

Carbonate de sodium 2023

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 72 % de la production mondiale, en 2021) principalement selon le procédé Solvay et sa variante le procédé Hou utilisée en Chine à partir de [chlorure de sodium](#) et de [calcaire](#).

État naturel

Gisements de carbonate de sodium

Le carbonate de sodium est présent dans des gisements fossiles ou dans des lacs salés.

Gisement fossile de l'État du Wyoming. Il est situé 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. Présent entre 120 et 1 050 m de profondeur il couvrirait 2 600 km². Il est constitué de 42 couches de sesquicarbonate de sodium, sel double de carbonate et hydrogencarbonate hydraté (Na₂CO₃,NaHCO₃,2H₂O) dénommé trona 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.

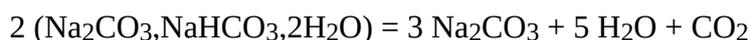
Le gisement résulte de l'accumulation de sédiments, à l'Éocène, il y a 50 millions d'années, dans deux lacs s'étendant sur les États actuels du Wyoming, du Colorado et de l'Utah avec des superficies atteignant jusqu'à 57 000 et 38 850 km².

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). Le gisement du bassin de Green River représente, en 2020, 60 % de la production mondiale de carbonate de sodium naturel.

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 [Genesis Energy](#)). 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 hydrogencarbonate 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. En 2020, les coûts de production du carbonate de sodium naturel extrait aux États-Unis sont estimés représenter environ 50 % de ceux du carbonate synthétique. En moyenne, il faut de 1,50 à 1,65 t de minerai pour donner 1 t de carbonate de sodium.

Sociétés exploitantes : en 2021.

en millions de t/an de capacités de production			
Genesis Energy	3,6	Solvay	2,54
Sisecam Wyoming	3,25	Tata Chemicals	2,54

Source : USGS

- [Genesis Energy](#), a acquis, en septembre 2017, les activités de [Tronox](#), groupe australien, dans le carbonate de sodium. Tronox avait acquis le 1^{er} avril 2015 les activités dans le carbonate de sodium de [FMC](#). Genesis Energy exploite les mines de Granger et de Westvaco. 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 791 millions de t renfermant 87 % de trona. En 2022, la production a été de 3,298 millions de t de carbonate de sodium et les ventes de 82 533 t de NaOH. En avril 2020, la production de la mine de Granger avec 450 000 t/an a été suspendue et a repris début 2023 avec une augmentation de la capacité de production de 680 000 t/an pour atteindre environ 1,2 million de t/an.
- [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. Par ailleurs, 49 % des parts sont détenues par [Natural Resources Partners](#). En 2019, la production est de 2,50 millions de t de carbonate de sodium. Les réserves prouvées et probables sont de 192 millions de t de minerai renfermant 86 % de trona pouvant donner 105 millions de t de carbonate de sodium. L'exploitation a lieu à une profondeur comprise entre 244 et 335 m. En 2019, a été annoncé, en association avec Sisecam, une augmentation de capacité de production de 800 000 t/an et sa sortie le 31 décembre 2020 de l'[ANSAC](#) qui regroupe les exportations de plusieurs producteurs américains. En décembre 2021, Sisecam a pris une participation de 60 % dans les activités de Ciner au Wyoming et la société commune est devenue [Sisecam Wyoming](#).
- Les activités de [Solvay](#) sont détenues à 20 % par [Asahi Glass](#) (Japon). En 2019, Solvay a annoncé pour fin 2021 une augmentation de la capacité de production de 600 000 t/an. En mai 2022, Solvay a acquis les 20 % de participation de Asahi Glass.
- [Tata Chemicals](#) (Inde) a vendu, aux États-Unis, en 2021-22, 2,392 millions de t de carbonate de sodium.

Gisements turcs : ils sont exploités par [Ciner Group](#) au travers de :

- [Eti Soda](#), filiale à 74 % avec 26 % pour le groupe étatique [Eti Maden](#) qui exploite depuis 2009 le gisement de Beypazari, 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. En 2021, la production est de 1,95 million de t de carbonate et hydrogénocarbonate de sodium.

- [Kazan Soda Electric](#), depuis début 2018, avec l'exploitation, par dissolution, d'un nouveau gisement, à Kazan, avec une capacité de production de 2,7 millions de t/an. En 2021, la production est de 2,9 million de t de carbonate et hydrogénocarbonate de sodium.

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. Les principaux lacs exploités sont les suivants :

- 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/an. 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 des ventes de 318 000 t, en 2021-22.
- Sua Pan (Botswana), exploité par [Botswana Ash](#) détenue à 50 % par l'État du Botswana et 50 % par Chlor Alkali Holdings, avec une capacité de production de 300 000 t/an de carbonate de sodium et 650 000 t/an de [chlorure de sodium](#).
- Lac Tchad (Tchad), exploité artisanalement avec une production de 13 000 t/an.
- En Éthiopie, l'exploitation du lac d'Abijata donne 20 000 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 2023, est de 23 millions de t dont 11 millions de t aux États-Unis, 11 millions de t en Turquie, 850 000 t au Kenya, 270 000 t au Botswana, 20 000 t en Éthiopie.

Répartition de la production mondiale de carbonate naturel, en 2019 :

en %

Ciner	42 %	Tata	14 %
Genesis	22 %	Searles	7 %
Solvay	15 %		

Source : Ciner

La production du groupe Ciner est réalisée pour 16 % aux États-Unis, 16 % en Turquie avec la société Kazan Soda et 10 % en Turquie avec la société Eti Soda.

L'[ANSAC](#), qui regroupait les activités d'exportation, hors Union européenne, de 3 producteurs des États-Unis, Genesis Energy, Tata Chemicals et Ciner Wyoming ne dépend plus, depuis début 2023, que de Genesis Energy après le retrait de Tata Chemicals et, en 2020, de Ciner.

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

Au total, en 2020, 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 2023. Monde : 25 milliards de t.

			en millions de t
États-Unis	23 000	Éthiopie	400
Turquie	840	Botswana	16

Source : USGS

Fabrication industrielle

Le carbonate de sodium synthétique est principalement 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.

Part des différents procédés, en 2021, dans la production mondiale de carbonate de sodium :

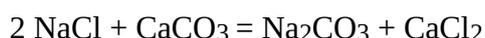
Procédé Solvay	46 %	Carbonate naturel des États-Unis	18 %
Procédé Hou	20 %	Autres	15 %

Source : Genesis

Une coproduction de carbonate de sodium (75 000 t/an) est réalisée, selon 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.

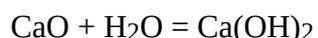
1 – Préparation d'une saumure saturée par du chlorure de sodium.

2 – Absorption dans cette saumure d'ammoniac recyclé.

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

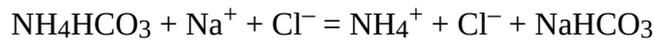


4 – Préparation d'un lait de chaux, en présence d'un excès d'eau :



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	CaCO_3	eau de réfrigération	énergie
1,6 t	1,1 à 1,3 t	20 à 50 m^3	8,9 à 12,35 GigaJ

Les unités de production ont des capacités pouvant atteindre 1,5 million de t/an.

Qualités de carbonate de sodium :

Il existe deux qualités principales de carbonate de sodium :

- Léger : c'est le produit obtenu directement, dont les particules ont un diamètre moyen de 100 μm 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 μm et une densité apparente proche de 1 000 kg/m^3 . C'est cette qualité qui est la plus demandée, en particulier par l'industrie verrière et la métallurgie.

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.

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.

Productions

Production de carbonate de sodium

En 2021, en milliers de t, sur un total mondial, en 2023, de 65 millions de t.

en milliers de t

Chine	27 000	Allemagne	2 400
-------	--------	-----------	-------

États-Unis	11 300	Pologne	1 200
Turquie	4 200	France	1 000
Russie	3 350	Pakistan	500
Inde	2 500	Italie	500

Source : USGS

En 2023, la production de carbonate synthétique a été de 42 millions de t, celle de carbonate naturel de 23 millions de t.

En 2021, la capacité mondiale de production est de 71 millions de t/an, celle des États-Unis, en 2023, de 13,9 millions de t/an, celle de l'Union européenne de 9,5 millions de t/an.

En 2023, la production de l'union européenne est de 6,757 millions de t dont 2,383 millions de t en Allemagne, en 2022, 730 112 t en Espagne, 656 779 t en France, 21 182 t en République tchèque, en 2022. Pour les autres pays producteurs les productions sont confidentielles.

La Chine est premier producteur mondial depuis 2003. En Chine, en 2020, les capacités de production sont de 34 millions de t/an à 49 % selon le procédé Solvay, 46 % selon le procédé Hou et 5 % de carbonate naturel.

Dans l'Union européenne : par pays et () producteurs, en 2020.

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 , Seqens)	1 260	Belgique (BASF)	25
Espagne (Solvay)	1 020		

Sources : Ciech

Commerce international : en 2023.

Principaux pays exportateurs : sur un total de 17,478 millions de t, en 2022.

en milliers de t			
États-Unis	6 648	Bosnie Herzégovine	444
Turquie	4 683	Inde	410
Chine	1 489	Allemagne	247
Bulgarie	856	France	242
Russie	519	Botswana	227

Source : ITC

Les exportations des États-Unis ont été destinées à 21 % au Mexique, 12 % au Chili, 10 % au Brésil, 8 % à l'Indonésie.

Principaux pays importateurs :

en milliers de t			
Mexique	1 400	Chine	683
Brésil	1 227	Thaïlande	635
Chili	989	Vietnam	626

Inde	969	Malaisie	539
Indonésie	802	Afrique du Sud	466

Source : ITC

Les importations mexicaines proviennent quasi totalement des États-Unis.

Principaux producteurs : en 2021.

en millions de t de capacités annuelles de production

Solvay (Europe, États-Unis)	7,9	Nirma Ltd. (États-Unis, Inde)	2,8
Ciner Group (États-Unis, Turquie)	5,5	BSC Chemicals (Russie)	2,8
Tata Chemicals (Inde, États-Unis, Royaume-Uni, Kenya)	4,1	Henan Jinshan (Chine)	2,7
Sisecam (Turquie, Bosnie, Bulgarie)	4,1	Tangshan Sanyou (Chine)	2,3
Genesis Energy (États-Unis)	3,3	Ciech (Pologne, Roumanie, Allemagne)	2,2
Shandong Haihua (Chine)	3,0		

Sources : Ciech et 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 7,9 millions de t/an, dont 5 millions de t/an en Europe.

Solvay produit du carbonate de sodium à partir de minerai à Green River au Wyoming (États-Unis).

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, 1 020 000 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).

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 États-Unis, et ceux de Bey pazari et Kazan, en Turquie. Les capacités aux États-Unis sont de 2,95 millions de t/an, celles d'Éti Soda, en Turquie, de 1,7 million de t/an à Bey pazari et de 2,5 millions de t/an à Kazan. En décembre 2021, Ciner a vendu 60 % de ses activités au Wyoming à Sisecam.
- Tata Chemicals** a vendu, en 2021-22, un total de 3,665 millions de t avec du carbonate de sodium naturel, aux États-Unis, à Green River, avec 2,392 millions de t et au Kenya, avec 318 000 t et du carbonate de sodium synthétique, au Royaume Uni, à Lostock, avec 277 000 t et, en Inde, à Mithapur, dans l'État de Gujarat, avec 678 130 t.
- Sisecam** a produit, en 2021, 2,343 millions de t, en Turquie, à Mersin avec 1,4 million de t/an, en Bosnie Herzégovine, à Lukanac avec 585 000 t/an et en Bulgarie à Devnya avec une participation de 25 %, à côté de Solvay, et une capacité de 375 000 t/an. En décembre 2021 a pris une participation de 60 % dans les activités de Ciner au Wyoming avec de plus un projet, pour 2024, de 1,25 million de t/an, supplémentaires associé 60/40 avec Ciner, au Wyoming.
- Genesis Energy**, a vendu, en 2021, 2,717 millions de t.

- [BSC Chemicals](#) (Bashkir Soda Company, en Russie) possède deux unités de production en Russie, à Sterlitamak avec 1 700 000 t/an et Berezniki avec 630 000 t/an.
- [Ciech](#), avec 25 % des capacités de production de l'Union européenne, le groupe polonais possède 2 usines de production en Pologne, à Inowroclaw et à Janikowo, avec une capacité de production de 1,45 million de t/an, une usine en Allemagne, à Stassfurt, avec 610 000 t/an et une usine en Roumanie, à Ramnica Valcea, avec 540 000 t/an où la production a été suspendue en septembre 2019.

Situation française

Production : 656 779 t, en 2023.

Producteurs : 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), avec une capacité de production de 560 000 t/an de carbonate et de 140 000 t/an d'hydrogénocarbonate. En décembre 2021, après la prise de contrôle de [Seqens](#) par SK Capital Partners, les productions de produits minéraux ne sont pas concernées et restent la propriété de Eurazeo et des autres actionnaires historiques de Seqens dans [Humens](#).

Commerce extérieur : en 2023.

Les exportations étaient de 192 447 t avec comme principaux marchés à :

- 45 % l'Allemagne,
- 31 % la Belgique,
- 6 % le Luxembourg,
- 5 % la Suisse.

Les importations s'élevaient à 237 156 t en provenance principalement à :

- 58 % de Turquie,
- 7 % des Pays Bas,
- 5 % de Bulgarie,
- 5 % d'Allemagne.

Utilisations

Consommations, en 2021 : Monde : 61 millions de t.

Chine, en 2019 : 25,2 millions de t, Europe, en 2021 : 11 millions de t, États-Unis, en 2020 : 5,4 millions de t, Inde, en 2016 : 3,2 millions de t.

Secteurs d'utilisation du carbonate de sodium

En 2021

	Europe	Monde
Verre	63 %	53 %
Produits chimiques	16 %	14 %

Savons , détergents	8 %	14 %
Métallurgie	8 %	4 %

Sources : Ciech et [Genesis Energy](#)

- [Verre](#) : voir ce chapitre. Dans le monde, en 2021, la consommation dans l'industrie verrière est répartie à 57 % pour le verre plat, 33 % pour le verre creux et 10 % pour les autres verres.
- 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 [NaHCO₃](#) (voir ce produit), les silicates de sodium (détergents, zéolithes...).
- Na₂CO₃ 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](#) : Na₂CO₃ est utilisé couramment comme désulfurant de la fonte, dans le traitement par [lixiviation des minerais d'uranium](#), le traitement de surface des métaux...