

## CHROME 2019

### Matières premières

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 400 ppm.

### Minerai

La chromite,  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , qui possède une structure spinelle ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) dans laquelle les ions  $\text{Mg}^{2+}$  sont partiellement substitués par des ions  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions  $\text{Al}^{3+}$  partiellement substitués par des ions  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Cr}^{3+}$  pour donner une formule du type :  $(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+})(\text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+})_2\text{O}_4$ .

- Les minerais riches, contenant de 48 à 55 % de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , avec un rapport  $\text{Cr/Fe} > 3$ , sont destinés à la fabrication des ferrochromes. Ils sont extraits particulièrement au Kazakhstan, en Turquie, Russie et Albanie. Ces gisements, podiformes, se présentent sous forme de lentilles de minerai. Ils sont exploités d'abord à ciel ouvert puis souterrainement lors de l'avancement de l'extraction.
- Les minerais pauvres, contenant environ 30 % de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , avec un rapport  $\text{Cr/Fe}$  d'environ 1,6, initialement utilisés comme matériaux réfractaires sont, depuis l'introduction du procédé AOD d'élaboration des [aciers inoxydables](#), également employés pour élaborer des ferrochromes à basse teneur en Cr (50-55 % de Cr et 6-8 % de C) appelés charge-chrome. Ces gisements se présentent sous forme de couches successives et sont appelés stratiformes. Ils sont exploités particulièrement en Afrique du Sud, en Inde, au Zimbabwe, en Finlande et au Brésil.

Les minerais sont enrichis, en général, par gravimétrie à l'aide de spirales ou de tables à secousses.

### Le gisement du Bushveld

En Afrique du Sud, le gisement géant stratiforme du Bushveld s'étend sur 66 000 km<sup>2</sup>. Il est formé de couches peu épaisses, de moins de 1,5 m de minerai sur une épaisseur totale de 5 000 m et constitue, avec 3,1 milliards de t de minerai, les réserves les plus importantes au monde. Le Complexe du Bushveld est constitué de 3 lobes (ouest, nord et est) d'où provient toute la production minière de chrome, [vanadium](#) et [platinoïdes](#) d'Afrique du Sud. Le lobe ouest, le plus important, est situé au nord-ouest de Pretoria. L'une des couches de chromite, dénommée UG2 a la particularité d'être riche en [platinoïdes](#). En conséquence elle est exploitée pour produire ces derniers, la chromite constituant un co-produit récupéré lors d'opérations de flottation qui séparent les platinoïdes, associés à des sulfures, de la chromite constituant la gangue (voir le chapitre [platinoïdes](#)). En 2018, la coproduction de chromite dans la couche UG2 représente 30 % de la production sud-africaine.

## Production minière

En 2019, la production mondiale était de 34,3 millions de t de chromite, alors que pour l'Union européenne (Finlande) elle était de 1,19 million de t.

en milliers de t de chromite

Afrique du Sud	20 000	Albanie, en 2018	1 143
Kazakhstan	4 780	Zimbabwe	870
Inde	4 060	Oman, en 2018	688
Finlande	1 190	Russie, en 2018	507
Turquie	1 090	Brésil, en 2018	500

*Source : IMFA et BGS*

Les ressources en chromite de la Chine sont très faibles, avec en 2018, une production de 30 000 t.

## Producteurs

En Afrique du Sud, toutes les sociétés minières exploitent le Complexe du Bushveld dans des mines ou récupèrent la chromite présente dans les terrils résultant de l'extraction des platinoïdes de la couche UG2. On estime, en 2017, qu'un quart de la production d'Afrique du Sud provient de l'exploitation de ces terrils.

- En **Afrique du Sud** :

- [Glencore](#) possède 79,5 % de [Glencore-Merafe Chromium Venture](#) avec, en 2019, une production totale de chromite, de 3,037 millions de t. Les mines sont situées :
  - dans le lobe ouest du complexe du Bushveld, près de Rustenburg, pour celles de Waterval avec une capacité de production de 240 000 t/an de chromite et Kroondal, avec une capacité de 967 000 t/an ainsi que celles de Marikana, Klipfontein et Boshhoek. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2019, de 24,44 millions de t de minerai renfermant 30,0 % de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
  - dans le lobe est du complexe du Bushveld, près de Steelpoort, pour les mines de Thorncliffe avec une capacité de 871 000 t/an, Helena avec une capacité de 814 000 t/an et Magareng avec 731 000 t/an. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2019, de 33,3 millions de t de minerai contenant 33,3 % de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- [Samancor](#) possède des mines dans 2 régions : Ouest (Rustenburg) et Est (Lydenburg), avec une production de 4 millions de t/an de minerai dont 70 % alimente les usines de ferrochrome de la société situées à Middelburg, Emalahleni, Steelpoort et Mooinoi. Le reste, environ 1 million de t/an, est exporté. Les mines de l'ouest sont souterraines avec Mooinoi et Millsell, celles de l'est sont souterraines (3) ou à ciel ouvert avec Doornbosch, Lannex, Tweefontein, Steelpoort. Le 1<sup>er</sup> novembre 2019, a repris les activités de [Hernic Ferrochrome](#), qui était détenu à 50,975 % par Mitsubischi (Japon) et exploitait, dans le lobe ouest, les mines

de Morula (souterraine) et Bokone (souterraine et à ciel ouvert) et produisait 1,5 million de t/an.

- [Assore](#) exploite la mine souterraine de Dwarsrivier, avec, en 2019-20, une production de 1,551 million de t. Les réserves prouvées et probables sont de 58,89 millions de t de minerai renfermant 32,82 % de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- [African Rainbow Minerals](#), coproduit de la chromite lors de l'extraction de platinoïdes avec, en 2019, 442 494 t pour la mine de Nkomati détenue à 50 % en association avec Norilsk et 219 560 t pour la mine de Two Rivers détenue à 54 % en association avec Impala Platinum.
- Le groupe finlandais [Afarak](#), exploite les mines de Vlakpoort, Mecklenburg et Stellite. En 2019, la production a été de 357 557 t de chromite. Les réserves prouvées et probables sont de 21,735 millions de t renfermant 35,32 % de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- Au **Kazakhstan** :
  - la production est assurée, en partie, par [Eurasian Resources Group \(ERG\)](#), avec une production, en 2018, de 5,6 millions de t de chromite avec la mine de Donskoy,
  - ainsi que par le groupe turc [Yildirim](#), avec la mine souterraine de Voskhod, près de Chromtau, dans la région d'Aktobe, avec une capacité de production de 1,3 million de t/an et des réserves de 20 millions de t de minerai, le minerai approvisionnant l'usine russe de production de ferrochrome de Tikhvin, à 200 km au sud-est de Saint-Pétersbourg. En 2019, la production a été de 670 000 t.
- Le groupe turc [Yildirim](#), exploite également des mines en **Turquie** au travers de la société [Eti Krom](#). La capacité de production est de 1 million de t/an, la principale mine exploitée étant celle de Guleman, dans la région d'Elazig et les réserves prouvées et probables sont de 130 millions de t. En 2019, la production a été de près de 800 000 t de chromite dont 700 130 t de teneur comprise entre 28 et 46 % et 99 440 t de teneur comprise entre 11 et 28 %.
- En **Inde**, les mines sont exploitées à 97 % dans la vallée de Sukinda, située dans l'État d'Orissa :
  - [Indian Metals & Ferro Alloys Ltd \(IMFA\)](#), possède les mines de Mahagiri et de Sukinda ainsi que la mine en cours d'extension de Nuasahi, avec, en 2019-20, une production de 516 621 t de chromite et des réserves de 21 millions de t de minerai.
  - [Balasore Alloys Limited](#) exploite une mine dans la vallée de Sukinda.
- En **Finlande**, une chromite, à 35 % de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, est extraite de la mine de Kemi située en Laponie et exploité par [Outokumpu](#). Le gisement, stratiforme, s'étend sur 15 km de long et entre 0,2 et 2 km de large, sur une épaisseur de 2 km. La mine, découverte en 1959, est exploitée à ciel ouvert depuis 1968 et souterrainement depuis 2003, avec une capacité de production de 2,4 millions de t/an. Les réserves prouvées sont, en 2015, de 48 millions de t à 26 % de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## Commerce international

### Exportations

Les exportations représentaient, en 2019, un total de 19,466 millions de t de minerais et concentrés.

en milliers de t

Afrique du Sud	14 860	Pakistan	335
Turquie	1 316	Albanie	306
Kazakhstan	699	Pays Bas	132
Oman	593	Papouasie	131
Zimbabwe	581	Iran	122

Source : ITC

Les exportations de l'Afrique du Sud sont destinées à 55 % à la Chine.

### Importations

Les importations représentaient, en 2019, un total de 18,212 millions de t de minerais et concentrés.

en milliers de t

Chine	15 921	Allemagne	151
Russie	903	Inde	134
Indonésie	445	Japon	56
Turquie	177	Belgique	46
États-Unis	152	Autriche	27

Source : ITC

Les importations de la Chine proviennent à 79 % d'Afrique du Sud, 6 % de Turquie, 4 % du Zimbabwe, 4 % d'Oman.

### Réserves

Elles étaient estimées, en 2019, à 570 millions de tonnes de chromite :

en milliers de t

Kazakhstan	230 000	Inde	100 000
Afrique du Sud	200 000	Turquie	26 000

Source : USGS

### Utilisations de la chromite : en 2017.

<u>Sidérurgie</u>	90 %	Fonderie	2 %
Chimie	5 %	Réfractaires	1 %

Source : Roskill

- La chromite est, à 90 %, transformée en ferrochrome, lui-même utilisé à 77 % pour l'élaboration d'aciers inoxydables, pour lesquels il est irremplaçable.
- Pour l'élaboration de produits chimiques la chromite est d'abord transformée en dichromate de sodium,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .
- En fonderie, la chromite est utilisée comme « sable » de confection de moules. Sa température de fusion est de 2 150°C.
- Pour une utilisation comme produit réfractaire, la somme des teneurs en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  doit être supérieure à 57 %, avec une teneur en silice inférieure à 0,7 %.

### Métallurgie

La chromite est principalement transformée en ferrochromes. La transformation en chrome ne concerne qu'une très faible part de l'utilisation de la chromite.

## Ferrochromes

Ils contiennent de 50 à 65 % de chrome et sont élaborés par réduction au four électrique à arc, en présence de coke. La consommation électrique est comprise entre 2 900 et 4 100 kWh/t de ferrochrome.

### Principaux types de ferrochrome

Ils se distinguent principalement par leur teneur en carbone.

- Charge-chrome : 50 à 55 % de Cr, 6 à 8 % de C, 2 à 5 % de Si. C'est l'alliage de chrome le plus utilisé dans la fabrication des aciers spéciaux, dont les aciers inoxydables.
- Le ferrochrome carburé : 60 à 65 % de Cr, 4 à 8 % de C. Il est utilisé principalement dans l'élaboration des aciers inoxydables.
- Le ferrochrome moyen carbone : 55 à 70 % de Cr, de 2 à 4 % de C. Il représente 2 % de la production mondiale de ferrochrome.
- Le ferrochrome bas carbone affiné et suraffiné : 67 à 75 % de Cr, 0,02 à 0,5 % de C, est employé dans la fabrication de la fonte et des aciers. Il représente 4 % de la production mondiale de ferrochrome.

Le ferrochrome carburé et la charge chrome représentent, en 2014, 94 % de la production mondiale de ferrochrome.

### Productions de ferrochrome

En 2019, la production mondiale de ferrochrome s'élevait à 14,73 millions de t.

L'Union européenne (Finlande, Suède, Allemagne) en produisait, en 2018, 620 000 t.

en milliers de t			
Chine	6 580	Finlande	510
Afrique du Sud	4 780	Russie, en 2018	332
Kazakhstan	1 600	Zimbabwe, en 2018	316
Inde	1 280	Brésil, en 2018	175

Sources : IMFA et BGS

La Chine est devenue premier producteur mondial de ferrochrome en 2012. De plus, en 2018, la Chine a importé 2,432 millions de t de ferrochrome possédant une teneur en carbone supérieure à 4 % dont 1,381 million de t d'Afrique du Sud. La production est principalement réalisée en Mongolie Intérieure avec, en 2018, 2,82 millions de t soit 53 % de la production totale du pays.

La production d'Afrique du Sud, qui pourrait être plus importante, souffre de difficultés d'approvisionnement en énergie électrique. En 2018, les exportations de l'Afrique du Sud ont été de 3,657 millions de t de ferrochrome possédant une teneur en carbone supérieure à 4 %.

En 2016, la production mondiale de charge-chrome est de 7,560 millions de t, celle de ferrochrome HC, de 3,552 millions de t.

### Producteurs de ferrochrome

Les principaux producteurs mondiaux sont, en 2019, les suivants :

en milliers de t

<a href="#">Glencore-Merafe</a> (Afrique du Sud), en 2014	1 438	<a href="#">Tianjin Metallurgy</a> (Chine), en 2014	400
<a href="#">ERG</a> (Kazakhstan, Russie), en 2014	1 200	<a href="#">EHUI Metallurgy</a> (Chine)	400
<a href="#">Samancor</a> (Afrique du Sud), en 2014	1 150	<a href="#">Yildirim</a> (Turquie, Russie, Suède)	262
<a href="#">Outokumpu</a> (Finlande)	505		

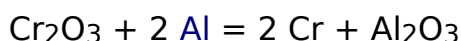
Source : Merafe et rapports des sociétés

- [Glencore](#) a produit, en 2019, en Afrique du Sud, 1,438 million de t de ferrochrome dans les usines de Wonderkop, avec une capacité de production de 553 000 t/an, Rustenburg, avec 430 000 t/an, Boshhoek, avec 240 000 t/an, ces usines étant alimentées par les mines de Kroondal, Waterval et Marikana ainsi que dans les usines de Lydenburg, avec 396 000 t/an et Steelpoort (Lion I et II, avec 360 000 t/an chaque), alimentées par les mines de Thorncliffe, Helena et Marareng. L'autre partenaire de la joint-venture, [Merafe](#), a produit, en 2019, 371 000 t de ferrochrome.
- [Eurasian Resources Group \(ERG\)](#) a produit, en 2012, 1,2 million de t de ferrochrome carburé, 91 000 t de ferrochrome bas carbone, 47 000 t de ferrochrome moyennement carburé et 185 000 t de ferrosilicochrome. La production est réalisée au Kazakhstan avec les usines de Kazchrome à Aktobe et Asku avec des capacités de production de 790 000 t/an de ferrochrome carburé et 109 000 t de ferrosilicochrome et en Russie, à Serov, région de Sverdlovsk, avec des ferrochromes carburé, moyen et bas carbone et du ferrosilicochrome.
- [Samancor](#) possède des capacités de production, en Afrique du Sud, de 1 million de t/an de charge-chrome, 70 000 t/an de ferrochrome moyennement carburé et 40 000 t/an de ferrochrome bas carbone, dans ses usines de Emalahleni, Middelburg, Steelpoort et Mooinooi. A acquis, en novembre 2019, [Hernic Ferrochrome](#) qui possède des capacités de production, en Afrique du Sud, de 420 000 t/an de charge-chrome à Maroelabult.
- [Outokumpu](#) a produit, à Tornio, en Finlande, en 2019, 505 000 t de ferrochrome, à partir de chromite extraite à Kemi, mine proche de Tornio.
- Le groupe turc [Yildirim](#) a produit, en 2019, 261 600 t de ferrochrome HC, en Turquie, à Elazig, avec 87 200 t, au travers de la société [Eti Krom](#), en Russie au travers de Tikhvin Ferroalloys (TFZ) avec 56 300 t et en Suède, au travers de la société [Vargön Alloys](#) avec 119 900 t.
- [Indian Metals & Ferro Alloys Ltd \(IMFA\)](#) possède, en Inde, dans l'État d'Orissa, à Therubali et Choudwar, des capacités de production de 284 000 t/an de ferrochrome carburé et, en 2019-20, a produit 237 812 t de ferrochrome.

## Chrome métal

Fabriqué par aluminothermie à partir d'oxyde de chrome (procédé employé en Chine, France, Russie et Royaume Uni et couvrant 70 % des besoins) ou par électrolyse à partir de ferrochrome (procédé utilisé en Russie et couvrant 30 % des besoins).

Par aluminothermie, la réaction mise en jeu est la suivante :



L'oxyde de chrome doit être chimiquement pur. La réaction bien que fortement exothermique, n'apporte pas suffisamment d'énergie pour que les produits formés, réfractaires, se séparent correctement, par décantation, à l'état liquide. Pour élever la température, une partie de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  est remplacée par un composé de degré d'oxydation plus élevé ( $\text{CrO}_3$  ou mieux, contenant des ions  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). De 10 à 15 t de produit sont traitées à chaque opération.

Au laboratoire, le chrome peut être préparé par aluminothermie dans des conditions proches de celles utilisées industriellement en prenant un mélange de 60 g de dichromate de potassium et de 200 g d'oxyde de chrome ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) pour 90 g d'aluminium (de granulométrie < 200 micromètres), introduit dans un creuset en alumine. Cette préparation nécessite de prendre des précautions face aux projections incandescentes et au risque toxique des poussières de chrome VI.

Le chrome obtenu par aluminothermie, malgré sa pureté élevée (99,5 à 99,8 %) n'est pas malléable même à 900°C. Il faut le purifier à l'aide de procédés tels que la [méthode Van Arkel](#) ou la fusion de zone pour obtenir du chrome laminable à 50-80 % vers 500°C. Dans ce cas, la transition ductile-fragile (fonction de la pureté) peut être proche de la température ambiante.

#### Capacités de production

En 2017, la capacité de production mondiale de chrome métal était de 57 000 t/an et de 21 000 t/an pour l'Union européenne.

en milliers de t

Russie	19	Royaume Uni	8
Chine	16	Japon	1
France	12	Allemagne	1

*Source : USGS*

Les importations des États-Unis, ont été, en 2017, de 14 500 t.

#### Producteurs :

- [Delachaux](#), avec sa filiale [DCX Chrome](#) (France), et une capacité de production par aluminothermie de 12 000 t/an à Marly-lez-Valenciennes (59).
- [Kluchevsky Ferroalliages](#) (Russie), filiale du groupe [Midural](#), avec une capacité de production, par aluminothermie, de 10 000 t, à Dvurechensk, dans la région de Sverdlovsk.
- [Polema](#), filiale du groupe [Industrial Metallurgical Holding](#) (Russie) par électrolyse à Tula.
- [AMG Superalloys UK](#) (Royaume-Uni) avec une capacité de production, par aluminothermie, de 8 000 t/an à Rotherham, au Royaume Uni.
- [Japan Metals & Chemicals](#) (JMC, Japon) produit par électrolyse à Research Triangle Park, en Caroline du Nord (États Unis) et à Oguni (Japon).

## Produits chimiques

Le principal produit chimique élaboré est le dichromate de sodium  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Sa fabrication est effectuée dans un four tournant, vers  $1\,000^\circ\text{C}$ , à partir d'un mélange de chromite et de [carbonate de sodium](#) qui donne du chromate de sodium selon la réaction :



Le chromate de sodium soluble dans l'eau chaude donne, par acidification à l'aide d'[acide sulfurique](#), du dichromate qui est cristallisé ensuite sous forme dihydratée.

Les différents autres composés chimiques du chrome (dichromates d'ammonium ou de potassium, oxydes, sulfate, acide chromique...) sont obtenus à partir du dichromate de sodium.

## Capacités de production

En 2017, la capacité mondiale de production s'élevait à 334 000 t/an de chrome contenu dans des produits chimiques.

en milliers de t de chrome contenu

Chine	113	Turquie	28
États-Unis	42	Afrique du Sud	18
Kazakhstan	38	Argentine	12
Russie	31	Pologne	7
Inde	30	Italie	5

Source : USGS

En 2012, la production mondiale de dichromate de sodium était de 700 000 t.

## Producteurs

Les principaux producteurs sont :

- [Chongqing Minfeng Chemical Co., Ltd.](#), en Chine.
- [Elementis Chromium](#), aux États Unis, à Castle Hayne, en Caroline du Nord et Corpus Christi, au Texas.
- [JS Aktyubinsk Chromium Chemicals Plant](#) (ACCP), à Aktobe, au Kazakhstan.
- [Russian Chrome Chemicals 1915](#), filiale du groupe [Midural](#).
- [Lanxess](#), en Afrique du Sud, extrait de la chromite à Rustenburg qui est transformée en dichromate de sodium et acide chromique à Newcastle puis en sulfate et sels de tannage à Merebank, près de Durban, avec une production de 64 000 t/an. Le dichromate de sodium fabriqué à Newcastle est transformé en pigments à Krefeld-Uerdingen, en Allemagne. En août 2019, cette activité a été vendue au groupe chinois [Brother Enterprise](#).
- [Sisecam](#), en Turquie, à Mersin et en Italie avec la société [Cromital](#), à Ostellatto, dans la province de Ferrara. La capacité de production est de 128 000 t/an de sulfate de chrome.

## Recyclage

Le chrome contenu dans les aciers inoxydables est recyclé lors du recyclage de ces matériaux. De même pour le chrome contenu dans les aciers courants. Le taux de recyclage du chrome, dans le monde, est estimé à 38 %. Ce taux était de 29 %, en 2019, aux États Unis, avec un recyclage de 140 000 t de chrome.



En France, la société [Befesa Valera](#) traite, à Gravelines (59), dans 2 fours à arc immergé, des poussières d'aciéries inoxydables et des déchets d'aciers inoxydables afin de récupérer le [nickel](#) et le chrome contenu, avec une capacité de traitement de 120 000 t/an d'acier inoxydable. Les déchets sont conditionnés sous forme de briquettes qui, additionnées de coke et de scorifiants sont introduites dans les fours d'où des coulées sont effectuées plusieurs fois par jour. Ce groupe possède également une usine du même type à Landskrona, en Suède, avec une capacité de traitement de 65 000 t/an d'acier inoxydable.

## **Situation française**

En 2019.

### **Minerai**

En 2019, il n'y a pas de production française. Une production, terminée en 1991, a eu lieu en Nouvelle Calédonie avec 60 000 t de minerai en 1989.

- Exportations : 4 779 t principalement vers :
  - l'Espagne à 29 %,
  - la Belgique à 17 %,
  - l'Allemagne à 15 %,
  - le Royaume Uni à 11 %,
  - la Pologne à 10 %.
- Importations : 13 292 t en provenance :
  - d'Afrique du Sud à 62 %,
  - d'Albanie à 21 %,
  - d'Allemagne à 5 %.

### **Ferrochrome**

Pas de production en 2019.

#### **Carburé et charge-chrome**

- Exportations : 345 t vers :
  - le Portugal à 30 %,
  - l'Espagne à 12 %,
  - l'Allemagne à 10 %,
  - l'Italie à 8 %.
- Importations : 56 891 t en provenance :
  - d'Afrique du Sud à 36 %,
  - du Kazakhstan à 18 %,
  - de Finlande à 15 %,
  - de Suède à 9 %.

#### **Moyennement carburé**

- Exportations : 32 t vers :
  - la Belgique à 52 %,
  - l'Allemagne à 31 %.
- Importations : 1 838 t en provenance :

- de Russie à 94 %.

## **Bas carbone**

- Exportations : 328 t vers :
  - l'Allemagne à 32 %,
  - la Suisse à 13 %,
  - les Pays Bas à 9 %,
  - l'Italie à 9 %.
- Importations : 4 755 t en provenance :
  - de Russie à 41 %,
  - de Turquie à 16 %,
  - d'Allemagne à 14 %,
  - de Belgique à 14 %.

## **Chrome Métal**

*Producteur :*

[Delachaux](#), à Marly-lez-Valenciennes (59), possède une capacité de la production 12 000 t/an. C'est le premier producteur européen de chrome métal par aluminothermie, le 3<sup>ème</sup> mondial. La production est à 90 % exportée.

- Exportations : 8 515 t vers :
  - les États Unis à 33 %,
  - l'Allemagne à 15 %,
  - le Japon à 12 %,
  - le Royaume Uni à 8 %.
- Importations : 295 t en provenance :
  - de Russie à 53 %,
  - du Royaume-Uni à 37 %,
  - d'Allemagne à 7 %.

## **Produits chimiques**

### **Trioxyc de chrome**

- Exportations : 573 t vers :
  - les États-Unis à 64 %,
  - l'Italie à 9 %.
- Importations : 1 375 t en provenance :
  - d'Allemagne à 54 %,
  - de Turquie à 15 %,
  - des États Unis à 12 %,
  - d'Afrique du Sud à 7 %.

### **Dichromate de sodium**

- Exportations : 32 t vers :
  - la Belgique à 23 %,
  - la Tunisie à 20 %,

- l'Équateur à 16 %,
- l'Espagne à 9 %.
- Importations : 1 235 t en provenance :
  - d'Afrique du Sud à 55 %,
  - d'Italie à 38 %.

## Utilisations

### Consommations

En 2015, la consommation mondiale de chromite a été de 29 millions de t.

En 2019, la consommation de ferrochrome a été de 13,7 millions de t répartie comme suit :

- 64,2 % en Chine,
- 9,0 % en Europe de l'Ouest,
- 4,8 % au Japon,
- 3,8 % aux États-Unis.

### Secteurs d'utilisation

Les principaux secteurs utilisateurs, en 2018, dans le monde étaient les suivants :

<a href="#">Sidérurgie</a>	90 %	Fonderie	2 %
Chimie	5 %	Réfractaires	1 %

*Source : Roskill*

En sidérurgie, l'emploi dans les aciers inoxydables représente 77 % des utilisations, dans les aciers alliés : 19 %, dans les autres aciers : 4 %.

En fonderie, la chromite est employée comme « sable de moulage ».

### Ferrochrome

Il est utilisé à 80 % pour l'élaboration d'aciers inoxydables, pour lesquels il est irremplaçable.

### Métal

Il est utilisé dans les [superalliages](#) (en présence de [Ni](#) et [Co](#), voir ce chapitre) et divers autres alliages. La consommation mondiale a été de 43 000 t, en 2012.

La répartition des utilisations en France est la suivante :

Superalliages	52 %	Autres alliages	10 %
Alliages d'aluminium	12 %	Résistance électrique	6 %
Soudage et revêtement	12 %	Autres	8 %

### Composés chimiques

Le principal composé chimique utilisé est le dichromate de sodium  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , qui entre dans la composition des produits de protection du bois (en présence d'[arsenic](#), voir ce chapitre), des colorants de textiles, dans la fabrication de pigments minéraux. Le dichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  est utilisé en

photographie argentique, pyrotechnie, gravure de lithographie, colorant de céramiques. Le dichromate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  donne par calcination le dioxyde de chrome  $\text{CrO}_2$  pour bandes magnétiques vidéo et audio et est utilisé comme agent oxydant dans des synthèses organiques.

L'acide chromique  $\text{CrO}_3$  entre dans la fabrication de catalyseurs, de pigments minéraux, permet le mordantage des textiles, le chromage dur et décor.

Le sulfate de chrome  $\text{Cr}_2\text{SO}_4$  est employé dans le tannage du cuir.

Le trioxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  est utilisé pour élaborer le chrome métal, des produits réfractaires, des pigments.

Principaux secteurs d'utilisation des produits chimiques, en 2015, étaient :

Tannage du cuir	27 %	Chromage	19 %
Chrome métal	22 %	Protection du bois	9 %
Pigments	19 %		

Source : ICDA

**Chromage** : on distingue le chrome décor du chrome dur.

- *Chrome décor* : le dépôt de chrome est effectué, par électrolyse, sous faible épaisseur (généralement de 0,2-0,3 micromètres), pour recouvrir des pièces métalliques qui sont essentiellement nickelées (voir le chapitre [nickel](#)). La couche finale de chrome n'a qu'un rôle esthétique, il permet d'éviter le ternissement de la surface de nickel par sulfuration.
- *Chrome dur* : le dépôt de chrome est effectué, par électrolyse, sous forte épaisseur (de plusieurs micromètres à quelques dixièmes de mm), directement sur la pièce à protéger. Le revêtement de chrome apporte une excellente résistance à l'usure, aux frottements, à la corrosion, une grande dureté de surface et des propriétés antiadhérentes. Utilisé pour de nombreuses pièces mécaniques en automobile (vilebrequins, chemises de cylindres...), aéronautique (pièces de réacteurs...), machines-outils (arbres de transmission...), outils (instruments de mesure...), moules pour plastiques...

Conditions de chromage : par électrolyse, vers 50-60°C, la pièce à revêtir étant placée à la cathode. L'anode est en alliage de [Pb](#) (7 % de [Sb](#)) et la densité de courant de 40 à 50 A/dm<sup>2</sup>. Composition du bain :  $\text{CrO}_3$  : 250 g/L, [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>](#) : 2,5 g/L, vitesse de dépôt : environ 40 micromètres/h.

## Toxicité

D'après les fiches de l'[INERIS](#) et de l'[INRS](#).

Les principaux composés courants du chrome présentant une toxicité élevée sont ceux des degrés d'oxydation III et VI. La voie de pénétration principale dans l'organisme est la voie respiratoire avec passage dans la circulation sanguine de 20 à 30 % du Cr (VI) inhalé. Ce taux est de 2 à 9 % par voie orale et de 1 à 4 % par voie cutanée. Les composés de chrome, oxydants puissants, ont une forte action corrosive se traduisant par des atrophies, ulcérations et perforations de la cloison nasale ainsi que par une diminution des fonctions pulmonaires et des pneumonies. Les composés de

chrome VI plus solubles que les composés de chrome III sont plus facilement absorbés. Ils diffusent rapidement à travers les membranes et détruisent ainsi les cellules épithéliales.

Dans l'organisme, le chrome VI est réduit en chrome III, sa demie-vie étant de 15 à 41 h. Au cours de sa réduction des composés très réactifs, par exemple de chrome V, peuvent être produits. Toutefois, le Cr(III), à l'état de trace, est nécessaire à l'organisme humain, en particulier pour le métabolisme du cholestérol, des graisses et du glucose. Une carence en chrome induit des hyperglycémies et des hypercholestérolémies.

Par ailleurs, les composés de chrome III et VI sont mutagènes et cancérogènes (cancers du poumon). Après solubilisation dans l'organisme, un effet sensibilisant se traduit par de l'asthme ou des dermatites.

En milieu professionnel, la valeur moyenne limite d'exposition est de  $0,05 \text{ mg/m}^3$ . La teneur limite des eaux de consommation est, en chrome total, de 50 microgrammes/L.