

## CHLORURE DE SODIUM 1996

**ETAT NATUREL** : origine marine. La teneur moyenne des océans est de 30 g/L (20 g/L en mer Baltique, 79 g/L en mer Morte), soit 40 millions de milliards de t.

Le sel est soit récupéré à partir de l'eau de mer dans des marais salants, soit exploité dans des gisements de sel gemme qui ont été formés par dépôts à partir d'eau de mer. Aux Etats-Unis, les réserves de sel gemme sont estimées à plus de  $55 \cdot 10^{12}$  t. Les lacs salés sont également exploités, industriellement aux Etats-Unis ou artisanalement dans de nombreux autres pays. Le plus grand lac salé du monde est celui d'Uyuni, en Bolivie, de 10 000 km<sup>2</sup>, situé à 2653 m d'altitude. Ces réserves sont de 63 milliards de t de NaCl, 9 millions de t de sels de lithium (2/3 des réserves mondiales), 200 millions de t de sels de [magnésium](#), [potassium](#)...

Principaux constituants de l'eau de la mer Méditerranée (en kg par tonne) :

ions	concentration	ions	concentration	ions	concentration	ions	concentration
Cl-	20,4	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,8	Ca <sup>2+</sup>	0,4	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1
Na <sup>+</sup>	11,4	Mg <sup>2+</sup>	1,4	K <sup>+</sup>	0,4	Br-	0,07

Sels formés par l'évaporation totale dans les marais salants d'une tonne d'eau :

sels	masse (kg)	sels	masse (kg)	sels	masse (kg)
NaCl	28,46	MgSO <sub>4</sub>	2,22	<a href="#">KCl</a>	0,74
<a href="#">MgCl<sub>2</sub></a>	3,73	<a href="#">CaSO<sub>4</sub></a>	1,46	NaBr	0,09

Cristallisation fractionnée lors de l'évaporation de l'eau de mer :

densité	volume de solution	sel précipité
1,025	1000	
1,059	476	<a href="#">CaCO<sub>3</sub></a>
1,125	200	CaSO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O
1,209	112	NaCl
1,264	30	MgCl <sub>2</sub> et MgSO <sub>4</sub>

La production de NaCl dans les marais salants est réalisée de telle sorte que NaCl récolté soit le plus pur possible. Il faut pour cela, à l'aide de circuits complexes, éviter la coprécipitation des autres sels tels que ceux de magnésium.

## RESSOURCES :

**Sel de première intention** obtenu à partir :

- de l'eau de mer par la technique agricole des marais salants (salins).

Exemple : Salin de Giraud (13), capacité de production : 1 million de t de sel/an, superficie : 11 000 ha. Pompage de 10 à 15 m<sup>3</sup> d'eau de mer par seconde qui parcourt un circuit de 70 à 100 km. Le volume de saumures contenu est d'environ 35 millions de m<sup>3</sup>. Une énergie solaire gratuite de 2 millions de t équivalent-pétrole est utilisée. Après cristallisation du sel, le traitement des "eaux mères" donne des produits magnésiens (sulfate, hydroxyde, chlorure...).

- de gisements de sel gemme (halite) par technique minière. Teneur minimale des gisements pour être exploités : 90 % en NaCl. En France, une seule mine en exploitation : St Nicolas-Varangéville, près de Nancy (54), à 160 m de profondeur, gisement de 12 000 km<sup>2</sup> de superficie, mille milliards de t de réserves. Capacité de production : 300 000 t/an. Le puits a été foré en 1868. La plus importante mine de sel gemme au monde, à 700 m de profondeur, est située à Borth (Allemagne) et est exploitée par le groupe Solvay.

- de gisements de sel gemme par circulation d'eau in situ : on obtient des saumures saturées en sel (environ 300 g/L). L'eau de ces saumures peut être évaporée artificiellement dans des salines pour obtenir du sel cristallisé (sel ignigène). Les saumures (sel de dissolution) sont souvent utilisées directement comme matière première industrielle pour la production de Cl<sub>2</sub>.

**Production fatale** de sel lors :

- du traitement de minerais : sel thermique (ou sel coproduit) obtenu lors du traitement de la sylvinite (minerai de potasse).

- de procédés industriels : la concentration des lessives de soude donne, par an, en France, environ 600 000 t de sel qui sont directement recyclées pour produire du dichlore et de la soude (voir les chapitres hydroxyde de sodium et chlore).

**PRODUCTIONS** (sel cristallisé et de dissolution) : en 1993, en 10<sup>6</sup> t. Monde : 186, Union Européenne (1995): 37,0 (dont 14,9 de dissolution).

Pays	Production	Pays	Production
Etats-Unis	39	Inde	9
URSS (1989)	29	Australie	8
Chine	29	France (1996)	8
Allemagne	12	Mexique	7
Canada	11	Royaume-Uni	7

Cas particulier du Japon : pour des raisons climatiques, la technique des marais salants n'y est pas efficace. Ce pays a développé la production de sel par électrodialyse : 1,4 million de t en 1993, à

l'aide de plus de 900 000 m<sup>2</sup> de membranes. La production de sel est la 2<sup>ème</sup> utilisation de l'électrodialyse dans le monde, après le dessalement des eaux saumâtres. La production ne couvrant pas la consommation, des sociétés japonaises exploitent des marais salants à l'étranger, par exemple au Mexique, en Basse Californie, où Mitsubishi possède 49 % des plus grands marais salants au monde.

**Commerce mondial** : les ressources en sel sont bien réparties et abondantes sauf au Japon (production : 1,4 million de t/an, consommation : 9,3 millions de t/an, sel importé surtout d'Australie et du Mexique) et en Scandinavie (pas de production, importations : 1,9 million de t/an). Les échanges mondiaux portent sur environ 15 % de la production de sel cristallisé. Dans l'Union européenne, en 1994, les échanges intra-communautaires ont porté sur 3,8 millions de t, les importations de pays tiers représentent 500 000 t, les exportations 2 800 000 t.

Principaux pays exportateurs : Australie, Mexique, Chine.

**Principaux producteurs mondiaux** : en capacités annuelles de production.

- N°1 Morton International, après le rachat, début 1997, à la Compagnie de Suez de ses parts dans la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est.

- Akzo Nobel (Pays-Bas) : 15 millions de t. En 1996, vente des mines de sel nord-américaines du groupe à la société Cargill. Aux Etats-Unis, Cargill devient ainsi n°2 derrière Morton International.

- [Solvay](#) (Belgique) : 12 millions de t.

- Aux Etats-Unis, 31 sociétés pour 70 exploitations ; en Europe de l'Ouest, 49 sociétés importantes pour 84 exploitations.

**SITUATION FRANCAISE** : en 1996.

Production (en 10 <sup>3</sup> t)	France	Union Européenne (1995)
sel gemme	308	6 826
sel de marais salants	988	4 062
sel ignigène	1 414	9 933
sel thermique	583	1 252
total sel cristallisé	3 293	22 073
sel de dissolution	4 295	14 950
total sel	7 588	37 023

- La production de sel gemme provient totalement de la mine de St Nicolas-Varangéville (54).

- La production, dans les marais salants, a été effectuée à 97,8 % en Méditerranée. La récolte de 1979, exceptionnelle, avait été de 1,8 millions de t. La production des marais salants dépend fortement des conditions météorologiques (un violent orage sur Salin de Giraud peut amputer la production française de 100 000 t). La moyenne est de 1,4 million de t/an.
- La production ignigène provient à 50 % de Lorraine, 43 % de Franche Comté et 7 % du Sud-Ouest.
- La production de sel thermique est effectuée par les [Mines de Potasse d'Alsace](#).
- Importations : 448 700 t (Espagne : 30 %, Allemagne : 23 %, Royaume Uni : 13 %).
- Exportations : 791 300 t (Italie : 43 %, Allemagne : 21 %, Belgique : 16 %).
- Effectif employé : environ 3 000 personnes.

#### Production des marais salants :

En 1857, la production française de sel de mer était de 445 000 t dont 208 000 t sur la côte atlantique. Actuellement, cette production est marginale, comparée à celle de la côte méditerranéenne : 22 000 t en 1996 (aux 3/4 dans la presqu'île de Guérande (44)).

Exploitations salinières méridionales (capacités annuelles de production) :

Salins	Capacité	Salins	Capacité
Salin de Giraud	1 000 000 t	Fos, Berre	53 000 t
Aigues-Mortes	400 000 t	Salins du Var	30 000 t
Salins de l'Aude	70 000 t	Porto Vecchio	1 200 t

Cas particulier du salin de Berre : il est alimenté en saumure (de concentration nettement plus élevée que l'eau de mer) provenant du gisement de sel gemme de Manosque. Celui-ci sert (dans les cavités libérées par l'exploitation du sel de dissolution), depuis 1968, pour le stockage d'[hydrocarbures liquides](#). Les saumures circulent de Manosque au Salin de Berre en période de stockage d'hydrocarbures et en sens inverse en période de déstockage. De nouvelles cavités ont été aménagées par lessivage de sel en 1991 afin de stocker du [gaz naturel](#) pour [Gaz de France](#). Les 3 millions de m<sup>3</sup> de saumures formés ont été emmagasinés dans les étangs de Lavalduc et d'Engrenier. La saumure est transportée par saumoduc. Solvay exploite entre l'Allemagne et des usines de la Sambre (Belgique), un saumoduc de 286 km de long.

Les cavités de sel d'Étrez (01) et de Tersanne (26) permettent également de stocker du gaz naturel. Les 14 cavités de Tersanne de 160 000 m<sup>3</sup> en moyenne, soit au total 2,24 millions de m<sup>3</sup> permettent de stocker, sous pression (de 80 à 245 bar), 420 millions de m<sup>3</sup> (conditions normales) de gaz naturel. Elles ont donné lors de leur formation, par dissolution du sel, 6 millions de t de sel livré à [Rhône-Poulenc](#). Le creusement a été effectué entre 1969 et 1984.

**Principaux producteurs français :**

- Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est (SM) en 1995 :

- Chiffre d'affaires : 1 230 millions F (dont 20 % à l'exportation) réalisé à 96 % dans le sel (marque : "La Baleine"). C'est l'un des plus importants propriétaires fonciers privés, en France : 33 000 ha de terrains. Fin 1994, cession au groupe Val d'Orbieu, au sein de Domaines Listel, de 50,1 % des activités viticoles.

Début 1997, vente des parts de la Compagnie de Suez au groupe américain Morton International qui détient ainsi 67,6 % du capital.

- Effectifs : 1 550 personnes.

- Production : 2,8 millions t de sel (2,3 millions de t en France), dont 543 000 t à l'exportation. Productions également en Tunisie (345 000 t), Sénégal (110 000 t), Madagascar (55 000 t), Maroc (42 000 t), Iles du Cap Vert (pas de production en 1995).

- Exploite (productions de 1995) :

- les marais salants méditerranéens (Salin de Giraud, Aigues-Mortes) : 1 473 500 t.

- la mine de sel gemme de St Nicolas-Varangéville : 216 730 t. Le sel produit est destiné, principalement, au déneigement. La production dépend donc des conditions climatiques. Depuis quelques années, la mine cesse son activité de production durant 6 mois.

- du sel ignigène à Varangéville (549 061 t) et Dax (43 700 t).

- A produit, en 1990, 93 000 t de pastilles de sel pour l'adoucissement de l'eau. Sa capacité de production de sulfate de magnésium est de 6 000 t/an.

- A acheté, début 1996, les parts de Solvay (92,6 %) dans le n°1 espagnol, l'Union Salinera de España qui produit 850 000 t/an de sel dans des marais salants à Alicante, Cadix et Almeria et 70 000 t de sel ignigène.

- Solvay qui produit le sel de marque "Cérébos" (25 % du marché français) et sa filiale SISB (Société Industrielle et Salines de Bayonne) autoconsomme du sel ignigène (700 000 t de capacité annuelle dont 398 000 t à Tavaux (39), 172 000 t à Dombasle (54), production également dans le Sud-Ouest à Salies-de-Béarn et Bayonne) et de dissolution produit à Dombasle et Tavaux. Au total, production de 1,7 million de t qui alimente à 80 % les activités du groupe.

- Rhône-Poulenc (Compagnie Industrielle et Minière) produit du sel de dissolution, à Hauterives (26), qui est autoconsommé, après transport par saumoduc, à Pont de Claix (38).

- Elf Atochem produit du sel de dissolution (500 à 600 000 t/an) à Vauvert (30), pour alimenter les usines de Fos-sur-Mer et Lavéra (13). Par ailleurs, cette société achète du sel de mer à la Compagnie des Salins du Midi : par exemple, chaque semaine un train de 22 wagons transporte 1 400 t de sel entre Salin de Giraud et l'usine de Saint Auban. Ce transport est effectué depuis 1915, soit au total 16 millions de t de sel.

- Les Mines de Potasse d'Alsace (groupe E.M.C.) ont une production fatale de sel largement utilisé en déneigement.

## **UTILISATIONS :**

**Consommations de sel cristallisé par secteurs d'utilisation :** en 1996, en 10<sup>3</sup> t.

Consommation (en 10 <sup>3</sup> t)	France	Union Européenne	Etats-Unis (1995)
Industrie chimique	1 031	7 955	2 631
Déneigement	1 204	7 026	17 126
Industries diverses (*)	530	3 388	6 037
Consommation humaine	405	2 041	1 277
Agriculture (*)	181	-	1 829
Total	3 351	20 410	28 900

\* La consommation agricole, est comptée, pour l'Union Européenne, dans les industries diverses.

Aux Etats-Unis, la consommation est de 45 millions de t/an y compris le sel de dissolution, dont 18 millions de t/an pour la chimie et 10 millions de t/an, en moyenne, pour le déneigement. La chimie du [chlore](#) est approvisionnée à près de 80 % par du sel de dissolution.

En 1996, consommation de 26,7 millions de t de sel cristallisé dont 18,2 millions pour le déneigement.

En France, en 1996, la consommation totale est de 7 646 t en prenant en compte le sel de dissolution utilisé directement par l'industrie chimique. Sur ce total, la part de l'industrie chimique est de 70 %.

Une partie du sel compté en consommation humaine (ou agricole) sert au déneigement. La consommation de ce secteur varie énormément d'année à l'autre. Dans l'Union européenne, la moyenne est de 4,5 millions de t/an (1,9 millions de t en 1990, 5 millions de t en 1991). En France, le record est détenu par l'hiver 1986-87 avec 1,4 millions de t. La dose employée est de 5 à 15 g/m<sup>2</sup> soit de 0,5 à 2,8 kg par mètre linéaire de chaussée et par an.

Alimentation humaine : en France, consommation à 25 % par les ménages, 75 % par l'agro-alimentaire.

- ingestion totale quotidienne actuelle : 7 à 8 g/personne (1-2 g naturellement présent dans les aliments, 3-4 g dans les aliments fabriqués industriellement, 2 g ajoutés à la cuisine ou sur la table),
- besoin minimum de l'organisme : 6 g/jour/personne,
- 12 g sel/kg de pain,
- supplémentation de NaI depuis 1952 (15 mg de I<sup>-</sup>/kg) et de KF depuis 1985 (250 mg ± 15 % de F<sup>-</sup>/kg). Le sel iodé représente 49 % de la consommation des ménages en sel, le sel iodé-fluoré 42 %.

Agriculture : alimentation du bétail (jusqu'à 80 g/j pour une vache laitière), désherbant, engrais pour la culture des betteraves.

#### Industries diverses :

- cuirs et peaux (agent déshydratant),
- textiles (fixation des bains de teinture),
- régénération des résines échangeuses d'ions utilisées pour l'adoucissement de l'eau : en France, utilisation supérieure à 300 000 t de NaCl/an, en Europe, estimée à 800 000 t/an. En France, en 1994, vente d'environ 60 000 adoucisseurs. On constate souvent que les utilisateurs oublient de régénérer les résines. Une enquête américaine montre que c'est le cas pour 40 % des utilisateurs aux Etats-Unis. Dans ce pays, la consommation de sel dans ce secteur était, en 1994, de 1,3 million de t, 953 000 t en Europe.

#### Industries chimiques :

- production de Cl<sub>2</sub>-NaOH par électrolyse (voir ces chapitres) : le sel cristallisé alimente les électrolyses à cathode de mercure et à membrane, le sel de dissolution alimente les électrolyses à diaphragme.
- production de carbonate de sodium (verre, papier, corps gras) : utilise du sel de dissolution.
- production de sulfate de sodium (papier kraft).

**Stockage de déchets dans des mines de sel.** En Allemagne, à Herfa-Neurode, dans la mine de sel de Wintershall : stockage de 1 million de t de déchets. En France, études par Lorraine Environnement (SM et Lyonnaise des Eaux) pour un stockage dans la mine de sel de St Nicolas (à 160 m de profondeur, pour 50 000 t/an) et par Stocamine (EMC); dans l'ancienne mine Joseph-Else, à Wittelsheim, des Mines de Potasse d'Alsace (à 600 m de profondeur sous 300 m de sel, capacité de stockage : 320 000 t), mise en service prévue fin 1998.

#### **Pollution du Rhin par NaCl.**

En 1985, à l'entrée des Pays-Bas (à Bimmen-Lolith), le Rhin charriait 11,35 millions de t/an de chlorures exprimés en ion Cl<sup>-</sup>. En 1991, 10,03 millions de t. Les Mines de Potasse d'Alsace ont réduit leurs rejets dans le Rhin à compter de 1987, leur maximum autorisé passant de 130 à 115 kg/s. Les rejets ont été de 114 kg/s en 1987 et ont régulièrement baissé pour atteindre 7 kg/s en 1993. A compter du 1-1-1992, une 2<sup>ème</sup> étape de la Convention de Bonn de 1976 a été mise en œuvre, par stockage de sel aux MDPA, modulé en fonction de la teneur en sel du Rhin à la frontière hollandaise (seuil de 200 mg de Cl<sup>-</sup>/L). La capacité de ce stockage modulé est de 56 kg/s de Cl<sup>-</sup>. Les quantités totales stockées à ce titre ont été, en 1992, de 135 000 t de NaCl (entre le 15-09 et le 30-10) et, en 1993, de 78 000 t de NaCl (entre le 30-03 et le 07-04).