

## CHLORURE DE POTASSIUM 2014

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" et "muriate of potash (MOP)" dans les pays anglosaxons.

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, principalement, dans des dépôts marins fossiles en présence, en général, de chlorure de sodium. C'est sous cette forme, ainsi que des eaux de la Mer Morte ou de lacs salés, 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 kaïnite (KCl-MgSO<sub>4</sub>) et la langbeinite (MgSO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). La sylvinite est un mélange de sylvine (KCl) et de halite (NaCl). L'extraction industrielle a commencé dans la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle en Allemagne avec 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 s'est 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 dibrome.

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, avec 13,4 millions de t de minerai brut.

**TRAITEMENT DU MINERAI** : trois procédés sont utilisés : le traitement thermique par dissolution puis cristallisation, la flottation et la séparation électrostatique.

Le traitement du minerai consiste, après broyage, à séparer les divers constituants, chlorure de potassium, chlorure de sodium, autres minéraux riches en potassium (carnallite, kainite, langbeinite) ou en magnésium (kiésérite,  $MgSO_4 \cdot H_2O$ ) et insolubles (argiles). Le broyage du minerai est conditionné par le traitement de séparation utilisé, la flottation et la séparation électrostatique demandant un broyage plus poussé que le traitement thermique afin de séparer physiquement les particules. L'extraction par dissolution in situ échappe à cette opération préalable et se poursuit par traitement thermique.

- Thermique par dissolution puis cristallisation : le minerai, après un broyage grossier jusqu'à des tailles de particules de 5 à 9 mm, 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 %.

- Electrostatique : les minéraux contenus dans le minerai n'étant pas naturellement conducteurs, il est nécessaire de soumettre au préalable le minerai à un champ électrique, qui induira à la surface des particules des charges opposées plus ou moins importantes en fonction de leur nature chimique. La séparation est réalisée à sec.

Au Canada et aux Etats-Unis, pour les exploitations souterraines classiques, c'est la flottation qui est principalement, à 70 %, utilisée, le traitement thermique étant réservé au chlorure de potassium destiné à des applications industrielles. Il en est de même au Royaume Uni et en Espagne.

En Allemagne, ce sont les traitements thermiques et la séparation électrostatique qui sont employés.

- Le chlorure de potassium obtenu selon le procédé thermique est blanc, celui obtenu par flottation ou par séparation électrostatique 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. Du dibrome est également co-produit. 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  $K_2O$ , est de 60 à 61 % de  $K_2O$ .

**PRODUCTIONS MINIERES** : en 2014, en milliers de t de K<sub>2</sub>O. Monde : 35 000, Union Européenne (Allemagne, Royaume Uni et Espagne) : 3 890.

|             |       |             |       |
|-------------|-------|-------------|-------|
| Canada      | 9 800 | Chili       | 1 100 |
| Russie      | 6 200 | Jordanie    | 1 100 |
| Chine       | 4 400 | États-Unis  | 850   |
| Biélorussie | 4 300 | Royaume-Uni | 470   |
| Allemagne   | 3 000 | Espagne     | 420   |
| Israël      | 2 500 | Brésil      | 350   |

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 minerai 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.

Divers projets d'ouverture de mines sont en cours au Saskatchewan :

- BHPBilliton, développe le projet de la mine Jansen, avec une capacité de production prévue de 8 millions de t/an. Les ressources sont de 6,6 milliards de t de minerai titrant 25,6 % de K<sub>2</sub>O.

L'exploitation devrait commencer en 2015, avec 3,37 millions de t.

- K+S, développe le projet Lecacy de 1,2 million de t/an, prévues en 2017, avec des réserves de 160 millions de t de KCl, avec un minerai titrant 18 % de K<sub>2</sub>O. Le gisement, à 1 500 m de profondeur, d'une épaisseur de 33 m, sera exploité par dissolution in situ.

- 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.

- Au Chili, c'est le salar d'Atacama qui est exploité.

En République du Congo, divers projets sont en cours d'étude et de développement. Dans ce pays, un gisement de sylvinite et de carnallite a été découvert en 1935 et entre 1969 et 1977, l'exploitation souterraine du gisement à Holle, a permis une production de 450 000 t/an de KCl. Toutefois, le 20 juin 1977, une inondation de la mine a entraîné l'arrêt de la production. L'exploitation de ce gisement, situé dans le département du Kouilou, à peu de distance du port en eaux profondes de Pointe Noire devrait permettre une évacuation facile pour alimenter le marché mondial et en particulier le Brésil, l'un des premiers pays importateurs. Parmi les projets les plus avancés on peut citer :

- Le projet Mengo développé par la société canadienne [MagIndustries](#), détenue à 86 % par le groupe chinois [Evergreen Holding](#) qui prévoit à compter de 2016, une production 600 000 t/an puis de 1,2 million de t/an de KCl. Il est situé à 15 km au Nord-Est de Pointe Noire. Le minerai de carnallite doit être exploité par dissolution in situ.

- Le projet Sintoukola, propriété à 93 % de la société australienne [Elemental Minerals](#), détenue par

le groupe chinois [Dingyi](#), avec 2 exploitations. Celle d'une mine souterraine de sylvinite à Kola qui pourrait débiter, en 2016, une production de 600 000 t/an puis de 1,2 million de t/an avec des réserves prouvées et probables de 151,7 millions de t de minerai renfermant 31,7 % de KCl et celle d'une mine de carnallite à Dougou, avec une production, par dissolution in situ, de 400 000 t/an de KCl et des réserves de 1,1 milliard de t de minerai à 20,6 % de KCl.

- Le projet du Lac Dinga, détenu à 70 % par la Société des Potasses et Mines (SPM), filiale du groupe [African Potash](#), avec des réserves de 1,1 milliard de t de minerai renfermant 20,6 % de KCl.

**Commerce international** : il a porté, en 2013, sur 42,2 millions de t de KCl.

Les importations de la Chine ont été, en 2014, de 8,03 millions de t, provenant de Russie à 33 %, Biélorussie à 22 %, Canada à 16 %, Israël à 16 %, Jordanie à 7 %, Allemagne à 3 %, Chili à 1 %. Celles du Brésil de 9,1 millions de t, celles des Etats-Unis, de 7,7 millions de t, celles d'Inde de 4,3 millions de t.

Le principal pays exportateur est le Canada avec environ la moitié des exportations mondiales destinées, en 2014, à 54 % aux Etats-Unis, 10,5 % au Brésil, 9 % à l'Indonésie, 7 % à la Chine, 6 % à l'Inde, 4 % à la Malaisie...

**Producteurs** : en 2014, en millions de t de capacités de production de KCl.

|  |      |                                 |      |
|--|------|---------------------------------|------|
| <a href="#">PotashCorp</a><br>(Canada)       | 14,9 | <a href="#">K+S</a> (Allemagne) | 7,1  |
| <a href="#">Uralkali</a> (Russie)            | 13   | <a href="#">ICL</a> (Israël)    | 6,5  |
| <a href="#">Mosaic</a> (Etats-Unis)          | 12,5 | <a href="#">SQM</a> (Chili)     | 2,6  |
| <a href="#">Belaruskali</a><br>(Biélorussie) | 9,1  | <a href="#">APL</a> (Jordanie)  | 2,35 |

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 2014, de 1,68 million de t de KCl, Rocanville, 2,49 millions de t, Cory, 1,18 million de t, Allan, 2,47 millions de t, Patience Lake, 300 000 t) et une au Nouveau Brunswick (Sussex, 610 000 t). PotashCorp possède, en 2014, une capacité de production de 14,9 millions de t/an de KCl pour une production, au Canada, de 8,73 millions de t de KCl. Les réserves prouvées et probables sont de 1,721 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. Les productions issues de ces participations étrangères ont été de 610 000 t et la production totale a été, en 2014, de 9,346 millions de t.

Ces dernières années PotashCorp s'est développé dans les autres éléments fertilisants avec, en 2014, des capacités de production annuelles de 4,1 millions de tonnes de N pour l'ammoniac, n°4 mondial et 1,9 million 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. Le gisement a été découvert en 1925. En 2014, la production a été de 12,1 millions de t. Les réserves prouvées et probables sont de 1,102 milliard de t de minerai titrant 17 % de K<sub>2</sub>O.
- Belaruskali (Biélorussie), exploite, à Boligorsk, le gisement de Starobin, avec 4 mines.
- Mosaic, exploite 4 mines au Canada, dans la province du Saskatchewan (Belle Plaine, avec une production, en 2014, de 2,2 millions de t de KCl, Colonsay, avec 1,4 million de t et les 2 mines d'Esterhazy, avec 4,0 millions de t) et une mine aux Etats-Unis, à Carlsbad, au Nouveau Mexique, avec 600 000 t. Les capacités de production de Mosaic sont de 12,5 millions de t de KCl avec une production, en 2014, de 9,0 millions de t. Les réserves sont de 2,034 milliards de t de minerai titrant 21,1 % K<sub>2</sub>O.
- K+S (Allemagne), premier producteur européen, avec 6,9 millions de t en 2014, 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 millions de t/an de KCl 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. L'exploitation de la Mer Morte, en 2014, par pompage de 370 millions de m<sup>3</sup> d'eau a donné, 3,5 millions de t de KCl, 259 000 t de NaCl, 174 000 t de dibrome, 136 000 t de chlorure de magnésium et 26 000 t de magnésium. En Espagne, ICL contrôle Iberpotash qui extrait du chlorure de potassium dans 2 mines à Súría et Sallent, en Catalogne, avec une capacité de production de 800 000 t/an de KCl qui devrait être portée à 1,1 million de t/an en 2017 puis à 1,4 million de t/an. La production a été, en 2014, de 4,4 millions de t de minerai titrant 24,5 % de KCl avec des réserves prouvées et probables de 116 millions de t à 25,5 % de KCl. Au Royaume Uni, ICL contrôle Cleveland Potash, qui exploite la mine de Bouldy, dans le Nord du Yorkshire, avec la production de 2,6 millions de t de minerai titrant 31,6 % de KCl et des réserves prouvées et probables de 16,9 millions de t à 32,5 % de KCl.

**Réserves** : elles sont estimées, en 2014, à 3,5 milliards de t de K<sub>2</sub>O. En millions de t de K<sub>2</sub>O :

|             |       |             |     |
|-------------|-------|-------------|-----|
| Canada      | 1 100 | Etats-Unis  | 200 |
| Biélorussie | 750   | Chili       | 150 |
| Russie      | 600   | Allemagne   | 150 |
| Chine       | 210   | Royaume Uni | 70  |

Source : USGS

**SITUATION FRANÇAISE** : en 2014, en t de K<sub>2</sub>O.

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

Importations : 529 527 t, à 51 % d'Allemagne, 15 % d'Espagne, 11 % de Russie, 4 % du Royaume Uni.

Exportations : 32 943 t, à 54 % vers la Belgique, 33 % les Pays Bas, 6 % l'Allemagne, 5 % la Suisse.

Consommations, en 2014-15, en t de K<sub>2</sub>O et ( ) t de produits (18 kg ).

- Engrais simples : 248 000 t (dont 334 317 t de KCl en 2013-14).
- Engrais binaires PK : 101 000 t (dont 389 279 t de superpotassique, en 2013-24).
- Engrais ternaires\* et binaires NK : 113 000 t (soit 1 151 000 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 18,7 kg de K<sub>2</sub>O.

## **UTILISATIONS :**

**Consommations** : en 2013, en milliers de t de K<sub>2</sub>O. Monde : 29 996.

|            |       |           |       |
|------------|-------|-----------|-------|
| Chine      | 6 500 | Malaisie  | 1 290 |
| Brésil     | 5 094 | France    | 480   |
| Etats-Unis | 4 397 | Allemagne | 457   |
| Inde       | 2 099 | Thaïlande | 448   |
| Indonésie  | 1 580 | Canada    | 380   |

Source : IFA

KCl est essentiellement, à 91,6 % en 2014, 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<sup>+</sup> sont, à 95 %, apportés sous forme de KCl et à 5 % apportés sous forme de sulfate de potassium, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (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<sup>-</sup> 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<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> fréquent dans les cas d'hypertension artérielle. Ce type de sel est très répandu au Japon et en Scandinavie.