

CARBONATE DE SODIUM 2015

Le carbonate de sodium, (ancien nom "natron") appelé improprement "soude" par les industriels (en anglais "soda ash"), est soit extrait de dépôts naturels, principalement aux États-Unis (Wyoming), en Afrique (Kenya, Botswana), en Chine et en Turquie, soit synthétisé (pour 70 % de la production mondiale, en 2015) principalement selon le procédé Solvay à partir de [chlorure de sodium](#) et de [calcaire](#).

ÉTAT NATUREL :

Gisements de carbonate de sodium : fossiles ou dans des lacs salés.

- **Gisement fossile de l'état du Wyoming**, à Big Island à 40 km au Nord-Ouest de Green River, aux États-Unis. Il a été découvert en 1938 lors d'un forage pétrolier. Il est situé entre 120 et 1 050 m de profondeur et couvrirait 2 600 km². Il est constitué de 42 couches de trona (Na₂CO₃,NaHCO₃,2H₂O) dont 11 de plus de 2 mètres d'épaisseur. Des couches atteignent une teneur de 97 % de trona. Les réserves seraient d'environ 22 milliards de t. Deux couches sont actuellement exploitées souterrainement.

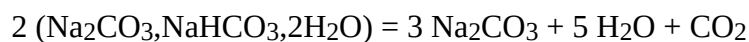
Le gisement résulte de l'accumulation de sédiments, à l'Éocène, il y a 50 millions d'années, dans deux lacs s'étendant sur les états actuels du Wyoming, du Colorado et de l'Utah avec des superficies atteignant jusqu'à 57 000 et 38 850 km².

Son exploitation a débuté en 1950 et elle a supplanté toute la production américaine de carbonate synthétique (17 usines en 1938, 10 en 1969, 1 en 1979 qui a fermé en 1986). Les gisements du bassin de Green River représentent, en 2015, 75 % des capacités des États-Unis.

L'exploitation souterraine est effectuée soit selon des techniques minières classiques (méthode des "chambres et piliers") soit par forages et dissolution in situ (méthode utilisée, en partie, par Tronox). Dans le premier cas, le taux de récupération est de 45 %, 30 % dans le second cas.

Le traitement du minerai est réalisé selon 2 procédés, l'un au monohydrate, l'autre au sesquicarbonate.

- Procédé au monohydrate : le minerai est d'abord calciné :



puis Na₂CO₃ est dissous dans l'eau afin d'éliminer les parties insolubles puis précipité, par évaporation de l'eau, sous forme de Na₂CO₃,H₂O qui est déshydraté à 150°C.

- Procédé au sesquicarbonate : le minerai est d'abord mis en solution dans l'eau afin d'obtenir une solution mère qui est filtrée puis évaporée sous vide à 40°C. Le sesquicarbonate de sodium, sel double de carbonate et hydrogénocarbonate hydraté (Na₂CO₃,NaHCO₃,2H₂O), précipite, puis est décomposé à 200°C en carbonate.

L'exploitation des gisements naturels consomme moins d'énergie, de 5,6 à 7 GJ/t, que la fabrication industrielle, de 8,9 à 14,25 GJ/t.

- Sociétés exploitantes : en millions de t de capacités annuelles, en 2015.

Tronox	4,41	Solvay	2,54
Ciner Wyoming	2,95	Tata Chemicals	2,54

Source USGS

[Tronox](#), groupe australien, qui a acquis le 1^{er} avril 2015 les activités dans le carbonate de sodium de [FMC](#), possède la mine de Granger et à 94 % celle de Westvaco, la participation restante étant détenue par [Sumitomo Corp.](#) (Japon). Les mines, souterraines, sont situées à 490 m de profondeur, avec plus de 4 000 km de galeries. La couche de trona exploitée a une épaisseur de 3 mètres. La mine de Westvaco est exploitée souterrainement par voie classique et par dissolution, celle de Granger seulement par dissolution. La mine de Westvaco est exploitée depuis 1947, celle de Granger a été développée à l'origine par Texasgulf, filiale d'Elf Atochem. Les réserves prouvées et probables sont de 835,7 millions de t renfermant 87 % de trona.

[Ciner Group](#), société turque, a acquis en octobre 2015 les parts (51 %) détenues par [OCI](#) (Corée du Sud) dans [OCI Chemical](#), la société devenant Ciner Wyoming. OCI avait acheté, en 1996, les parts de Rhône Poulenc. 49 % des parts sont détenues par [Natural Resources Partners](#). En 2015, la production est de 2,416 millions de t de carbonate de sodium avec l'extraction de 3,67 millions de t de minerai d'une teneur comprise entre 85 et 89 %. Les réserves prouvées et probables sont de 242,7 millions de t de minerai renfermant 86 % de trona pouvant donner 132,3 millions de t de carbonate de sodium. L'exploitation a lieu à une profondeur comprise entre 244 et 335 m.

Les activités de [Solvay](#) sont détenues à 20 % par [Asahi Glass](#) (Japon). Par ailleurs, Solvay possède un gisement de nahcolite (hydrogénocarbonate de sodium), non exploité, à Piceance Creek, dans le Colorado, d'une capacité de 0,91 million de t.

[Tata Chemicals](#) (Inde) détient 75 % d'une joint venture avec [Owens-Illinois Inc.](#) En 2015, la production a été de 2,122 millions de t de carbonate de sodium.

- **Gisement de Beypazari, en Turquie** : exploité depuis 2009, par [Eti Soda](#), filiale à 74 % de [Ciner Group](#) et à 26 % du groupe étatique [Eti Maden](#). Le gisement a été découvert, en 1979, lors de la recherche de gisements de charbon. Le gisement est exploité par dissolution. La capacité de production est de 1,7 million de t/an. Eti Soda prévoit l'exploitation d'un nouveau gisement, à Kazan, en vue d'une capacité de production supplémentaire de 2,5 millions de t/an à compter de 2018.

- **Lacs salés** : le carbonate de sodium est récupéré à partir de saumures contenant de l'ordre de 16 % de NaCl, 6,5 % de Na₂CO₃, des [borates](#) et des sels de lithium et potassium. Par carbonatation (à l'aide de [CO2](#)) de la saumure, l'hydrogénocarbonate précipite.

- **Principaux lacs** :

- Lac Searles (Californie, États-Unis), avec des réserves estimées à 600 millions de t. Exploité par [Searles Valleys Mineral](#) (acquis en 2007 par [Nirma Ltd.](#) (Inde)), avec une capacité de production de 1,32 million de t. Le lac Owens, également en Californie, possède des réserves de plus de 200 millions de t.
- Lac Magadi (Kenya), exploité par la société [Tata Chemicals Magadi](#), filiale depuis 2005 du groupe indien [Tata Chemicals](#), avec une production de 310 907 t, en 2015-16.
- Sua Pan (Botswana), exploité par [Botswana Ash](#) avec une capacité de production de 300 000 t/an.

- Lac Tchad (Tchad), exploité artisanalement avec une production de 13 000 t/an.
- Lac Natron (Tanzanie) : actuellement non exploité industriellement. L'exploitation est conditionnée à la préservation d'une zone de reproduction importante pour les flamants roses.

Production de carbonate naturel :

La production mondiale, en 2014, est de 14,6 millions de t dont 11,6 millions de t aux États-Unis. Les États-Unis sont le principal exportateur mondial avec, en 2015, 6,39 millions de t. Elles sont destinées à 16 % au Brésil, 15 % au Mexique, 10 % à l'Indonésie, 5 % à l'Australie, 5 % au Chili... L'[ANSAC](#), regroupe les activités d'exportation, hors Union européenne, de 3 producteurs des États-Unis, Tronox, Tata Chemicals et Ciner Wyoming.

Les exportations vers l'Union européenne sont réalisées au travers de l'American-European Soda Ash Shipping Association (AESSA).

Au total, en 2015, les capacités de production des États-Unis sont détenues à 54 % par des capitaux étrangers, à 23 % indiens, 15 % belges, 11 % turcs et 5 % japonais.

- Les unités de production de carbonate de sodium coproduisent de l'hydrogénocarbonate, du sulfate de sodium et de l'hydroxyde de sodium dans le Wyoming et du chlorure de sodium, du sulfate de sodium et du borax en Californie.

Réserves de carbonate naturel : en 2015, en millions de t. Monde : 24 milliards de t.

États-Unis	23 000	Mexique	200
Botswana	400	Turquie	200

Source : USGS

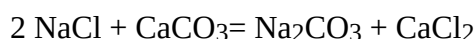
FABRICATION INDUSTRIELLE :

Le carbonate de sodium synthétique est quasi exclusivement obtenu par le procédé Solvay mis au point entre 1861 et 1865. Une variante du procédé Solvay, le procédé Hou, est utilisée en Chine, avec co-production de chlorure d'ammonium utilisé comme engrais. En 2015, le procédé Solvay est employé par 45 % des unités de production, le procédé Hou par 25 %, le carbonate naturel représentant 23%.

Une coproduction de carbonate de sodium (75 000 t/an) est réalisée, lors de divers procédés, par BASF.

Matières premières : [chlorure de sodium](#) et [calcaire](#). L'[ammoniac](#) intervient dans la fabrication mais il est presque totalement recyclé.

Principe de la fabrication : selon la réaction globale suivante qui toutefois n'est pas réalisable directement :



Le procédé Solvay consiste en 8 étapes, dans des unités de production dénommées soudières.

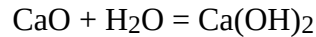
1 - Préparation d'une saumure saturée par du chlorure de sodium.

2 - Absorption dans cette saumure d'ammoniac recyclé.

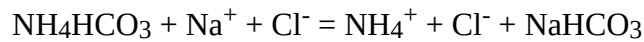
3 - Calcination du calcaire dans un four à chaux, qui donne du dioxyde de carbone :



4 - Préparation d'un lait de chaux, en présence d'un excès d'eau :



5 - Carbonatation de la saumure ammoniacale avec le dioxyde de carbone provenant de la calcination du calcaire et de la décomposition de l'hydrogénocarbonate, l'hydrogénocarbonate, NaHCO_3 , peu soluble précipite.

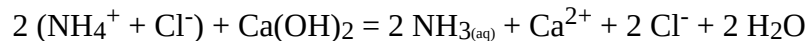


6 - Filtration de l'hydrogénocarbonate.

7 - Calcination de l'hydrogénocarbonate vers 150-200°C :



8 - L'ammoniac est régénéré à l'aide du lait de chaux :



Le [chlorure de calcium](#), CaCl_2 est un coproduit partiellement valorisé comme desséchant, sel de déneigement... ou rejeté en rivière ou en mer. Les rejets dans la Meurthe d'ions Cl^- par les usines françaises de carbonate de sodium sont limités de telle sorte que leur contribution soit au maximum de 400 mg.L^{-1} dans la Moselle à Hauconcourt (100 km en aval).

- Consommations (par t de Na_2CO_3) : NaCl : 1,6 t, CaCO_3 : 1,1 à 1,3 t, [eau](#) de réfrigération : 20 à 50 m^3 , énergie : 8,9 à 12,35 GigaJ.

- Les unités de production ont des capacités pouvant atteindre 1,5 million de t/an. Elles fournissent deux qualités de carbonate de sodium :

- léger : c'est le produit obtenu directement, dont les particules ont un diamètre moyen de $100 \text{ }\mu\text{m}$ et une densité apparente de 500 kg/m^3 . Il est utilisé principalement dans l'industrie des détergents.

- dense : le carbonate de sodium subit une recristallisation en carbonate monohydraté puis une calcination qui donne des particules de 300 à $400 \text{ }\mu\text{m}$ et une densité apparente proche de 1000 kg/m^3 . C'est cette qualité qui est la plus demandée, en particulier par l'industrie verrière et la métallurgie.

- Le procédé Hou, utilisé en Chine, consiste à associer la production de carbonate de sodium, à celle d'ammoniac. Le [dioxyde de carbone](#) coproduit lors de la production d'[ammoniac](#) est utilisée à la place de celui provenant de la calcination du calcaire. La production de chlorure de calcium est ainsi évitée et le chlorure d'ammonium obtenu est utilisé comme [engrais](#) dans la culture du riz. La consommation d'énergie est de 14,25 GJ/t.

- Le carbonate a une teneur supérieure à 99,5 % en Na_2CO_3 , la principale impureté est NaCl : 0,1 à 0,3 %. C'est un produit qui s'hydrate et se carbonate au contact de l'air en donnant, en partie, de l'hydrogénocarbonate.

PRODUCTIONS : en 2015, en milliers de t. Monde : 53 400, Union européenne : 8 346.

Chine	26 130	Turquie	1 900
États-Unis	11 600	Inde	2 400
Russie	2 800	Pologne	1 100
Allemagne	2 600	France	1 000

Source : USGS

En 2015, la capacité mondiale de production est de 69,5 millions de t/an, celle de la Chine de 32 millions de t/an, celle des Etats-Unis, de 12,7 millions de t/an, celle de l'Union européenne de 9,5 millions de t/an.

En 2015, la production de l'union européenne est de 8,346 millions de t dont 2,536 millions de t en Allemagne et 905 797 t en Espagne. Pour les autres pays les productions sont confidentielles.

La Chine est premier producteur mondial depuis 2003. En Chine, en 2015, les capacités de production sont de 32 millions de t/an dont 17,2 millions de t/an selon le procédé Solvay, 13,8 millions de t/an selon le procédé Hou et 1,9 million de t/an de carbonate naturel.

Dans l'Union européenne : par pays et () producteurs, en 2015, en milliers de t/an de capacités de production.

Allemagne (Solvay , Ciech , BASF)	1 805	Italie (Solvay)	1 000
Bulgarie (Solvay , Sisecam)	1 500	Roumanie (Ciech)	535
Pologne (Ciech)	1 300	Royaume Uni (Tata Chemicals)	460
France (Solvay , Novacarb)	1 260	Belgique (BASF)	25
Espagne (Solvay)	1 020		

Sources : Ciech

Commerce international : en 2015, le principal pays exportateur est les États-Unis, avec 6,39 millions de t, suivi de la Chine, avec environ 2 millions de t et de la Turquie, avec 800 000 t.

Producteurs : en millions de t de capacités annuelles de production, en 2015.

Solvay (Europe, États-Unis, Egypte)	7,0	Ciech (Pologne, Roumanie, Allemagne)	2,45
Ciner Group (États-Unis, Turquie)	4,55	BSC Chemicals (Russie)	2,33
Tronox (Etats-Unis)	4,4	Sisecam (Turquie, Bosnie, Bulgarie)	2,0
Tata Chemicals (Inde, États-Unis, Royaume-Uni, Kenya)	4,3	Nirma Ltd. (Etats-Unis)	1,32

Sources : rapports annuels des sociétés

Solvay : n° 1 mondial (22 % des capacités mondiales et 60 % des capacités de l'Union européenne) avec une capacité de production de 7 millions de t/an, dont 5,1 millions de t en Europe.

- Solvay produit du carbonate de sodium à partir de minerai à Green River au Wyoming (États-Unis) dans une unité de production détenue à 80 %, les 20 % restant étant propriété de Asahi Glass (Japon).

- En Europe, les unités de production de carbonate de sodium synthétique sont situées en Italie (Rosignano, 1 000 000 t/an de capacités), Espagne (Torrelavega, 1 020 t/an de capacités), France (Dombasle, 700 000 t/an de capacités), Allemagne (Rheinburg, 600 000 t/an de capacités et Bernburg, 540 000 t/an de capacités). L'unité de production de Devnya, en Bulgarie, 1 500 000 t/an de capacités est détenue à 75 % par Solvay et 25 % par Sisecam (Turquie).

- Solvay produit également du carbonate de sodium en Egypte, à Alexandrie, avec 130 000 t/an de capacité et en 2011, en Chine, a pris une participation de 30 % dans l'usine de Bin Hai du groupe [Tianjin Soda Ash](#), la capacité de l'usine étant de 800 000 t/an, la part de Solvay de 220 000 t/an de carbonate de sodium et 30 000 t/an d'hydrogénocarbonate.

[Ciner Group](#), avec l'exploitation du gisement de Green River, aux Etats-Unis, et celui de Beypazari, en Turquie. Les capacités aux Etats-Unis sont de 2,95 millions de t/an, celles d'Etis Soda, en Turquie, de 1,6 million de t et celles prévues de Kazan Soda de 2,5 millions de t.

[Tronox](#), avec 9 % des capacités mondiales de production.

[Tata Chemicals](#) a produit, en 2015-16, du carbonate de sodium naturel, aux États-Unis, à Green River, avec 2 121 544 t et au Kenya, avec 310 907 t et du carbonate de sodium synthétique, au Royaume Uni, à Lostock, avec 460 000 t et, en Inde, à Mithapur, dans l'état de Gujarat, avec 810 000 t.

[Ciech](#), avec 25 % des capacités de production de l'Union européenne, groupe polonais possède 2 usines de production en Pologne, à Inowroclaw, avec une capacité de production de 600 000 t/an et à Janikowo, avec 700 000 t/an, une usine en Allemagne, à Stassfurt, avec 615 000 t/an et une usine en Roumanie, à Gorova, avec 535 000 t/an.

[BSC Chemicals](#) (Russie) possède deux unités de production en Russie, à Sterlitamak avec 1 700 t/an et Berezniki avec 630 000 t/an.

SITUATION FRANÇAISE : en 2015, avec 2 unités de production.

- Dombasle (54, [Solvay](#)) : l'usine construite en 1874, a une capacité de 700 000 t/an de carbonate de sodium et de 120 000 t/an d'hydrogénocarbonate. 70 % de la production de l'usine est destiné à l'industrie verrière.

- La Madeleine, commune de Laneuveville-devant-Nancy (54, [Novacarb](#), filiale de Novacap), avec une capacité de production de 560 000 t/an de carbonate et de 140 000 t/an d'hydrogénocarbonate.

- Production : 1 million de t.

- Exportations : 318 857 t vers l'Allemagne à 39 %, la Belgique à 30 %, les Pays Bas à 20 %.

- Importations : 225 194 t de Turquie à 35 %, des États-Unis à 23 %, d'Espagne à 10 %.

UTILISATIONS :

Consommations, en 2015 : Monde : 57 millions de t.

Chine : 23 millions de t, Europe : 11,4 millions de t, États-Unis : 5,22 millions de t, Inde : 2,7 millions de t.

Secteurs d'utilisation, en %, en 2015.

	États-Unis	Monde
Verre	48 %	51 %
Produits chimiques	30 %	9 %
Savons, détergents	7 %	15 %
Désulfuration des gaz de combustion	4 %	
Papier	1 %	1 %
Métallurgie		6 %

Source : IHS et USGS

- [Verre](#) : voir ce chapitre. Dans le monde, hors Asie du Nord-Est, en 2014, la consommation est destinée à 26 % pour le verre creux et à 23 % pour le verre plat.

- [Produits chimiques](#) : utilisé à 50 % dans ce secteur pour produire des phosphates sodiques ([tripolyphosphates](#) dans les détergents, l'alimentation..., voir le chapitre [H3PO4](#)). Employé également pour fabriquer NaHCO_3 (voir ci-dessous), les silicates de sodium (détergents, zéolithes...).

Na_2CO_3 tend à remplacer [NaOH](#) pour l'obtention de solutions basiques.

- [Détergents](#) : d'une part le carbonate de sodium est utilisé pour élaborer le tripolyphosphate et d'autre part, les lessives en poudre contiennent de 5 à 20 % en masse de carbonate de sodium.

C'est également un agent neutralisant dans la fabrication des [savons](#).

- [Métallurgie, sidérurgie](#) : Na_2CO_3 est utilisé couramment comme désulfurant de la fonte, dans le traitement par [lixiviation des minerais d'uranium](#), le traitement de surface des métaux...