

BORATES 2019

De façon générale la teneur des minerais et des borates (sels contenant des anions de type $(B_mO_n)^{x-}$) est exprimée en oxyde de bore (B_2O_3). Par exemple, la teneur du borax pur, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, est de 36,5 % en B_2O_3 .

État naturel

La teneur moyenne de l'écorce terrestre en bore est de l'ordre de 3 ppm, celle de l'eau de mer de 4 à 5 mg/L.

Minerais : les gisements exploitables, résultants d'une activité volcanique et d'un climat aride, se rencontrent principalement en Turquie, aux États-Unis, en Californie, dans le désert de Mojave et dans le massif andin.

Les principaux minéraux exploités sont le borax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) appelé tincal, aux États-Unis, la kernite ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$, associée au borax), la colémanite ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$), exploitée principalement en Turquie et l'ulexite ($NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$) exploitée principalement en Amérique du Sud. Ces 4 minéraux fournissent 90 % de la production mondiale.

Les autres minéraux exploités sont nombreux. Parmi ceux-ci : la pricéite ($Ca_2B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$, en Turquie), la szaibelyite ($MgBO_2(OH)$, en Russie), la sassolite ($B(OH)_2$), la boracite ($Mg_3B_7O_{13}Cl$) ...

Exploitations minières : les deux principaux gisements mondiaux, exploités à ciel ouvert, contiennent de moins de 50 à plus de 80 % de borates. Ils sont situés en Turquie et aux États-Unis, en Californie.

En Turquie, les gisements exploités sont situés entre la mer Égée et la ville de Kütahya (250 km à l'ouest d'Ankara). L'ensemble de la production est contrôlé par le groupe d'État [Eti Madem](#) avec quatre exploitations principales :

- Emet : gisement découvert en 1956, produisant 1 million de t/an de minerai de colémanite contenant de 28 à 30 % de B_2O_3 .
- Kirka : gisement découvert vers 1970, produisant 2,5 millions de t/an de minerai de borax contenant 26 % de B_2O_3 .
- Bigadiç : produisant 800 000 t/an de minerais d'ulexite et de colémanite contenant de 29 à 31 % de B_2O_3 .
- Kestelek : produisant de la colémanite.

Aux États-Unis, en Californie, les gisements sont ceux de :

- Boron : découvert en 1913 et exploité, souterrainement à partir de 1927 puis, à ciel ouvert, depuis 1957. Le gisement est situé à 150 km au Nord-Est de Los Angeles dans le désert de Mojave. La mine occupe une surface de 2,8 x 3,2 km avec une profondeur de 230 m. Les principaux borates sont présents dans le gisement mais le principal minerai extrait par [Rio Tinto Minerals](#) est le borax (tincal), avec une production, en 2019, de 520 000 t exprimées en B_2O_3 et des réserves de 16 millions de t exprimées en B_2O_3 .

- Searles Lake : découvert en 1863, dans un lac au centre d'une vallée désertique située entre la Vallée de la Mort et Boron. Dans le lac, les ions borates, à une teneur de 1,5 %, sont associés à de nombreux autres ions, la production principale étant celle de [carbonate de sodium](#). Exploité par [Searles Valley Minerals](#), filiale du groupe indien [Nirma](#), avec une capacité de production de 110 000 t/an exprimées en B₂O₃.

Productions

En 2019. Monde (estimation) : 13 millions de t de minerai, soit exprimée en B₂O₃ : 4 millions de t.

en milliers de t de B₂O₃

Turquie	2 500	Bolivie	210
États-Unis (estimation)	600	Allemagne	140
Chili	400	Argentine	100
Chine	250	Pérou	100

Source : USGS

En 2016, les capacités mondiales de production sont de 5,6 millions de t, exprimées en B₂O₃.

Au Chili, la société [Quiborax](#), exploite, à 4 050 m d'altitude, la saline de Surire renfermant de l'ulexite, avec une capacité de production de 36 000 t/an d'acide borique et 100 000 t/an de concentré de minerai. La production est à 99 % exportée. Les réserves sont de 1 500 millions de t d'ulexite correspondant à 30 millions de t de B₂O₃.

En Argentine, la production provient de la région de Puna, au Nord-Ouest du pays. Les principales mines, Tincalaya et Sijes, sont exploitées, à ciel ouvert, à 4 100 m d'altitude, par [Borax Argentina](#), filiale du groupe australien [Orocobre](#). En 2018-19, la production a été de 42 635 t de produits (concentrés de minerai, borax, acide borique).

La société [Minera Santa Rita](#), exploite le Salar Hombre Muerto, à 4 100 m d'altitude, dans la province de Catamarca. La production est de 60 000 t/an avec des réserves de 2 millions de t.

Réserves : estimées, en 2018, à 4 500 millions de t exprimées en B₂O₃. Répartition :

en %

Turquie	73 %	Pérou	2 %
Russie	7 %	Serbie	2 %
États-Unis	6 %	Bolivie	1 %
Chine	4 %	Kazakhstan	1 %
Chili	3 %	Argentine	1 %

Source : rapport d'activité de [Eti Maden](#)

Les réserves de Turquie sont constituées à 76 % de colémanite, 22 % de borax et 2 % d'ulexite.

Le projet de la mine lithium-borate de Jadar, près de la ville de Loznica, en Serbie est développé par Rio Tinto. Il renferme un minéral, la jadarite (Na₂OLi₂O(SiO₂)₂(B₂O₃)₃H₂O), connu seulement dans ce gisement. Les ressources estimées sont de 136 millions de t de minerai renfermant 1,9 % de Li₂O et 15 millions de t de B₂O₃. Les études de préfaisabilité sont en cours avec éventuellement une production qui pourrait débuter en 2023.

Principaux producteurs :

- [Eti Madem](#), groupe d'État, contrôle la production turque. En 2018, a produit 2,43 millions de t de composés de bore, exprimées en B₂O₃. Devenu n°1 mondial en 2005, le groupe approvisionne, en 2018, 59 % de la demande mondiale. Possède des capacités de production de 2,81 millions de t/an exprimées en B₂O₃, situées à :
 - Kirka avec 1,34 million de t/an de borax pentahydraté, 80 000 t/an de borax décahydraté, 24 000 t/an de borax anhydre,
 - Emet avec 290 000 t/an d'acide borique,
 - Bigadiç avec 700 000 t/an de colémanite et d'ulexite,
 - Bandirma avec 150 000 t/an de borax décahydraté, 115 000 t/an de borax pentahydraté, 95 000 t/an de borax anhydre, 8 000 t/an d'oxyde de bore et de borax anhydre.
- [Rio Tinto Minerals](#) filiale du groupe minier britannique [Rio Tinto](#) qui exploite, aux États-Unis, le gisement de [Boron](#). Les capacités de production sont de 3 millions de t de minerai et 1 million de t de composés de bore. En 2019, la production minière exprimée en B₂O₃ est de 520 000 t. En France, ce groupe est présent à travers sa filiale Borax Français. Les minerais produits par la société, ou importés de Turquie, sont raffinés en Californie et en France. Le groupe assure 23 % de la demande mondiale.

Commerce international de borates naturels, en 2019.

Principaux pays exportateurs : sur un total de 1 017 679 t de concentrés.

en tonnes de produits			
Turquie	651 190 t	Pays Bas	19 307 t
Bolivie	198 963 t	Espagne	8 497 t
Argentine	60 959 t	Chine	5 195 t
Autriche	35 228 t	Pérou	4 136 t
Chili	20 798 t	États-Unis	3 875 t

Source : ITC

Les exportations de la Turquie sont destinées à la Chine pour 39 %, à l'Inde pour 11 %, aux États-Unis pour 10 %.

Principaux pays importateurs : sur un total de 1 044 514 t de concentrés.

en tonnes de produits			
Chine	359 798 t	Autriche	36 516 t
Brésil	172 394 t	Taipei chinois	35 799 t
Inde	85 965 t	Malaisie	21 939 t
États-Unis	83 697 t	Russie	19 327 t
Espagne	46 375 t	Pays Bas	17 946 t

Source : ITC

Les importations chinoises proviennent à 80 % de Turquie, 17 % de Bolivie, 3 % du Chili.

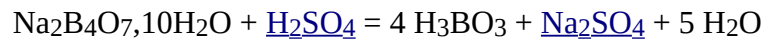
Traitement des minerais

Dans le cas de gisements de borax, le minerai broyé est mis en présence d'eau à l'ébullition. Le borax passe en solution et est ainsi séparé de la gangue insoluble. Il est récupéré par évaporation de

l'eau, cristallisation avec 5 (pentahydraté) ou 10 (décahydraté) molécules d'eau puis centrifugation. Les produits sont ensuite séchés dans des fours tournants.

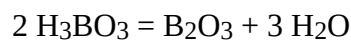
On obtient ainsi le principal produit commercialisé, le borax ou tétraborate de disodium décahydraté ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). La consommation d'énergie est de l'ordre de 8,6 GJ/t de B_2O_3 . Le borax anhydre, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, est obtenu par chauffage vers 400°C.

L'acide borique (H_3BO_3 ou acide orthoborique) est préparé par attaque sulfurique du borax :



Le [sulfate de sodium](#) ainsi coproduit a de nombreuses utilisations dans les produits détergents, l'industrie du [verre](#)..., voir ce chapitre.

L'oxyde de bore (B_2O_3) est obtenu par déshydratation, à 300°C, de l'acide borique :



Dans le cas de minerai de colémanite, celui-ci est soit directement utilisé après purification, soit il subit un traitement à l'aide de [carbonate de sodium](#) qui donne le borax ou une attaque sulfurique qui donne l'acide borique.

Dans le cas des saumures du lac Searles, une cristallisation fractionnée donne le borax ou une extraction par solvant et acidification donne l'acide borique.

Commerce international d'oxyde de bore et d'acide borique : en 2019, en tonnes de produits.

Principaux pays exportateurs : sur un total de 562 082 t.

en tonnes de produits

États-Unis	257 325 t	Argentine	24 882 t
Russie	80 103 t	Bolivie	5 469 t
Chili	77 891 t	Autriche	3 335 t
Pays Bas	59 243 t	Lettonie	3 134 t
Pérou	36 614 t	Espagne	2 158 t

Source : ITC

Les exportations des États-Unis sont destinées à la Chine pour 25 %, aux Pays Bas pour 19 %, à la Corée du Sud pour 16 %, à Taipei chinois pour 15 %, au Japon pour 8 %.

Principaux pays importateurs : sur un total de 820 996 t.

en tonnes de produits

Chine	246 583 t	Brésil	41 648 t
Corée du Sud	60 555 t	États-Unis	41 450 t
Pays Bas	58 230 t	Allemagne	25 662 t
Taipei chinois	45 164 t	Espagne	23 763 t
Japon	44 446 t	France	23 703 t

Source : ITC

Les importations chinoises proviennent de Turquie pour 33 %, des États-Unis pour 23 %, du Chili pour 18 %, de Russie pour 18 %.

Commerce international de borates et perborates : en 2019, en tonnes de produits.

Principaux pays exportateurs : sur un total de 933 587 t.

en tonnes de produits

États-Unis	624 843 t	Espagne	22 504 t
Pays Bas	90 203 t	Chine	21 355 t
Pologne	34 114 t	Slovénie	15 471 t
Malaisie	31 788 t	Argentine	15 279 t
Turquie	27 285 t	Suède	13 308 t

Source : ITC

Les exportations des États-Unis sont destinées à la Chine pour 51 %, à la Malaisie pour 8 %, à l'Inde pour 6 %, au Canada pour 6 %.

Principaux pays importateurs :

en tonnes de produits

Chine	668 850 t	Indonésie	70 733 t
États-Unis	174 169 t	Pologne	58 982 t
Inde	92 241 t	Espagne	58 535 t
Malaisie	72 596 t	Pays Bas	53 013 t
Allemagne	70 751 t	Royaume Uni	37 940 t

Source : ITC

Les importations chinoises proviennent de Turquie pour 55 %, des États-Unis pour 45 %.

Situation française

En 2019.

Production :

Pas de production minière.

Production de divers borates à partir de minerais importés, à Coudequerque (59) par [Borax Français](#), filiale de [Rio Tinto Minerals](#). La capacité de production de l'usine est de 100 000 t/an de produits, soit 6 t/h de borax à partir de minerai importé des États-Unis et 10 t/h d'acide borique cristallisé à partir de colémanite importée de Turquie. La production est exportée à 80 %.

Commerce extérieur :

Borates naturels :

- Exportations : 277 t vers l'Italie à 55 %, la Belgique à 41 %.
- Importations : 1 856 t de Turquie à 62 %, du Luxembourg à 16 %, d'Allemagne à 8 %.

Tétraborate anhydre et hydraté :

- Exportations : 112 t vers l'Italie à 43 %, l'Irlande à 29 %, l'Espagne à 12 %, la Belgique à 9 %.
- Importations : 21 237 t de Turquie à 63 %, des États-Unis à 13 %, de Belgique à 9 %.

Autres borates :

- Exportations : 2 741 t vers l'Allemagne à 61 %, les États-Unis à 17 %, la Belgique à 13 %.
- Importations : 822 t de Belgique à 36 %, d'Allemagne à 21 %, des États-Unis à 10 %, du Royaume Uni à 10 %.

Perborates :

- Exportations : confidentielles.
- Importations : 84 t d'Allemagne à 83 %, de Belgique à 11 %.

Utilisations

Les principaux composés du bore sont utilisés, à plus de 99 % des quantités consommées, sous forme de borates ou de perborates.

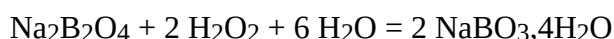
Consommations : en 2018, la consommation mondiale est de 4,18 millions de t, exprimées en B₂O₃, à 56 % en Asie, 18 % en Europe, 16 % en Amérique du Nord, 9 % en Amérique latine, 1 % en Afrique, 0,5 % au Moyen Orient.

Secteurs d'utilisation des borates et des composés du bore, dans le monde, en 2018.

Verre	48 %	Céramiques	15 %
Agriculture	15 %	Détergents	2 %

Source : rapport d'activité de Eti Maden

- **Industrie du verre** : les borates sont principalement employés dans l'élaboration des fibres de verre d'isolation et de renforcement de plastiques. Les fibres de verre d'isolation (laine de verre) contiennent de 4 à 5 % de B₂O₃, apporté sous forme de borax pentahydraté, qui facilite la fusion du verre, empêche la dévitrification et améliore la résistance à l'eau. Les fibres de renforcement de matières plastiques contiennent de 6 à 8 % de B₂O₃ introduit généralement sous forme de colémanite car ces fibres n'admettent pas des teneurs élevées en sodium. Ces fibres sont utilisées pour la fabrication de coques de voiliers, cannes à pêche et matériaux composites utilisés dans la furtivité (leur non-conductibilité et leur faible constante diélectrique les rendent transparents aux ondes radar).
Ils sont également employés dans la fabrication du **verre** borosilicaté (Pyrex[®]) qui renferme de l'ordre de 12,5 % de B₂O₃ qui apporte la résistance aux chocs thermiques et aux acides. L'oxyde de bore est apporté sous forme de borax hydraté ou anhydre ou d'acide borique.
- **Émaux et glaçures céramiques** : comme dans le cas des verres (les émaux et les glaçures sont des verres), l'oxyde de bore facilite la formation du **verre** et sa teneur permet d'ajuster les coefficients de dilatation thermique du support et du revêtement. Il augmente l'indice de réfraction et la résistance aux attaques chimiques et aqueuses.
- **Agriculture** : le bore est un oligoélément essentiel à la croissance et au développement des plantes (il est un des constituants des parois cellulaires). Des borates, sous forme de borax ou d'octoborate (Na₂B₈O₁₃,4H₂O) peuvent être ajoutés aux **engrais**.
- **Détergents** : utilisation aux États-Unis sous forme de borax et en Europe et plus récemment aux États-Unis sous forme de perborates de sodium (NaBO₃) mono ou tétrahydratés. Les perborates entrent, à des teneurs de 10 à 20 % en masse, dans les lessives en poudre. Le monohydrate est utilisé dans les poudres compactes.
Le perborate de sodium est fabriqué, après attaque par la **soude** (avec parfois ajout de **Na₂CO₃**) du borax qui donne une solution de métaborate de sodium, par précipitation à l'aide de **H₂O₂** vers 20°C.



En Europe, la production est assurée par le groupe [Solvay](#), dans son usine de Bad Hönningen, en Allemagne, par [Evonik](#), en Allemagne, par [Belinka Perkemija](#), filiale du groupe [Helios](#), en Slovénie.

Les perborates qui libèrent H_2O_2 au-dessus de $60^\circ C$, qui ont été les principaux agents de blanchiment utilisés en Europe, sont actuellement remplacés par les percarbonates qui libèrent le peroxyde d'hydrogène à plus basse température.

- [Sidérurgie](#) et métallurgie : les borates dissolvent les oxydes métalliques et sont donc utilisés comme flux dans la soudure et le brasage (utilisation de borate de potassium) ainsi que pour favoriser, en métallurgie, l'obtention de laitiers fusibles. Cette propriété de dissolution des oxydes métalliques est utilisée en chimie, en analyse qualitative : en formant des perles de borax, on obtient des verres de couleurs caractéristiques des métaux dont les oxydes ont été dissous.
- L'acide borique est utilisé, en galvanoplastie dans les bains de [nickelage](#).
- Le [bore](#) (voir cet élément) entre dans la composition d'alliages divers.

Autres utilisations :

- Peintures : le borate de zinc ($2ZnO, 3B_2O_3, 3,5H_2O$) est utilisé comme pigment anticorrosion.
- Inhibiteur de corrosion des métaux : par exemple dans les circuits de refroidissement d'eau des automobiles.
- Ignifugation : de fibres cellulosiques (par exemple dans les matelas en coton) et de plastiques sous forme de borax, acide borique, borate de zinc.
- [Ciments](#) et bétons : le borax ralentit leur vitesse de durcissement.
- Fongicide et insecticide : pour traiter les bois de construction, en particulier contre les termites.
- Pharmacie : antiseptiques, les borates, sont utilisés dans de nombreux produits d'usage courant : cosmétiques, produits d'hygiène...
- [Centrales nucléaires](#) : le bore et en particulier l'isotope naturel ^{10}B étant absorbeur de neutrons, des borates sont utilisées, en solution, dans le circuit primaire des réacteurs REP. Lors de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, au Japon, l'eau déversée sur les réacteurs était additionnée de borax.
- Chimie : les borates sont les produits de départ de tous les composés du bore vus par ailleurs. L'acide borique est utilisé comme catalyseur lors de l'oxydation du cyclohexane destiné à produire le Nylon.