

les fonde pour en retirer le métal : bien que ce grillage se fasse au contact de l'air, une partie du soufre échappe à la combustion et se dépose dans les tas, ainsi que sur la sole où s'effectue le grillage; on peut alors le retirer comme sous-produit. C'est ainsi qu'on procède dans le Harz, en Bohême, en Saxe, à Salzbourg, à Steiermark, en Irlande, à Agordo, dans la Vénétie, et spécialement en Suède, où presque tout le soufre employé à la fabrication de la poudre est extrait des sulfures naturels.

Le soufre à l'état natif constitue la source la plus importante pour l'industrie. Nous insisterons particulièrement sur ce dernier point, en indiquant les principaux gisements de soufre et les procédés d'extraction relatifs à chacun d'eux (*).

§ II.

EXTRACTION DU SOUFRE BRUT.

I. GISEMENTS DE SOUFRE A L'ÉTAT NATIF.

De toutes les provenances naturelles du soufre, la plus importante correspond aux dépôts qui appartiennent à une formation depuis longtemps achevée, et qui se rencontrent au-dessus de la craie, dans les couches inférieures des terrains tertiaires. Dans les pays où ces dépôts se sont formés à côté des volcans, comme en Sicile, il ne paraît pas exister de relation entre leur production et l'activité volcanique. D'autres dépôts, ceux de Cracovie notamment, sont très-éloignés des sièges d'éruptions volcaniques. En dehors des pays que nous venons de citer, le soufre des dépôts tertiaires se retrouve encore dans la Croatie, la Romagne, la Silésie, la Pologne, l'Espagne, la Mésopotamie, l'Égypte, la Régence de Tunis, la Chine et le Japon. — A Budos, on trouve une terre sulfureuse agrégée en rognons, contenant, d'après Brem, de 47 à 64 p. 100 de soufre pur, et qui ne peut pas précisément être considérée comme appartenant aux terrains de formation tertiaire.

Outre ces gisements d'origine géologique, on rencontre des dé-

(*) Knapp, *loc. cit.*, p. 3 sqq.

pôts de soufre qui se sont formés dans le voisinage et sous l'influence de volcans souterrains, et dont plusieurs sont encore aujourd'hui à l'état de formation. C'est à cette classe de dépôts que se rattachent les solfatares.

a) Dépôts de Sicile.

Comme nous l'avons déjà dit, ce sont surtout les terrains tertiaires qui fournissent la majeure partie du soufre du commerce. Ceux de la Sicile sont de beaucoup les plus riches et les plus importants (*). Les gisements de soufre s'étendent sur presque toute la largeur de l'île et correspondent à trois degrés de longitude. Partant de l'Etna, ils occupent à l'ouest la province de Catane, plus au sud celles de Caltanissetta et de Girgenti (la plus riche de toutes en minerai), et s'étendent jusque dans les provinces de Trapani à l'extrême ouest, de Palerme au nord-ouest. Ces gisements considérables, qui contiennent aussi du sel gemme, sont associés à des dépôts de calcaire, de marne et de gypse. Le soufre, souvent mélangé à des chaux carbonatées fétides et à des bitumes, se trouve irrégulièrement réparti dans la masse. La gangue calcaire renferme le soufre tantôt uniformément mélangé, tantôt en petits filons parallèles, souvent enfin irrégulièrement disséminé dans les cavités des roches. En général, il y existe à l'état mou (*soufre saponaire*), et exceptionnellement à l'état cristallin. Les couches de marne renferment le soufre en masses sphériques; elles sont moins riches que les précédentes, mais plus avantageuses que les couches de gypse, où le soufre se rencontre dans les mêmes conditions que celui des couches calcaires.

Les couches sont, en général, inclinées de 35 à 40°; leur épaisseur varie de 3 à 30^m (la plus puissante est celle de Sommatino). Elles constituent, par suite, des dépôts pour ainsi dire inépuisables. L'exploitation s'effectue sur 200 points environ, à l'aide de galeries en forme d'escalier tortueux (*scala*), qui descendent à une profondeur de 50 à 150^m. Elle occupe de 15 000 à 20 000 ouvriers, et les produits d'extraction représentent les 9/10 du soufre consommé dans l'in-

(*) Quelques auteurs rangent ces dépôts dans les terrains crétacés ou secondaires. Voir les travaux de Constant Prévost et de Pinteville de Cussy.

dustrie. La production de l'île dépasse aujourd'hui 200 000 tonnes par an (Kuhlmann) (*).

La richesse inépuisable des dépôts, l'indolence des habitants et le manque de capitaux ont produit ce fâcheux résultat, que l'exploitation des mines de soufre s'opère d'une manière barbare et sans aucun ménagement pour l'avenir. Cette exploitation se réduit au creusement de galeries inclinées, qu'on soutient par des piliers irrégulièrement espacés. En général, on commence à extraire le minerai à une profondeur de 30^m environ; l'abatage de ce minerai se fait à la pointe du pic ou *piccon*; de là le nom de *piconeiri* donné aux mineurs. Les galeries sont disposées sans aucune règle et poussées simplement dans les directions où l'on espère rencontrer la couche de soufre. Si le terrain est suffisamment résistant, on construit des chambres d'une largeur de 8 à 15^m et d'une hauteur double, dont on soutient le plafond par des piliers de 3 à 4^m d'épaisseur. Le minerai, chargé dans des paniers, est remonté au jour par des enfants de 6 à 16 ans, qui suivent les escaliers des galeries.

L'exploitation des mines de soufre est exposée à deux genres d'accidents très-différents, l'inondation et le feu. Quand l'eau envahit une mine et qu'on ne peut plus maintenir l'épuisement par le travail à bras, on se borne à abandonner la mine. Cependant, dans ces dernières années, on a commencé à ménager des galeries ou saignées horizontales pour l'écoulement des eaux, et, sur certains points, on a installé des pompes puissantes, mues par des machines à vapeur. — Quand l'incendie se déclare, on n'a d'autre ressource que de laisser le feu s'arrêter de lui-même, et souvent il persiste plusieurs années; à Sommatino, par exemple, une partie de la montagne est en feu depuis 50 ans.

On comprend qu'en raison de l'irrégularité des dépôts de soufre dans les terrains, le minerai doit avoir une teneur très-variable; c'est, en effet, ce que l'on constate à peu près partout. Là où les installations se prêtent à des conditions économiques, et c'est le cas pour la majeure partie des exploitations de la Sicile, on peut encore travailler des minerais ne donnant que 6 à 8 p. 100. Dans les minerais de qualité supérieure, la proportion de soufre varie de

(*) Dans leur rapport sur l'exposition de Londres, en 1862, Combes et Dubocq évaluent même cette production à 250 000 tonnes.

15 à 20 p. 100; enfin, les minerais de très-bonne qualité produisent en moyenne 25 p. 100. Sur quelques points, la teneur en soufre s'élève à 70 p. 100. Ces données s'appliquent au minerai lui-même en morceaux; mais, en traitant des morceaux de soufre naturels (*talamoni*), on arrive souvent à obtenir, comme soufre, jusqu'à 80 p. 100 du poids total.

b) Dépôts de Cracovie.

Dans le district de Cracovie, au sommet supérieur de la contrée où se trouvent les salines de Wieliczka, près de Swoscowize, de Lusina et de Wrzosowice, on exploite, depuis près de 500 ans, une couche de marne argileuse grise et de soufre, de 80^m d'épaisseur. Cette couche, qui présente la forme d'un coin enveloppé de sel gemme, se compose de filons alternatifs de marne pure et de marne sulfureuse ou de gypse, disposés dans l'ordre suivant :

Marne grise.	38 ^m ,00
Première couche de soufre repliée sur elle-même.	0 ^m ,30 à 1 ,00
Marne grise.	4 ,00
Deuxième couche de soufre repliée sur elle-même.	2 ^m ,30 à 3 ,00
Marne grise.	4 ,00
Troisième couche de soufre.	0 ,65
Marne grise.	4 ,00
Quatrième couche de soufre.	0 ,65
Marne grise.	4 ,00
Cinquième couche de soufre.	0 ,65
Couches inférieures ne contenant plus de soufre	?

Ce terrain renferme donc cinq couches sulfureuses, dont l'épaisseur totale est comprise entre 3^m,50 et 6^m,50. La couche supérieure contient du soufre en grains, présentant la forme et la grosseur des grains de chènevis; les autres couches fournissent des blocs de 0^m,025 à 0^m,10, d'une grande pureté, puisqu'un échantillon soumis à la distillation ne donne que 0,2 p. 100 de résidu terreux.

En 1862, ces exploitations ont fourni de 800 à 850 tonnes de soufre brut; ce produit est principalement employé dans les fabriques de soude de Bohême.

c) Dépôts de Croatie.

A Radoboj, dans la région de Krapina, en Croatie, on rencontre des gangues sulfureuses, d'un brun foncé, composées d'une masse argileuse tendre et de cristaux de gypse libre; elles ont de 0^m,30 à

0^m,50 d'épaisseur. Le soufre s'y trouve en rognons d'une couleur jaune foncé, dont le poids varie de 0^k,030 à plusieurs kilogrammes. Il est assez pur et, d'après les analyses de Leithner, ne renferme que 2 à 5 p. 100 de matières étrangères. Par un triage à la main et un traitement par l'eau, on commence par amener la masse à contenir de 30 à 70 p. 100 de soufre, puis on la soumet à une purification dans des fours de sublimation et de distillation.

En 1858, à Radoboj, la production en soufre épuré a été de 90 tonnes.

d) Dépôts de la Romagne.

Les dépôts de soufre de la Romagne sont exploités par une compagnie de Bologne qui possède huit districts, dont cinq dans la province de Forli (Romagne proprement dite) et trois dans celles d'Urbino et de Pesaro. Ces dépôts, qui se composent d'un mélange de gypse, de calcaire et de marne, forment des couches dont la hauteur varie de 4 à 9^m et dont l'existence a été constatée sur une très-grande longueur (30^{km}). Le minerai qu'on extrait fournit environ 15 p. 100 de soufre brut, qu'on raffine à Rimini.

e) Dépôts d'Espagne.

En Espagne, le nombre des usines de soufre est assez considérable. Les plus importantes sont situées au nord-ouest, à 12 milles de Teruel (Aragon), sur l'Eva, où le soufre forme des couches horizontales qui alternent avec du calcaire renfermant des pétrifications. La même constitution de sol se rencontre au sud-ouest, près de Lorca (Murcie), où 14 usines traitent le soufre avec le bois des Baléares, qu'on peut se procurer à très-bon marché. Dans la province d'Alicante (Valence), au sud-ouest, le soufre natif se trouve mélangé à de la glaise bleuâtre qui renferme, en outre, de nombreux cristaux de quartz brillants. Ce minerai est traité par les mêmes procédés que ceux qu'on emploie en Sicile et que nous décrirons plus loin. Enfin, les dépôts d'Arcos (Andalousie), à la pointe sud de l'Espagne, qui sont exploités par galeries, présentent les mêmes caractères, notamment au point de vue de la présence des cristaux de quartz (H. Sewell).

f) Solfatares.

Certains dépôts de soufre sont aujourd'hui, en maints endroits, à l'état de formation et se rattachent aux volcans récemment éteints

ou encore en activité : il est alors facile de suivre la marche des vapeurs de soufre et la manière dont elles montent à la surface. Suivant qu'elles perdent plus ou moins rapidement leur chaleur primitive, elles fournissent des produits d'aspect différent : tantôt elles donnent naissance à des dépôts solides au milieu des roches poreuses, sous forme de stratifications puissantes, de géodes ou d'amas cristallins; tantôt elles restent à l'état liquide et remplissent les interstices du sol; enfin, dans certains cas, les vapeurs trop chaudes pour se condenser arrivent sous forme gazeuse jusqu'à l'extérieur, où généralement elles brûlent au contact de l'air, en donnant naissance à de l'acide sulfureux.

Là où les volcans sont presque éteints et ne conservent plus qu'une activité très-faible, le soufre n'arrive plus à l'état de vapeur, mais simplement comme élément constituant de différents gaz qui, au moment de leur sortie du sol, ou plus tard, se décomposent en laissant déposer le soufre. C'est notamment ce qui se produit dans les *solfatares* ou *fumerolles*, dont les plus connues sont celles d'Italie et d'Islande.

Les dégagements gazeux se produisent à la surface du sol de ces solfatares, par filets séparés, et sont d'une nature très-complexe : ils renferment des sels et des parties terreuses, notamment des chlorures métalliques et de la silice, un mélange formé d'une forte proportion de vapeur d'eau et d'acides sulfureux et chlorhydrique, enfin des gaz fixes, tels que l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'azote, l'hydrogène sulfuré et l'hydrogène. La proportion de ces divers éléments est très-variable avec la distance du point de dégagement au centre du volcan. On distingue les fumerolles dues à l'action de températures élevées, et qui renferment de l'acide chlorhydrique et de la silice (fumerolles chlorées), des fumerolles sulfureuses et des solfatares proprement dites, les seules dont nous ayons à nous occuper ici.

Bunsen a analysé les produits gazeux qui se dégagent d'une de ces solfatares, celle de Krisuvik, en Islande. Il y trouva plus de 82 p. 100, en volumes, de vapeur d'eau et 18 p. 100 de gaz permanents. Ces derniers étaient formés, sur 100 parties en volumes, de :

Oxyde de carbone.	87,43
Azote.	1,67
Hydrogène sulfuré.	6,60
Hydrogène.	4,30