

Chlorure de sodium.	32,8
Chlorure de potassium.	49,2
Chlorure de magnésium.	17,1
Sulfate de magnésie.	15,1
Sulfate de chaux.	2,0
Matières insolubles.	2,7
Eau.	11,1
Total.	100,0

D'après cette composition, la proportion de potasse, sans eau, pourrait être évaluée à 12 ou 13 p. 100.

Si l'on considère la coupe verticale du gisement de Stassfurt, sur la profondeur de 377^m, à laquelle on est descendu jusqu'à ce jour, les hauteurs correspondant aux divers sels seraient les suivantes :

Sel gemme.	310 ^m ,6
Anhydrite.	11 ,3
Polyhalite.	4 ,2
Kieserite.	16 ,0
Carnallite.	30 ,8
Chlorure de magnésium.	4 ,1
Total.	377 ^m ,0

ce qui donne, pour les proportions en poids des différents éléments :

Chlorure de sodium.	85,8
Sulfate de chaux.	4,9
Sulfate de magnésie.	4,7
Sulfate de potasse.	0,4
Chlorure de magnésium.	2,5
Chlorure de potassium.	1,7
Total.	100,0

Les trois régions dans lesquelles on a subdivisé l'étage des sels de déblai, comme nous l'avons déjà dit, ne sont pas nettement séparées. De plus, une couche horizontale ne présente jamais une composition constante. Aussi les matières que l'on extrait ont elles-mêmes une composition très-variable; tout ce qu'on peut dire, c'est qu'en général, abstraction faite du sel gemme, la carnallite est l'élément dominant et que, par suite, la potasse se trouve surtout à l'état de chlorure, accompagné d'une petite proportion de sulfate.

Autrefois, les sels de déblai étaient rejetés comme n'ayant aucune valeur. C'est en 1861 seulement que, sur les conseils de Grüneberg et de quelques autres ingénieurs, on a commencé à les exploiter.

Depuis cette époque, plus de 20 usines se sont établies à Stassfurt et se livrent, en général, exclusivement à la séparation du chlorure de potassium. Nous devons ajouter, toutefois, que jusqu'à ce jour aucune des méthodes employées n'a encore donné des résultats tout à fait satisfaisants.

Séparation mécanique des sels de déblai. — Grüneberg a cherché à séparer les matières extraites de la mine en les soumettant à une action mécanique, fondée sur les différences de densité que présente la carnallite par rapport aux autres sels. Les poids spécifiques des divers éléments ont, en effet, des valeurs assez différentes, comme l'indique le tableau suivant :

Carnallite.	1,618
Tachhydrite.	1,671
Sylvine.	2,025
Sel gemme.	2,160
Kieserite.	2,517
Polyhalite.	2,720
Boracite.	2,910
Anhydrite.	2,968

Le mélange, tel qu'il est livré aux usines, renferme, en moyenne, 50 à 55 p. 100 de carnallite, 25 à 30 de sel gemme, 10 à 15 de kieserite; le reste se compose des autres minéraux, d'anhydrite, d'argile, etc.

La séparation mécanique s'exécute à l'aide d'appareils analogues à ceux qu'on emploie pour le lavage de la houille; toutefois, comme l'eau aurait l'inconvénient de dissoudre les sels, on la remplace par une dissolution saline concentrée. Les matières, concassées en fragments d'une grosseur aussi uniforme que possible, sont placées dans une caisse dont le fond est percé de trous et où le liquide est déplacé constamment, de bas en haut, par le jeu d'une pompe. La carnallite se rassemble à la partie supérieure et forme une couche distincte, qu'on enlève à la pelle.

Bien que les résultats fournis par ce mode de traitement aient été assez satisfaisants, ils n'ont cependant pas répondu aux grandes espérances qu'on avait conçues à l'origine, et l'on paraît tendre de plus en plus à y renoncer. Aujourd'hui, la plupart des usines traitent les sels tels qu'ils sortent de la mine, en se bornant simplement à les réduire en poudre, avant de les soumettre à la série des opérations chimiques destinées à opérer la séparation des matières.

Traitement chimique des sels de déblai. — Le procédé proposé par Grüneberg, pour retirer des sels de déblai le chlorure de potassium, est fondé sur la propriété que possède ce dernier sel d'être beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid, propriété que ne partage pas le chlorure de sodium, et sur ce fait d'expérience, qu'une dissolution de chlorure de magnésium saturée à chaud, qui renferme du chlorure de potassium, se précipite avec lui à peu près complètement par le refroidissement, sous la forme de chlorure double présentant la composition de la carnallite, de telle sorte que l'eau-mère ne retient, en définitive, que des traces de chlorure de potassium.

On commence par soumettre les sels de déblai, réduits en poudre, à l'action de la vapeur et d'une quantité d'eau limitée, dans une chaudière qui est munie d'un faux-fond percé de trous; on arrive ainsi à laisser dans le résidu la plus grande partie du sel gemme et de la kieserite; la dissolution qu'on obtient marque 32°,5 B. et renferme, à côté d'une partie du sulfate de magnésie et du chlorure de sodium, la totalité des chlorures de magnésium et de potassium. Par refroidissement, cette dissolution abandonne des cristaux de ce dernier sel, mélangé avec du chlorure de sodium. La dissolution, évaporée de nouveau jusqu'à ce qu'elle marque 32°,5 B., puis refroidie, donne un second dépôt de chlorure de potassium. On concentre ensuite une troisième fois jusqu'à 35° B.: pendant cette concentration, il se dépose du sulfate de magnésie, ainsi que du sulfate double de magnésie et de potasse. Par refroidissement, il se forme une abondante cristallisation de carnallite; l'eau-mère ne renferme plus alors qu'une proportion insignifiante de chlorure de potassium, et ne peut plus être utilisée avec avantage pour l'extraction de ce sel.

On obtient donc, par cette méthode, deux dépôts de chlorure de potassium, dont l'un renferme 30 à 40 p. 100 de chlorure de sodium, et, en outre, un dépôt de carnallite artificielle. Le chlorure de potassium impur est clairé avec de l'eau pure, ou mieux avec une dissolution de chlorure de potassium. En dissolvant la carnallite et en faisant cristalliser la dissolution, on obtient également du chlorure de potassium.

Dans d'autres procédés, qui ne diffèrent guère du précédent que par la disposition des appareils, après avoir réduit les sels de déblai en poudre fine, on les dissout dans de grands cylindres en fer,

chauffés par de la vapeur à une certaine pression et pourvus d'agitateurs mécaniques.

II. *Chlorure de l'eau de mer.* — L'eau de la Méditerranée renferme de 0,05 à 0,11 p. 100 de chlorure de potassium; les eaux-mères des marais salants contiennent surtout des chlorures de sodium, de potassium, de magnésium, du bromure de sodium et du sulfate de magnésie. Le traitement qu'on fait subir à ces eaux a pour but de combiner tout l'acide sulfurique avec la soude, et d'obtenir finalement du sulfate de soude, des chlorures de sodium et de potassium et du brome.

D'après Balard, par une première concentration des eaux-mères à 35° B., on provoque un dépôt de sulfate de magnésie et de chlorure de sodium (sel mixte); l'eau-mère, emmagasinée dans des citernes, est soumise pendant l'hiver à l'action d'une température de 6°, et il se précipite du sulfate de magnésie. Enfin ces eaux, conservées jusqu'à l'été suivant et soumises à une nouvelle concentration, donnent un chlorure double de potassium et de magnésium (carnallite).

Le procédé de Merle consiste à refroidir jusqu'à — 18°, dans un appareil Carré, de l'eau de mer concentrée à 28° B. et additionnée de 10 p. 100 d'eau, ce qui produit un dépôt de sulfate de soude et de chlorure de magnésium, puis à évaporer les eaux-mères dans une chaudière jusqu'à 36° B., ce qui provoque une précipitation du chlorure de sodium non décomposé; la liqueur refroidie dans de vastes bassins laisse déposer la carnallite, d'où l'on extrait le chlorure de potassium en la traitant par la moitié de son poids d'eau froide. On retire ainsi 10% de ce sel de 1^m^e d'eau de mer à 28° B.

III. *Chlorure des varechs.* — Les cendres de varechs, qu'on exploite sur les côtes de France, d'Écosse et d'Irlande, pour la préparation du brome et de l'iode, fournissent également de grandes quantités de sels de potasse et de soude. Les plus riches en potasse sont celles qui proviennent des *varechs de flot* ou *goëmons*, rejetés par les vagues sur les grèves où ils forment des amas plus ou moins considérables; 5 ou 6 tonnes de ce varech, complètement desséché, donnent 1 tonne de cendres, d'où l'on peut extraire 132^l de sulfate de potasse brut, et 220 à 264^l de chlorure de potassium au titre de 80 p. 100 environ, le reste se composant de sulfate de soude, de sel marin et d'eau. En France, on traite chaque année près de 30 000 tonnes de varechs secs fournissant 1 400 000^l de chlorure de potassium; en Angle-

terre, la quantité de varechs traitée annuellement est de 10 à 12 millions de tonnes.

Les cendres de varechs sont soumises à un lessivage méthodique. La dissolution obtenue est concentrée à chaud, ce qui produit un dépôt de chlorure de sodium et de sulfate de potasse; si on laisse ensuite refroidir, il se précipite du chlorure de potassium impur. On répète sur les eaux-mères la même série d'opérations, et l'on traite les dernières eaux-mères pour en extraire l'iode et le brome. Comme le chlorure de potassium n'est guère souillé que par le chlorure de sodium et comme ce dernier sel est un peu plus soluble à froid que le premier, il suffit de lessiver les cristaux à l'eau froide pour enlever tout le sel marin et laisser le chlorure de potassium à peu près pur, qu'on dessèche dans une étuve ou dans un four.

b) Potasse du commerce.

La potasse du commerce est un mélange de carbonate avec une quantité notable de sulfate de potasse et de chlorure de potassium, et des quantités généralement faibles d'autres corps, tels que l'acide phosphorique, la silice, la chaux, etc. Les procédés de préparation de ce produit sont extrêmement nombreux : nous nous contenterons d'indiquer les plus importants.

Incinération des plantes. — Lorsqu'on incinère les tissus végétaux, les substances organiques se décomposent et se transforment en azote, eau et acide carbonique; les matières minérales, mises en liberté, se combinent en partie avec les produits de cette décomposition, et surtout avec l'acide carbonique, pour former le résidu incombustible qu'on désigne sous le nom de *cendres* et dont le poids est le plus souvent compris entre 1 et 3 p. 100 du poids des plantes sèches. La partie soluble des cendres se compose de carbonate de potasse, carbonate de soude, sel marin, sulfate de potasse, silicate de potasse; la partie insoluble renferme du carbonate de chaux, de la magnésie, des phosphates de chaux, de magnésie et de fer, de l'alumine, de l'oxyde de manganèse et de la silice.

Le traitement général des cendres consiste à les lessiver, puis à évaporer à sec la liqueur et à calciner le produit ainsi obtenu. En France, on se sert, pour le lessivage, d'une cuve qui n'a ni bonde ni faux-fond; au centre du fond se trouve une ouverture dans laquelle s'engage un tuyau en plusieurs pièces, d'une hauteur égale à celle du cuvier : on brasse les cendres au sein du liquide et on laisse re-

poser. Les matières solides se rassemblent et il se dépose, au-dessus, une couche de liquide clair; on décante ce liquide en démontant un certain nombre de pièces du tuyau, qu'on replace ensuite pour procéder à un second lessivage. — Soumises à l'évaporation, les lessives prennent une coloration brune de plus en plus foncée, puis elles passent à l'état sirupeux, et finissent par laisser déposer des sels solides; les premiers qui se précipitent sont les sulfates et les chlorures, puis les silicates, et enfin les carbonates. — La potasse obtenue par cette évaporation à sec est très-hygroscopique, chargée de matières organiques, et renferme 6 à 12 p. 100 d'eau; aussi la soumet-on à une calcination au contact de l'air dans des fours à réverbère, ordinairement accolés deux à deux dans un même massif. Quand le salin calciné présente l'aspect d'un sable blanc fortement chauffé, on procède à la granulation, en écrasant tous les morceaux, à l'aide d'une spatule en fer, en petits fragments de la grosseur d'une noisette, et l'on obtient ainsi la potasse dite *perlasse*, qui est retirée du four au moyen de râtaeux et rapidement embarillée.

La potasse calcinée se présente sous la forme de petits fragments anguleux, cassants, légers et poreux, bien qu'assez durs; sa couleur est d'un blanc sale tirant sur le gris, souvent sur le bleu ou le vert; on y remarque ordinairement des taches d'une teinte brune ou lilas, dues à de l'oxyde de fer ou à du manganate de potasse. Elle doit se dissoudre dans son poids d'eau chaude et ne laisser qu'un faible résidu. Voici les résultats de quelques analyses exécutées sur des potasses d'origines différentes :

SUBSTANCES composantes.	POTASSE	POTASSE	POTASSE AMÉRICAINE		POTASSE	POTASSE
	des Vosges.	de Russie.	brute.	perlasse.	de Toscane.	de Russie.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Carbonate de potasse. . .	38,63	69,61	68,04	71,38	74,10	50,84
Carbonate de soude. . .	4,17	3,09	5,85	2,31	3,00	12,14
Sulfate de potasse. . . .	38,84	14,11	15,32	14,38	13,47	17,44
Chlorure de potassium. .	9,16	2,09	8,15	3,64	0,95	5,80
Eau hygrométrique. . . .	5,34	8,82	»	4,56	7,28	10,18
Matières insolubles. . . .	3,80	2,28	2,64	2,73	1,20	3,60
—	—	—	—	—	—	—
Degré alcalimétrique. . .	31°,6	53°,3	55°	54°,4	56°	47°,2

Traitement du résidu de la distillation du vin. — Quand on distille le vin pour fabriquer de l'eau-de-vie, le bitartrate de potasse reste dans la vinasse avec différentes matières organiques. On dessèche la vinasse par simple exposition à l'air, puis on carbonise et l'on calcine le résidu; on obtient ainsi une excellente potasse.

En France, la distillation des vins s'opère sur une grande échelle dans 19 départements, qui produisent annuellement 9 à 10 millions d'hectolitres de vinasses, 1 hectolitre de ce résidu renfermant environ 97 litres d'eau, 1^{er}, 5 à 2^e de matières organiques et 1^{er} de bitartrate de potasse.

Traitement des mélasses de betteraves. — Les vinasses obtenues dans la distillation des mélasses de betteraves sont également utilisées pour la fabrication de la potasse brute. Le jus de betteraves renferme des bases combinées surtout à l'acide azotique et à des acides organiques. Dans le travail des sucreries, la chaux, la magnésie, la silice, l'acide phosphorique et la plus grande partie des matières organiques se trouvent éliminés par les diverses opérations de la défécation, de la saturation et de la filtration, tandis que les alcalis et le reste de la matière organique se concentrent dans les eaux-mères ou mélasses: l'impureté des mélasses de betteraves ne permet pas de les utiliser directement, comme les mélasses de cannes, pour sucrer les aliments, et on les soumet à la distillation, qui en sépare l'alcool et laisse comme résidu la vinasse.

La vinasse de betteraves est un liquide faible, d'une densité de 4° B. environ, contenant tous les sels et les matières organiques de la mélasse et de la levûre de bière employée pour en provoquer la fermentation; presque toute la potasse s'y trouve à l'état d'azotate. Le traitement consiste à chasser l'eau et à carboniser le résidu, pour obtenir un salin qui est ensuite raffiné.

La vinasse brute, additionnée d'une quantité de craie ou de calcaire pur suffisante pour saturer les acides libres, est introduite dans les appareils évaporatoires, qui se composent soit de chaudières ordinaires ou de chaudières plates chauffées à feu nu ou à la vapeur, soit de simples cuves plates disposées au-dessus des fours de l'usine et chauffées par la chaleur perdue, soit enfin de fours à réverbères dont la sole est formée par les chaudières d'évaporation. On obtient ainsi un salin renfermant environ la moitié de son poids de carbonates alcalins, du chlorure de potassium, du sulfate de potasse, un peu de cyanure de potassium et des matières insolubles.

Le salin carbonisé est dissous, puis soumis à une série de concentrations et de cristallisations méthodiques, destinées à provoquer successivement la précipitation du sulfate de potasse, du chlorure de potassium et du carbonate de soude, et à donner, comme produit final, le carbonate de potasse à un degré de pureté variable avec le degré de concentration des dernières eaux-mères. Le procédé actuellement employé consiste à effectuer méthodiquement le lavage des salins dans plusieurs compartiments à double fond chauffés à la vapeur; les eaux séjournent dans chacun d'eux pendant 3 jours environ. Les jus ainsi obtenus, qui ont une densité de 25° B., sont alors élevés dans un bac, où leur température est portée de 50° à 90°; ils descendent de là dans des chaudières fermées, où ils sont progressivement amenés à 35° B. et à 43° B., ce qui produit une précipitation de sulfate de potasse souillé des autres sels: un double lavage à l'eau saturée et à l'eau pure permet de l'amener à un degré de pureté de 92 p. 100. Les eaux-mères, reçues dans des cristallisoirs, y déposent, par refroidissement à 30°, du chlorure de potassium souillé de sulfate et de carbonates, qu'on peut obtenir, après égouttage et lavages, à 75 p. 100 de chlorure et 17 p. 100 de sulfate. Une nouvelle concentration des eaux-mères à 45° B. provoque une précipitation de carbonate de soude et, par refroidissement, de chlorure de potassium; ce dernier dépôt est traité comme le précédent. Deux autres concentrations à 48° B. et à 53° B., suivies de cristallisations, donnent également du carbonate de soude, qui est calciné, et du chlorure de potassium très-impur, qui est redissous et renvoyé à l'évaporation. — Les dernières eaux-mères sont calcinées, et donnent le carbonate de potasse marchand à 80 p. 100 de carbonate de potasse et 10 p. 100 de carbonate de soude. Si l'on arrêta la concentration finale à 51° B., le degré de pureté du produit obtenu serait seulement de 75 p. 100; il s'élèverait, au contraire, à 90 p. 100 si la concentration était poussée jusqu'à 58° B. Le carbonate de potasse ayant une valeur industrielle à peu près double de celle du carbonate de soude, et celui-ci une valeur double de celle du chlorure de potassium, ce dernier sel se trouve le plus souvent sacrifié par rapport aux deux premiers.

Traitement du suint des moutons. — Les laines de moutons sont imprégnées d'une matière grasse blanche et molle, le suint, qui représente 15 à 40 p. 100 de leur poids, et qui peut être considérée comme formée de la combinaison de la potasse avec un acide orga-

nique inconnu et d'une forte proportion de matières grasses, libres ou combinées avec des bases terreuses telles que la chaux; on y trouve également du carbonate et de l'acétate de potasse, des chlorures alcalins, une matière odorante, etc. Les sels de potasse y entrent pour 50 p. 100, les sels de soude pour 4 p. 100 seulement. La France pourrait, par le lavage des laines, produire annuellement plus de 3 millions de kilogrammes de potasse très-pure, et l'Angleterre de 6 à 7 millions.

Le désuintage des laines doit se faire avec le moins d'eau possible et par un véritable lavage méthodique. Les eaux de suintage sont évaporées à sec, le résidu est carbonisé et distillé dans des cornues; le produit ainsi obtenu est lessivé et donne une dissolution de carbonate et de sulfate de potasse, avec un peu de chlorure de potassium et très-peu de sels de soude. A partir de ce point, le traitement est identique à celui des cendres de mélasses.

c) **Carbonate de potasse pur et potasse caustique.**

On a souvent cherché à transformer directement le chlorure de potassium en carbonate et en alcali caustique, soit en le décomposant au rouge, et sous l'influence de la vapeur d'eau, par la silice ou l'alumine et traitant le sel formé par l'acide carbonique; soit en le traitant par le bicarbonate d'ammoniaque, qui précipite une partie importante de la potasse sous forme de bicarbonate très-peu soluble; soit en employant l'acide hydrofluosilicique et décomposant le sel formé par la chaux: aucun de ces procédés n'est entré dans la pratique. — Le procédé Leblanc, appliqué à la transformation du chlorure de potassium en sulfate de potasse, puis en carbonate, donne des résultats beaucoup moins avantageux que pour la fabrication de la soude, à cause de la production d'une quantité relativement considérable de cyanure de potassium et de cyanate de potasse, et de l'aspect peu satisfaisant des lessives évaporées, qu'on ne parvient à rendre blanches qu'à l'aide d'une série de dissolutions et d'évaporations.

On peut retirer d'assez grandes quantités de carbonate de potasse pur ou de potasse caustique des feldspaths naturels, par l'application du procédé de Ward. Le feldspath orthose est un silicate neutre d'alumine et de potasse, contenant de 62 à 66 p. 100 de silice, de 17 à 20 d'alumine et de 12 à 14 de potasse; le traitement consiste à le réduire en poudre extrêmement fine, après l'avoir fortement

chauffé et projeté dans l'eau froide pour faciliter la porphyrisation, et à l'attaquer, soit par l'acide sulfurique concentré (Sprenger), soit par la chaux caustique (Meyer), soit par le fluor (Ward). — Ce dernier procédé permet d'extraire du feldspath environ 13,7 p. 100 de potasse, à un prix de revient admissible et sous la forme de potasse caustique ou de carbonate. On traite la poudre de feldspath, à une température assez basse pour n'avoir pas à redouter une perte notable d'alcali par volatilisation, par un mélange de spath fluor ou fluorure de calcium avec de la chaux éteinte et de la craie. Il se forme un carbonate de chaux basique, sorte de mortier qu'on moule sous forme de briquettes, lesquelles sont desséchées à l'air et calcinées dans des fours à la température du rouge orangé; on obtient une fritte poreuse dont il est facile de retirer l'alcali à l'aide d'un lessivage méthodique à l'eau chaude. La dissolution renferme de la potasse caustique, du carbonate de potasse, ainsi qu'une petite proportion de silice et d'alumine; en la traitant par la chaux, on obtient tout l'alcali à l'état de potasse caustique, d'une grande pureté, à moins que le feldspath employé ne renferme de la soude.

Dans les raffineries anglaises, on décompose le chlorure de potassium par l'acide sulfurique, en opérant exactement comme dans la fabrication du sulfate de soude avec le chlorure de sodium; le sulfate de potasse ainsi obtenu, de même que celui qu'on retire des cendres de varechs, est calciné avec de la chaux et du charbon, dans un four à réverbère, par le procédé Leblanc. Le carbonate de potasse brut que fournit cette calcination est soumis à un lessivage méthodique: on concentre la dissolution jusqu'à ce qu'elle arrive à la densité de 1,070 à 1,075, et l'on ajoute de la chaux caustique. La lessive de potasse caustique qu'on obtient par cette addition est évaporée jusqu'à la densité de 1,500; à ce point de concentration, les sels étrangers se précipitent; on les enlève, et le liquide qui reste est utilisé directement pour le traitement du salpêtre du Chili.

B. **Épreuves du chlorure de potassium et des potasses du commerce.]**

Le chlorure de potassium et les potasses du commerce n'ont de valeur que par le potassium qu'ils contiennent; aussi, pour l'analyse de ces sels, le point capital réside-t-il dans la séparation de la potasse et de la soude. Nous indiquerons d'abord les principales mé-