

## CHLORURE DE POTASSIUM 2012

Le chlorure de potassium, KCl, étant principalement employé dans l'industrie des engrais et en agriculture, les quantités et les teneurs est souvent exprimées en K<sub>2</sub>O avec : 1 t KCl = 0,60 t K<sub>2</sub>O. Dans l'industrie des engrais et en agriculture, il est appelé improprement "potasse". Le chlorure de potassium est directement extrait du sol et ne subit qu'une purification.

### ETAT NATUREL :

La teneur moyenne de l'écorce terrestre en élément potassium , K, est de 2,4 %. Il est surtout présent dans les feldspaths, en particulier l'orthose, KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Sous forme de chlorure, KCl, il est présent dans des dépôts marins fossiles en présence, en général, de chlorure de sodium. C'est sous cette forme qu'il est extrait et utilisé principalement dans l'industrie des engrais.

**Minerais** : le principal minerai est la sylvinite (KCl-NaCl), les autres minerai exploités sont la carnallite (KCl-MgCl<sub>2</sub>), la kainite (KCl-MgSO<sub>4</sub>) et la langbeinite (MgSO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). L'extraction industrielle a commencé dans la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle en Allemagne pour les gisements de Hanovre et de la Werra. Les mines sont exploitées par voie souterraine, pour 80 % de la production mondiale ou par dissolution in situ, pour 6 % de la production. Diverses exploitations souterraines ont été inondées et ont vu leur exploitation se poursuivre par dissolution. Par ailleurs, l'exploitation de la Mer Morte ou de lac salés donne 14 % de la production mondiale.

Le gisement des Mines de Potasse d'Alsace : il s'est formé à l'Oligocène, il y a 26 à 38 millions d'années, selon un régime lagunaire, la lagune étant alimentée périodiquement en eaux nouvelles par le jeu d'une "barre". Au sein des couches de sylvinite, l'alternance sylvite (KCl), sel gemme (NaCl) correspondrait à des changements de saison, KCl se déposant en saison froide, NaCl en saison chaude. Il est situé dans la plaine d'Alsace, au nord-ouest de Mulhouse. Il couvre environ 20 000 hectares. L'exploitation du gisement s'est terminée en 2002.

Le gisement a été découvert en 1904. Il est constitué de deux couches séparées par 20 m de sel gemme, marnes et anhydrite (CaSO<sub>4</sub>) situées à une profondeur variant de 400 à 1100 m.

- La couche inférieure, la plus puissante, à une épaisseur comprise entre 3 m et 5,50 m, sa formation aurait duré 160 ans.

- La couche supérieure d'épaisseur comprise entre 1 et 2,20 m sest formée durant environ 30 ans.

Chaque couche est composée de filets alternés (d'épaisseur variant du mm au cm), de KCl, de NaCl et d'argile.

Le minerai (la sylvinite) a une teneur de 25 % de sylvine, 60 % de sel gemme et 15 % d'éléments insolubles (argiles...). Il contient également du bromure de potassium qui était récupéré et valorisé pour produire du brome.

300 km de galeries (largeur environ 4 m, hauteur environ 3 m), avant la fermeture de la mine, étaient en service.

Le minerai était extrait par la méthode du havage intégral. Une haveuse (fraiseuse) munie de couteaux en acier au carbure de tungstène attaque le banc de minerai sur 1 m de large et sur 1 à 4 m de haut suivant les chantiers, à une vitesse variant de 50 à 100 m/h. L'extraction cumulée, depuis

1910, de minerai brut est supérieure à 500 millions de t. Le maximum d'extraction a été atteint en 1974, 13,4 millions de t de minerai brut.

**TRAITEMENT DU MINERAI** : deux procédés sont utilisés : le traitement thermique par dissolution puis cristallisation et la flottation.

- Thermique par dissolution puis cristallisation : le minerai est attaqué à 100°C par une solution aqueuse saturée à 20°C (eau-mère) en KCl et NaCl (147 g/L de KCl et 292 g/L de NaCl). Seul KCl passe en solution. La solution saturée (saumure) à 100°C contient alors 280 g/L de KCl et 250 g/L de NaCl. Par refroidissement jusqu'à 30°C et par évaporation sous vide, KCl cristallise et la saumure redevient eau-mère. Le rendement en KCl est d'environ 93 %.

- Par flottation : le minerai broyé à environ 0,8 mm, afin de libérer ses divers constituants, est mis en suspension dans une eau-mère froide. L'injection massive d'air, dans des cellules de 8,3 m<sup>3</sup> et l'ajout de collecteur (acétate de stéarylamine), moussant (huile de pin) et déprimant (féculé de pomme de terre) permet de faire flotter KCl qui est récupéré dans les mousses. Les rendements de récupération sont de 92 à 93 %.

- Le chlorure de potassium obtenu selon le procédé thermique est blanc, celui obtenu par flottation est rose (couleur qu'il possède dans le minerai).

- Le co-produit principal est le chlorure de sodium qui est soit stocké et utilisé en partie comme sel de déneigement soit évacué dans les fleuves. Au niveau mondial, pour une production de 55 millions de t de KCl, la coproduction de NaCl est de plus de 80 millions de t.

Le chlorure de potassium obtenu contient plus de 95 % de KCl. Il est principalement, à 95 %, utilisé dans l'industrie des engrais. Sa teneur, exprimée en équivalent K<sub>2</sub>O, est de 60 à 61 % de K<sub>2</sub>O.

**PRODUCTIONS MINIERES** : en 2012, en millions de t de K<sub>2</sub>O. Monde : 34,0 et Union Européenne, en 2010 : 3,8.

Canada	9,0	Jordanie	1,4
Russie	6,5	États-Unis	0,9
Biélorussie	5,6	Chili	0,9
Chine	3,9	Brésil	0,4
Allemagne	3,0	Royaume-Uni	0,4
Israël	1,9	Espagne	0,4

Source : USGS

- Les gisements canadiens sont principalement situés, pour 95 % de la production, dans la province de Saskatchewan. Ils ont été découverts, en 1943, lors de forages pétroliers. Le gisement constitué de couches horizontales de 2 à 3 mètres d'épaisseur, situé à environ 1 000 m de profondeur, est exploité par 10 mines en activité (5 exploitées par PotashCorp, 4 par Mosaic, 1 par Agrium). 8 mines sont exploitées de façon classique par voie souterraine alors que 2 mines (Patience Lake par PotashCorp et Belle Plaine par Mosaic) sont exploitées par dissolution in situ du sel. Les ressources sont évaluées à plus de 75 milliards de t de KCl à une teneur de 21 à 27 % de K<sub>2</sub>O. Un autre gisement est situé dans la province du Nouveau Brunswick, à une profondeur de 400 à 700 m avec une teneur comprise entre 24 à 28 % K<sub>2</sub>O.

- En Russie, les gisements sont situés à Verkhnekamsk, dans la région de Perm, dans l'Oural.
- En Biélorussie, le gisement exploité est celui de Starobin, près de Soligorsk.
- En Allemagne, les mines, exploitées par K & S, sont situées dans le centre du pays, principalement dans les lands de Hesse et Thuringe.
- Israël et la Jordanie exploitent les eaux salées de la Mer Morte.

**Commerce international** : en 2010. Il a porté sur 28,6 millions de t de K<sub>2</sub>O.

- Principaux pays exportateurs, en million de t de K<sub>2</sub>O : Canada : 9,694, Russie : 5,657, Biélorussie : 4,157, Israël : 2,957, Allemagne : 2,499, Jordanie : 1,189.
- Principaux pays importateurs, en millions de t de K<sub>2</sub>O : Etats-Unis : 5,060, Inde : 3,896, Brésil : 3,760, Chine : 3,384, Indonésie : 1,396, Malaisie : 1,227.

**Producteurs** : en 2012, en millions de t de capacités de production de KCl.

<u>PotashCorp</u> (Canada)	13,3	<u>K &amp; S</u> (Allemagne)	7,1
<u>Uralkali</u> (Russie)	13	<u>ICL</u> (Israël)	6,0
<u>Mosaic</u> (Etats-Unis)	10,4	<u>APL</u> (Jordanie)	2,5
<u>Belaruskali</u> (Biélorussie)	9,1	<u>SQM</u> (Chili)	1,9

Source : rapports annuels des sociétés

- PotashCorp (Potash Corporation of Saskatchewan, Canada) est n°1 mondial en terme de capacités de production (20 % des capacités mondiales) avec 5 exploitations au Saskatchewan (Lanigan avec une production, en 2012, de 1,653 million de t de KCl, Rocanville, 1,571 million de t, Cory, 1,284 million de t, Allan, 1,169 million de t, Patience Lake, 293 000 t) et une au Nouveau Brunswick (Sussex, 742 000 t). PotashCorp possède, en 2012, une capacité de production de 13,3 millions de t/an de KCl pour une production de 7,7 millions de t de KCl. Les réserves prouvées et probables sont de 1,711 milliard de t de minerai d'une teneur comprise entre 21,5 et 25 % de K<sub>2</sub>O. PotashCorp possède également, dans le monde, des participations dans diverses sociétés productrices de KCl avec 28 % de Arab Potash Company (APC, Jordanie), 14 % de Israël Chemical Ltd (ICL, Israël), 32 % de SQM au Chili, 22 % de Sinofert, en Chine. Ces dernières années PotashCorp s'est développé dans les autres éléments fertilisants avec, en 2012, des capacités de production de 4,1 millions de tonnes de N pour l'ammoniac, n°4 mondial et 2,4 millions de tonnes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour l'acide phosphorique, n°3 mondial.
- PotashCorp est partenaire des autres sociétés exploitant le gisement du Saskatchewan, Mosaic et Agrium, dans la société Canpotex qui assure les ventes du chlorure de potassium de ce gisement à l'étranger, hors Etats-Unis.
- Uralkali (Russie) exploite 5 mines, en Russie, à Berezniki et Solikamsk, dans la région de Perm. Les capacités de production sont de 13 millions de t de KCl, avec, en 2012, une production de 9,1 millions de t. Les réserves sont de 8,637 milliards de t de minerai titrant 18,8 % de K<sub>2</sub>O.
- Belaruskali (Biélorussie), exploite, à Boligorsk, le gisement de Starobin, avec 4 mines.
- Mosaic, exploite 3 mines au Canada, dans la province du Saskatchewan (Belle Plaine, avec une production, en 2012, de 2,3 millions de t de KCl, Colonsay, avec 1,1 million de t et Esterhazy, avec 4,0 millions de t) et 2 mines aux Etats-Unis, à Carlsbad, dans le Michigan, avec 1,0 million de t et Hersey, au Nouveau Mexique, avec 100 000 t. Les capacités de production de Mosaic sont de 10,3

millions de t de KCl avec une production, en 2012, de 7,4 millions de t. Les réserves sont de 2,079 milliards de t de minerai titrant 20,2 % K<sub>2</sub>O.

- K & S (Allemagne), premier producteur européen, exploite 6 mines en Allemagne (Wintershall et Hattorf, avec une production, en 2012, de 1,9 million de t de KCl, Unterbreizbach, avec 1,1 million de t, Zielitz, avec 2,2 millions de t, Neulof-Ellers, avec 630 000 t et Sigmundshall, avec 450 000 t) avec des réserves de 209 millions de t de KCl. Par ailleurs, K & S développe, dans la province du Saskatchewan, au Canada, un projet de 2,86 millions de t de KCl/an à compter de 2017, avec des réserves de 160 millions de t de KCl.

- ICL (Israël Chemical Ltd, Israël), exploite, à Sodom, les eaux de la Mer Morte et possède des mines en Espagne et au Royaume Uni et a produit, en 2011, 4,3 millions de t de KCl. En Espagne, ICL contrôle Iberpotash qui extrait du chlorure de potassium dans 2 mines à Súrria, en Catalogne, avec une capacité de production de 800 000 t/an de KCl et 1,3 million de t de NaCl. Au Royaume Uni, ICL contrôle Cleveland Potash, qui exploite la mine de Bouldy, dans le Nord du Yorkshire.

**Réserves** : elles sont estimées, en 2012, à 9,5 milliards de t de K<sub>2</sub>O. En millions de t de K<sub>2</sub>O :

Canada	4 400	Chine	210
Russie	3 300	Chili	150
Biélorussie	750	Allemagne	140
Brésil	300	Etats-Unis	130

Source : USGS

**SITUATION FRANÇAISE** : en 2012, en t de K<sub>2</sub>O.

Production : nulle depuis la fermeture des Mines de Potasse d'Alsace.

Importations, en 2010 : 785 500 t.

Exportations, en 2010 : 8 000 t.

Consommations, en 2012-13, en t de K<sub>2</sub>O et ( ) t de produits (18 kg ).

- Simples : 224 9154 t (soit 308 827 t de KCl et 99 791 t de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

- Binaires PK : 107 797 t (soit 385 930 t de superpotassique).

- Ternaires\* et binaires NK : 134 360 t (soit 1 401 830 t de produits). (\* Composition des engrais ternaires les plus courants : 17 % N-17 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-17 % K<sub>2</sub>O)

La consommation à l'hectare est de 18 kg de K<sub>2</sub>O.

**UTILISATIONS** :

**Consommations** à des fins agricoles : en 2010, en milliers de t de K<sub>2</sub>O. Monde : 27 671, Union européenne : 2 869.

Chine	5 200	Indonésie	1 250
États-Unis	4 377	Malaisie	1 150

Brésil	3 894	France	598
Inde	3 514	Espagne	363

Source : IFA

KCl est essentiellement (à 95 %) utilisé comme engrais, le reste par l'industrie chimique (voir le chapitre consacré à l'hydroxyde de potassium).

Lors des utilisations comme engrais, les ions  $K^+$  sont, à 95 %, apportés sous forme de KCl et à 5 % apportés sous forme de sulfate de potassium,  $K_2SO_4$  (voir le chapitre HCl). Le sulfate de potassium est préparé par action de l'acide sulfurique sur KCl ou à partir d'autres minerais (saumures, langbeinite...). Il est utilisé pour certaines cultures (tabac, fruits, légumes...) pour lesquelles la présence des ions  $Cl^-$  est néfaste.

#### Utilisation alimentaire de KCl :

Le sel de marque "Minisel" contient 2/3 de KCl pour 1/3 de NaCl. Ce sel diététique est destiné à corriger le déséquilibre  $Na^+/K^+$  fréquent dans les cas d'hypertension artérielle. Ce type de sel est très répandu au Japon et en Scandinavie.