

## LITHIUM 2019

### Matières premières

La teneur en lithium (Li) de l'écorce terrestre est de 20 ppm (20 g/t), celle des océans est de 0,18 g/m<sup>3</sup>.

La production de lithium est assurée à partir de deux sources :

- L'exploitation de saumures de lacs salés en partie asséchés, appelés « salars » et présents principalement dans l'Altiplano de la Cordillère des Andes et au Tibet. La teneur en lithium de ces lacs salés peut atteindre 0,16 % pour le « salar » d'Atacama, 0,05 % pour celui de Zhabuye, au Tibet. La zone des salars de la Cordillère des Andes a la forme d'un triangle, entre le nord-ouest de l'Argentine, le nord-est du Chili et le sud de la Bolivie.

Le « salar » d'Uyuni, en Bolivie, situé à 3 656 m d'altitude et s'étendant sur 10 582 km<sup>2</sup>, pour l'instant non exploité industriellement, serait la plus grande accumulation connue de lithium, avec une teneur de 0,05 % de Li, représentant une ressource de 9 millions de t de lithium. Divers projets d'exploitation commencent à prendre forme, le gouvernement bolivien souhaitant développer une industrie du lithium, de la mine à la fabrication de batteries.

En 2018, la production obtenue à partir de salars a été de 145 000 t en équivalent de carbonate de lithium, soit 45 % de la production mondiale. Les productions et utilisations de composés du lithium sont souvent exprimées en équivalent de carbonate de lithium, ce dernier étant la principale forme d'utilisation, sachant qu'une tonne de carbonate de lithium renferme 187 kg de lithium.

- L'exploitation, généralement à ciel ouvert, de gisements de pegmatites granitiques contenant des silicoaluminates de lithium : spodumène (LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), pétalite (LiAlSi<sub>4</sub>O<sub>10</sub>), lépidolite (KLi<sub>2</sub>AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH,F)<sub>2</sub>). Par exemple, pour le gisement de spodumène de Greenbushes, en Australie, qui a une teneur de 1,43 % de Li<sub>2</sub>O, les minerais sont concentrés sur place à environ 6 % de Li<sub>2</sub>O. Le concentré de spodumène est soit utilisé directement dans les industries [verrières](#) et céramiques (pour les 2/3 de la production), soit transformé en composés simples du lithium (carbonate, hydroxyde...) pour le 1/3 restant.

En 2018, la production obtenue à partir de spodumène a été de 180 000 t en équivalent de carbonate de lithium, soit 55 % de la production mondiale.

Il existe d'autres sources potentielles de lithium, dans des saumures géothermales et de champs pétrolifères ou dans des minerais contenant par exemple de la jadarite (LiNaSiB<sub>3</sub>O<sub>7</sub>(OH)), en Serbie, avec des réserves de 16,6 millions de t renfermant, en 2020, 1,81 % de Li<sub>2</sub>O et 13,4 % de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

L'exploitation de ce gisement est en cours d'étude de la part de [Rio Tinto](#) avec une production

envisagée de 55 000 t/an de carbonate de lithium, 160 000 t/an d'acide borique, en  $B_2O_3$  contenu et 255 000 t/an de sulfate de sodium coproduit.

## Traitements

Les concentrés miniers sont soit utilisés directement dans les industries [verrières](#) et céramiques, cela représente 14 % de la production mondiale, en 2016, soit avec le lithium issu des saumures, transformés en composés simples de lithium, principalement, en carbonate (43 % de la consommation), mais aussi, en hydroxyde (17 % de la consommation), bromure (4 % de la consommation), butyllithium (4 % de la consommation), chlorure (4 % de la consommation)... Une faible quantité (3 % de la consommation) est réduite en métal, par électrolyse en sel fondu (55 % LiCl, 45 % [KCl](#)), à 400°C.

### A partir de saumures :

Par exemple, dans le « salar » d'Atacama exploité par [SQM](#), la saumure, qui contient, 0,16 % de Li, est pompée à travers la croûte de sel à une profondeur variant de 1,5 m à 60 m puis est évaporée partiellement dans 1 700 hectares de bassins d'évaporation dans lesquels cristallisent les [chlorures de sodium](#) et de potassium. Le principal produit exploité, le [chlorure de potassium](#), est récupéré. La saumure concentrée en chlorure de lithium, sa teneur en lithium atteint 6 %, est ensuite transportée par camions, sur 230 km, au Salar del Carmen, près d'Antofagasta, sur la côte du Pacifique, où a lieu la production de carbonate et hydroxyde de lithium. Une partie du chlorure de lithium est récupérée par cristallisation de la solution. L'essentiel de la solution de chlorure de lithium est traité par du [carbonate de sodium](#) pour obtenir du carbonate de lithium, avec une capacité de production, en 2019, de 70 000 t/an de carbonate. Une partie de la production de carbonate de lithium est traitée par de la [chaux](#) pour obtenir de l'hydroxyde de lithium, avec une capacité de production de 13 500 t/an d'hydroxyde.

**A partir de minerais :** il existe deux voies de traitement, une voie acide et une voie basique.

- La voie acide consiste tout d'abord à calciner le concentré de spodumène vers 1100°C afin de transformer la forme alpha du spodumène, en forme bêta. Les deux formes ont des masses volumiques nettement différentes (3,20 pour la forme alpha et 2,35 pour la forme bêta) ce qui se traduit, lors de la transformation de phase par un phénomène de décrépitation c'est-à-dire par l'éclatement des grains de matière, du à une augmentation de volume de 27 %, permettant d'améliorer nettement l'efficacité du traitement hydrométallurgique qui suit.

Après broyage en dessous de 200  $\mu\text{m}$ , par réaction avec de l'[acide sulfurique](#) concentré, vers 200-250°C, on obtient du sulfate de lithium, qui après refroidissement vers 90-100°C, est extrait de la pulpe obtenue lors du traitement à l'acide sulfurique, avec de l'[eau](#) chaude. Une filtration permet de récupérer une solution purifiée contenant 250 g/L de  $Li_2SO_4$ , après traitement à l'[hydroxyde de sodium](#) pour éliminer, par augmentation du pH, les ions [fer](#), [aluminium](#), [calcium](#) et [magnésium](#) contenus. Un ajout d'[acide sulfurique](#) permet d'ajuster le pH et l'introduction, à 90-100°C, de [carbonate de sodium](#) précipite le carbonate de lithium.

- La voie basique consiste à réaliser la calcination initiale du concentré, en présence de [chaux](#) qui donne du silicate de calcium et de l'oxyde de lithium. Après calcination, une lixiviation, à l'[eau](#) chaude, permet d'extraire une solution d'hydroxyde de lithium qui après concentration cristallise en  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ , qui donne par séchage l'hydroxyde  $\text{LiOH}$ .

## Productions

### Productions minières

En 2019, la production mondiale de lithium contenu est de 77 000 t. Les principaux pays producteurs sont les suivants :

en tonnes de Li contenu			
Australie	42 000 t	Zimbabwe	1 600 t
Chili	18 000 t	Portugal	1 200 t
Chine	7 500 t	États-Unis (estimation)	700 t
Argentine	6 400 t	Brésil	300 t

Source : USGS

La production du Chili se décompose, en 2017, en 73 563 t de carbonate de lithium, 5 280 t d'hydroxyde de lithium et 2 535 t de chlorure de lithium.

En 2018, la production australienne, sous forme de spodumène, a été de 324 000 t en équivalent de carbonate de lithium dont 125 000 t sous forme de concentrés directement exportés.

En Australie, les mines de spodumène sont situées en Australie Occidentale.

- La société [Talison Lithium](#) détenue à 51 % par le groupe chinois [Tianqi Lithium](#) et à 49 % par le groupe américain [Albemarle](#), exploite, à ciel ouvert, le gisement de spodumène de Greenbushes, situé à 250 km au sud de Perth. Le minerai est concentré pour être principalement expédié en Chine et transformé en carbonate de lithium. Les capacités de production sont de 1,34 million de t/an de concentré soit 80 000 t/an de carbonate de lithium. Les réserves prouvées et probables sont de 31,4 millions de t de minerai renfermant 1,43 % de Li.

En 2017, trois nouvelles mines de spodumène sont entrées en production, en Australie de l'Ouest :

- Mount Marion, au sud de Kalgoorlie, détenue à 50 % par [Mineral Resources Limited](#) et à 50 % par [Jiangxi Ganfeng Lithium](#) qui a exporté, en 2020, 407 000 t de concentré de spodumène. Les réserves prouvées et probables sont de 77,8 millions de t de minerai renfermant 1,37 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ .
- Wodgina, dans la région de Pilbara, détenue à 40 % par [Mineral Resources Limited](#) et 60 % par [Albemarle](#) a produit, en 2018-2019, 422 000 t de minerai totalement exporté. Mi-2019, la production minière a été interrompue dans l'attente du démarrage de l'usine de production d'hydroxyde de lithium de Kemerton. Les réserves sont de 142 millions de t de minerai renfermant 1,19 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ .
- Mount Cattlin, proche de Ravensthorpe, exploitée par [Galaxy Resources](#). En 2019, la production a été de 1,79 million de t de minerai contenant 1,24 % de  $\text{Li}_2\text{O}$  ayant donné 191 570 t de concentré à 5,93 % de  $\text{Li}_2\text{O}$  et une co-production de concentré d'oxyde de tantale.

Les réserves prouvées et probables sont de 8,2 millions de t de minerai renfermant 1,29 % de Li<sub>2</sub>O et 155 ppm de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

En 2018, les trois nouvelles mines suivantes sont entrées en production :

- Le projet de lithium-tantale de Pilgangoora situé à 120 km au sud de Port Hedland est développé par [Pilbara Minerals](#). En 2018/19 la production a été de 174 952 t de concentré de spodumène à 6 % et de 82 t de concentré de tantalite. Dans une première phase les capacités de production prévues sont de 330 000 t/an de concentré de spodumène et 146 t/an de concentré de tantalite. Les réserves prouvées et probables sont de 106 millions de t de minerai titrant 1,25 % de Li<sub>2</sub>O et 120 ppm de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
- Sur le même dépôt de Pilgangoora, à 90 km au sud de Port Hedland, la société [Altura Mining](#) a débuté, en juillet 2018, une exploitation avec une capacité de production prévue de 220 000 t/an de concentré de spodumène à 6 %. En 2018/19, la production a été de 114 676 t de concentré de spodumène. Les réserves prouvées et probables sont de 37,6 millions de t renfermant 1,08 % de Li<sub>2</sub>O.
- A 130 km au sud de Kalgoorlie, [Alliance Mineral](#) développe la mine de Bald Hill avec une capacité de production prévue de 155 000 t/an de concentré de spodumène. Les réserves prévues et probables sont de 11,3 millions de t de minerai renfermant 1,0 % de Li<sub>2</sub>O et 160 ppm de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Le Chili exploite le « salar » d'Atacama qui s'étend, à 2 300 m d'altitude, sur 2 800 km<sup>2</sup>. La teneur en lithium n'est pas homogène, seules les zones les plus riches sont exploitées. La saumure exploitée, qui contient, en moyenne, 0,157 %, en masse, d'ions Li<sup>+</sup>, 2,36 % d'ions [K<sup>+</sup>](#), 9,1 % d'ions [Na<sup>+</sup>](#), 0,965 % d'ions [Mg<sup>2+</sup>](#), 18,95 % d'ions Cl<sup>-</sup>, 1,59 % d'ions SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> est concentrée par évaporation naturelle et cristallisation des [chlorures de sodium](#) et de [potassium](#). Le désert d'Atacama est particulièrement propice à ce type d'exploitation avec une pluviométrie inférieure à 15 mm/an. Le gisement est exploité par 2 sociétés, [SQM](#) depuis 1997 et Rockwood Lithium, acquis en janvier 2015 par [Albemarle](#), depuis 1984, qui traitent les saumures concentrées dans des usines situées sur la côte du Pacifique, près d'Antofagasta. Le traitement des saumures conduit à la production de carbonate, hydroxyde et chlorure de lithium.

En Argentine, la société [Livent](#), issue, en 2018, de [FMC](#), exploite, depuis 1995, le « Salar » del Hombre Muerto.

La société australienne [Orocobre](#), avec 66,5 % de participation, la société japonaise Toyota Tsusho avec 25 % et le gouvernement provincial avec 8,5 %, ont débuté, en avril 2015, l'exploitation à pleine capacité du salar de Olaroz, situé dans la région de Puna, dans la province de Jujuy, au nord de l'Argentine, à 3 900 m d'altitude, avec une capacité de production de 17 500 t/an de carbonate de lithium et une production, en 2019, de 12 605 t de carbonate de lithium. La teneur des saumures est de 690 mg/L de Li<sup>+</sup>, 5 730 mg/L de K<sup>+</sup> et 1 050 mg/L de bore. Les ressources mesurées sont de 0,27 million de t de lithium, 2,08 millions de t de potassium et 0,39 million de t de bore. Les capacités de production sont en cours d'accroissement et une usine de production d'hydroxyde de 10 000 t/an est prévue pour 2021.

Le groupe français [Eramet](#), développe un projet d'exploitation du salar de Centenario-Ratones qui s'étend sur 260 km<sup>2</sup>, à 3 800 m d'altitude. La capacité de production prévue, en 2021, est de 24 000 t/an en équivalent de carbonate de lithium, à l'aide d'un procédé original consistant à adsorber

uniquement les ions lithium sur un substrat et à réinjecter la saumure dans le salar, en évitant l'étape de concentration de la saumure par évaporation.

La Chine exploite d'une part des lacs salés, Zhabuye au Tibet et Xitai, Dongtai et Charhan, dans la province du Qinghai et d'autre part des minerais de spodumène dans les provinces du Sichuan et du Jiangxi.

Au Zimbabwe, la mine de Bikita, à ciel ouvert, produit 30 000 t/an de minerai de lépidolite et de pétalite contenant 4,45 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Aux États-Unis, le seul gisement, un lac salé, exploité par [Albemarle](#), est celui de Silver Peak, dans le Nevada, avec une capacité de production de 6 000 t/an de carbonate de lithium.

Au Portugal, dans le nord du pays, dans la région de Guarda, la société Felmica, filiale du groupe [Mota](#) exploite un gisement de pétalite destiné à l'industrie céramique. Divers projets sont en cours de développement dont celui de la mine de spodumène de Barroso de la société [Savannah Resources](#), dans le nord du pays, avec des ressources de 27 millions de t de minerai renfermant 1,06 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ . La production prévue est de 175 000 t/an de concentré de spodumène à 6 % de  $\text{Li}_2\text{O}$ .

### Réserves minières

Les réserves mondiales sont estimées à 17 millions de t en 2019. Elles se répartissent principalement entre les pays suivants :

en milliers de t de lithium

Chili	8 600	États-Unis	630
Australie	2 800	Canada	370
Argentine	1 700	Zimbabwe	230
Chine	1 000	Brésil	95

Source : USGS

Aux réserves listées par l'USGS, il faudrait ajouter celles de Bolivie estimées à 9 millions de t bien qu'elles ne soient considérées que comme des ressources.

### Principaux producteurs

Les principaux producteurs de Lithium sont les suivants :

- [Albemarle](#), exploite au Chili le « salar » d'Atacama ainsi que celui de Silver Peak, dans le Nevada, aux États-Unis, détient 49 % de la société Talison Lithium qui exploite le gisement de spodumène de Greenbushes, en Australie. En octobre 2019, a acquis 60 % de la participation de [Mineral Resources Limited](#) dans l'exploitation de la mine de Wodgina. Détient 25 % du marché mondial avec une capacité de production de 45 000 t/an de carbonate de lithium et 40 000 t/an en équivalent carbonate sous forme d'hydroxyde de lithium. A démarré, en août 2012, la production d'hydroxyde de lithium de haute pureté, avec une capacité de production de 5 000 t d'hydroxyde/an, à Kings Mountain, en Caroline du Nord, aux États-Unis. La production du salar d'Atacama est transformée en carbonate et hydroxyde de lithium à La Negra, près d'Antofagasta avec une capacité de production de 40 000 t/an de carbonate de lithium. Produit du butyllithium, à New Johnsonville, dans le Tennessee, aux États-Unis, à Langelsheim, en Allemagne, à Taichung, à Taipei chinois, dans

le Gujarat, en Inde. Une unité de production d'une capacité de production de 50 000 t/an d'hydroxyde de lithium est en cours de construction à Kemerton en Australie de l'Ouest. En 2017, a acquis la société chinoise Jiangxi Jiangli New Material qui possède une capacité de production de 15 000 t/an de sels de lithium.

- [Sociedad Química y Minera de Chile \(SQM\)](#) détient 15 % de la production mondiale. Le lithium est coproduit avec le [chlorure de potassium](#), à partir des saumures du « salar » d'Atacama, au Chili. La société produit également à partir de ces saumures, du [sulfate de potassium](#), de l'[acide borique](#) et du [chlorure de magnésium](#). En 2018, les capacités de production sont de 70 000 t/an de carbonate de lithium et 13 500 t/an d'hydroxyde de lithium. En 2019, la production a été de 45 100 t d'équivalent en carbonate de lithium. Les réserves prouvées et probables sont, en 2019, de 92,5 millions de t de potassium, 80,3 millions de t d'ions sulfate, 9,2 millions de t de lithium, 2,8 millions de t de [bore](#). A compter de 2021, les capacités de production de carbonate de lithium du salar d'Atacama devraient augmenter pour atteindre 120 000 t/an. Par ailleurs, en joint venture 50-50 avec [Kidman Resources](#), acquis par [Wesfarmers Chemicals](#) en septembre 2019, développe en Australie de l'Ouest, un projet de mine de spodumène, à Mount Holland, avec une capacité de production prévue, en 2021, de 45 000 t/an d'hydroxyde de lithium et des ressources estimées de 189 millions de t de minerai renfermant 1,50 % de Li<sub>2</sub>O.
- Le principal producteur chinois est [Tianqi Lithium](#) qui possède 51 % de la société Talison Lithium et exploite également, en Chine, le gisement de spodumène de Jiajika, dans la province du Sichuan et a en projet l'exploitation du salar de Zabuye, au Tibet. Par ailleurs, [Tianqi Lithium](#) a acquis, en 2018, une participation de 23,77 % dans le capital de la société chilienne SQM. A construit, à Kwinana, en Australie de l'Ouest une usine de production d'hydroxyde de lithium d'une capacité de 24 000 t/an devant être doublée.
- Le groupe chinois [Jiangxi GanfengLithium](#) exploite le gisement de Mount Marion, au sud de Kalgoorlie, détenu moitié/moitié avec [Mineral Resources Limited](#) et est associé 51/49 à la société [Lithium Americas](#) dans le projet d'exploitation du salar de Cauchari-Olaroz, dans la province de Jujuy, en Argentine, avec une capacité de production prévue de 40 000 t/an de carbonate de lithium, en 2021 et des réserves prouvées et probables de 281 600 t de lithium contenu.
- [Livent](#), société regroupant depuis 2018 les activités de [FMC](#) dans le lithium, exploite le « salar » del Hombre Muerto, en Argentine, avec une capacité de production de 18 000 t/an de carbonate de lithium devant être portée à 60 000 t en 2025. Par ailleurs, possède une capacité de production de 25 000 t/an d'hydroxyde. En 2019 les productions ont été de 16 785 t de carbonate, 4 284 t de chlorure, 21 348 t d'hydroxyde, 2 437 t de butyllithium, 167 t de métal. Détient 7 % du marché mondial.

## Commerce international

Principaux pays exportateurs de carbonate de lithium, en 2019, sur un total de 147 320 t :

en tonnes

Chili	84 715	Pays Bas	6 227
Argentine	27 333	Allemagne	2 530
Chine	12 933	Corée du Sud	1 456
Belgique	7 645	États-Unis	1 230

Source : ITC

Les exportations chiliennes sont destinées à 37 % à la Corée du Sud, 21 % au Japon, 20 % à la Chine, 11 % à la Belgique, 5 % à l'Allemagne.

Principaux pays importateurs de carbonate de lithium, en 2019, sur un total de 143 141 t :

en tonnes

Corée du Sud	38 578	Pays Bas	6 874
Chine	29 315	Belgique	6 874
Japon	23 571	Allemagne	5 973
États-Unis	12 816	Canada	1 978
Russie	7 414	France	1 694

Source : ITC

Les importations coréennes proviennent à 74 % du Chili, 23 % de Chine, 3 % d'Argentine.

## Recyclage

Le lithium contenu dans les [verres](#) et les céramiques est trop dispersé pour être récupéré. Par contre, la récupération de celui renfermé dans les batteries se développe. Par exemple, aux États-Unis, [Retriev Technologies](#) a construit une usine de traitement des batteries lithium-ions, entrée en production en 2015, à Lancaster, dans l'Ohio.

En Belgique, à Hoboken, [Umicore](#) recycle, par voie pyrométallurgique, les matériaux des batteries au lithium. En France, la société [Récupyl](#), à Domène (38) utilise une voie hydrométallurgique.

## Situation française

La situation économique en France pour l'année 2019 est la suivante :

### Production

Le gisement de kaolin d'Echassières (03), exploité par [Imerys](#), co-produit des sables (mélange de quartz et de lépidolite) et des roches broyées lithinifères. La production est, en 2009, de 15 000 t/an de sables contenant 1,8 % de Li<sub>2</sub>O et 20 000 t/an de roches broyées contenant 0,9 % de Li<sub>2</sub>O. Ces produits sont directement utilisés en [verrerie](#) et élaboration de tuiles. Cela représente 208 t/an en lithium contenu.

Par ailleurs, des gisements de lépidolite ont été exploités ponctuellement à Montrebras (23) et dans les monts d'Ambazac (87 et 23). Le gisement de Tréguennec (29), inexploité renferme des ressources de 40 millions de t à 0,33 % de Li.

### Exportations

Les exportations d'oxyde et hydroxyde s'élèvent à 143 t, vers principalement les pays suivants :

- à 41 % l'Allemagne,
- à 20 % l'Italie,
- à 14 % la Belgique,
- à 12 % la Suisse.

Les exportations de carbonate s'élèvent à 625 t, vers principalement les pays suivants :

- à 28 % la Belgique,

- à 24 % l'Allemagne,
- à 13 % l'Italie,
- à 13 % le Royaume-Uni.

## Importations

Les importations d'oxyde et hydroxyde s'élèvent à 6 905 t. Elles proviennent principalement des pays suivants :

- à 94 % des Pays Bas,
- à 2 % de Chine,
- à 1 % d'Allemagne.

Les importations de carbonate s'élèvent à 1 694 t. Elles proviennent principalement des pays suivants :

- à 34 % du Chili,
- à 33 % d'Argentine,
- à 10 % d'Allemagne,
- à 7 % du Japon.

## Utilisations

### Consommations

La consommation mondiale, en 2019, est de 307 000 t en équivalent de carbonate de lithium, en 2016, à 40 % en Chine, 21 % en Europe, 11 % au Japon, 11 % en Corée du Sud, 8 % en Amérique du Nord.

### Secteurs d'utilisation

Les secteurs les plus utilisateurs de lithium dans le monde, en 2019, sont les suivants :

Batteries et piles	65 %	<a href="#">Caoutchoucs, thermoplastiques</a>	3 %
<a href="#">Verres</a> , céramiques	18 %	Coulée continue	3 %
Graisses lubrifiantes	5 %	Traitement de l'air	1 %

Source : USGS

En 2016, 86 % des utilisations ont été sous forme de composés simples du lithium (carbonate, hydroxyde, chlorure...) et 14 % directement sous forme de concentrés miniers, principalement dans les industries [verrières](#) et céramiques.

Dans les piles et batteries, le lithium est employé dans 2 types de piles (classique sous forme, en général « bouton » et thermique) et 2 types de batteries (lithium-ion et lithium-métal-polymère). Les principales qualités du lithium sont sa faible masse volumique (0,534 g/cm<sup>3</sup> pour le métal) et son potentiel électrochimique fortement négatif (le potentiel standard du couple Li<sup>+</sup>/Li est de -3,04 V).

- Dans les piles « bouton » au lithium, le lithium est sous forme métallique avec une quantité d'environ 0,09 g/pile.
- Les piles thermique peuvent être stockées sans entretien et peuvent réagir instantanément lorsque l'électrolyte solide fond par chauffage. Ces piles pouvant fonctionner dans des environnements sévères ont surtout des applications militaires et spatiales, dans les sièges

éjectables d'avions, par exemple. La société française [ASB-Group](#), avec une usine à Bourges (18) est le n°2 mondial pour ce type de pile, avec une production de 60 000 piles/an.

- Les batteries lithium-ion sont constituées d'une cathode, en général formée d'un oxyde mixte de lithium, principalement  $\text{LiCoO}_2$  mais aussi  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiFePO}_4$ ..., d'un électrolyte constitué de fluorophosphate de lithium ( $\text{LiPF}_6$ ), fluoroborate ou chlorate de lithium, dissous dans un solvant organique (carbonate d'éthylène, diméthyl ou diéthyl carbonate), d'un séparateur perméable aux ions  $\text{Li}^+$  et d'une anode généralement en [graphite](#). Lors de la charge, les ions  $\text{Li}^+$  de la cathode viennent s'intercaler entre les feuillets du graphite. Lors de la décharge, ils circulent en sens inverse.

La consommation des piles lithium-ion est en plein développement avec des applications dans les téléphones mobiles, les ordinateurs portables et surtout les véhicules électriques ou hybrides. C'est dans ce secteur que le lithium est utilisé avec le plus de profit du fait de la puissance électrique élevée délivrée par unité de masse.

En 2016, la capacité mondiale de production de batteries lithium-ions est de 27,9 GWh avec 16,4 GWh en Chine, 10,5 GWh en Corée du Sud, 1,0 GWh aux États-Unis. Avec les projets de constructions en cours, en 2020, avec 173,5 GWh, la Chine devrait représenter 62 % des capacités, les États-Unis, avec Tesla, 22 %, la Corée du Sud, 13 % et la Pologne 3 %.

- Les batteries lithium-métal-polymère, sont constituées d'une anode en lithium métallique, d'un électrolyte solide de polyoxyéthylène renfermant des sels de lithium et d'une cathode en oxyde de [vanadium](#) ou phosphate de [fer](#), carbone et polymère. Elle est industrialisée par le groupe [Bolloré](#) dans ses usines [Blue solutions](#) à Ergué-Gabéric, près de Quimper (29), en France, détenue à 80 % avec EdF et à Boucherville, dans la province du Québec, au Canada. Ces batteries équipaient les véhicules électriques Bluecar du réseau Autolib' de Paris. Elles présentent l'avantage d'être solide et de ne pas risquer d'exploser mais l'inconvénient d'avoir un fonctionnement optimal à 85°C.

### Consommation de lithium, en 2014, dans des batteries

Appareils	Nombre d'unités, en millions	Masse de Li par unité	Masse totale de Li contenu
Smartphones	1 200	0,9 à 1,3 g	1 320 t
Tablettes	260	3,7 à 5,6 g	1 210 t
Ordinateurs portables	170	6,6 à 8,5 g	1 280 t
Outils portables	65	7,5 à 11,3 g	610 t
Véhicules hybrides	1,8	0,9 kg	1 690 t
Véhicules électriques	0,3	7,5 à 15 kg	3 380 t
Batteries stationnaires		0,3 t	190 t

Source : Albemarle

Dans les [verres](#), l'oxyde de lithium diminue la température de fusion du verre et améliore sa résistance chimique. Sa teneur est, en général, comprise entre 0,1 et 0,25 %. Dans les fibres de verre, elle atteint de 0,2 à 0,7 %. Il est introduit à 58 % sous forme de minéraux (spodumène, lépidolite, pétalite) ou, à 42 %, sous forme de carbonate de lithium. En 2008, la consommation mondiale dans cette application a été de 2 810 t de Li.

Dans les céramiques, l'ajout d'oxyde de lithium abaisse la température de cuisson des produits. En 2008, la consommation a été de 3 200 t de Li, 57 % sous forme de concentrés miniers, 43 % sous forme de carbonate de lithium.

Le coefficient de dilatation thermique du spodumène est négatif, alors que celui des [verres](#) est positif. Une dispersion de cristaux de spodumène au sein d'une phase vitreuse (avec une concentration de l'ordre de  $10^{16}$  cristaux/cm<sup>3</sup>), permet d'obtenir un coefficient de dilatation nul permettant de résister aux chocs thermiques ou pouvant être ajusté avec celui d'un support métallique. Ceci est à la base de la conception des vitrocéramiques utilisées à 90 % sous forme de plaques de cuisson. En 2008, la consommation de ce secteur a été de 1 750 t, à 69 % sous forme de concentrés miniers et 31 % sous forme de carbonate de lithium.

Il existe aussi des vitrocéramiques sans lithium, ce dernier étant remplacé par des composés de magnésium ou du baryum.

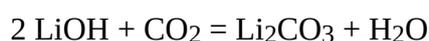
Les graisses lubrifiantes sont utilisées, par exemple, dans des roulements. Elles sont constituées d'huile et de [savons](#) métalliques, principalement de lithium, obtenus par réaction entre l'hydroxyde de lithium et un acide gras. Elles contiennent de 0,2 à 0,3 % de Li. En 2014, la consommation dans ce secteur a été de 3 366 t de lithium.

L'ajout de carbonate de lithium ou de concentrés miniers dans les bains de fusion permet d'améliorer leur fluidité et de préparer directement à partir du métal en fusion, divers profilés, par coulée continue.

Dans l'industrie des [caoutchoucs](#) synthétiques ([élastomères styrène-butadiène \(SBR\)](#), [caoutchoucs polybutadiène \(BR\)](#), [copolymères styrène-blocs \(SBC\)](#)), le lithium est utilisé sous forme de butyllithium (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Li) afin de catalyser leur polymérisation. La consommation est de 0,3 kg de butyllithium/t de solution styrène-butadiène, 0,14 kg/t de butadiène.

Pour le traitement de l'air, les composés du lithium peuvent remplir 3 fonctions :

- Refroidissement par absorption à l'aide d'une solution saturée de bromure de lithium (LiBr), refroidissement qui utilise une source de chaleur, par exemple dans les réfrigérateurs à gaz ou pétrole, au lieu d'un compresseur fonctionnant à l'électricité pour les systèmes classiques. Cette utilisation a consommé 1 045 t de Li, en 2008.
- Déshumidification : à l'aide de chlorure de lithium, qui représente 10 % du marché, avec une consommation, en 2008, de 270 t de Li.
- Purification de locaux clos (capsules spatiales, sous-marins) : par élimination du [dioxyde de carbone](#), à l'aide d'hydroxyde de lithium selon la réaction :



La consommation dans ce secteur reste limitée, avec 5 t, en 2008.

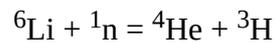
Dans la métallurgie de l'[aluminium](#) l'ajout, jusqu'à 5 %, de carbonate ou de chlorure de lithium dans le bain de cryolithe permet de former du fluorure de lithium qui abaisse la température de fusion et limite les émissions de [difluor](#). En 2007, 12 % de la production mondiale d'aluminium utilisait de tels bains, principalement en Europe et en Amérique du Nord.

L'ajout de 1 % de lithium dans l'[aluminium](#), permet de diminuer sa masse volumique de 3 % et d'augmenter son module élastique de 6 %. Les alliages produits contiennent de 1,1 à 3,8 % de Li. En France, [Constellium](#) produit de tels alliages à Issoire (63) et Montreuil-Juigné (49). Un Airbus

A380 contient 13,4 t d'alliages Al-Li soit 5 % de la masse de l'appareil, l'Airbus A350 devrait en contenir 40,3 t soit 23 % de la masse totale.

### Utilisations diverses

- Utilisé, en pharmacie, dans les troubles bipolaires.
- Utilisé en électronique sous forme de niobate et tantalate de lithium.
- L'isotope  ${}^6\text{Li}$  est extrait du lithium naturel qui en contient 7,5 %. Il est utilisé pour produire du tritium  ${}^3\text{H}$ , par bombardement de neutrons selon la réaction :



Le tritium, de période 12,32 années, est utilisé dans la fusion nucléaire entre le deutérium et le tritium, principe de fonctionnement de la bombe atomique H ou du programme [ITER](#).

- En pyrotechnie, sous forme de nitrate, il donne une couleur rouge.