose en tas autour des tables, afin de les laisser s'égoutter. Après quelques jours, on accumule le sel en tas énor-

mes appeles *camelles*, qui ont plusieurs milliers de mètres cubes et dont la forme est celle d'un prisme triangulaire tronqué à ses deux extrémités. On établit ces camelles soit à bras

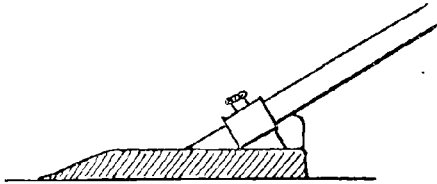


Fig. 13

d'homme à l'aide de paniers, soit avec de petits chemins de fer. Dans la grande saline de Giraud, on opère le levage du sel en bateaux grâce à de petits canaux qui séparent les tables salantes.

Les ouvriers employés aux salins, c'est-à-dire les sauniers ou saliniers, doivent régler constamment la marche des eaux. Un saunier suffit pour un marais d'une vingtaine d'hectares; au dessus, il y a un chef-saunier et un nombre variable de sous-sauniers.

Ces ouvriers reçoivent, en général, un salaire plus élevé que les paludiers de l'Ouest.

Le travail dans les salins du Midi est suspendu de fin septembre à février.

23. Extraction du sel par congélation.—

Dans quelques pays septentrionaux, on extrait une certaine quantité du sel contenu dans la mer par des congélations successives.

On sait, en effet, qu'une solution de sel marin dont la température est suffisamment abaissée au-dessous de zéro, se congèle partiellement; la partie congelée est alors formée d'eau presque pure (glace), tandis que le liquide restant s'est concentré. De cette eau salée, le chlorure de sodium se sépare après une évaporation légère en chaudière. C'est ainsi qu'on procède dans certaines régions de la Russie septentrionale et de la Sibérie.

Notons toutefois, que le sel ainsi obtenu est très impur. C'est ainsi que le sel d'Oustkout renferme :

Chlorure de sodium.	74,85
Sulfate de soude	15,20
Chlorure d'aluminium.	1,17
" de calcium	5,21 (1)
" de magnésium	3,57

Le sulfate de soude est le résultat de la méthode d'extraction employée, car ce sel ne se

(1) La présence du chlorure de calcium est due à un traitement que subissent les eaux avant d'entrer dans les chaudières d'évaporation, traitement ayant pour but d'éliminer les sulfates.

trouve pas en si fortes proportions dans les eaux de la mer. En traitant les eaux par la chaux, on éviterait la formation de ce corps qui est très purgatif; on précipiterait du même coup l'alumine et la magnésie et il se formerait du sulfate de chaux insoluble.

Quoi qu'il en soit, les sels obtenus de cette façon, ceux d'Oustkout, comme ceux de Selenginsk et d'Irkoutsk sont nuisibles à la santé et d'une conservation difficile, en raison des produits déliquescents qu'ils renferment.

24. Extraction du sel par évaporation en chaudière. — L'extraction du sel de l'eau de la mer, par évaporation en chaudière est pratiquée en Normandie sur une petite échelle. On se sert du sable salé qui se trouve sur les côtes pour saturer l'eau de la mer, qui est ensuite évaporée dans des chaudières. On recueille sur le rivage le sable complètement sec, et on le soumet à un lessivage dans des caisses en bois, dont le fond est recouvert d'une couche de paille. « Les eaux saturées de sel, comme le font observer MM. Payen et C. Vincent, sont évaporées et écumées avec soin. On ajoute de l'eau salée et on écume jusqu'à ce que le sel commence à se disposer, puis on évapore à sec.

« Le produit impur ainsi obtenu, est mis dans

LARBALETIERE — Le Sel, les salines et les marais salants 5

des paniers au dessus des chaudières; les sels déliquescents qu'il contient sont éliminés par l'action de la vapeur d'eau; on le transporte ensuite dans des magasins où il achève de se purifier ».

Le sel ainsi obtenu est blanc et très pur.

Le procédé anglais et hollandais est mixte. Il consiste, soit à concentrer l'eau de mer en marais salants, puis à terminer en chaudière à feu de houille; soit encore à amener l'eau de mer à son degré de saturation en y faisant dissoudre une quantité suffisante de sel gemme. La concentration à la fin est effectuée au moyen de chaudières.

CHAPITRE IV

—

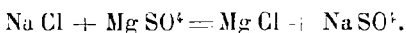
TRAITEMENT DES EAUX-MÈRES DES MARAIS SALANTS

25. Procédé Balard. — Pendant longtemps, les eaux-mères des marais salants ont été rejetées. Aujourd'hui, grâce au procédé indiqué par Balard, on en retire du sulfate de soude et du chlorure de potassium, ainsi que quelques autres sels de moindre importance.

Voici, d'après M. Ém. Bouant, les principes sur lesquels repose ce traitement. On y utilise principalement les variations de solubilité des différents sels à chaud et à froid :

« Les eaux-mères qu'on fait écouler des tables salantes marquent 30° B. On continue à les évaporer jusqu'à ce qu'elles arrivent à marquer 35°. Pendant cette évaporation, elles abandonnent des couches successives de chlorure de sodium (qui se dépose pendant le jour par suite du départ de l'eau), et du sulfate de magnésie (qui se dépose pendant la nuit par suite de l'abaisse-

ment de la température). On a ainsi un premier dépôt qui va servir à préparer du sulfate de soude. Pour cela, on fait dissoudre ce dépôt dans l'eau froide, en hiver, et on y ajoute un excès de sel marin. Il se produit une double décomposition, par suite de l'insolubilité relative du sulfate de soude à cette température; on a :



« Ce sulfate de sodium cristallise très-pur.

« Le traitement ne s'arrête pas là.

« Les eaux-mères primitives qui avaient abandonné le mélange de chlorure de sodium et de sulfate de magnésie marquent 35° B. On les conserve jusqu'à l'hiver dans les bassins profonds où elles cessent de s'évaporer. A cette époque, on les expose en couches minces de grandes surfaces, où elles donnent un nouveau dépôt de sulfate de magnésie, qu'on traite comme le premier.

« Après ce second dépôt, les eaux-mères sont évaporées jusqu'à ce qu'elles marquent 40° B. ; elles laissent alors cristalliser du chlorure double de potassium et de magnésium. Pour séparer l'un de l'autre ces deux sels, on fait dissoudre dans l'eau bouillante, et on évapore; on obtient du chlorure de potassium presque pur, qui se sépare le premier. Quand le chlorure

de magnésium commence à se déposer aussi, on laisse refroidir, et on obtient de nouveau du chlorure double, qu'on traite de la même manière que le premier.

« Les eaux-mères ne contiennent plus alors que du chlorure de magnésium, qu'on fait cristalliser par évaporation et refroidissement.

« La nécessité de faire intervenir le froid de l'hiver a entravé longtemps le traitement des eaux-mères par le procédé Balard, malgré le grand intérêt qu'on avait à en retirer le sulfate de soude et le chlorure de potassium. Aujourd'hui, on se sert du froid produit artificiellement par les machines industrielles ; le traitement est plus coûteux, mais il peut se faire en toutes saisons, il est considérablement simplifié, donne un meilleur rendement, et est, en somme, plus avantageux.

« Dans ce cas, on commence le traitement des eaux-mères quand elles marquent 28° B. ; elles ont alors abandonné les quatre cinquièmes de leur chlorure de sodium. Sans aucune addition, on les refroidit à la température de -18° ; par suite d'une double décomposition elles laissent déposer à l'état de sulfate de soude les quatre-vingt-six centièmes de leur acide sulfurique. On les évapore alors à feu nu, jusqu'à ce qu'elles

pèsent 36° B. ; pendant cette concentration, elles donnent du sel marin très blanc et très pur. Puis par refroidissement, elles abandonnent à peu près toute leur potasse à l'état de chlorure double de potassium et de magnésium ; de ce sel double, on retire le chlorure de potassium comme nous l'avons indiqué ».

26. Obtention du brome. — Des dernières eaux-mères, on peut encore retirer du brome. Pour cela, plusieurs procédés sont employés.

Dans le Midi, on fait passer un courant de chlore dans l'eau-mère ; il se forme un chlorure de magnésium et de brome. Pour en extraire ce dernier corps, on ajoute un peu d'éther, qui dissout le brome en très grande quantité et forme même de l'éther bromé, qui est un produit de substitution. On transforme le brome qui se trouve dans la liqueur en bromure et bromate de potassium par addition d'une solution de potasse concentrée. On calcine, et l'on recueille du bromure de potassium, car le bromate dégage tout son oxygène. On décompose le bromure de potassium absolument comme le chlorure de sodium ; c'est-à-dire avec de l'acide sulfurique et du bioxyde de manganèse. Dans le midi, les eaux-mères donnent de 5 à 6 kilogrammes de brome par mètre cube. Cette in-

dustrie est distincte de celle du chlorure de sodium.

En 1886, M. Leisler, a fait breveter en Angleterre, un procédé particulier d'extraction du brome, qui sert surtout pour le traitement des eaux salées de la mer Morte et pour les eaux-mères provenant de la dissolution des chlorures doubles. On introduit le liquide salin débarrassé des sels et de l'iode, dans un alambic formé d'une cucurbite en fer et d'un chapiteau en plomb ou en grès, avec du bichromate de potasse et de l'acide chlorhydrique étendu. Par l'action de la chaleur, les vapeurs de brome se dégagent, et on les dirige dans un récipient contenant de la tournure de fer, où elles forment du bromure de fer qui se dissout dans l'eau ayant distillé avec le métalloïde. Ce bromure, transformé en bromure de potassium, permet alors d'obtenir le brome à l'état de pureté. Toutefois, nous devons reconnaître que cette méthode est assez coûteuse; aussi à Stassfurt, (§ 44) où l'on traite également les eaux-mères, on fait usage, pour la distillation, de grands appareils en grès ou en pierre, dont les pièces ajustées se lutent au moyen d'argile, de façon à éviter l'emploi de pièces métalliques. Ces cuves ont environ trois mètres cubes de

capacité et présentent, vers le fond, une plaque en grès percée de trous, sur laquelle on dépose des fragments de bioxyde de manganèse, puis on dispose l'appareil pour la distillation. On fait alors écouler dans la cuve les solutions salines qui ont été d'abord débarrassées du chlorure de potassium par une concentration à 35° B., puis ensuite du chlorure de magnésium par une concentration à 40°; elles ont une température de 125°; en même temps, on dirige dans l'appareil un courant de vapeur d'eau. Par suite de la décomposition qui se produit, des vapeurs de brome se dégagent; elles se rendent, par un serpentín en grès, dans un vase à tubulures, où elles se condensent en presque totalité, mais d'où elles peuvent aussi se rendre dans un autre vase contenant de la tournure de fer. Par suite de cette disposition, tout le produit utile, resté à l'état gazeux, se trouve transformé en bromure dans le second vase. M. J. Cloüet, nous apprend que, par ce procédé, dont nous n'indiquons d'ailleurs que le principe, on obtient, à l'usine de Stassfurt (§ 45) environ 30 kilogrammes de brome en vingt-quatre heures.

27. Salins de Berre.— Aux salins de Berre, les eaux-mères non utilisées pour l'obtention des produits chimiques, sont utilisées en vue de la

production d'un engrais potassique, qui est mélangé avec des engrais azotés et phosphatés, ce qui amène la transformation du chlorure de magnésium en phosphate ammoniaco-magnésien, qui se trouve alors associé au sulfate double de potasse et de magnésie, et constitue de ce fait, une matière fertilisante des plus énergiques.

Enfin, d'après MM. Payen et Vincent, « les salines du Midi, livrent encore à l'agriculture un engrais alcalin dans lequel la potasse, la soude et la magnésie existent à l'état de sulfate. Pour préparer ce produit, on traite, d'après ces auteurs, dans des fours à sulfate, le sel d'été (1) par l'acide sulfurique. Après calcination, il reste une matière blanche qu'on pulvérise sous des meules, et qu'on livre à l'agriculture au prix de 15 francs les 100 kilogrammes ».

Nous devons ajouter que, pour notre part, dans nos visites aux salins et usines de la Méditerranée, nous n'avons jamais pu rencontrer cet engrais; probablement qu'il a cessé d'être employé depuis l'extension prise par d'autres engrais chimiques.

(1) Le sel d'été contient du sel marin, du sulfate de magnésium et la presque totalité de la potasse; il provient de la concentration des eaux-mères par évaporation entre 35 et 37°.

CHAPITRE V

—

LE SEL GEMME ET LES SALINES

28. Propriétés du sel-gemme. — On ne trouve pas seulement le chlorure de sodium en dissolution dans les eaux de la mer ; dans un très grand nombre de pays, on le rencontre encore en amas parfois considérables, constituant de véritables roches. Ce sel gemme se trouve dans presque toutes les formations géologiques, comme on peut le voir en examinant le tableau VIII (page suivante).

La forme cristalline du sel gemme est presque toujours celle du cube, rarement celle du rhombododécaèdre.

Incolore et limpide quand il est pur, translucide et parfois même presque transparent, son aspect rappelle un minéral pierreuse, de là le nom de sel gemme. Fréquemment, il est coloré en gris, brun, ou rouge ; plus rarement, il est bleu ou verdâtre. Sa densité est de 2,25 et sa dureté égale à 2. Il présente la réfraction simple.

TABLEAU VIII

Répartition du sel gemme suivant les étages géologiques

Périodes géologiques	Localités où se trouvent les dépôts de sel
Formation contemporaine	Steppes des Kirghises, Arabie, Amérique du sud, mer Morte.
Terrains tertiaires	Cardona (Catalogne); Wieliczka et Bochua (Pologne); Asie mineure; Arménie; Rimini (Italie); Louisiane.
Terrain crétacé	Sources de Westphalie; Algérie
Terrains jurassiques	Sources de Rodenberg; Bex (canton de Vaud, Suisse).
Terrain triasique (Étage keupérien) (marnes irisées)	Lorraine, Franche-Comté; Hal (Tyrol); Hallein et Berchtesgaden, près Salzbourg.
Terrain triasique (Étage franconien) (Muschelkalk)	Cours supérieur du Neckar, du Kocher (Wurtemberg); Ernstthal et Statteinheim (Thuringe).
Terrain triasique (étage vosgien) (grès bigarrés)	Hanovre; Brunswick; Angleterre
Terrain permien (étage du dyas et du Zechstein).	Gera, Asten (Thuringe); Stassfurt, Halle; Sperenberg (Saxe). Steppes Kirghises sur le fleuve Hek.
Terrain carbonifère	New-River (Virginie septentrionale); Durham; Bristol (Angleterre).
Terrain dévonien	Mauquent jusqu'à ce jour.
Terrain silurien	Virginie septentrionale; Salina et Syracuse (État de New-York); Saginaw (Michigan).

TABLEAU IX
Composition de sels gemmes de diverses provenances

Nature des produits	Alsace-Lorraine				Angleterre (Norwich chesler)	Prusse (Stassfurt)	Autriche (Wieliczka)
	Vie						
Chlorure de sodium	99,80	99,30	97,80	90,30	98,30	97,35	100,00
" calcium	"	"	"	"	0,01	"	"
" magnésium	"	"	"	"	0,02	"	traces
Sulfate de sodium	"	"	"	2,00	"	0,45	"
" magnésium	"	"	"	"	"	0,23	"
" calcium	"	0,30	"	5,00	0,65	"	"
Carbonate de magnésium	"	"	"	"	"	5,01	"
" calcium	"	"	"	"	"	"	"
Eau combinée	"	"	"	0,70	"	"	"
" hygrométrique	"	"	"	"	"	0,30	"
Matières insolubles	0,20	0,20	1,90	2,00	1,00	"	"
Totaux	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,54	100,00
Observations	rouge fibreux	"	blanc sale	gris	"	"	blanc

Indépendamment de la forme cristallisée, on trouve encore le sel gemme à l'état fibreux, il est alors composé de fibres droites et épaisses, à cristallisation distincte, fortement translucide; on rencontre aussi le sel gemme granulaire, il contient alors des cavités en forme de cristaux cubiques *négatifs*.

Son état de pureté est assez variable, ainsi que le montrent les deux analyses suivantes, dues à Berthier :

Désignation	I	II
Chlorure de sodium	99,80	90,30
Sulfate de chaux	"	5
" de soude	"	2
Protoxyde de fer	"	0,80
Matières bitumineuses.	0,20	0,60
	100,00	98,70

Le tableau IX (p. 76) donne la composition détaillée de sels gemmes de diverses provenances.

29. Formation. — Les gisements de sel gemme se sont formés par l'évaporation de lagunes, longtemps en communication avec la mer par un canal étroit. Ce phénomène, ainsi que le fait observer M. H. Charpentier, a pu

surtout se produire lors de plissements et de dislocations qui ont déplacé les eaux sur la surface des continents.

« Quand il y a évaporation d'eau de mer, il y a d'abord dépôt de gypse ; aussi trouve-t-on le sel au-dessus de couches de gypse ; on rencontre des gisements de sel, principalement dans les terrains contemporains des dislocations qui ont mis les minerais métalliques en mouvement : cambrien (Chine), silurien (Indes et Amérique du Nord), permo-trias (Russie), miocène (Carpathes), époque actuelle (Caspienne, Algérie et chotts de Tunisie). C'est également dans ces terrains que l'on rencontre les gisements d'hydrocarbures, souvent au voisinage du gypse et du chlorure de sodium, et cette décomposition de l'eau de mer est un des facteurs de la formation des pétroles » (Charpentier).

Le sel gemme, le gypse et l'anhydrite, sont le plus souvent intimement associés ; ils sont d'origine purement chimique ; mais suivant quelques géologues, ces dépôts résultent de l'activité interne du globe ; suivant d'autres, au contraire, ainsi que nous venons de le voir, ils proviendraient de l'évaporation des eaux de la mer.

En effet, nous savons que les volcans dégagent du chlorure de sodium en vapeur qui se

sublime ensuite. Il se dégage aussi de l'acide sulfhydrique. Celui-ci, comme le fait observer M. F. Priem, devenant acide sulfurique en absorbant l'oxygène de l'air, réagit sur des calcaires voisins et transforme le carbonate de chaux en anhydrite ou en gypse, suivant qu'il y a ou non de l'eau en présence. Les sources thermales, liées comme nous le savons, à l'activité interne, ont pu jouer, pense-t-on aussi, un rôle dans la formation du gypse. C'est l'origine que M. Hébert attribuait au gypse du bassin parisien. Suivant lui, le gypse aurait été précipité par des sources minérales dont les produits venaient se déposer au fond de lagunes ou de lacs voisins de la mer. Celle-ci les envahissait de temps en temps comme le montrent les couches marneuses à fossiles marins que présente le gypse. Les eaux douces venant se déverser dans ces lagunes, entraînaient avec elles les restes d'animaux terrestres, et ce sont ces restes (*Palæotherium*, etc.), qu'on retrouve dans les formations gypseuses. Mais les recherches récentes de M. Munier-Chalmas doivent faire abandonner complètement cette opinion. Le gypse provient encore ici d'une évaporation d'eaux marines.

« Sans aucun doute possible, la plus grande

partie des amas de sel gemme et de sulfate de chaux proviennent certainement de l'évaporation des eaux marines. Considérons, en effet, ce qui se passe quand ces eaux s'évaporent à la température ordinaire. Elles laissent d'abord déposer une petite quantité de carbonate de chaux avec du sesquioxyde de fer hydraté, mêlé à une faible proportion de manganèse. Elles restent ensuite parfaitement limpides, jusqu'à ce qu'elles aient diminué des $\frac{4}{5}$ de leur volume primitif. Alors elles déposent un abondant précipité de gypse pur ; puis, quand l'eau est réduite au $\frac{1}{10}$ de son volume primitif, commence le dépôt de sel marin pur qui continue jusqu'à une nouvelle réduction de moitié. Ensuite on a successivement du sel marin mélangé de sulfate de magnésie ; le sel mixte mélangé à équivalents égaux de chlorure de sodium et de sulfate de magnésie ; la carnalite ou chlorure double de potassium et de magnésium ; enfin reste une eau-mère ne contenant plus que des sels déliquescents, comme le chlorure de magnésium, et qui ne pourra plus s'évaporer à la température ordinaire.

« On voit donc que le gypse correspond à une première phase d'évaporation, et le sel gemme

à une seconde. Cela explique que, dans les couches du sol, on trouve souvent des gisements de gypse sans sel gemme, mais qu'on ne connaît pas de sel gemme sans gypse.

« A l'époque actuelle, l'étang de Lavalduc, à l'embouchure du Rhône, complètement isolé de la mer, en est arrivé à la période de dépôt du gypse (1). Son niveau est maintenant à 15 mètres au-dessous de la Méditerranée » (F. Priem).

De ce qui précède, M. Dieulafait tire les conclusions suivantes : « Lors de la première consolidation de l'écorce terrestre, le chlore et le soufre étaient dans l'atmosphère, quand la température fut suffisamment abaissée, ces deux éléments ont formé des chlorures et des sulfates en s'unissant aux métaux qui existaient dans la croûte terrestre. Ces métaux sont ceux qui existent encore dans les eaux marines (lithium, potassium, sodium, magnésium, calcium).

« Les sels dissous dans les eaux ont donc une origine extérieure. Plus tard des portions de mer se sont isolées; elles se sont évaporées et, suivant le degré de concentration, il s'est déposé des sels, parfois de nature assez complexe

(1) DIEULAFAIT. — *Origine et formation des eaux minérales salines*. Revue scientifique du 8 Juillet 1882.

mais qui présentent toujours ce caractère qu'ils débutent par des dépôts de gypse. Telle serait l'origine des gisements salins de notre globe ».

30. Gisements. — Les gisements de sel gemme sont de deux genres; ils affectent la forme de couches contemporaines qui paraissent, d'après M. J. Jagnaux, s'être déposées à la même époque que celles qui les enclavent, ou bien ce sont des amas postérieurs qui semblent s'être intercalés, après coup, dans la masse stratifiée. Le premier mode de gisement ne se rencontre que dans le terrain du trias et plus particulièrement dans les marnes irisées; le second, qui est de beaucoup plus commun, se trouve dans tous les terrains, depuis les anciens terrains secondaires jusqu'aux terrains tertiaires supérieurs.

Marnes, argiles bariolées . . .	}	Keuper inférieur
Bancs de dolomie jaune . . .		
Gypse non salifère		
Dolomie	}	Keuper moyen
Grès fin micacé		
Marne avec gypse et sel . . .		
Dolomie	}	Keuper inférieur
Tourbes charbonneuses . . .		
Lentilles de gypse sans sel . .		
Dolomie inférieure poreuse.		
Muschelkalk		

Le tableau ci-dessus, emprunté à M. H. Char-

pentier, rend compte de la succession des couches salifères du terrain keupérien en Lorraine, près de Nancy, dans les vallées de la Meurthe et du Sanon.

On y exploite des couches lenticulaires de sel, aplaties, régulières et peu inclinées, séparées par des bancs d'argile gypseuse isolée et réparties en deux niveaux : le niveau supérieur, qui est le seul exploité, comprend, à Varangéville, 11 couches de sel (63 mètres), dont une de 20 mètres d'épaisseur, et 4 seulement à Einville-au-Jard (10 mètres au total) ; le sel grisâtre et translucide, contient un peu d'argile et d'anhydrite ; les couches n'affleurent nulle part ; elles diminuent rapidement de puissance vers l'Est et le Sud-Est et se raccordent probablement au Nord (H. Charpentier) avec celles de Dieuze et de Vic. Les principales mines sont celles de Rosières, de Saint-Nicolas, de Varangéville et de Saint-Laurent à Einville où l'on exploite par chantiers souterrains à piliers abandonnés.

Les gisements de sel gemme sont généralement situés à une grande profondeur. En France, dans la Lorraine et la Franche-Comté, les bancs appartiennent à des terrains placés un peu au-dessus de ceux qui contiennent la houille ; ceux de Salzbourg et du Salzkammer-

gut ont une situation analogue. Ceux de Wieliczka sont placés dans des terrains de formation moins ancienne. Par exception, il existe des gisements à fleur de terre comme celui de la célèbre montagne de sel de Cardona, en Espagne, qui a plus de 100 mètres de hauteur et qu'on exploite comme une carrière à ciel ouvert.

Il y a, en France, deux groupes de gisements, dans l'Est et dans les Pyrénées.

Les grands dépôts de l'Est sont partagés entre les départements de Meurthe-et-Moselle, de la Haute-Saône, du Doubs, et du Jura. Les principales salines connues depuis longtemps dans cette région, sont celles de Salins, de Grozous, d'Arc, de Montmorot, de Gouhenaus, de Varangéville, de Dombasle. Celle de Varangéville est la seule où l'on extrait en roches.

Les gisements du département des Basses-Pyrénées sont, par leur rendement, de peu d'importance comparativement aux précédents. Les salines les plus importantes sont celles de Salies, de Briscous et de Villefranque (1).

(1) Certaines villes et bon nombre de villages doivent leurs noms au sel gemme qui s'y trouve ou qu'on y exploite : Salies, Saléons, Salins, Cuâteau-Salins, Sales, Salival, Saulxures, Marsal, Salzbourg, Salzkammergut, etc.

31. Exploitation des salines de Wieliczka. — Les mines de Wieliczka sont les plus célèbres de l'Autriche-Hongrie, et peut être du monde entier. Wieliczka se trouve en Pologne, à deux lieues de Cracovie, sur la rive droite de la Vistule. La mine fut découverte en 1044 et fut mise en exploitation régulière au treizième siècle. Depuis lors, elle n'a pas cessé d'être exploitée et elle compte aujourd'hui plus de 700 kilomètres de galeries qui communiquent avec le dehors par 11 puits. Elles forment une série d'étages superposés et s'étendent sur 3 kilomètres de long, et 2 de large, à une profondeur de 300 mètres.

« Indépendamment du revenu considérable que procure leur exploitation, dit M. Billon, les salines de Wieliczka, sont une curiosité naturelle des plus remarquables. Deux des puits par lesquels se fait l'exploitation sont pourvus d'escaliers pour la descente des mineurs, un troisième escalier, construit par Auguste III et servant à l'introduction des visiteurs ne compte pas moins de 476 gradins en bois. Dans deux autres puits, des manèges mus par des chevaux, servent à l'extraction du sel. Il y a cinq niveaux de galeries, et les chambres d'exploitation, auxquelles on donne aujourd'hui des dimensions beaucoup

moindres, avaient autrefois jusqu'à 50 mètres de hauteur. On y emploie 700 à 800 ouvriers et 400 chevaux. Les ouvriers séjournent dans la mine pendant huit heures par jour, et comme dans les mines de houille, les chevaux n'en sortent qu'à leur mort.

« Les escaliers brillants sont taillés dans le sel le plus souvent. Les parois, les voûtes et les piliers, comme du cristal, réfléchissent féeriquement la lumière des torches et des lampes. Il y a là une salle de réception immense où, sur une estrade supportée par des colonnes de sel se tenait, il y a quelques années, un orchestre ; du milieu du plafond descendait un immense lustre formé de stalactites. Des fêtes furent même données dans ces mines. L'une d'elles, celle de 1624, est même restée célèbre (1) ».

Le sel de Wieliczka se présente sous trois variétés différentes : le *szibikersalz*, qui ne contient en moyenne que 2 % d'argile et de sulfate de chaux ; le *spizasalz*, qui renferme jusqu'à 15 %

(1) On y voit encore une chapelle de Saint-Antoine, taillée à la fin du XVI^e siècle ; tout y est en sel ; murs, maître-autel, statues, etc. Ailleurs, un pont est jeté sur un abîme de 100 mètres de profondeur, et, plus loin, existe un lac d'eau salée de 170 mètres de long sur 12 mètres de profondeur.

d'argile, et le *grundsatz* qui contient une bien plus grande quantité d'argile et de sable intimement mélangé avec lui.

Cette dernière variété forme des lentilles ellipsoïdes disséminées irrégulièrement au milieu de la masse salifère. Chacune d'elles mesure plusieurs milliers de mètres cubes.

On exploite chaque lentille comme l'indique la *fig. 14*. Un de ces amas est rencontré vers le haut et vers le bas par deux galeries AA et BB, d'étages

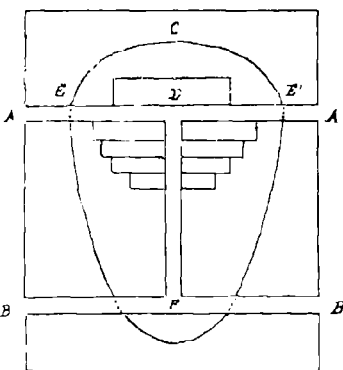


FIG. 14

différents. On commence par enlever la calotte supérieure ACA; pour cela, on pousse autour de la galerie AA de larges fronts de taille jusqu'à ce qu'on arrive aux bords de l'amas de sel; on leur donne une hauteur telle, qu'il reste à la partie supérieure une couche de sel d'environ un mètre pour assurer la solidité de

la voute. Cette première partie de l'exploitation produit une vaste chambre D, à peu près circulaire. On creuse ensuite dans la masse même du sel un puits vertical DF qui fait communiquer les deux galeries AA et BB et qui sert à déblayer les matériaux des cavités que l'abatage doit produire. Celui-ci se fait par gradins, tout autour du puits, en enlevant successivement une série de couronnes, pour chacune desquelles on procède comme pour la calotte supérieure. On taille de grands blocs ayant 50 centimètres de profondeur, 2 mètres de largeur et 3 ou 4 mètres de hauteur : comme les chantiers sont disposés en échelons, il suffit d'isoler le bloc, par une cavité faite au-dessous de lui et par une entaille latérale ; cela fait, on peut, avec des coins et des leviers, le détacher et le pousser peu à peu jusqu'au puits DF. Il y tombe et arrive dans la galerie inférieure, qui sert au roulage au moyen de wagonnets.

32. Exploitation du sel gemme par dissolution. Mines de Salzbouurg et du Salzkammergut. — Ces deux grandes et célèbres salines, sont également situées en Autriche, qui est sans contredit le pays de l'Europe le plus favorisé sous le rapport du sel gemme.

Mais ici, l'exploitation ne se fait plus par puits de mine, elle s'effectue par dissolution.

Il convient de remarquer que, dans tous ces gisements, le sel est rarement pur, il est presque toujours mélangé à de l'argile et à de la marne, ainsi que d'anhydrite et de gypse. La richesse de l'argile salifère en chlorure de sodium varie entre 50 et 55 %.

Deux méthodes sont employées pour extraire le sel par dissolution : la méthode *intermittente*, dans laquelle on introduit dans les mines, divi-

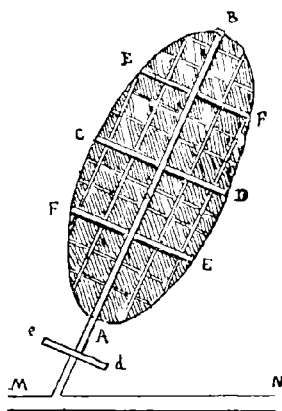


Fig. 15

sées en chambres, de l'eau douce, qui se sature de sel et qu'on amène ensuite au jour pour l'évaporer ; on remplace cette eau saturée par une nouvelle quantité d'eau douce.

Les chambres de dissolution sont formées par un ensemble de galeries réservant entre elles des piliers carrés (*fig. 15*). L'eau dissout le sel

des piliers et du toit et laisse déposer sur le sol de la chambre l'argile à laquelle il était mélangé. Pour établir une chambre nouvelle, la surface elliptique qui représente les dimensions primitives de la chambre, est d'abord isolée par un barrage d'argile *cd*; on creuse ensuite une série de galeries perpendiculaires entre elles qui séparent les piliers; toutes ces galeries AB, CD, EF, sont à hauteur d'homme, mais quelques-unes, intercalées, sont plus étroites.

L'exploitation générale dans les mines de Salzbourg se fait par des étages superposés, dis-

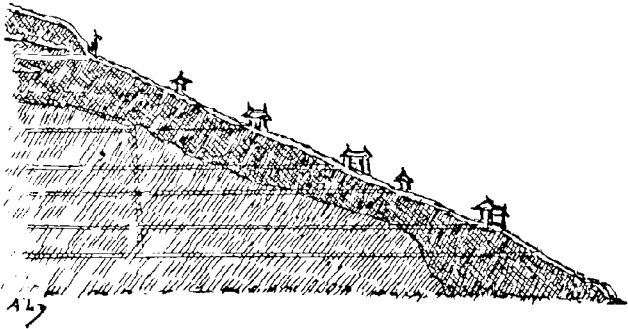


Fig. 16

tant les uns des autres d'environ 40 mètres et communiquant chacun avec l'extérieur par une galerie (*fig. 16*) ou se trouve l'entrée. Dans

chaque étage, on exploite de bas en haut et en commençant par la partie la plus éloignée de l'entrée de la galerie.

Le second procédé d'exploitation du sel gemme par dissolution est la méthode *continue*, qui consiste à faire pénétrer continuellement le liquide dissolvant, dont le débit est réglé de telle sorte que l'eau sortante soit à son maximum de concentration. On perce jusqu'au gisement, un trou de sonde, dans le centre duquel on place un tube, puis on introduit dans l'espace annulaire, de l'eau douce, qui remonte salée dans l'intérieur du tube et que l'on pompe jusqu'à la surface. On la laisse se clarifier dans des réservoirs, et on l'envoie ensuite aux chaudières.

Autrefois on employait ce procédé en Lorraine, mais en raison des effondrements occasionnés par l'eau, il a été abandonné.

Le plus généralement, quand on évapore des dissolutions de sel gemme, il se dépose d'abord un sulfate double de sodium et de calcium appelé *schlot*, puis le chlorure de sodium se précipite, à peu près pur, et il ne reste plus, dans les eaux-mères, que du sulfate de soude, des bromures et des iodures.

La descente d'étage en étage, dans les mines de Salzbourg et du Salzkammergut, se fait au

moyen d'une sorte de glissoire, ou plan incliné à 45° que l'on nomme *rutschbahn* ou simplement *rutsch*.

On s'assied sur la glissoire et on modère la descente en serrant fortement avec un gant de cuir, une corde qui longe le plan incliné. Cette

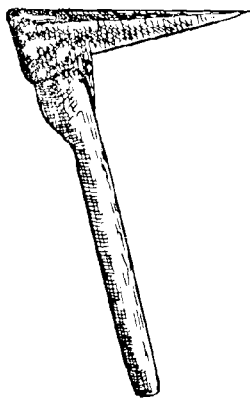


Fig. 17

descente, très originale, est fort amusante pour les visiteurs.

Dans ces mines, les galeries sont creusées avec un pic, d'une grande solidité (*fig. 17*) qui suffit pour la marne et l'argile ; pour entamer le calcaire et l'anhydrite, on fait usage de la poudre.

Pour dissoudre le sel qui cimente les parties argileuses, on fait le travail par l'eau. Le creusement des galeries par ce procédé, consiste à embrancher sur une conduite d'eau, une conduite secondaire *cbj* (*fig. 18*) terminée par un tuyau vertical *ba*, qui est muni à sa partie supérieure, d'une pomme d'arrosoir *i*, laissant

sortir l'eau; en même temps un jet puissant sort à la partie inférieure en *j*. A mesure que la

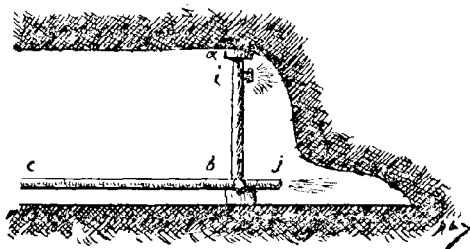


Fig. 18

galerie avance, on met une rallonge à la conduite secondaire.

Ce travail par l'eau est surtout très avantageux pour creuser de petites galeries. En France, il a été appliquée dans les mines de Varangéville, les seules qui, chez nous, soient exploitées encore par galeries.

Nous avons vu que les eaux saturées de sel sont évaporées dans de grandes chaudières; toutes les deux heures, le sel est mis dans des *formes* en bois cerclées de fer disposées en tronc de cône où on le tasse fortement; on obtient ainsi une sorte de pain semblable à un pain de sucre qu'on dessèche fortement à l'étuve. C'est

sous cette forme qu'on vend le sel gemme en Autriche.

Le sel qui les constitue, est assez pur, comme le montre l'analyse suivante :

Chlorure de sodium.	95,06
" de magnésium	0,79
Sulfate de sodium	1,64
" de calcium	0,61
Eau.	1,77
Résidu insoluble	0,13
	100,00

33. Salines de Transylvanie et de Roumanie. — Les gisements de Transylvanie les

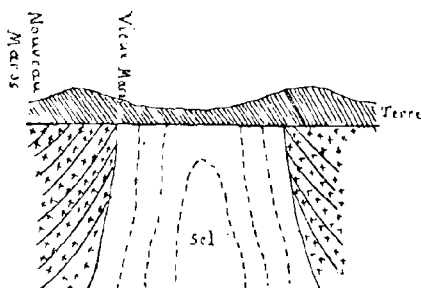


FIG. 19

plus importants sont ceux de Maros, Ujvar, où le gîte a une apparence éruptive. Il y a là du

sel très pur, à 99 $\frac{0}{0}$, du sel mêlé d'un peu de gypse et d'anhydrite, il est dans des argiles tertiaires. Ce gisement affleure sous une faible couche d'alluvions, comme un cône régulier dont la pointe aurait été enlevée par une érosion ultérieure (*fig.* 19). L'exploitation se fait par chambres comme à Wieliczka (§ 31), mais les chambres ici sont rectangulaires, afin de mieux utiliser l'espace. Les chambres d'abatage sont éclairées à l'électricité.

Les autres mines principales de cette région se trouvent à Dees et à Visakna. Les célèbres salines de Marmaros, déjà connues à l'époque romaine appartiennent sensiblement à la même formation; la couche de sel, dont l'épaisseur dépasse 100 mètres est surmontée d'une argile bleuâtre d'environ 40 mètres d'épaisseur.

En Roumanie, se trouvent des argiles rougeâtres salifères qui sont exploitées dans quelques localités. Sur les collines, on trouve aussi des schistes gréseux micacés renfermant du sel avec du gypse et du soufre. Les gîtes, de forme lenticulaire, sont exploités par grandes galeries, surtout à Kampina, Telega, Slanic, Doftana, etc.

34 Groupe salifère de la Lorraine. — Nous avons vu (§ 30) quels étaient les principaux gisements de sel gemme de l'Est, qui ont

une grande importance. Le terrain saliférien qui se développe dans la vallée de la Scille, depuis les environs de Dieuze jusqu'au delà de Vic, présente sur certains points, une épaisseur de sel de 63 à 65 mètres.

« Aux environs de Nancy, dit M. St. Meunier, le terrain saliférien est activement exploité, par

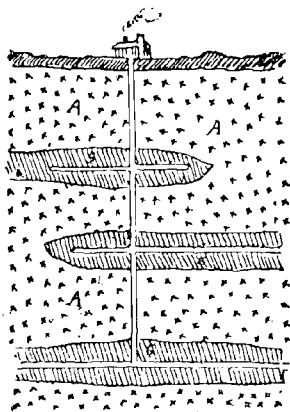


Fig. 20

A, argile.

S, amas lenticulaire de sel.

exemple à Vic, à Dieuze, à Varangéville, à Saint-Nicolas. Des puits et des galeries parfois de très grandes dimensions traversent les grosses lentilles de sel noyées dans les marnes irisées (fig. 20). En certains points, on charge un courant d'eau de remonter le sel dont il s'est saturé dans la profondeur, et l'opéra-

tion se fait à l'aide de deux gros tubes concentriques par l'un desquels on verse de l'eau douce, tandis que l'eau salée remonte par l'autre.

« La visite des grandes galeries de ces mines est très pittoresque. Les Romains déjà, exploitaient le sel de notre Lorraine; ils ont laissé près de Marsal, des vestiges de travaux considérables, par exemple, une chaussée faite de pelotes d'argile cuite après avoir été pétries à la main et qui est des plus singulières.

« Dans la région du Jura et de la Haute-Saône, les conditions du gisement sont sensiblement les mêmes, et on suit pour l'extraction des pratiques tout à fait analogues. C'est à Salins, à Grozon, à Montmorot que l'on rencontre les mines. Le sel est obtenu par dissolution au moyen de trous de sonde poussés jusqu'aux bancs lenticulaires où parviennent en même temps, soit des sources intérieures, soit des eaux qui y sont dirigées de l'extérieur. Les eaux salées, aspirées à l'aide de pompes, marquent en moyenne 22° B., ce qui diffère fort peu du point de saturation. Après une exploitation continue d'une certaine durée, les eaux s'appauvrissent, et on laisse alors reposer les trous de sonde jusqu'à ce que le liquide ait repris une proportion suffisante de sel ».

Ce procédé des trous de sonde est aujourd'hui très employé. Dans bon nombre de localités où l'on traitait autrefois des sources salées à l'aide

des bâtiments de graduation, on a été chercher les dépôts de sel par des trous de sonde.

Voici en quoi consiste ce procédé :

On creuse un trou qui aboutit à la masse ter-

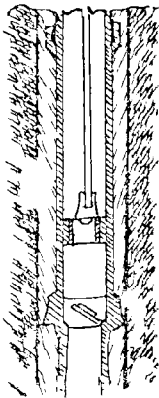
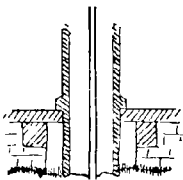


Fig. 21

reuse, riche en sel, et l'on y fait descendre un long tube en cuivre muni d'ouvertures à sa partie inférieure (*fig. 21*). On verse de l'eau entre le trou de sonde et le tube. Le liquide pénétrant dans le terrain, produit une dissolution, dont les parties les plus saturées et, par suite, les plus lourdes, descendent jusqu'au fond; ce sont donc ces parties saturées qui entreront dans le long tube, par les ouvertures inférieures. L'eau continuant d'affluer de l'extérieur, la dissolution concentrée s'élève dans le tube et peut être montée par une pompe jusqu'aux bassins de

clarification et aux chaudières d'évaporation. Dans certains cas, ainsi que le fait remarquer

M. Bouant, il existe même des nappes naturelles d'eau dans les gisements salins ; cette eau se trouve nécessairement saturée, et il suffit de l'amener à la surface et de l'évaporer.

Les tubes employés sont en cuivre, et ont, en général, un centimètre d'épaisseur, ceux en fer, quoique moins chers, se corrodent facilement.

Les circonstances les plus favorables sont celles où l'eau salée remonte jusqu'à la surface et jaillit comme une source artésienne ; mais ce cas est exceptionnel.

Le tube en cuivre se compose d'une série de tronçons réunis par des pas de vis. Comme son poids est considérable, on tâche de l'appuyer en bas, sur une roche résistante. Le dernier tronçon est fermé au bout et muni, ainsi que nous l'avons dit, d'un grand nombre de trous. Cette partie plonge dans l'eau salée. Au niveau du collet se trouve une soupape, visible sur la *fig. 21*, et dans le tube qui suit, un piston, muni par une longue tige.

Le trou de sonde, ainsi établi, peut fournir pendant très longtemps de très bons résultats.

Ainsi que le fait observer M. Billon, l'eau salée, au sortir du trou de sonde, ne peut être envoyée directement aux chaudières. Elle est trouble et les particules qu'elle contient, ne se

déposant que très lentement, nécessitent son passage dans des réservoirs très vastes où elles s'emmagasinent pendant le temps nécessaire. Les bassins ont une autre utilité. Il peut arriver en effet, que par la mise hors d'usage des pompes, par suite d'un éboulement, l'usine soit privée d'eau salée momentanément, ou qu'au contraire, l'extraction excède la puissance évaporatoire de l'usine. Les réservoirs maintiennent l'équilibre entre les diverses parties de la fabrication. On les construit d'ordinaire en madriers de sapin bien planés, dont les joints sont garnis de chanvre et protégés par des couvre joints extérieurs. Le tout est consolidé par des cadres et placé fréquemment dans le sol. Dans le cas contraire, on les enduit d'une couche de terre glaise sur toute leur hauteur. Un toit les protège de la pluie et évite l'affaiblissement de l'eau salée. Rarement, on peut se contenter d'une excavation dans le sol, que l'on garnit d'argile et que l'on consolide par des madriers ou des pierres.

« Quelquefois, avant d'envoyer la saumure aux chaudières, on lui fait subir une sorte d'épuration chimique. Le plus souvent, elle consiste dans l'addition d'un lait de chaux. Les sels de magnésie sont aussi transformés en sul-

fate de chaux et en magnésie hydratée, l'un et l'autre presque insolubles, et qui se précipitent, entraînant en même temps, par une sorte de *collage*, le fer, l'alumine et les matières organiques. Un excès de lait de chaux est un accident fâcheux, qui rendrait la consommation très pénible, on y remédie, quand on le constate, par une nouvelle addition d'eau salée.

« Parfois, l'épuration peut se faire par le simple mélange d'eaux salées diverses. C'est ainsi qu'une source contenant du chlorure de calcium précipitera les sulfates de soude et de magnésie contenus dans une autre source. Il peut aussi se présenter le cas où deux sources contiennent séparément, l'une du chlorure de magnésium, l'autre du sulfate de soude. En les mélangeant, on pourra précipiter par une seule opération l'un et l'autre sel, par addition de chaux et se dispenser ainsi d'une double opération ».

C'est d'après ces opérations que la saumure, clarifiée et décantée, est envoyée aux appareils d'évaporation.

35. Groupe salifère des Pyrénées. — Dans les Basses-Pyrénées, c'est du côté de Salles-de-Béarn que le sel est le plus abondant ; on le retrouve dans les Landes jusqu'à Dax. Il est

associe à des pointements de roches ophitiques (diorite), au voisinage desquelles les gypses contiennent des grains de quartz cristallisé, des paillettes d'oligiste et d'autres accidents minéralogiques significatifs (St. Meunier).

Dans ces diverses localités, notamment à Briscou, Orthis et Salies, on extrait le sel gemme par dissolution au moyen de trous de sonde, et à Villefranque, où on l'amène à la surface du sol par une galerie, on le dissout également pour le purifier. Pour y parvenir, on sépare les fragments menus, beaucoup plus solubles, des gros blocs. Lorsqu'un bloc se casse, en effet, cette cassure suit toujours les lignes de moindre résistance, où le sel est plus terreux. Le sel menu est placé dans une caisse en bois percée de trous, et arrosé d'eau en pluie fine, qui le dissout et se rend dans des bassins en ciment. Ceux-ci sont recouverts d'une grille sur laquelle on dispose les blocs qui se dissolvent peu à peu et amènent la dissolution jusqu'à 24° Baumé de concentration.

36. Gisements salifères de l'Angleterre.

— De l'autre côté du détroit, le gisement du Cheshire, situé non loin de Liverpool, est un des plus importants du monde entier. « On exporte, dit M. H. Charpentier, le sel, comme

lest, par les nombreux navires qui partent de Liverpool pour chercher des chargements de coton et d'autres matières aux Indes, en Amérique ou en Australie. On fabrique aussi, en Angleterre, une grande quantité de carbonate de soude avec le chlorure de sodium extrait du Cheshire.

« Le gisement, situé dans le Keuper inférieur et le Keuper moyen, comprend, à Northwich, deux couches de sel gemme de 25 mètres de puissance chacune : *top bed*, ou lit supérieur (49 mètres de profondeur), et *bottom bed*, ou lit inférieur (84 mètres de profondeur). Ces deux couches sont séparées par des marnes dures, sur lesquelles on associe les cuvelages des puits. Entre la couche supérieure (*top bed*) et la couche des marnes dures et imperméables (*flag*) qui la surmonte, circule une nappe d'eau qui dissout le sel du *top bed* ».

L'eau pénètre par les affleurements comme dans le bassin de Paris. Il y avait, autrefois, des sources salées jaillissantes que l'on obtenait en perçant les *flags*; mais le trop grand nombre de forages a diminué actuellement la charge des eaux.

La couche de sel a une superficie de 32 kilomètres sur 24 et une épaisseur moyenne de

45 mètres, dont 25 situés au-dessus de la mer sont exploitables. Il y a donc près de 40 milliards de tonnes de sel en réserve dans cette région.

L'exploitation se fait, en général, par dissolution ; cependant on exploite, en certains points, le bottom bed par mines souterraines, en réservant un mètre de plancher et 18 mètres de plafond ; les 6 mètres de hauteur exploités sont partagés en deux étages de 2 et de 4 mètres, abattus l'un au pic et à la mine, le second (étage inférieur) à la mine seulement.

Il existe également des couches de sel gemme dans le Durham, et au sud de la Tyne, de même en Irlande ; tous ces gisements appartiennent à l'étage du keuper.

37. Gisements salifères de la Russie. — Le terrain dévonien renferme en Russie, les salines de Senoska (mer Blanche), d'Ouskoulouk, et de Vladitchensk, dans le gouvernement d'Arkangelsk. Le sel y est accompagné de gypse et de naphte.

« Les salines du gouvernement de Perm, le long de la Koma (Deduckhine, Lenvensk, Ousolié, Solikamsk, Béresnine), exploitées depuis le vi^e siècle, sont situées dans le Zechstein, de même que celles de Thosma et Ledengsk (gou-

vernement de Vologda) et de Seregowsk, sur la rivière Vym » (H. Charpentier).

38. Formation salifère d'Hallstadt. — La formation salifère d'Hallstadt appartient à l'étage moyen du keuper; la masse de sel presque verticale, est enveloppée d'un calcaire marneux. Elle est même très imprégnée de matières terreuses et ne contient, d'après M. Jagneux, que 70 à 75 % de chlorure de sodium. Cette circonstance oblige à procéder par dissolution et cristallisation pour donner au produit une valeur marchande.

Tout le massif du Hartz (ancienne île de l'Océan) en Allemagne, est entouré de terrains salifères. Il n'est pas de contrées, où les travaux de forage aient révélé une plus grande puissance de couches de sel. A Sperenberg, à 41 kilomètres au sud de Berlin, un sondage, poussé jusqu'à la profondeur de 1272 mètres, a rencontré, immédiatement, après la traversée du terrain erratique superficiel, une masse de sel gemme, de laquelle il n'est plus sorti, de façon que la roche encaissante est restée la même du haut en bas.

Cette énorme couche de sel du Sperenberg est celle que déposerait une mer de 7 kilomètres de profondeur.

C'est lors de ce sondage, qu'on a fait les observations les plus intéressantes concernant le degré géothermique. La température du fond, dit M. A. de Lapparent, a été trouvée de $48^{\circ}1$ (exprimée en degrés centigrades). Or, la moyenne annuelle du Sperenberg, telle qu'elle est donnée par les sources, est de $9^{\circ},75$ C. L'accroissement total est donc de $38^{\circ}35$. D'autre part, c'est à environ 22 mètres de profondeur que cette température constante est réalisée dans le sous-sol de la région. L'accroissement doit donc être réparti sur une colonne de 1 247 mètres, ce qui donne, pour le degré géothermique moyen, le chiffre de $32^{\text{m}},51$.

Nous ajouterons que les frais des expériences de Sperenberg, qui font époque dans les fastes de la géologie expérimentale, se sont élevés à 220 000 francs et ont été supportés par le gouvernement prussien.

CHAPITRE VI

SOURCES SALÉES

39. Origine. — Dans presque toutes les régions où l'on trouve du sel gemme, on trouve des sources salées. Elles proviennent d'eaux qui, dans leur trajet souterrain, traversent un gisement de sel et arrivent à la surface, plus ou moins chargées de chlorure de sodium et d'autres substances minérales. Elles deviennent exploitables quand elles renferment au moins 5 % de sel, mais leur teneur en chlorure de sodium atteint parfois 25 %.

Nous donnons, à la page suivante, la composition des eaux de trois sources salées différentes (tableau X).

Les sels qui accompagnent le chlorure de sodium, sont ceux que l'on trouve, en général, dans toutes les mines ; en outre, les eaux de ces sources sont souvent bitumineuses.

Le degré de saturation de ces eaux dépend, cela va sans dire, de la richesse du banc qu'elles

TABLEAU X
Composition des eaux de sources sales

Désignation	Sources de		
	Durenberg	Hall	Lunebourg
Chlorure de sodium . . .	7,53	7,40	24,67
" de potassium . . .	"	0,16	"
" de calcium . . .	"	0,17	"
" de magnésium . . .	0,12	0,50	0,30
Sulfate de potassium . . .	0,08	"	0,03
" de calcium . . .	0,56	0,27	0,35
" de magnésium . . .	"	"	0,24
Matières insolubles et humidité	91,71	91,5	74,41

ont traversé et de la durée du contact. Afin d'éviter leur mélange avec les eaux douces qui passent dans tous les terrains perméables, les sources sont captées au moyen de puits-tubes. De ces puits, le liquide est dirigé dans des usines par des conduits en bois ou en fonte, qui atteignent souvent plusieurs kilomètres de longueur.

Comme la proportion de sel que ces eaux renferment est généralement faible, et inférieure à celle que contiennent les eaux marines, on ne peut les évaporer immédiatement par l'action

du feu, car l'opération serait trop coûteuse, en raison de la grande quantité de combustible qu'elle nécessiterait, il faut donc recourir à la concentration à l'air libre.

40. Bâtimens de graduation. — La concentration naturelle, à l'air libre, ne diffère que fort peu de celle qui a été inaugurée, au xvi^e siècle,

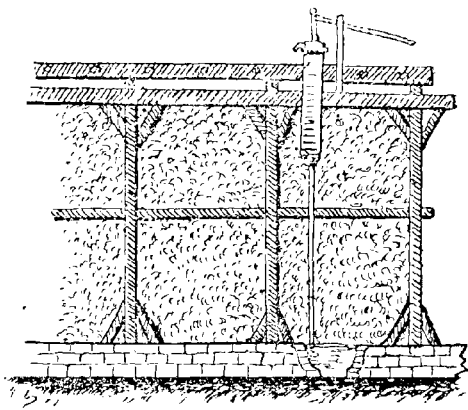


Fig. 22

par le médecin allemand Abith ; c'est le système de graduation qui se pratique dans de grands hangars appelés *bâtimens de graduation* (fig. 22).

L'eau salée arrive au moyen d'une pompe, dans un réservoir qui la distribue, par de nombreuses rigoles sur un amas de fascines disposé dans un châssis en bois, ces châssis, très résistants sont ouverts de tous les côtés et ils s'étendent perpendiculairement à la direction du vent le plus sec qui règne dans la contrée ; leur longueur varie entre 100, 200 et même 300 mètres, sur une largeur de 2 à 3 mètres seulement, et 10 à 15 mètres de hauteur.

L'eau coule en couches minces, le long des fagots et vient se rassembler dans un bassin inférieur qui supporte tout le bâtiment.

Le liquide tombant goutte à goutte, de branche en branche, se concentre par son passage dans l'air ambiant, qui se sature d'humidité ; de plus, à cause du grand nombre de petites branches, on a une surface d'évaporation considérable. L'eau qui se rassemble dans le bassin inférieur est pompée de nouveau et repasse sur les fascines jusqu'à ce que l'on obtienne la concentration voulue. Dans ce but, on partage ordinairement la longueur des bâtiments de graduation en deux ou plusieurs sections ; la première recevant les eaux telles qu'elles sortent de la source, la deuxième, celles qui ont déjà passé sur la première, et ainsi de suite.

En général, on compte six bâtiments. Du premier, l'eau sort saturée à 5,50 % au maximum ; du deuxième, à 7,50 ; du troisième, à 9,50 ; du quatrième, à 13 ; du cinquième, à 17 et du sixième, à 22. A ce degré, elle peut passer à l'évaporation sur le premier bâtiment, destiné à la première concentration, le carbonate de calcium, le sulfate de calcium, l'oxyde de fer s'éliminent, ce qui détériore beaucoup les fascines, en diminuant la porosité de la masse.

Ajoutons que souvent le bâtiment de graduation est couvert pour éviter l'action des eaux pluviales.

A Schoenebeck, il y a des bâtiments de graduation qui mesurent 800 mètres de longueur.

Au point de vue du rendement, ces appareils sont défectueux et tendent à disparaître. On a déjà 10 % environ de perte due à l'entraînement mécanique des gouttelettes par le vent : ils occupent, en outre, une place considérable et exigent, en plus de la concentration finale par chauffe, la dépense mécanique nécessitée par l'élévation continue des eaux salées à la partie supérieure des bâtiments ; cette élévation est faite par des pompes habituellement mues par des roues hydrauliques.

41. Concentration. — L'eau concentrée sur les bâtiments de graduation, au degré que nous venons d'indiquer, recueillie dans les bassins achève sa concentration dans des chaudières (1).

Introduite dans la chaudière à *schloter*, chaudière en fonte ou en tôle, goudronnée intérieurement, pour éviter l'attaque du métal par le sel en présence de l'air, l'eau est soumise à une vive ébullition qui a notamment pour effet de coaguler les impuretés et de les réunir en une sorte d'écume ; on y ajoute parfois du sang de bœuf mélangé à de l'eau froide, afin de faciliter la séparation des impuretés avec l'eau salée. Comme celle-ci est ordinairement saturée de sulfate de calcium, il se forme un dépôt de *schlot*, c'est-à-dire de sulfate double de calcium et de sodium, qui se sépare du liquide et qu'on enlève au moyen de longs râbles. Après quinze à vingt heures de feu, le sel se dépose de lui-même ; on remplace alors l'eau évaporée par celle qui vient des réservoirs et l'on schote encore huit ou dix heures. Après ce temps, le

(1) En Savoie, un autre procédé d'évaporation qui précède celui en chaudières, consiste à faire couler l'eau sortant des sources, le long de cordes d'un très grand développement. A Moustris, un de ces bâtiments de graduation occupe 100 000 mètres de longueur de cordages.

contenu de la chaudière étant bon à saliner, on effectue cette opération, soit dans la cuve qui vient de servir, soit dans une poêle à part. D'autres fois, on en trouble la précipitation en poussant plus ou moins rapidement le feu, suivant que l'on veut obtenir du sel en grains plus

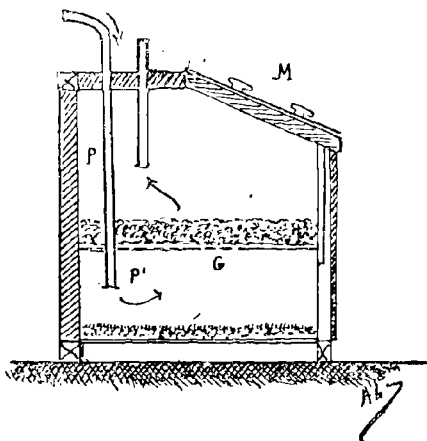


Fig. 23

ou moins fins ; aussi voit-on la production varier du simple au décuple par mètre carré de surface de l'immense chaudière suivant la nature ou plutôt la forme du sel à produire. Dans tous les cas, on sépare un peu d'écume qui se forme, puis on ramasse le sel à l'aide d'une grande écu-

moire et on l'égoutte dans des trémies ou dans des paniers placés au-dessus des chaudières ; on le transporte ensuite au séchoir, sorte d'étuve à air chaud où il achève de se dessécher. Ces étuves sont de différents modèles ; celle que représente la *fig. 23* sert à sécher les sels très hygrométriques. Le sel est placé sur une grille G, il est traversé par un courant d'air chaud arrivant par P et partant par P'. Une plaque mobile est placée en M, elle sert à l'enfournement et au défournement. Le sel est disposé sur la grille ou claie, sur une épaisseur de 12 à 15 centimètres.

En Angleterre, où le sel ne contient que de faibles proportions de produits déliquescents, on se contente de le sécher en le laissant séjourner près des chaudières.

Ajoutons que le salinage dure plusieurs jours ; on l'arrête quand le sel devient impur, et on retire les eaux-mères dans lesquelles sont concentrés les sels étrangers séparés pendant la cuite. Ces eaux-mères, qui sont épaisses, visqueuses et odorantes, contiennent beaucoup de chlorure de magnésium et de sodium, ainsi que du sulfate de magnésium ; elles renferment aussi des bromures et iodures de potassium, qu'on en extrait par les procédés que nous avons indiqués

(§ 26), afin de les livrer au commerce. A propos du schlotage, M. Arsandaux fait remarquer qu'on a essayé d'utiliser la chaleur produite par le fait de la condensation de la vapeur d'eau ; on a chauffé les solutions avec les vapeurs émises par l'ébullition des saumures, mais à cause des dispositions que l'on est obligé d'adopter, les tirages ne fonctionnent plus bien, d'où il suit que l'évaporation se fait dans de mauvaises conditions.

M. Arsandaux mentionne bien un appareil de concentration très parfait, celui de M. Piccard, mais il se contente d'indiquer que cet appareil complètement clos ne laisse presque pas perdre de vapeur, et il n'en donne pas la description ; « toutefois, ajoute cet auteur, le sel qu'on obtient est d'une grande finesse et d'excellente qualité ».

Les sources salées les plus connues sont celles de Salies dans les Basses-Pyrénées, celles de la Westphalie et les six cents sources qui émergent en Transylvanie, entre la vallée de la Maros et celle de Szamos.

Enfin, nous devons ajouter, que de plus en plus, on abandonne le traitement direct des sources salées. On préfère creuser des trous de sonde pour aller chercher dans les profondeurs de la terre, des eaux plus riches qu'on peut évaporer aussitôt par le feu.

CHAPITRE VII

TRAITEMENT DES MINÉRAIS DE STASSFÜRT

42. Gisements. — Parmi les dépôts de sel gemme les plus célèbres, nous devons citer ceux de la Saxe prussienne, désignés sous le nom de mines de Stassfurt, qui sont situés entre Stassfurt et Anhalt, près de Magdebourg.

De tous temps, les nombreuses sources salées de cette région ont eu une grande renommée. « Celles-ci jaillissaient le long de la Saale à partir de Halle, ainsi qu'entre Merseburg et Hildesheim et entre Halle et Magdebourg ; elles étaient surtout abondantes dans les environs de Stassfurt, tant sur le territoire prussien que sur celui du duché d'Anhalt-Dessau.

« Vers 1839, disent MM. Meyrat et Dardant, on chercha à accroître la production du sel gemme en l'extrayant, non plus des sources salées, mais

des gisements mêmes où ces sources se saturaient.

« C'est dans ce but qu'en 1839, on fit creuser à Stassfurt un sondage pour trouver le dépôt de sel gemme. Mais, au grand étonnement des opérateurs, les solutions saturées qu'on extrayait contenaient, au lieu de sel gemme, des quantités importantes de sels de potassium et de magnésium comme l'indiquent les analyses consignées dans le tableau suivant :

Désignation	Saline de Schonnebeck	Sondage de Stassfurt
Chlorure de sodium	22,212	2,744
// de potassium	0,476	1,136
// de magnésium	0,140	10,070
Sulfate de magnésie	0,117	2,048
// de chaux	0,390	traces
Total.	23,335	15,998
Eau	76,665	84,002
	100,000	100,000

« On fut sur le point d'abandonner le sondage ; il fut heureusement continué et atteignit, à 256 mètres, un gisement d'une telle importance, qu'on y put pousser les travaux jusqu'à 581 mètres sans atteindre le mur de ce dépôt.

Mais la solution obtenue renfermait encore une telle proportion de sels de potasse et de magnésie, que le sel gemme qu'on en retirait était inutilisable. En conséquence, l'entreprise fut abandonnée.

« Toutefois, les résultats obtenus permettaient d'admettre que les solutions de sels potassiques et magnésiens pouvaient bien avoir leur origine dans une couche superposée au gîte de sel gemme pur. Un second sondage fait à Anhalt en 1851 confirma ces prévisions ; sous une couche de 260 à 280 mètres de *sels impurs*, comme on désignait alors les dépôts de sels potassiques et magnésiens, on rencontra, à 385 mètres, un gisement de sel gemme pur d'une puissance énorme, dont on n'atteignait pas le mur à la profondeur de 591 mètres. Alors, en 1852, on commença l'extraction du sel gemme ; sous le nom de *sels de déblais* (Abraumsalze), on rejetait impitoyablement les sels de potasse et de magnésie, qui s'entassaient autour des mines en déchets encombrants et ne faisaient que rendre l'exploitation beaucoup plus onéreuse.

« Mais bientôt, la quantité de cet extrait fut telle qu'elle surpassa les besoins de la consommation ; et, faute de débouchés pour ses pro-

duits, l'industrie de Stassfurt se trouva menacée d'une crise redoutable. C'est alors que, vers 1860, le surintendant des mines, Krug von Nidda, esprit actif et persévérant, songea à utiliser les sels de déblais ; à la suite de patientes recherches, il parvint à en établir la composition, en même temps que deux propriétaires de mines, MM. Franck et Gruneberg, mettaient en évidence leur haute valeur fertilisante. En 1861, la première fabrique d'engrais potassiques était installée à Stassfurt (1) ».

Aujourd'hui les célèbres gisements de Stassfurt ont surtout une grande importance au point de vue des sels potassiques si variés qu'ils livrent à l'agriculture du monde entier ; comme source de sel gemme leur intérêt est surtout rétrospectif.

43. Sel gemme de Stassfurt. — D'après quelques géologues, l'épaisseur du sel gemme dans le gisement de Stassfurt, serait d'au moins 500 mètres, s'étendant sur une surface de 1 400 kilomètres carrés.

(1) Les lignes qui précèdent, empruntées au remarquable *Cours de marchandises* de MM. Meyrat et A. Dardant, ont été en grande partie fournies par M. Couturier, directeur du Bureau d'Études sur les Engrais potassiques.

Dans ce gisement, le sel gemme, la masse saline, est uniformément composée de couches de 4 à 16 centimètres d'épaisseur séparées par des lits de sulfate de chaux anhydre (anhydrite) d'un centimètre seulement, auxquelles on a donné le nom de *Jahrringe* (anneaux annuels), en partant de cette hypothèse que chaque couche de sel comprise entre deux lits d'anhydrite représente le dépôt d'une année (?).

Le sel gemme de Stassfurt forme le mur du gisement de 330 mètres. Il est assez homogène, parfois fibreux au voisinage des lignes de dislocation, incolore, gris, brun ou rouge. Il se présente parfois en cristaux bleus feuilletés, aspect dû à un carbure d'hydrogène. « Outre le sel compact et le sel fibreux, on y trouve aussi un sel grenu, dont les banes assez faibles sont colorés par une forte proportion de chlorure de fer. Outre des débris microscopiques de mousses, le sel renferme souvent de nombreuses bulles de carbures d'hydrogène, souvent à l'état liquide et sous une pression considérable. Aussi le sel peut-il décrépiter quand on le fait simplement dissoudre dans l'eau, les gaz étant alors mis en liberté » (F. Billon).

44. Sels potassiques de Stassfurt. — Comme l'indique la *fig.* 24, dans les gisements

qui nous occupent, il faut traverser plusieurs couches avant d'arriver au sel gemme. Celles-ci, formées de sels potassiques, ont une importance

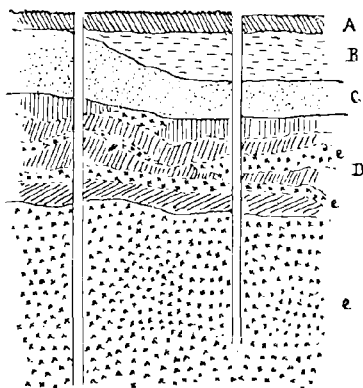


Fig. 21

A, terrain quaternaire ; B, grès bigarrés ; C, anhydrite ;
D, schistes bitumeux et sels déliquescents avec bancs
de sel gemme ; e, sel gemme.

pratique beaucoup plus considérable que le chlorure de sodium lui-même.

Nous avons tout d'abord : 1° les terrains de formation récente, ayant une épaisseur de 8 à 9 mètres à Anhalt et à Stassfurt ;

2° Des grès rougeâtres, gris, bleuâtres, mélangés de calcaire, sur une épaisseur de 100 à 160 mètres ;

3° Des schistes colorés, mélangés de gypse et de calcaire, suivis d'une couche d'argile bitumineuse, le tout ayant de 70 à 140 mètres d'épaisseur.

En pénétrant dans la série des bancs salins, on rencontre un dépôt de sels à base de potassium, sodium et magnésium, qui comprend trois groupes ou régions.

1° Région de la carnallite (20 mètres), contenant des chlorures de magnésium et de potassium ;

2° Région de la kiesérite (28 mètres), où les sulfates de potassium dominent ;

3° Région de la polyhalite, où on trouve le chlorure de sodium mélangé avec des sels divers très déliquescents.

Au-dessous se trouve le sel gemme.

Toutefois, il ne faudrait pas croire que les espèces minérales qui précèdent soient les seules du gisement ; il y en a encore beaucoup d'autres. De plus, les différents sels réagissent à la longue, les uns sur les autres, et donnent naissance à des produits secondaires, qui, en certains points, prennent une importance considérable, telle est, par exemple, la kaïnite, mélange de sulfate de potassium, de sulfate de magnésium et de chlorure de magnésium, qui est très employé

en agriculture comme engrais potassique. On peut citer encore la sylvine et la sylvinite, etc.

En résumé, les minéraux de Stassfurt peuvent être classés en deux groupes, comprenant, le premier, les espèces *formées directement* au moment des dépôts; le deuxième, les espèces *résultant des réactions mutuelles* des minéraux de première formation,

D'après le Dr Precht, les minéraux de chaque groupe sont ceux indiqués dans le tableau XI (page suivante).

Dans les mines de Stassfurt, les différentes couches salines, superposées par ordre de solubilité, montrent que l'on se trouve au milieu d'une masse provenant du dessèchement d'un lac salé, longtemps alimenté par l'eau de mer. « Ces couches, dit M. Bouant, s'y trouvent exactement dans l'ordre dans lequel se déposent les sels, soit dans les salines de la Méditerranée, soit dans les lacs salés de l'époque actuelle. On voit, en effet, qu'au dessus du chlorure de sodium proprement dit, les dépôts salins prennent de plus en plus le caractère de ceux des eaux-mères actuelles; le sel gemme qui a continué à se déposer y devient de plus en plus impur; il est mélangé avec des combinaisons salines plus solubles. On le trouve associé successivement

TABLEAU XI
Minéraux de Stassfurt

Noms des minéraux	Formules chimiques
<i>Premier groupe (minéraux formés directement).</i>	
Sel gemme . . .	NaCl.
Anhydrite . . .	SO ⁴ Ca.
Polyacite . . .	2 SO ⁴ Ca + SO ⁴ Mg + SO ⁴ K ² + 2 H ² O.
Kiésérite . . .	SO ⁴ Mg + H ² O.
Carnallite . . .	KCl + MgCl ² + 6 H ² O.
(rouge ou blanche)	
Boracite . . .	2(B ³ O ¹⁵ Mg ³) + MgCl ² .
Douglasite . . .	2 KCl + FeCl ² + 2 H ² O.
(très rare)	
<i>Deuxième groupe (1)</i>	
(minéraux résultant de réactions mutuelles).	
Kaïnite . . .	SO ⁴ K ² + SO ⁴ Mg + MgCl ² + 6 H ² O.
Sylvine . . .	KCl.
Sylvinite . . .	KCl.
Schœnite . . .	SO ⁴ K ² + SO ⁴ Mg + 6 H ² O.
Langbeinite . . .	SO ⁴ K ² + 2 SO ⁴ Mg.
Reichardite . . .	SO ⁴ Mg + 7 H ² O.
Jarosite . . .	SO ⁴ K ² + Fe ² SO ³ O ¹² ₂ Fe ² (OH) ⁶ .
Krugite . . .	SO ⁴ K ² + SO ⁴ Mg + 4 SO ⁴ Ca + 2 H ² O.
Glaubérite . . .	SO ⁴ Na ² + SO ⁴ Ca.
Astrakaïnite . . .	SO ⁴ Na ² + SO ⁴ Mg + 4 H ² O.
Glasérite . . .	SO ⁴ K ² .
Bischoffite . . .	MgCl ² + 6 H ² O.
Tachydrite . . .	CaCl ² + 2 MgCl ² + 12 H ² O.
Pinnoïte . . .	B ² O ⁴ Mg + 3 H ² O.
Ascharite . . .	3 B ² O ⁵ Mg ² + 2 H ² O.
Heintzite . . .	B ¹⁴ O ²⁰ H ² KMg + 6 H ² O.
Kaliborite . . .	2 K ² B ⁶ O ¹¹) + 9 MgB ⁴ O ⁷) + 39 H ² O.
Magnésite . . .	CO ² Mg.
Sulfure de fer	FeS ² .
Soufre . . .	S.

(1) Un grand nombre des espèces de ce groupe sont excessivement rares.

TABLEAU XII

Quantités de sel gemme et de sels potassiques bruts extraits des gisements de Stassfurt depuis 1882 (en tonnes de 1 000 kilogrammes)

Années	Sel gemme	Carnallite	Kiesérite	Sylvanite	Kamite	Barroite	Totaux
1882	171 338	1 059 299	1 658	"	148 477	125	1 353 898
1883	152 745	950 203	11 790	"	228 817	205	1 343 762
1884	180 818	739 959	12 388	"	217 106	159	1 150 431
1885	212 082	644 709	11 969	"	272 369	142	1 141 273
1886	233 544	698 229	13 917	"	247 326	169	1 193 167
1887	201 962	840 206	14 185	"	237 628	150	1 294 134
1888	191 595	849 602	10 753	2 220	375 573	169	1 429 915
1889	259 286	798 731	9 354	28 328	362 611	139	1 458 440
1890	302 205	838 525	6 951	31 916	401 870	164	1 581 635
1891	365 910	818 862	5 815	32 651	512 493	180	1 735 923
1892	292 984	736 750	5 782	32 669	585 774	165	1 654 127
1893	264 410	794 659	4 807	49 139	689 991	187	1 803 198
1894	281 245	811 338	3 864	63 494	729 300	169	1 939 414
1895	259 424	782 944	3 012	76 097	669 531	145	1 791 163
1896	277 883	856 223	2 840	90 389	833 025	194	2 060 536
1897	288 035	851 272	2 619	84 104	1 012 185	183	2 238 400
1898	291 591	990 998	2 444	94 270	1 120 615	151	2 300 171
1899	310 377	1 317 947	2 066	100 633	1 063 195	155	2 794 395

aux sulfates de chaux, de potasse, et de magnésie (étage de la polyalite), puis à du sulfate de magnésie hydraté (étage de la kiesérite) et enfin à du chlorure double de magnésium et de potassium (étage de la carnallite) ».

Nous donnons, à titre d'indication, la quantité des sels bruts extraits des mines de Stassfurt (tableau XII, p. 125) depuis 1882. (Il convient d'observer que c'est à partir de 1857 que ces mines ont été régulièrement exploitées, mais jusqu'en 1860, on n'en a extrait que du sel gemme).

Les quantités de ce dernier produit ont été les suivantes :

Années	Sel gemme en tonnes de 1000 kilog.
1857	12 798
1858	25 567
1859	15 387
1860	31 863

CHAPITRE VIII

QUALITÉS, ANALYSE ET FALSIFICATIONS DU SEL

45. Qualités commerciales des sels. — Suivant que la solution saline est évaporée lentement, ou rapidement, on obtient, ainsi que nous l'avons vu, des sels d'aspects très différents. L'évaporation lente fournit du sel à gros-grains, cristallisé en trémies; l'évaporation rapide, par ébullition donne des sels fins, *finfins* ou *sels à la minute*.

Pour obtenir le *sel à la minute*, il faut agiter la solution pendant qu'elle se refroidit, agitation indispensable pour obtenir des grains très petits. Or, ici c'est l'ébullition qui remplit cet office; toutefois, on peut arriver au même résultat par *spatulage*, pratiqué dans les salines de Montmorot. Cette opération se fait avec une planchette rectangulaire en bois avec laquelle l'ouvrier frappe l'eau et la fait retomber ainsi en

pluie fine à la surface du liquide. Les petits cristaux qui se forment sont immédiatement précipités au fond.

A Montmorot, on emploie depuis quelques années pour l'obtention du sel finfin, un appareil, dit *poêle anglaise*, qui produit une agitation mécanique semblable à celle du spatulage.

Cette poêle, représentée par la *fig. 25*, est de forme circulaire, un arbre vertical supportant des

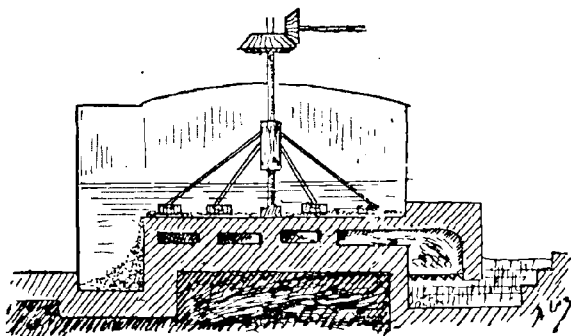


Fig. 25

palettes tourne dans le liquide et lui communique une agitation continuelle. Ces palettes ramassent en même temps le sel et le déposent dans la poche latérale qu'on voit sur la gauche de la figure.

Cet appareil économise beaucoup de frais de main-d'œuvre ; en outre, il permet d'obtenir les catégories de sel fin, moyen, et gros ; il n'y a de différence que dans la durée du séjour dans la poêle et dans la température du liquide. Ces conditions varient d'ailleurs, ainsi que le fait observer M. E. Lefebvre, d'une saline à l'autre : dans Meurthe-et-Moselle, le gros sel s'obtient à une température d'environ 60°,6 ; dans le Jura et la Haute-Saône, voici les chiffres adoptés :

Localités	Quantités de sel	Durée de cuite	Température
Montmorot . . .	sel fin	24 heures	80°
	" moyen	72 "	60
	" gros	5 à 6 jours	50
	" fin	24 heures	95
Gouhenans. . .	" moyen n° 1	48 "	85
	" " n° 2	72 "	80
	" gros	96 "	75
Salins, Arc, Grozon	" fin	24 "	85

On fabrique quelquefois, mais d'une manière exceptionnelle, le *sel à écailles*, dont les cristaux sont agglomérés en trémies : la cuite exige alors au moins huit jours.

Dans le commerce, on a du sel de quatre grosseurs différentes qui, cela se conçoit, n'ont

pas le même poids à l'hectolitre. C'est ainsi que :

L hectolitre de sel	<i>gros</i>	pèse	72	kilogrammes
"	<i>moyen</i>	"	75	"
"	<i>fin</i>	"	84	"
"	<i>finfin</i>	"	96	"

Pour la consommation alimentaire, en général, on peut dire que presque dans toute la France, la blancheur du produit est très recherchée, ce qui fait que l'Est et le Midi gagnent constamment, tandis que l'industrie de l'Ouest décline, et cela, malgré les préférences des cuisinières, qui aiment davantage le sel gris pour la cuisine, réservant le sel fin pour la table. La force de ce préjugé est telle, que certaines salines de l'Est qui veulent alimenter Paris, sont obligées de donner une contrefaçon des sels gris par addition d'un peu d'argile.

46. Sels dénaturés. — Les sels désignés à des usages autres que l'alimentation, et notamment ceux destinés aux emplois agricoles (§ 57) sont exonérés de l'impôt, à la condition qu'ils soient préalablement pulvérisés et dénaturés en présence des agents de la régie.

La dénaturation se fait suivant l'une des dix formules suivantes, que nous empruntons au *Dictionnaire de l'Industrie et des arts industriels*, de M. E. O. Lami :

TABLEAU XIII. — *D'naturation du sel marin*

Numero de la formula	Proportions	
	de sel	de matières étrangères dénaturantes
1	1000 ^{bs}	200 kilog. de tourteaux oléagineux.
2	"	300 " de pulpes pressées de betteraves ou de marcs de fruits.
3	"	5 kilog. de peroxyde rouge de fer (colcotar ou rouge de Prusse).
		100 kilog. de tourteaux oléagineux.
		5 " de peroxyde rouge de fer.
4	"	200 " de pulpes pressées de betteraves ou de marcs de fruits.
		5 kilog. de peroxyde rouge de fer.
5	"	10 " de poudre d'absinthe.
		10 " de mélasse ou de goudron végétal.
6	"	5 kilog. de peroxyde rouge de fer.
		10 " de suie ou de noir de fumée.
		10 " de goudron végétal.
7	"	5 " de peroxyde rouge de fer.
		20 " de goudron végétal.
		30 " d'ocre ferrugineuse ou de minerais de fer en poudre fine.
8	"	30 kilog. de goudron provenant de la fabrication du gaz.
		30 kilog. de guano, de poudrette, de matières fécales, de fumier d'étable consommé ou d'autres engrais d'origine animale.
9	"	30 kilog. de sulfate de fer.
		120 " de guano, de poudrette, de matières fécales, de fumier d'étable consommé ou d'autres engrais d'origine animale.
10	"	60 kilog. de plâtre crû ou cuit ou de plâtre en poudre fine.
		150 kilog. de guano, de poudrette, de matières fécales, de fumier d'étable consommé ou d'autres engrais d'origine animale.

L'immunité de taxe a été, dans ces dernières années, accordée aux sels destinés à diverses industries, suivant certaines formules adoptées par le Comité consultatif d'hygiène, par exemple le sel destiné aux tanneurs, mégissiers, potiers, faïenciers, fabricants de limes, etc.

47. Analyse du chlorure de sodium. — Le sel marin qu'on rencontre dans le commerce est plus ou moins pur, rarement il contient plus de 99 % de chlorure de sodium. Il n'y a pas intérêt à faire l'analyse rigoureuse du sel de consommation, mais pour le chlorure de sodium employé comme réactif chimique, il est indispensable d'en déterminer la composition chimique rigoureuse. Celle-ci sera assez bien mise à jour en dosant la proportion d'eau et de matières insolubles, car le dosage exact isolé du sulfate de chaux, du chlorure de magnésium, etc., n'a aucun intérêt.

Pour déterminer la proportion d'humidité, on prend 5 grammes de sel réduit en poudre fine, qu'on place dans un creuset de platine préalablement taré, on les chauffe, sans atteindre le rouge sombre pendant environ un quart d'heure.

On laisse refroidir et on pèse de nouveau. La perte de poids donne la quantité d'eau contenue

dans 5 grammes de sel. En multipliant par 20, on a la proportion pour 100.

Pour doser la proportion de matières insolubles, on dissout 10 grammes de l'échantillon pulvérisé, et on filtre la liqueur ainsi obtenue; on lave le résidu qui reste sur le filtre et on réunit les eaux de lavage à la liqueur primitive; on complète à 500 centimètres cubes. Le filtre est séché, puis calciné et pesé, pour avoir le poids des matières non dissoutes.

Les sels raffinés, soit par cristallisation, soit par l'eau de chaux, sont, en général, les plus purs.

Toutefois, outre les impuretés naturelles (chlorure de calcium et de magnésium, sulfates de chaux et de magnésie, matières terreuses, etc.), le sel contient parfois de petites quantités de cuivre, de fer, de plomb, et même d'arsenic. On reconnaîtra ces corps à l'aide de leurs réactifs spéciaux; leur présence provient, vraisemblablement des ustensiles, chaudières, et appareils, servant à l'extraction ou au raffinage du sel.

48. Falsifications du sel marin. — Comme toutes les substances alimentaires, le sel marin peut être falsifié par l'adjonction de substances étrangères lourdes et d'un prix minime, telles que plâtre, sable, argile, etc. C'est à Paris

surtout que ces fraudes étaient courantes, il y a encore quelques années ; on y ajoutait principalement les sels blancs résultant de l'extraction du salpêtre et des sels provenant des salaisons. Nous devons ajouter que ces falsifications sont devenues beaucoup moins fréquentes dans ces derniers temps.

Une falsification plus commune est l'adjonction de sulfate de soude ou d'alun. Dans ce cas, la dissolution additionnée d'une solution d'acétate de chaux donne immédiatement un liquide blanc comme du lait, qui laisse déposer un précipité blanc.

Notons que le sel ne doit pas contenir plus de 8 pour 100 d'eau hygroscopique.

Nous devons faire observer que l'origine des sels consommés en France peut être reconnue à l'œil, dans une certaine mesure. C'est ainsi que le sel de l'Ouest est en cristaux menus, sa coloration est grise ou rougeâtre, son poids est, en général, faible, et n'excède pas 65 kilogrammes à l'hectolitre. Ils conservent parfois, pendant une année au moins, une sensible odeur de violette et possèdent une saveur plus agréable que les autres sels. Les sels de l'Est sont d'un beau blanc et à peu près purs.

CHAPITRE IX

PRODUCTION, CONSOMMATION, COMMERCE, IMPÔT.

• **49. Production.** — Il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, d'évaluer la quantité exacte de sel produit dans le monde ⁽¹⁾; voici néanmoins la production de divers pays d'Europe, pour l'année 1874 :

Angleterre.	1 840 000 tonnes
Russie	1 250 000 "
Portugal	700 000 "
France	650 000 "
Allemagne.	600 000 "
Autriche	600 000 "
Italie.	350 000 "
Suisse	35 000 "

Mais depuis, la production s'est accrue dans de notables proportions. C'est ainsi qu'en 1897, l'Angleterre a produit 1 934 000 tonnes de sel; la France, 948 000 tonnes; l'Allemagne a

(1) Néanmoins, elle semble osciller autour du chiffre de 10 000 000 de tonnes.

plus que doublé sa production, soit 1 306 500 tonnes ; l'Italie, 461 000 tonnes ; en Autriche, par contre, la production du sel a subi une diminution, elle est tombée à 331 000 tonnes (1).

Durant cette même année, les États-Unis d'Amérique ont produit 1 671 000 tonnes de sel.

Depuis quelques années, la production du sel a pris une grande importance au Japon, elle a été de 1 712 000 tonnes en 1894.

En France, pour l'année 1874, la seule au sujet de laquelle nous possédons des chiffres exacts, sur une consommation de 650 000 000 kilogrammes, la répartition a été la suivante :

Alimentation	370 000 000	kilogrammes
Industries chimiques	50 000 000	''
Pêche et salaisons	67 000 000	''
Exportation et restes en magasin	163 000 000	''

Les sels de l'Ouest entraînent pour près de 40 % dans la consommation ; ceux du Midi, pour 30 % et ceux de l'Est, pour 30 %.

En 1897, la production totale du sel en France et en Algérie, a été la suivante :

France.	948 000 tonnes	valant	11 199 118 francs
Algérie	23 222	'' ''	390 288 ''
Total	971 222	'' ''	11 589 406 francs

(1) En Autriche Hongrie, le sel est monopolisé par l'État.

Les tableaux XV et XVI (p. 138 et 139) donnent, pour cette même année, les quantités fournies par les marais salants, d'une part, les mines et les sources, d'autre part.

50. Consommation. — La consommation du sel par habitant, fut établie avec beaucoup de soin en 1870, dans une vaste enquête faite par H. Milne-Edwards. Elle donna, pour Paris, une moyenne de 4^{kg}, 500, soit un peu plus qu'en Angleterre.

Il est à remarquer qu'en France, la consommation du sel est plus élevée dans les campagnes où l'alimentation est surtout végétale, que dans les villes où elle est plutôt animale.

51. Commerce du sel. — Certains pays produisent beaucoup plus de sel qu'ils n'en consomment, d'autres, au contraire, n'en ont pas suffisamment, aussi, grâce aux facilités actuelles des voies de communication, le commerce nivelle ces différences.

Pour nous en tenir à la France, il existe un courant d'importations et d'exportations assez important, que nous résumons dans le tableau XVII (p. 140) d'après le *Bulletin du ministère de l'Agriculture*.

TABLEAU XV
Production des marais salants

Département	Surface des marais salants en hectares	Etat sous lequel est livré au commerce	Poids en tonnes	Valeur en francs
<i>Méditerranée</i>				
Aude	568	brut	777	85 659
Bouches-du-Rhône	5 270	"	1 896	1 667 102
Corse	10	"	330	4 455
Gard	2 286	"	81 315	1 463 670
Hérault	1 106	"	18 707	281 622
Pyrénées-Orientales	160	(Les deux marais n'ont pas sauné en 1867)		
Var	596	brut	38 446	368 513
<i>Océan Atlantique</i>				
Ciavier-Inférieur	6 538	brut	4 385	69 784
Loire Inférieure	2 120	lavé	3 000	7 300
Morbihan	512	brut	11 115	145 135
Vendée	1 206	"	398	5 974
			16 203	228 78
			340 620 tonnes	

TABEAU XVI
Production des minis et des sources d'F, a) ce et d'Algérie

Départem. nts	Concessions		Etat sous lequel le sel est livré au commerce	Poids en tonnes	Valeurs en francs
	Nombre	Mode d'extraction			
<i>Groupe d'Etat</i>					
Meurthe-et-Moselle	17	puits, dissolution	raffiné brut	121 409 100 823	3 019 471 523 271
Doubs	3	dissolution	en dissolution	286 587	1 487 387
Jura	1	"	raffiné	29 190	413 038
Haute-Saône	1	"	"	16 432	253 013
				7 944	121 543
<i>Groupe du Sud Ouest</i>					
Basses-Pyrénées	2	puits, 11 sources	brut	1 544	12 332
Landes	1	puits	raffiné	25 098	567 916
Haute-Garonne	1	dissolution	"	9 511	213 997
			"	8 833	168 710
			Total.	607 421	
<i>Algérie</i>					
O. n	"	3 lacs salés	brut	22 105	347 340
	1	puits à ciel ouvert	"	120	4 000
	"	8 sources salées	lavé	445	14 750
	"	5 lacs salés	"	552	22 198
				93 222	

On voit que nos exportations l'emportent de beaucoup : remarquons qu'elles sont surtout dirigées sur la Belgique, sur Saint-Pierre (pêche), le Brésil, Madagascar, etc.

52. Droits de douane. — L'administration des douanes taxe spécialement les deux qualités de sels dont il vient d'être question. Les droits sont fixés de la manière suivante pour les sels à leur entrée en France :

Désignation	Tarif par 100 kg.	
	général	minimum
Sel marin, Bruts ou raffi-		
sel de saline \		
et \ nés autres que		
sel gemme \ blancs . . .	2 ^{fr} ,40	2 ^{fr} ,40
	3, 30	3, 30

Les droits, comme on le voit, sont les mêmes aux deux tarifs.

53. Taxe de consommation intérieure.
La Gabelle. — Le sel livré à la consommation intérieure est soumis à une taxe fixe de 10 francs par 100 kilogrammes ; cette taxe est indépendante du droit de douane, dont il vient d'être question.

Avant la Revolution, c'était le plus illeget et le plus odieux des impots formant le budget des recettes. L'affreuse *gabelle* fut bien maudite puisqu'il s'agissait d'un objet de première nécessité : en effet, sous la monarchie, la vente du sel était un monopole réservé à l'État qui l'achetait et le revendait à des prix qu'il fixait lui-même. C'est Philippe VI de Valois, qui, en 1340, attribua, au Trésor royal, le monopole du sel. Nous retrouvons cette terrible gabelle durant cinq siècles, véritable cauchemar des contribuables. Sous Henri II, l'indignation, augmentée par les fraudes du fisc, éclata avec fureur ; les paysans refusèrent d'acheter le sel aux greniers royaux de la gabelle et il y eut des massacres, notamment en Guyenne. Louis XVI proposa la suppression de cet impôt odieux et la vente du sel fut déclarée libre. Mais le premier Empire reprit la tradition et fit monter le taux jusqu'à 40 francs les 100 kilogrammes. En 1848, cet impôt fut supprimé et remplacé par une taxe de 10 francs sur 100 kilogrammes.

D'après M. A. de Foville, le taux successif de l'impôt du sel en France depuis la suppression des gabelles, serait celui qui est indiqué dans le 1^{er} tableau de la p. 143.

Le même auteur donne, dans un second tableau

que nous reproduisons à la même page, le produit de l'impôt du sel, à diverses époques, avec distinc-

Lois ou décrets	Quantité de l'impôt
Loi du 11 juin 1806	20 ^{fr} par 100 kilog.
Décret du 11 novembre 1813	40 #
Loi du 28 avril 1816	30 #
Décret du 18 avril 1848	néant
Loi du 28 décembre 1848	10 #
Loi du 2 juillet 1875	12 #
Loi du 16 décembre 1876	10 #

tion des perceptions opérées par la douane et de celles effectuées par les contributions directes :

Années	Perceptions de la douane (millions de francs)	Perceptions des contributions indirectes (millions de francs)	Total millions de francs
1810	48	6	54
1820	53	6	59
1830	51	7	58
1840	57	8	65
1850	21	5	26
1860	30	10	40
1870	24	7	31
18 5	25	10	35
1880	18	14	31
1885	23	9	32
1886	23	9	32

On voit, qu'à l'heure actuelle, l'impôt sur le sel rapporte 32 millions de francs au Trésor. Il nous reste à voir comment cet impôt est perçu.

Les marais salants sont soumis à la surveillance des douanes et, à ce sujet, nous ferons remarquer que l'habitant des côtes n'a pas même le droit de puiser un seau d'eau de mer. Les salines sont soumises à la surveillance des agents des contributions indirectes et il faut une déclaration pour enlever le sel du lieu de production, les droits étant perçus à ce moment.

Les sels destinés à la pêche maritime, ceux destinés à la nourriture des bestiaux, et à la fabrication des engrais ou amendements (1) et aux fabriques de produits chimiques, notamment de la soude, sont exemptés de toute taxe.

En Algérie, la taxe de consommation n'existe pas et en Corse, elle est réduite à 7^{fr},50 par 100 kilogrammes.

Enfin, notons pour terminer ce sujet, que l'exploitation des marais salants n'est pas soumise à l'autorisation préalable. Les lois et règlements sur les mines sont applicables aux exploitations des salines, des sources salées et des eaux salées.

1) Pourvu qu'ils soient dénaturés.

CHAPITRE X

USAGES DU SEL

54. Multiplicité des usages du sel. — Il n'existe aucune substance minérale dont les usages soient aussi multiples que ceux du chlorure de sodium. Ceux-ci peuvent être ainsi groupés :

Usages alimentaires ; usages médicaux ; usages agricoles ; usages industriels.

55. Emploi du sel dans l'alimentation. — Il y a lieu de considérer la consommation directe et l'emploi du sel comme antiseptique, pour la conservation des matières alimentaires.

a) *Emploi direct.* — On compte qu'un homme adulte, doit ingérer en moyenne 16 grammes de sel tous les jours ; or il ne faut pas oublier que le chlorure de sodium est fort répandu et que presque tous les aliments ordinaires en contiennent toujours des quantités

plus ou moins considérables. C'est ainsi que l'analyse chimique décèle des proportions notables de sel marin dans la viande, le lait, les œufs, etc., les aliments d'origine animale en renferment beaucoup plus que ceux qui sont fournis par les végétaux.

On rencontre partout le chlorure de sodium dans l'économie, il se trouve en dissolution dans tous les liquides de l'organisme. Il entre dans la composition du sang, de la salive, de la sueur, du suc gastrique, du lait, etc.

Pris en petite quantité, il excite la sécrétion de la salive et du suc gastrique, stimulant ainsi la fonction digestive. Il constitue de ce fait, un condiment indispensable en l'absence duquel toutes les fonctions deviennent languissantes.

Cent parties de sang donnent environ 0,70 de cendres, et dans 100 parties de ces cendres, on trouve environ 61 parties de chlorure de sodium (qui se rencontrent dans le sérum). Le chlorure de sodium semble être un agent d'absorption et de sécrétion. Il est, à cause de cela, tellement nécessaire, dit M. H. Letheby, qu'on ne peut en changer beaucoup les proportions dans le sang. « Si l'on boit de l'eau qui ne contienne que peu de sel commun en dissolution elle ne se mêle pas au sang d'une manière per-

manente, mais elle s'en va immédiatement par les reins ; et si l'on essaie d'accroître la quantité du sel dans le sang en buvant une boisson salée, par exemple, de l'eau de mer, elle n'est point absorbée. Cette proportion normale de sel dans le sang est évidemment une nécessité physiologique, que les conditions de la diffusion exigent impérieusement ».

Une expérience très simple, citée par Engel, rend palpable l'action du chlorure de sodium sur le sang. Si, sur la surface du caillot d'une saignée, on dépose des cristaux de sel, ceux-ci déterminent, au point qu'ils ont touché, une coloration rouge vif, se dissolvent, et le liquide en se répandant le long des parties déclives du caillot noirâtre, laisse derrière lui des traînées écarlates. Cette action du chlorure de sodium est aussi très probablement, une simple action physique, et l'action chimique déterminée (fixation plus facile d'oxygène par le globule) en est la conséquence.

Quoique le rôle physiologique du chlorure de sodium ne soit pas encore parfaitement déterminé, il est bien prouvé aujourd'hui que cette substance amène une augmentation dans les combustions, car chez l'homme soumis à un régime fortement salé, la proportion d'urée

s'accroît d'une façon notable et la température s'élève sensiblement.

Sans nul doute aussi, le sel fournit à l'économie le chlore qui est indispensable à la digestion, car on retrouve toujours l'acide chlorhydrique (ou esprit de sel) dans l'estomac, et l'origine de celui-ci, en partie tout au moins, doit être cherchée dans le chlorure de sodium.

b) Emploi du sel comme agent conservateur.
— Le sel marin est employé depuis fort longtemps comme agent de conservation, non seulement, parce qu'il est antiseptique, mais encore parce qu'il favorise énergiquement la dessiccation des matières organiques avec lesquelles il se trouve en contact. La viande fraîche, saupoudrée de sel se conserve fort longtemps. Selon Hérodote, ce procédé était déjà employé en Egypte. Aujourd'hui, il est universellement appliqué, non-seulement, pour la viande de bœuf ou de porc, mais encore pour les poissons.

Les viandes à saler doivent être préalablement bien saignées et coupées en morceaux de peu d'épaisseur. Avant de les consommer, il faut enlever le sel en excès par le lavage. Remarquons toutefois que l'usage prolongé et exclusif des viandes salées est malsain, on lui a même attribué le développement du *scorbut* ?).

L'Amérique fournit d'énormes quantités de viandes salées, notamment de bœuf et de porc.

Les poissons qu'on sale le plus habituellement sont la morue, le hareng, la sardine, l'anchois, le thon et le saumon. Cette pratique semble remonter au xi^e siècle. Le *caviar*, si populaire en Russie, est formé par des œufs d'esturgeons confits dans le sel.

On conserve également le beurre, par addition de sel (1). En Chine, on sale, paraît-il, les œufs de poule et on peut les conserver ainsi pendant plusieurs années.

On conserve aussi certaines substances alimentaires végétales par l'emploi du sel, notamment les haricots verts, les pois, les tomates, les olives et surtout les choux ; avec ces derniers, on obtient la choucroute, pour laquelle on emploie 1 kilogramme de sel pour 40 kilogrammes de choux. Notons que cet aliment constitue un excellent anti-corbutique très employé dans la marine anglaise.

56. Emploi du sel en médecine. — Le chlorure de sodium n'est pas seulement un condiment, c'est encore, dans certains cas, une

(1) A. LARBALÉTRIER. — *Le Beurre et la Margarine*, Encyclopedie Léauté. Masson et Gauthier-Villars, éditeurs.

substance médicamenteuse précieuse, d'autant plus qu'on l'a toujours sous la main.

A l'intérieur, le chlorure de sodium entre dans plusieurs formules, contre la scrofule, à la dose de 3 à 5 grammes, contre la phtisie; Pisny conseille le sel à raison de 30 à 45 grammes contre la fièvre intermittente. On le donne aussi dans la dyspepsie, à raison de 5 à 10 grammes, par défaut d'acidité du suc gastrique, on l'utilise comme purgatif, dans un grand nombre de maladies à la dose de 30 à 60 grammes.

Les hémoptysies sont quelquefois arrêtées par l'ingestion de sel marin en solution. On a vu parfois une semblable solution supprimer un accès d'épilepsie.

Les engorgements chroniques du foie et de l'utérus et les arthrites chroniques sont rapidement améliorées par l'usage du sel marin.

Il arrive souvent qu'un malade, après avoir subi une grande perte de sang, soit par suite d'une opération chirurgicale, soit par une hémoptysie violente, se trouve dans un état d'affaiblissement tel qu'il importe de tonifier au plus vite son système veineux, en élevant artificiellement la pression artérielle. On y arrive en injectant sous la peau ou dans une veine 50 à 350 grammes d'un sérum artificiel à base de

chlorure de sodium ; l'idée première de cette médication est due à Claude Bernard et c'est le docteur Collomb qui, le premier, donna la formule du sérum artificiel qui se rapproche le plus du sérum naturel sanguin. Il se compose tout simplement de sel marin, au préalable débarrassé par une série de filtrages, des impuretés qu'il peut contenir, et d'eau distillée, maintenue à la température du sang humain. La quantité de sel qui entre normalement dans sa composition, est de 7^{gr},5 par litre.

Immédiatement après l'injection sous-cutanée, on constate une élévation très sensible de la pression artérielle, une plus grande régularité dans les battements du cœur qui se reprend à fonctionner d'une façon normale, même après une suspension assez longue des mouvements naturels. L'état syncopal disparaît, et le sang, régénéré par le chlorure de sodium, reprend son cours habituel avec une nouvelle vigueur (1).

(1) A la suite des bons effets obtenus par le sel, il y a eu, en 1900, un véritable engouement en Angleterre, on a vu apparaître les mangeurs de sel ou *salistes*, qui n'ont pas tardé à être combattus par les antisalistes. Voici, à ce sujet, ce que disait un journal quotidien de Paris.

« Une vieille dame, Mrs Chandos Leigh Bunt Wallace, présidente d'une société pour la régénération physique,

C'est surtout par le chlorure de sodium qu'agissent les bains de mer, ainsi que les eaux chlorurées sodiques, comme celles de Châles, Saint-Gervais, Salins, Kissingen, Balaruc, etc.

57. Emploi du sel en agriculture. — Le sel est d'un usage très fréquent en agriculture, surtout pour l'alimentation des bestiaux, plus rarement en application sur les terres, comme substance fertilisante ou amendante.

a) *Alimentation du bétail.* — Il est hors de

a levé le drapeau des antisalistes et s'est créé d'office leur champion.

« Dans des conférences, des meetings où l'on s'assomme galamment en l'honneur du sel de cuisine — qui l'eût dit ? — mistress Chandos Leigh Hunt Wallace proclame que le chlorure de sodium est un poison redoutable, qu'elle n'en a pas, depuis vingt-sept ans, absorbé un seul gramme et que cette abstention est la cause déterminante de la merveilleuse santé dont elle jouit.

« Pas de sel » est devenu le mot d'ordre. On mange du pain sans sel, du beurre non salé ; on n'adjoint plus aux aliments cet agréable et utile ingrédient.

« Les salistes et les antisalistes s'invectivent à qui mieux mieux et la contagion gagne l'Amérique.

« A Chicago, à Baltimore, à New-York, dans tous les centres, d'ardents propagateurs de la foi antisaliste prêchent leurs convictions nouvelles, à la grande fureur de leurs adversaires, qui les contredisent partout où ils en trouvent l'occasion.

« Et même, la discussion tournant parfois à l'aigre, pieds et poings entrent en danse. Yeux pochés, nez

doute que le sel agissant comme condiment et stimulant, est favorable aux animaux; il les excite à manger davantage. Comme il excite également la soif, il est particulièrement favorable aux laitières. Il favorise aussi l'engraissement; toutefois son rôle à cet égard a souvent été exagéré et la vieille formule : « Une livre de sel fait dix livres de graisse » ne saurait être prise à la lettre.

Pour rendre des services, le sel doit être mis

écrabouillés, mâchoires en capilotade attestent hautement la passion des contradicteurs : les docteurs Loeb et Lingle sont devenus des demi dieux et les salistes, dit on, ont même pris pour patronne certaine personne fort qualifiée pour tenir ce rôle... la Femme de Leth!

« Où, dans tout ce fatras d'arguments contradictoires, où se cache la vérité? Nous l'avons posée cette question à nombre de praticiens, qualifiés pour nous répondre et tous unanimement ont reconnu au sel de précieuses qualités thérapeutiques. — « Il est hémostatique », nous dit l'un, « il est régénérateur du sang », affirme l'autre. Un troisième nous déclare qu'il est antiseptique et antidépensateur. D'autres, à grands renforts de statistiques, nous prouvent, clair comme le jour, que le sel est un agent névropathe étonnant, qu'il agit sur les facultés mentales, qu'il facilite les fonctions du rein et de l'estomac, qu'il entretient merveilleusement les muqueuses intestinales, etc., — En résumé, l'usage du sel est excellent, mais l'abus en peut avoir de déplorables conséquences ».

à la disposition des animaux, de telle sorte qu'ils puissent en prendre à leur convenance et quand ils en sentent le besoin. Les blocs de sel gemme conviennent très bien pour cela. La prétention de fixer la dose comme le fait si judicieusement observer M. A. Sanson, ne peut être justifiée par aucune considération admissible (1).

Mais où le sel peut rendre de signalés services, c'est pour utiliser les fourrages avariés ou non acceptés par le bétail.

Mis en contact avec les foins vaseux ou altérés, il en absorbe l'humidité, les préserve des altérations et prévient la formation des moisis-

(1) Cependant, une instruction publiée par l'administration de l'Agriculture fixe les doses suivantes par tête d'animaux adultes et de taille moyenne :

Bœuf de trait	60 grammes.
Vache laitière	60 "
Bœuf à l'engrais . . .	80 à 150 grammes, suivant le poids et la période d'engraissement.
Porc à l'engrais . . .	30 à 60 grammes, suivant le poids et l'état d'engraissement.
Cheval, juvénat, mulet.	30 grammes.
Moutons (100 têtes). .	150 à 200 grammes ; à l'engrais, le double.

sures, tout en les rendant plus sapides et d'une digestion plus facile (1).

En Angleterre, on recommande l'emploi du sel pour prévenir la météorisation occasionnée par les légumineuses.

b) *Amendement et fertilisation des terres.* — Le rôle du chlorure de sodium comme substance fertilisante, est loin d'être élucidé. Si cette substance a été prônée dans ce but à diverses époques, c'était surtout pour en obtenir le dégrèvement.

Cette question de l'emploi du sel marin, comme matière fertilisante, qui a donné lieu à tant de controverses, a été fort bien résumée par M. P.-P. Dehérain ; nous ne saurions mieux faire que de le citer *in extenso* (2).

« La plupart des végétaux de grande culture ne renfermant que des traces de soude, ou même se refusant absolument à l'absorber, il semble oiseux de discuter l'utilité du sel marin, d'autant plus qu'on sait que la présence d'une quantité de sel un peu forte rend les terres stériles.

(1) Une récolte, mouillée par la pluie et qui a subi un commencement de fermentation, peut-être consommée sans danger, lorsqu'on l'a saupoudré de sel. Quelquefois on additionne le foin de sel marin quand on fait les meules.

(2) *Traité de chimie agricole*, p. 788.

« MM. Berthault et Patrel, en ont donné un exemple fort intéressant. Ils ont montré, en effet, que si, dans quelques terres de l'Habra, voisines de Perregaux en Algérie, on peut encore cultiver la vigne, quand la terre renferme 0^r,65 de sel par kilogramme, elle est languissante quand on trouve 0^r,76 à la surface et 2^r,67 à 80 centimètres de profondeur, et qu'enfin elle meurt avec 1^{er},92 de sel à la surface et 2^r,60 dans le sous-sol.

« Comment peut-il être utile d'apporter au sol une matière vénéneuse, c'est ce qu'il convient de discuter. Il est à remarquer, d'abord, que les quantités qu'il s'agit d'introduire sont extrêmement éloignées de celles que renferment les terres salées ; celles-ci contiennent plus d'un millième de sel, donc plus de 4 000 kilogrammes à l'hectare de 4 000 tonnes ; or les doses qu'il s'agit d'introduire varient de 100 à 200 kilogrammes ; c'est-à-dire sont 20 ou 40 fois plus faibles que celles qui sont nuisibles.

« Ces faibles quantités peuvent-elles être avantageuses ? À dire vrai, elles agissent seulement comme du chlorure de potassium, car le sel marin ajouté à un sol non absolument privé de potasse, s'y transforme en chlorure de potassium ; or, celui-ci agit avantageusement sur les cultures

de céréales et sans doute sur d'autres plantes cultivées pour leurs graines, et on conçoit dès lors, ce qui paraît au premier abord paradoxal, que le sel marin puisse être avantageux, bien que le sodium ne se rencontre pas dans les végétaux de grande culture autres que la betterave.

« Le sel marin sera donc utile par son chlore, et par son chlore seulement, et s'il était répandu sur une terre pauvre en potasse, il n'aurait aucune chance d'être assimilé, tandis qu'il pourra l'être dans une terre où la potasse ne fait pas défaut.

« S'il s'agit d'acheter des sels neufs, la différence de prix entre le chlorure de sodium et celui de potassium ne serait peut-être pas suffisante pour que, dans la culture des terres argileuses on donnât la préférence au meilleur marché, mais il arrive souvent qu'on trouve à acquérir des sels de rebut : saumures, etc. Or, ils peuvent être avantageux sur les sols riches en potasse, mais ils n'exerceraient aucune action utile sur les calcaires ou sur les sables ».

58. Emploi du sel dans l'industrie.

Nous avons déjà vu que la grande industrie chimique emploie beaucoup de chlorure de sodium.

Un volume serait nécessaire pour exposer

toutes les applications industrielles du sel marin, aussi devons-nous nous borner aux plus importantes en les mentionnant tout simplement.

Tout d'abord la fabrication du sulfate de soude, qui donne l'acide chlorhydrique, ou muriatique, comme résidu de fabrication ; pour y parvenir, on traite le chlorure de sodium par l'acide sulfurique, ainsi que nous l'avons indiqué (§ 9).

Le chlorure de sodium est encore employé dans la préparation du sel ammoniac. Pour cela, on décompose le sulfate d'ammoniaque par le sel marin (à sec à l'aide de la chaleur, ou à la température ordinaire en présence de l'eau).

La préparation du chlore et des hypochlorites décolorants, d'un si grand emploi dans le blanchiment, repose également sur l'emploi du sel marin.

Autrefois, alors que l'électrolyse n'était pas employée, c'était le sel qui servait à préparer le chlorure double d'aluminium et de sodium dont on retirait l'aluminium.

On emploie encore le sel pour l'amalgamation de l'argent et le grillage des minerais chlorurés de ce métal.

Dans la fabrication du savon, l'eau salée sert à séparer la masse savonneuse dans les chaudières.

La mégisserie et la tannerie, soit pour la pré-

paration du mordant d'alun, soit pour préparer les peaux à l'épilage emploient aussi le chlorure de sodium.

Le sel marin en dissolution dans l'eau sert aussi à l'injection des bois, par certains procédés notamment pour les bois devant servir à la construction des navires et des traverses de chemin de fer.

Le chlorure de sodium est employé en grande quantité pour le vernissage des poteries de grès et de faïence. Lorsque celles-ci sont à peu près cuites, on jette du sel dans le four, le chlorure de sodium se volatilise et ses vapeurs, se mêlant à la vapeur d'eau, forment à la surface des poteries un vernis vitreux de silicate double de sodium et d'aluminium.

Sans parler de l'emploi du sel pour l'obtention des mélanges réfrigérants, et pour faire fondre la neige dans les villes, dont il a déjà été question (§ 8), nous dirons que l'eau salée est encore employée dans les manufactures pour le mouillage des tabacs.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ARSAUDAUX. — *Le sel*, 1900.
BILLON (F.). — *Le sel*, 1898.
BOUANT (E.). — *Nouveau Dictionnaire de chimie*, 1889.
BOUÉ. — *Sur les gites de sel de la Roumanie*. Bulletin de la Société de géologie, 1874.
CHARPENTIER (Henri). — *Géologie et minéralogie appliquées*, 1892.
DEHÉRAIN (P. P.). — *Traité de chimie agricole*, 1892.
FLEURENT (Em.). — *Manuel d'analyse chimique*, 1898.
GRAD. — *Mines de Wieliczka*. Société d'histoire naturelle de Colmar, 1877.
JAGNAUX (Raoul). — *Traité de minéralogie*, 1885.
LAMI (O.). — *Dictionnaire de l'industrie*, 1883.
LAPPARENT (Alb. de). — *Précis de minéralogie*, 1894.
— *Traité de géologie*, 1900.
LEFEBVRE (Eug.). — *Le sel*, 1882.
LETHEBY (H.). — *Les aliments*, 1869.
MAIGNE (P.). — *Les Mines de la France et de ses colonies*.
MEUNIER (St.). — *Nos terrains*, 1898.
PAGE (D.). — *Géologie technologique*, 1877.
PAYEN (A) et C. VINCENT. — *Précis de chimie industrielle*, 1877.
PRIEM (F.). — *La terre, les mers et les continents*, 1892.
-

TABLE DES MATIÈRES



	Pages
CHAPITRE PREMIER	
<i>Propriétés physiques et chimiques du sel . . .</i>	5
1. Histoire	5
2. Composition	6
3. Chlore	7
4. Sodium	8
5. État naturel du chlorure de sodium. . . .	9
6. Cristallisation.	10
7. Propriétés physiques	13
8. Action du sel sur la glace. Mélanges réfrigérants	21
9. Propriétés chimiques	23
10. Réactifs caractéristiques du chlorure de sodium	26
CHAPITRE II	
<i>Les Marais salants et le raffinage du sel . . .</i>	29
11. Composition de l'eau de mer	29
12. Extraction du sel contenu dans les eaux de la mer.	35

164 LE SEL, LES SALINES ET LES MARAIS SALANTS

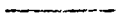
	Pages
13. Marais salants	36
14. " de l'Ouest.	38
15. Variations locales	44
16. Marais salants du Portugal.	46
17. " de la Russie méridionale.	49
18. Raffinage du sel.	49
CHAPITRE III	
<i>Les Salins du Midi</i>	54
19. Principaux salins	54
20. Concentration graduelle des eaux marines	55
21. Description d'un salin	58
22. Obtention du sel	62
23. Extraction du sel par congélation	64
24. " par évaporation en chau- dière	65
CHAPITRE IV	
<i>Traitement des eaux-mères des marais salants</i>	67
25. Procédé Balard	67
26. Obtention du brome	70
27. Salins de Berre	72
CHAPITRE V	
<i>Le sel gemme et les salines</i>	74
28. Propriétés du sel gemme	74
29. Formation.	77
30. Gisements	82
31. Exploitation des salines de Wieliczka.	85
32. " du sel gemme par dissolution	88

TABLE DES MATIÈRES

165

	Pages
33. Salines de Transylvanie et de Roumanie.	94
34. Groupe salifère de la Lorraine	95
35. " des Pyrénées	101
36. Gisements salifères de l'Angleterre	102
37. " de la Russie	104
38. Formation salifère d'Hallstadt	105
CHAPITRE VI	
<i>Sources salées</i>	107
39. Origine	107
40. Bâtimens de graduation	109
41. Concentration	112
CHAPITRE VII	
<i>Traitement des mines de Stassfurt.</i>	116
42. Gisements	116
43. Sel gemme de Stassfurt	119
44. Sels potassiques	120
CHAPITRE VIII	
<i>Qualités, analyse et falsifications du sel.</i>	127
45. Qualités commerciales des sels	127
46. Sels dénaturés	130
47. Analyse du chlorure de sodium	132
48. Falsifications du sel marin	133
CHAPITRE IX	
<i>Production, consommation, commerce, impôt.</i>	135
49. Production	135
50. Consommation	137
51. Commerce du sel	137
52. Droits de douane	141
53. Taxe de consommation intérieure	141

	Pages
CHAPITRE X	
<i>Usages du sel</i>	145
54. Multiplicité des usages du sel	145
55. Emploi du sel dans l'alimentation	145
<i>a)</i> Emploi direct	145
<i>b)</i> " comme agent conservateur	148
56. " du sel en médecine	149
57. " " en agriculture	152
<i>a)</i> Alimentation du bétail	152
<i>b)</i> Amendement et fertilisation des terres	155
58. Emploi du sel dans l'industrie	157
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE	161



MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris (6^e)
P. n^o 226..

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Mars 1901)

La Pratique *Dermatologique*

Traité de Dermatologie appliquée

Publié sous la direction de MM.

ERNEST BESNIER, L. BROCCQ, L. JACQUET

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BÉNARD, ERNEST BESNIER
BODIN, BROCCQ, DE BRUN, DU CASTEL, J. DARIER
DEHU, DOMINICI, W. DUBREUILH, HUDELO, L. JACQUET, J.-B. LAFFITTE
LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN
RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SÉE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES

4 volumes richement cartonnés toile formant ensemble environ
3.600 pages, très largement illustrés de figures en noir et de planches
en couleurs. En souscription jusqu'à la publication du Tome II. 140 fr.
Les volumes paraîtront à des intervalles assez rapprochés pour que
l'ouvrage soit complet à la fin de l'année 1901.
Chaque volume sera vendu séparément.

TOME PREMIER

1 fort vol. in-8^o avec 230 figures en noir et 24 planches en couleurs.
Richement cartonné toile. . . 36 fr.

Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acanthosis Nigricans. — Acnés. — Actinomycose. — Adénomes. — Alopecies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient. — Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. — Dermatitis polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. — Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.

Sous presse : TOME II

Eczéma, par ERNEST BESNIER. — *Electricité*, par BROCCQ. — *Electrolyse*, par BROCCQ. — *Éléphantiasis*, par DOMINICI. — *Eosinophilie*, par LEREDDE. — *Epithélioma*, par DARIER. — *Eruptions artificielles*, par THIBIERGE. — *Erythème*, par BODIN. — *Erythrodermie*, par BROCCQ. — *Favus*, par BODIN. — *Folliculites*, par HUDELO. — *Furunculose*, par BAROZZI. — *Gale*, par DUBREUILH. — *Greffe*, par BAROZZI. — *Herpès*, par DU CASTEL. — *Icthyose*, par THIBIERGE. — *Impétigo*, par SABOURAUD. — *Kératodermie*, par DUBREUILH. — *Kératose pilaire*, par VEYRIÈRES. — *Langue*, par BÉNARD. — *Lépre*, par MARCEL SÉE. — *Leucokératose*, par BÉNARD. — *Lichens*, par BROCCQ.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE
FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER
KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

8 vol. gr. in 8° avec nombreuses figures dans le texte. 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° de 912 pages avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.

BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

TOME II. — 1 vol. grand in 8° de 996 pages avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.

MICHAUX. — Artères.

QUÉNU. — Maladies des veines.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° de 940 pages avec 285 figures 18 fr.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.

QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° de 896 pages avec 354 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.

GERARD MARCHANT. — Nez, fosses

TOME V. — 1 vol. grand in-8° de 948 pages avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.

HARTMANN. — Plancher buccal, glan-

TOME VI. — 1 vol. grand in-8° de 1127 pages avec 218 figures 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.

BERGER. — Hernies.

JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

TOME VII. 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pages, 297 fig. dans le texte 25 fr.

WALTHER. — Bassin.

FORGUE. — Urètre et prostate.

RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.

TOME VIII. 1 fort vol. gr. in-8° de 971 pages, 163 fig. dans le texte 20 fr.

MICHAUX. — Vulve et vagin.

PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.

SEGOND. — Annexes de l'utérus,

QUÉNU. — Des tumeurs.

LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions

traumatiques des os.

PONCET. — Affections non traumatiques des os.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.

GERARD MARCHANT. — Crâne.

KIRMISSON. — Rachis.

S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

nasales, pharynx nasal et sinus.

HEYDENREICH. — Mâchoires.

des salivaires, œsophage et pharynx.

WALTHER. — Maladies du cou.

PEYROT. — Poitrine.

PIERRE DELBET. — Mamelles.

anús.

HARTMANN et GOSSET. — Anus

contre nature. Fistules stercorales.

QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.

SEGOND. — Foie.

RIEFFEL. — Affections congénitales

de la région sacro-coccygienne.

TUFFIER. — Rein. Vessie. Urètres.

Capsules surrénales.

ovaires, trompes, ligaments larges,

péritoine pévien.

KIRMISSON. — Maladies des membres.

Traité de Pathologie générale

Publié par **Ch. BOUCHARD**

Membre de l'Institut

Professeur de pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **G.-H. ROGER**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

6 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

Prix en souscription jusqu'à la publication du t. V. 420 fr.

TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte : 48 fr.

Introduction à l'étude de la pathologie générale, par G.-H. ROGER. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux, par G.-H. ROGER et P.-J. CADOT. — Considérations générales sur les maladies des végétaux, par P. VUILLEMIN. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie, par MATIAS DUVAL. — L'hérédité et la pathologie générale, par LE GENDRE. — Prédilection et immunité, par BOURCY. — La fatigue et le surmenage, par MARRAN. — Les Agents mécaniques, par LEJARS. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son, par LE NOIR. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante, par D'ARSONVAL. — Les Agents chimiques : les caustiques, par LE NOIR. — Les intoxications, par G.-H. ROGER.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 940 pages avec figures dans le texte : 48 fr.

L'infection, par CHARRIN. — Notions générales de morphologie bactériologique, par GUIGNARD. — Notions de chimie bactériologique, par HUGOUNENQ. — Les microbes pathogènes, par ROUX. — Le sol, l'eau et l'air, agents des maladies infectieuses, par CHANTEMESSE. — Des maladies épidémiques, par LAVERAN. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes, par RUFFER. — Les parasites, par R. BLANCHARD.

TOME III

1 vol. in-8° de plus de 1400 pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules : 28 fr.

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal, par E. LAMBLING. — Les troubles préalables de la nutrition, par Ch. BOUCHARD. — Les réactions nerveuses, par Ch. BOUCHARD et G.-H. ROGER. — Les processus pathologiques de deuxième ordre, par G.-H. ROGER.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques, par G.-H. ROGER. — De la fièvre, par LOUIS GUINON. — L'hypothermie, par J. F. GUYON. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires, par É. GREY. — Les désordres de la circulation dans les maladies, par A. CHARRIN. — Thrombose et embolie, par A. MAYOR. — De l'inflammation, par J. COURMONT. — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires, par M. LETULLE. — Les altérations anatomiques non inflammatoires, par P. LE NOIR. — Les tumeurs, par P. MENETRIER.

TOME IV

1 vol. in-8° de 719 pages avec figures dans le texte : 46 fr.

Evolution des maladies, par DECAMP. — Sémiologie du sang, par A. GIBERT. — Spectroscopie du sang. Sémiologie, par A. HÉNOQUE. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux, par R. TRIPIER. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal, par M. LERMOYER et M. BOULAY. Sémiologie du larynx, par M. LERMOYER et M. BOULAY. — Sémiologie des voies respiratoires, par M. LEBRETON. — Sémiologie générale du tube digestif, par P. LE GENDRE.

TOME V

1 fort vol. in-8° de 1480 pages avec nombr. figures dans le texte : 28 fr.

Sémiologie du foie, par CHAUFFARD. — Pancréas, par X. ARNOZAN. — Analyse chimique des urines, par C. CHARRIÉ. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologique), par NOEL HALLÉ. — Le rein, l'urine et l'organisme, par A. CHARRIN. — Sémiologie des organes génitaux, par PIERRE DELBET. — Sémiologie du système nerveux, par J. DEJERINE.

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCC, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, OETTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, FERNAND WIDAL.

Traité de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD

Professeur à la Faculté de médecine
de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur à la Faculté de médecine
de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

10 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

En souscription. 150 fr.

TOME I^{er}

1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut, et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Fièvre typhoïde, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. WIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphthérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatisme**, par OETTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies cutanées, par G. THIBIERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBIERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies de la bouche et du pharynx, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine**, par COURTOIS-SUFFIT.

TOME VI

1 vol. grand in-8° de 612 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies du nez et du larynx, par A. RUAULT. — **Asthme**, par E. BRISSAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-

Antoine. — **Coqueluche**, par P. LE GENDRE, médecin des hôpitaux. — **Maladies des bronches**, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Troubles de la circulation pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies aiguës du poumon**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux.

TOME VII

1 vol. grand in-8° de 330 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies chroniques du poumon, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Phtisie pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies de la plèvre**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies du médiastin**, par A.-B. MARFAN.

Le tome V sera publié ultérieurement.

Traité de Physiologie

PAR

J.-P. MORAT

Professeur à l'Université de Lyon.

Maurice DOYON

Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec figures en noir et en couleurs.

En souscription 50 fr.

- I. — **Fonctions de nutrition** : Circulation, par M. Doyon; Calorification, par P. Morat. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
 II. — **Fonctions de nutrition (suite et fin)** : Respiration, excrétion, par J.-P. Morat; Digestion, Absorption, par M. Doyon. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. 12 fr.

LES MÉDICAMENTS CHIMIQUES

Par **Léon PRUNIER**

Pharmacien en chef des Hôpitaux de Paris,
 Professeur de pharmacie chimique à l'École de Pharmacie,
 Membre de l'Académie de Médecine.

2 volumes grand in-8° avec figures dans le texte 30 fr.

Chaque volume est vendu séparément.

Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris.
 Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin
 de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,
 Médecin des hôpitaux.

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . 90 fr.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

P. POIRIER

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris
Chirurgien des Hôpitaux.

A. CHARPY

Professeur d'anatomie
à la Faculté de Médecine
de Toulouse.

AVEC LA COLLABORATION DE

O. Amoëdo. — A. Branca. — B. Cunéo. — P. Fredet. — P. Jacques.
Th. Jonnesco. — E. Laguesse. — L. Manouvrier. — A. Nicolas.
M. Picou. — A. Prenant. — H. Rieffel. — Ch. Simon. — A. Soulié.

5 volumes grand in-8°. *En souscription* : 150 fr.

Chaque volume est illustré de nombreuses figures, la plupart tirées en plusieurs couleurs d'après les dessins originaux de

MM. Ed. CUYER et A. LEUBA.

ÉTAT DE LA PUBLICATION AU 1^{er} DÉCEMBRE 1900

TOME PREMIER

(Volume complet.)

Embryologie; Ostéologie; Arthrologie. (Deuxième édition revue et augmentée). Un volume grand in-8° avec 807 figures en noir et en couleurs. 20 fr.

TOME DEUXIÈME

- 1^{er} Fascicule : **Myologie.** (Deuxième édition revue et augmentée).
Un volume grand in-8° avec 331 figures 12 fr.
- 2^e Fascicule : **Angéiologie (Cœur et Artères).** Un volume grand
in-8° avec 145 figures en noir et en couleurs 8 fr.
- 3^e Fascicule : **Angéiologie (Capillaires, Veines).** Un volume grand
in-8° avec 75 figures en noir et en couleurs 6 fr.

TOME TROISIÈME

(Volume complet.)

- 1^{er} Fascicule : **Système nerveux (Méninges, Moelle, Encéphale).**
1 vol. grand in-8° avec 204 figures en noir et en couleurs . . 10 fr.
- 2^e Fascicule : **Système nerveux (Encéphale).** Un vol. grand in-8°
avec 206 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
- 3^e Fascicule : **Système nerveux (Les Nerfs. Nerfs crâniens,
Nerfs rachidiens).** 1 vol. grand in-8° avec 205 figures en noir
et en couleurs. 12 fr.

TOME QUATRIÈME

(Volume complet.)

- 1^{er} Fascicule : **Tube digestif.** (Deuxième édition revue et aug-
mentée). Un volume grand in 8°, avec 201 figures en noir
et en couleurs. 12 fr.
- 2^e Fascicule : **Appareil respiratoire; Larynx, trachée, poumons,
plèvres, thyroïde, thymus.** Un volume grand in-8°, avec
121 figures en noir et en couleurs. 6 fr.
- 3^e Fascicule : **Annexes du tube digestif; Dents, glandes salivaires,
foie, voies biliaires, pancréas, rate. Péritoine.** 1 vol. grand
in 8° avec 361 figures en noir et en couleurs 16 fr.

IL RESTE A PUBLIER :

Les Lymphatiques qui termineront le tome II. Les Organes génito-urinaires et les Organes des sens feront l'objet d'un tome V, afin d'éviter des volumes d'un maniement difficile.

Traité de Physique Biologique

publié sous la direction de MM.

D'ARSONVAL

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut et de l'Académie
de médecine.

GARIEL

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
Prof. à la Faculté de médecine de Paris
Membre de l'Académie de médecine.

CHAUVEAU

Profes. au Muséum d'histoire naturelle
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

MAREY

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

Secrétaire de la rédaction : M. WEISS

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris

3 vol. in-8° broché. En souscription jusqu'à la publication du
tome II. 60 fr.

Vient de paraître

TOME PREMIER

1 fort volume in-8°, avec 591 figures dans le texte. . . 25 fr.

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

Dr CRITZMAN, directeur

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES

en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

Chaque monographie est vendue séparément. 1 fr. 25

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix à forfait et payable d'avance de 10 francs pour la France et 12 francs pour l'étranger (port compris).

RÉCENTES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 21. **La Moelle osseuse à l'état normal et dans les infections**, par MM. H. ROGER, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, et O. JOSUE, anc. inter. laur. des hôpitaux de Paris.
- N° 22. **L'Entéro-colite muco-membraneuse**, par le Dr GASTON LYON, ancien chef de clinique médicale de la Faculté de Paris.
- N° 23. **L'Exploration clinique des fonctions rénales par l'élimination provoquée**, par le Dr CH. ACHARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine, médecin de l'hôpital Tenon.
- N° 24. **L'Analgésie chirurgicale par voie rachidienne (Injections sous-arachnoïdiennes de cocaine)**. Technique, résultats, indications, par le Dr TUFFIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux.
- N° 25. **L'Asepsie en chirurgie**, par PIERRE DELBET, chirurgien des hôpitaux, professeur agrégé à la Faculté de médecine, et BIGEARD, chef de clinique.

EN PRÉPARATION :

- Anatomie chirurgicale et médecine opératoire de l'oreille moyenne**, par A. BROCA, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux.
- Les Troubles gastro-intestinaux chez les enfants**, par A. MARIAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien des hôpitaux.

Traité de Chirurgie d'urgence

Par Félix LEJARS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'hôpital Tenon
Membre de la Société de Chirurgie.

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. grand in-8° d'environ 930 pages, avec 700 figures dont la plupart dessinées d'après nature, par le D^r DALBINE, et environ 180 photographies originales. Relié toile. 25 fr.

Manuel de Thérapeutique, par Fernand BERLIOZ, professeur à l'École de médecine de Grenoble, directeur du Bureau d'Hygiène et de l'Institut sérothérapique. Avec une introduction de M. Ch. BOUCHARD, professeur de pathologie et de thérapeutique générales, médecin des hôpitaux. *Quatrième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-16 diamant, cartonné toile, tranches rouges. 6 fr.

Leçons sur les Maladies nerveuses. Deuxième série : Hôpital Saint-Antoine, par E. BRISSAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, recueillies et publiées par Henry MEIGE. 1 volume grand in-8° avec 465 figures dans le texte 15 fr.

Précis d'anatomie pathologique, par L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lyon, médecin de l'Hôtel-Dieu. *Deuxième édition, revue et augmentée*, avec 425 figures dans le texte. 1 volume in-16 diamant, de xii-804 pages, cartonné toile, tranches rouges 7 fr. 50

Leçons sur les maladies du sang (Clinique de l'Hôpital Saint-Antoine), par Georges HAYEM, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, recueillies par MM. E. PARMENTIER, médecin des hôpitaux, et R. BENSAUDE, chef du laboratoire d'anatomie pathologique à l'hôpital Saint-Antoine. 1 vol. in-8°, broché, avec 4 planches en couleurs, par M. KARWANSKI 15 fr.

Précis d'Histologie, par Mathias DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine. *Deuxième édition, revue et augmentée*, illustrée de 427 figures dans le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages 18 fr.

Traité de Microbiologie, par E. DUCLAUX, membre de l'Institut de France, directeur de l'Institut Pasteur, professeur à la Sorbonne et à l'Institut national agronomique. 1 vol. gr. in-8°.

I. Microbiologie générale. — II. Diastases, toxines et venins. — III. Fermentation alcoolique.

Chaque volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . 15 fr.

Traité de l'Uréthrostomie périnéale dans les rétrécissements incurables de l'urèthre. — *Création au périnée d'un méat contre nature, périnéostomie, méat périnéal*, par MM. Antonin PONCET, professeur à l'Université de Lyon, chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu, membre correspondant de l'Académie de médecine, et X. DELORE, ex-prosecteur, chef de clinique chirurgicale à l'Université de Lyon, lauréat de l'Académie de médecine. 1 vol. in-8° avec 11 fig. dans le texte, broché. 4 fr.

Traité des maladies chirurgicales d'origine congénitale, par le Dr E. KIRMISSON, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien de l'hôpital Trousseau, membre de la Société de Chirurgie. 1 volume grand in-8° avec 311 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. 15 fr.

Manuel de Pathologie externe, par MM. RECLUS, KIRMISSON, PEYROT, BOUILLY, professeurs agrégés à la Faculté de médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. Édition complète illustrée de 720 figures. 4 volumes in-8°. 40 fr.
Chaque volume est vendu séparément. 10 fr.

Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu, par Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les Drs M. CAZIN, chef de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des travaux gynécologiques. *Troisième série.* 1 vol. gr. in-8° avec fig. 8 fr.

Éléments de Chimie physiologique, par Maurice ARTHUS, professeur de physiologie et de chimie physiologique à l'Université de Fribourg. *Troisième édition revue et augmentée.* 1 vol. in-16, avec fig. dans le texte, cartonné toile, tr. rouges . . 4 fr.

Manuel d'Anatomie microscopique et d'Histologie, par P.-E. LAUNOIS, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Tenon. Préface de M. Mathias DUVAL, professeur d'Histologie à la Faculté de Paris, membre de l'Académie de médecine. *Deuxième édition entièrement refondue.* 1 vol. in-16 diamant, cartonné toile avec 261 figures dans le texte . . . 8 fr.

Manuel de Pathologie interne

Par **Georges DIEULAFOY**

PROFESSEUR DE CLINIQUE MÉDICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS
MÉDECIN DE L'HÔTEL-DIEU, MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

TREIZIÈME ÉDITION entièrement refondue et considérablement augmentée

4 volumes in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs, cartonnés à l'anglaise, tranches rouges. 28 fr.

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

VOLUMES PARUS

L'Hygiène du Goutteux, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène de l'Obèse, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène des Asthmatiques, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

L'Hygiène du Syphilitique, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.

Hygiène et thérapeutique thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

Les Cures thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

L'Hygiène du Neurasthénique, par le professeur PROUST et G. BALLEZ, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. (*Deuxième édition.*)

L'Hygiène des Albuminuriques, par le D^r SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.

L'Hygiène du Tuberculeux, par le D^r CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du D^r DAREMBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche, par le D^r CRUET, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur JANNKLONGUE, membre de l'Institut.

Hygiène des maladies du Cœur, par le D^r VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIN.

Hygiène du Diabétique, par A. PROUST et A. MATHIEU.

L'Hygiène du Dyspeptique, par le D^r LIROSSIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, membre correspondant de l'Académie de médecine, médecin à Vichy.

VOLUMES EN PRÉPARATION

Hygiène thérapeutique des maladies de la Peau, par le D^r THIBERGE.

Vient de paraître**Traité**

DE

Chimie industriellePar **R. WAGNER** et **F. FISCHER****QUATRIÈME ÉDITION FRANÇAISE ENTIÈREMENT REFONDUE**

Rédigée d'après la quinzième édition allemande

par le **D^r L. GAUTIER***2 vol. grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte*En souscription. **30 fr.**

Dans cette quatrième édition, l'ouvrage a subi un remaniement si complet et si profond qu'on peut le considérer comme un livre nouveau, absolument au niveau des progrès de la science et répondant de la manière la plus complète aux besoins de l'industrie chimique actuelle. Tous les perfectionnements de la chimie technologique y sont exposés avec tous les développements qu'ils comportent et afin de rendre encore plus facile l'intelligence du texte, de nombreuses figures nouvelles ont été introduites.

Ainsi refondue et mise au courant, nous espérons que la nouvelle édition française de la *Chimie industrielle* recevra de la part du public un accueil aussi favorable que celui qui a été fait aux éditions précédentes.

Charles Gerhardt. *Sa vie, son Œuvre, sa Correspondance 1816-1856.* Document d'Histoire de la Chimie, par MM. Édouard Grimaud, de l'Institut et Charles Gerhardt, ingénieur. 1 vol. in-8° de xi-595 p. avec portrait. **15 fr.**

Le Constructeur, principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des *projets de machines* à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par **F. Reuleaux.** *Troisième édition française,* par **A. Debize,** ingénieur des manufactures de l'État. 1 volume in-8° avec 184 figures. **30 fr.**

Traité d'analyse chimique qualitative, par **R. Frésenius.** Traité des opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale. *Neuvième édition française* d'après la 16^e édition allemande, par **L. Gautier.** 1 vol. in-8° avec grav. et un tableau chromolithographique **7 fr.**

Traité d'analyse chimique quantitative, par **R. Frésenius.** Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse par les liqueurs titrées, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sols, des engrais, des minerais métalliques, des fontes, dosage des sucres, alcalimétrie, chlorométrie, etc. *Septième édition française,* traduite sur la 6^e édition allemande, par **L. Gautier.** 1 vol. in-8° avec 251 grav. dans le texte . . . **16 fr.**

Traité

d'Analyse chimique

QUANTITATIVE PAR ÉLECTROLYSE

Par **J. RIBAN**

Professeur chargé du cours d'analyse chimique
et maître de conférences à la Faculté des sciences de l'Université de Paris.

1 vol. grand in-8°, avec 96 figures dans le texte. 9 fr.

Manuel pratique

de l'Analyse des Alcools

ET DES SPIRITUEUX

PAR

Charles GIRARD

Directeur du Laboratoire municipal
de la Ville de Paris.

Lucien CUNIASSE

Chimiste-expert
de la Ville de Paris.

1 volume in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile. 7 fr.

STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON

(1883 - 1899)

Chimie végétale

et agricole

PAR

M. BERTHELOT

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences,
Professeur au Collège de France.

4 volumes in-8° avec figures dans le texte 36 fr.

Précis de Chimie analytique

Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs titrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire, Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minerais.

Par **J.-A. MULLER**

Docteur ès sciences, Professeur à l'École supérieure des sciences d'Alger.

1 volume in 12, broché 3 fr.

Formulaire de l'Électricien

Par **E. HOSPITALIER**

Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles, rédacteur en chef de l'*Industrie électrique*

18^e ANNÉE (1900-1901)

1 vol. in-16 avec figures dans le texte. Cartonné toile. . . 6 fr.

LES TRAVAUX

DE

l'Exposition de 1900

Par **A. DA CUNHA**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Préface de **HENRI DE PARVILLE**

1 vol. in-8^o, avec 189 figures dans le texte, broché 4 fr.

PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "

Recettes et Procédés utiles, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Neuvième édition.

Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : **La Science pratique**, par Gaston TISSANDIER. Cinquième édition, avec figures dans le texte.

Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série, par Gaston TISSANDIER. Quatrième édition, avec 91 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Quatrième série, par Gaston TISSANDIER. Troisième édition, avec 38 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Cinquième série, par J. LAFFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément

Broché 2 fr. 25 | Cartonné toile 3 fr.

La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Septième édition des *Récréations scientifiques*. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon). Un volume in-8^o avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

TRAITÉ DE GÉOLOGIE

QUATRIÈME ÉDITION

entièrement refondue et considérablement augmentée.

3 vol. grand in-8°, d'environ 1.850 pages, avec nombreuses figures, cartes et croquis. **35 fr.**

Abrégé de géologie. *Quatrième édition, entièrement refondue.* 1 vol. in-16 de viii-299 pages avec 141 gravures et une carte géologique de la France en chromolithographie, cartonné toile **3 fr.**

Notions générales sur l'écorce terrestre. 1 vol. in-16 de 156 pages avec 33 figures, broché. **1 fr. 20**

La géologie en chemin de fer. Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes (Bretagne aux Vosges. — Belgique à Auvergne). 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. **7 fr. 50**

Cours de minéralogie. *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xv-703 pages avec 619 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée. **15 fr.**

Précis de minéralogie. *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-16 de xii-398 pages avec 235 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée, cartonné toile. **5 fr.**

Leçons de géographie physique. *Deuxième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in 8° de xvi-718 pages avec 162 figures dans le texte et une planche en couleurs. **12 fr.**

COLLECTION BOULE

Le Cantal. *Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue,* par Marcellin BOULE, docteur ès sciences, Louis FARGES, archivist-paléographe. 1 volume in-16 avec 83 dessins et photographies, et 2 cartes en couleurs, relié toile anglaise **4 fr. 50**

La Lozère. *Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue,* par Ernest CORD, ingénieur-agronome, Gustave CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. Armand VIRÉ, docteur ès sciences. 1 vol. in-16 avec de nombreux dessins et photographies et cartes en couleurs. **4 fr. 50**

SOUS PRESSE

Le Puy-de-Dôme et Vichy.

Traité de Zoologie

Par **Edmond PERRIER**

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,
Directeur du Muséum d'histoire Naturelle.

FASCICULE I : Zoologie générale. 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte.	12 fr.
FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires. 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures.	10 fr.
FASCICULE III : Arthropodes. 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures.	8 fr.
Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures.	30 fr.
FASCICULE IV : Vers et Mollusques. 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte.	16 fr.
FASCICULE V : Amphioxus, Tuniciers. 1 vol. gr. in-8° de 221 pages, avec 97 figures dans le texte.	6 fr.
FASCICULE VI : Vertébrés. (<i>Sous presse</i>).	

Cours préparatoire au Certificat d'Études Physiques, Chimiques et Naturelles (P. C. N.)

Cours élémentaire de Zoologie

Par **Rémy PERRIER**

Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,
Chargé du Cours de Zoologie

Pour le certificat d'études physiques, chimiques et naturelles.

1 vol. in-8° avec 693 figures. Relié toile : **10 fr.**

Traité de Manipulations de Physique

Par **B.-C. DAMIEN**

Professeur de Physique à la Faculté des sciences de Lille.

et **R. PAILLOT**

Agrégé, chef des travaux pratiques de Physique à la Faculté des sciences de Lille.

1 volume in-8° avec 246 figures dans le texte. **7 fr.**

Éléments de Chimie Organique et de Chimie Biologique

Par **W. ŒCHSNER DE CONINCK**

Professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, Membre de la Société de Biologie, Lauréat de l'Académie de médecine et de l'Académie des sciences.

1 volume in-16 **2 fr.**

Éléments de Chimie des Métaux

A L'USAGE DU COURS PRÉPARATOIRE AU CERTIFICAT D'ÉTUDES P.C.N.

Par le Professeur **W. ŒCHSNER DE CONINCK**

Membre de la Société de Biologie, lauréat de l'Académie de Médecine et de l'Académie des Sciences.

1 volume in-16 **2 fr.**

LA GÉOGRAPHIE

BULLETIN

DE LA

Société de Géographie

PUBLIÉ TOUTS LES MOIS PAR

LE BARON HULOT, Secrétaire général de la Société

ET

M. CHARLES RABOT, Secrétaire de la Rédaction

ABONNEMENT ANNUEL : PARIS : 24 fr. — DÉPARTEMENTS : 26 fr.

ÉTRANGER : 28 fr. — Prix du numéro : 2 fr. 50

Chaque numéro, du format grand in-8^o, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures nombreuses, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie et le compte rendu des séances de la Société de Géographie. La nouvelle publication n'est pas seulement un recueil de récits de voyages pittoresques, mais d'observations et de renseignements scientifiques.

La chronique rédigée par des spécialistes pour chaque partie du monde fait connaître, dans le plus bref délai, toutes les nouvelles reçues des voyageurs en mission par la Société de Géographie, et présente un résumé des renseignements fournis par les publications étrangères : elle constitue, en un mot, un résumé du *mouvement géographique* pour chaque mois.

La Nature

REVUE ILLUSTRÉE

des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie

DIRECTEUR : **Henri de PARVILLE**

Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr. —
Union postal : 26 fr.

Abonnement de six mois : Paris : 10 fr. — Départements : 12 fr. 50.
— Union postale : 13 fr.

Fondée en 1873 par GASTON TISSANDIER, la *Nature* est aujourd'hui le plus important des journaux de vulgarisation scientifique par le nombre de ses abonnés, par la valeur de sa rédaction et par la sûreté de ses informations. Elle doit ce succès à la façon dont elle présente la science à ses lecteurs en lui ôtant son côté aride tout en lui laissant son côté exact, à ce qu'elle intéresse les savants et les érudits aussi bien que les jeunes gens et les personnes peu familiarisés avec les ouvrages techniques; à ce qu'elle ne laisse, enfin, rien échapper de ce qui se fait ou se dit de neuf dans le domaine des découvertes qui trouvent chaque jour des applications nouvelles aux conditions de notre vie qu'elles modifient sans cesse.

PARIS. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 20866.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6^e).

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,
Ingénieur de la Marine.

Camille ROCHE,
Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : avec 412 figures; 1895 20 fr.

TOME II : avec 281 figures; 1895 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,
Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

A. PULIN,
Ing^r Insp^r p^{ri} aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

PAR

E. DEHARME,
Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

A. PULIN,
Ing^r Insp^r p^{ri} aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8 de vi-608 p, avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

TRAITÉ PRATIQUE

DES

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

ET DES

TRAMWAYS

Par **Pierre GUÉDON,**

Ingénieur, Chef de traction à la C^{ie} générale des Omnibus de Paris.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.); 1901..... 11 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par **Lucien GESCHWIND**, Ingénieur-Chimiste.

Un volume grand in-8, de VIII-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). 10 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,

Par **C. BRICKA**,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : avec 326 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II : avec 177 fig.; 1894.. 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : avec 479 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II : avec 571 fig.; 1894.. 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **Al. GOUILLY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et **Jules HENRIVAUX**, Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

**BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION**

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.)..... 30 FR.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

ET

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE MATHÉMATIQUE DE L'ÉLASTICITÉ

Par **Aug. FÖPPL,**

Professeur à l'Université technique de Munich.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR E. HAHN,

Ingénieur diplômé de l'École Polytechnique de Zurich.

GRAND IN-8, DE 489 PAGES, AVEC 74 FIG.: 1901 (E. I.)... 15 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **A. CRONEAU,**

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.):

TOME I : avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4°; 1894..... 18 fr.

TOME II : avec 359 fig.; 1894..... 15 fr.

**PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.**

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY,**

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.).. 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

CHEMINS DE FER.

EXPLOITATION TECHNIQUE

PAR MM.

SCHÖLLER,

Chef-adjoint des Services commerciaux
à la Compagnie du Nord.

FLEURQUIN,

Inspecteur des Services commerciaux
à la même Compagnie.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES: 1901 (E. I.). 12 FR.

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 753 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Par **J. HIRSCH,**

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2^e édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT,**

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN. VINIFICATION, CUVÉE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE. LÉGISLATION.

GR. IN-8 DE XII-533 P., AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES; 1895 (E. I.) 12 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **A. JOANNIS,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1896 (E. I.).

TOME I: 688 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig.; 1896. 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **G. LECHALAS**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II: 1^{re} partie; 1893; 10 fr. 2^e partie; 1898; 10 fr.

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR, PAR

P. PETIT,

Prof^r à la Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur de l'École de Brasserie.

J. JAQUET,

Ingénieur civil.

Grand in-8 de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. I.)... 7 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,

Ing^r et Prof^r à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.).... 12 FR.

LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES

ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par **P. HUBERT-VALLEROUX**,

Avocat à la Cour de Paris, Docteur en-Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. I.)..... 10 FR.

TRAITÉ DES FOURS A GAZ

A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE.

DÉTERMINATION DE LEURS DIMENSIONS.

Par **Friedrich TOLDT**,

Ingénieur, Professeur à l'Académie impériale des Mines de Leoben.

TRADUIT DE L'ALLEMAND SUR LA 2^e ÉDITION REVUE ET DÉVELOPPÉE PAR L'AUTEUR,

Par **F. DOMMER**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. I.). 11 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ANALYSE INFINITÉSIMALE A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par E. ROUCHÉ et L. LÉVY,

2 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES (E. T. P.) :

TOME I : *Calcul différentiel*. VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900..... 15 fr.
TOME II : *Calcul intégral*..... (Sous presse.)

PREMIERS PRINCIPES

D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

Par Paul JANET,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

Quatrième édition conforme à la 3^e — In-8, avec 169 figures; 1901. 6 fr.

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN,

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et
14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE
COMPLÉT)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec
150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la cha-
leur*; avec 47 figures 5 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{re} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{re} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.
4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

2^e SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*, par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{re} fascicule; Tome II, 1^{re} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LEÇONS

D'ÉLECTROTECHNIQUE GÉNÉRALE

PROFESSÉES A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

Par P. JANET,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 307 FIGURES; 1900..... 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.).

Par **Ch. FABRY**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures; 1898..... 7 fr. 50 c.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

MÉTÉOROLOGIE

Par **Alfred ANGOT**,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'École supérieure
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103 FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

RAPPORTS

PRÉSENTÉS AU

CONGRÈS DE PHYSIQUE

RÉUNI A PARIS EN 1900, SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ
FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

Rassemblés et publiés par

Ch.-Éd. GUILLAUME et **L. POINCARÉ**,

Secrétaires généraux du Congrès.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1900..... 50 FR.

On vend séparément :

TOME I : *Questions générales. Métrologie. Physique mécanique. Physique moléculaire*..... 18 fr.
TOME II : *Optique. Électricité. Magnétisme*..... 18 fr.
TOME III : *Électro-optique et ionisation. Applications. Physique cosmique. Physique biologique*..... 18 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ
DE LA
FABRICATION DES LIQUEURS
ET DE LA
DISTILLATION DES ALCOOLS,

Par **P. DUPLAIS Aîné,**

SEPTIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE

PAR

Marcel ARPIN,
Chimiste industriel.

Ernest PORTIER,
Répétiteur de Technologie agricole
à l'Institut agronomique.

DEUX VOLUMES IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT; 1900.

TOME I : *Les Alcools*. Volume de VIII-613 pages avec 68 figures. 8 fr.
TOME II : *Les Liqueurs*. Volume de 606 pages avec 69 figures. 10 fr.

DE L'OPTIQUE DES RAYONS DE RÖNTGEN
ET DES RAYONS SECONDAIRES QUI EN DÉRIVENT

Par **G. SAGNAC,**

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille.

GRAND IN-8, AVEC 31 FIGURES; 1901. 4 FR.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ
AVEC LES PRINCIPALES APPLICATIONS,

Par **R. COLSON,**

Commandant du Génie, Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.

3^e édition entièrement refondue. In-18 jésus, avec 91 fig. ; 1900. 3 fr. 75 c.

DE PARIS AUX MINES D'OR
DE L'AUSTRALIE OCCIDENTALE,

Par **O. CHEMIN,**

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Volume in-8 de 370 pages, avec 116 figures dont 111 photogravures, 7 cartes et 2 planches ; 1900. 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LECONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEPIORE
annexé à l'Université de Liège,

Par **Eric GÉRARD,**

Directeur de cet Institut.

6^e ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques;* avec 388 figures; 1900..... 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle;* avec 387 figures; 1900..... 12 fr.

TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par **Eric GÉRARD,**

(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)

Volume grand in-8 de vi-135 pages, avec 92 figures; 1900..... 3 fr. 50 c.

MESURES ÉLECTRIQUES,

Par **Eric GÉRARD,**

2^e édition, gr. in-8 de 532 p., avec 217 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... 12 fr.

LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES DANS LES GAZ,

Par **J.-J. THOMSON,** D. Sc. F. R. S.

OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, AVEC DES NOTES; PAR LOUIS BARBILLION,
ET UNE PRÉFACE DE CH.-ED. GUILLAUME.

Volume in-8 de xiv-172 pages, avec 41 figures; 1900..... 5 fr.

TRAITÉ DE MAGNÉTISME TERRESTRE,

Par **E. MASCART,**

Membre de l'Institut.

Volume grand in-8 de vi-441 pages, avec 94 figures; 1900..... 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

Par **Émile PICARD**,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 2^e édition, revue et corrigée; 1901..... **16 fr.**

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... **15 fr.**

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... **18 fr.**

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (*En préparation.*)

LEÇONS

SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

Par **Émile BOREL**,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

TOME I : *Exposé de la théorie des ensembles et applications*; 1898... **3 fr. 50 c.**

TOME II : *Leçons sur les fonctions entières*; 1900..... **3 fr. 50 c.**

TOME III : *Leçons sur les séries divergentes*; 1901..... **4 fr. 50 c.**

TOME IV : *Leçons sur les séries à termes positifs*, professées au Collège de France..... (*Sous presse.*)

ÉLÉMENTS

DE LA

THÉORIE DES NOMBRES

*Congruences. Formes quadratiques. Nombres incommensurables.
Questions diverses.*

Par **E. CAHEN**,

Ancien Élève de l'École Normale supérieure,
Professeur de mathématiques spéciales au Collège Rollin.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE VIII-403 PAGES; 1900..... **12 FR.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

**LE SYSTÈME MÉTRIQUE
DES POIDS ET MESURES**

SON ÉTABLISSEMENT ET SA PROPAGATION GRADUELLE

Par **G. BIGOURDAN**,

Astronome titulaire à l'Observatoire de Paris.

Petit in-8 en caractères elzéviens, titre en 2 couleurs, 17 figures
et 10 planches ou portraits; 1901..... 10 fr.

**THÉORIE DES FONCTIONS ALGÈBRIQUES
DE DEUX VARIABLES INDÉPENDANTES,**

PAR

Émile PICARD,
Membre de l'Institut,
Professeur à l'Université de Paris.

SIMART,
Capitaine de Frégate,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. Volume de vi-256 pages, avec figures; 1897..... 9 fr.
TOME II. (1^{er} fascicule 206 p.) Prix du volume complet pour les souscripteurs;
1900..... 14 fr.

**LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FORMES
ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE SUPÉRIEURE,**

à l'usage des Étudiants des Facultés des Sciences,

Par **H. ANDOYER**,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Volume de vi-508 pages; 1900..... 15 fr.
TOME II..... (En préparation.)

**RECUEIL DE PROBLÈMES
DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE**

A L'USAGE DES ÉLÈVES DE MATHÉMATIQUES SPÉCIALES

SOLUTIONS DES PROBLÈMES DONNÉS AU CONCOURS D'ADMISSION A L'ÉCOLE
POLYTECHNIQUE DE 1860 à 1900.

Par **F. MICHEL**,

Ancien Élève de l'École Polytechnique.

Volume in-8 de vi-240 pages, avec 70 figures; 1900..... 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ESSAI SUR LES
FONDEMENTS DE LA GÉOMÉTRIE

Par **B.-A.-W. RUSSELL,**

Traduction par **G. CADENAT**, revue et annotée par l'**Auteur**
et par **Louis COUTURAT.**

Grand in-8, avec 11 figures; 1901..... 9 fr.

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE RATIONNELLE

Par **P. APPELL,**

Membre de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : *Statique, Dynamique du point*, avec 178 figures; 1893..... 16 fr.
TOME II : *Dynamique des systèmes. Mécanique analytique*, avec fig.; 1896. 16 fr.
TOME III : *Équilibre et mouvement des milieux continus* (Un fascicule de 224 pages
a paru). Prix du volume complet pour les souscripteurs..... 15 fr.

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE
DES
FONCTIONS ELLIPTIQUES

PAR

Jules TANNERY,

Sous-Directeur des Études scientifiques
à l'École Normale supérieure,

Jules MOLK,

Professeur à l'Université
de Nancy.

QUATRE VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Introduction. Calcul différentiel (I^{re} Partie); 1893..... 7 fr. 50 c.
TOME II : Calcul différentiel (II^e Partie); 1896..... 9 fr. »
TOME III : Calcul intégral (I^{re} Partie); 1898..... 8 fr. 50 c.
TOME IV : Calcul intégral (II^e Partie) et Applications. Un premier
fascicule (166 pages) est paru. Prix du volume pour les souscripteurs.. 8 fr. 50 c.

TRAITÉ D'ASTRONOMIE STELLAIRE

Par **CH. ANDRÉ,**

Directeur de l'Observatoire de Lyon, Professeur d'Astronomie
à l'Université de Lyon.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I^{re} PARTIE : Étoiles simples, avec 29 figures et 2 planches; 1899..... 9 fr.
II^e PARTIE : Étoiles doubles et multiples. Amas stellaires, avec 74 figures et 3 planches;
1900..... 14 fr.
III^e PARTIE : Photométrie, Photographie. Spectroscopie..... (Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

MANUEL PRATIQUE DE PHOTOGRAPHIE AU CHARBON,

Par E. BELIN.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

PAR LA MÉTHODE INTERFÉRENTIELLE DE M. LIPPMANN.

Par A. BERGET.

2^e édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec fig.; 1901... 1 fr. 75 c.

FABRICATION DES PLAQUES AU GÉLATINOBROMURE

Par BURTON. — Traduction par HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 0 fr. 50 c.

REPRODUCTION DES GRAVURES, DESSINS, PLANS, MANUSCRITS,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE,

Par A. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.
Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

FORMULES, RECETTES ET TABLES POUR LA PHOTOGRAPHIE ET LES PROCÉDÉS DE REPRODUCTION,

Par le D^r J.-M. EDER.

Édition revue par l'auteur et traduite de l'allemand,
Par G. BRAUN fils.

Un volume in-18 jésus de 185 pages; 1900..... 4 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892 14 fr.

2^e Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. 14 fr.

Les 6 volumes se vendent ensemble..... 72 fr.

LA PHOTOGRAPHIE D'ART

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900.

Par C. KLARY.

Grand in-8 de 88 pages, avec nombreuses illustrations et planches; 1901..... 6 fr. 50 c.

LA PHOTOTYPIE POUR TOUS

ET SES APPLICATIONS DIRECTES

AUX TIRAGES LITHOGRAPHIQUES ET TYPOGRAPHIQUES.

Par L. LAYNAUD.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

L'OBJECTIF PHOTOGRAPHIQUE,

ÉTUDE PRATIQUE. EXAMEN. ESSAI. CHOIX ET MODE D'EMPLOI.

Par P. MOËSSARD,

Lieutenant-Colonel du Génie,

Ancien Élève de l'École Polytechnique.

Un volume grand in-8, avec 116 figures et 1 planche; 1899..... 6 fr. 50 c.

MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine
de Bordeaux.

3^e ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,

Par E. TRUTAT.

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 146 figures et 1 planche; 1899..... 5 fr.

ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE,

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. 16 fr.

*** LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES
A L'USAGE DES AMATEURS,**

Par E. TRUTAT.

2^e édition, revue et augmentée. 2 vol. in-18 jésus..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : *Obtention des petits clichés*, avec 81 figures; 1900.... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE : *Agrandissements*, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

**TRAITÉ PRATIQUE
DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,**

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de xiv-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900.... 6 fr. 50 c.

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.

CONFÉRENCES FAITES A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE
EN 1899.

Brochures in-8; 1899. — *On vend séparément :*

LA PHOTOCOLLOGRAPHIE, par G. BALAGNY..... 1 fr. 25 c.

LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE, par R. COLSON.. 1 fr.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE PORTRAIT EN PHOTOGRAPHIE, par Frédéric DILLAYE..... 1 fr. 25 c.

LA MÉTROPHOTOGRAPHIE, avec 17 figures et 2 planches, par le Colonel A. LAUSSE DAT..... 2 fr. 75 c.

LA RADIOGRAPHIE ET SES DIVERSES APPLICATIONS, avec 29 figures, par Albert LONDE..... 1 fr. 50 c.

LA CHRONOPHOTOGRAPHIE, avec 23 fig., par MAREY. 1 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE, avec 19 figures, par H. MEYER-HEINE..... 1 fr. 50 c.

LA MICROPHOTOGRAPHIE, avec 3 planches en couleur, par MONPILLARD..... 2 fr. 50 c.

SUR LES PROGRÈS RÉCENTS ACCOMPLIS AVEC L'AIDE DE LA PHOTOGRAPHIE DANS L'ÉTUDE DU CIEL; avec 2 planches, par P. PUISEUX..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES MONTAGNES, à l'usage des alpinistes, avec 19 figures, par J. VALLOT..... 1 fr. 75 c.

LES PROGRÈS DE LA PHOTOGRAVURE, avec 21 figures et 2 planches, par Léon VIDAL..... 1 fr. 75 c.

LE RÔLE DES DIVERSES RADIATIONS EN PHOTOGRAPHIE, avec 8 figures, par P. VILLARD..... 1 fr.

LES AGRANDISSEMENTS, avec fig., par E. WALLON. 1 fr. 75 c.

30178. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.