

CHROME 2010

MATIÈRES PREMIÈRES :

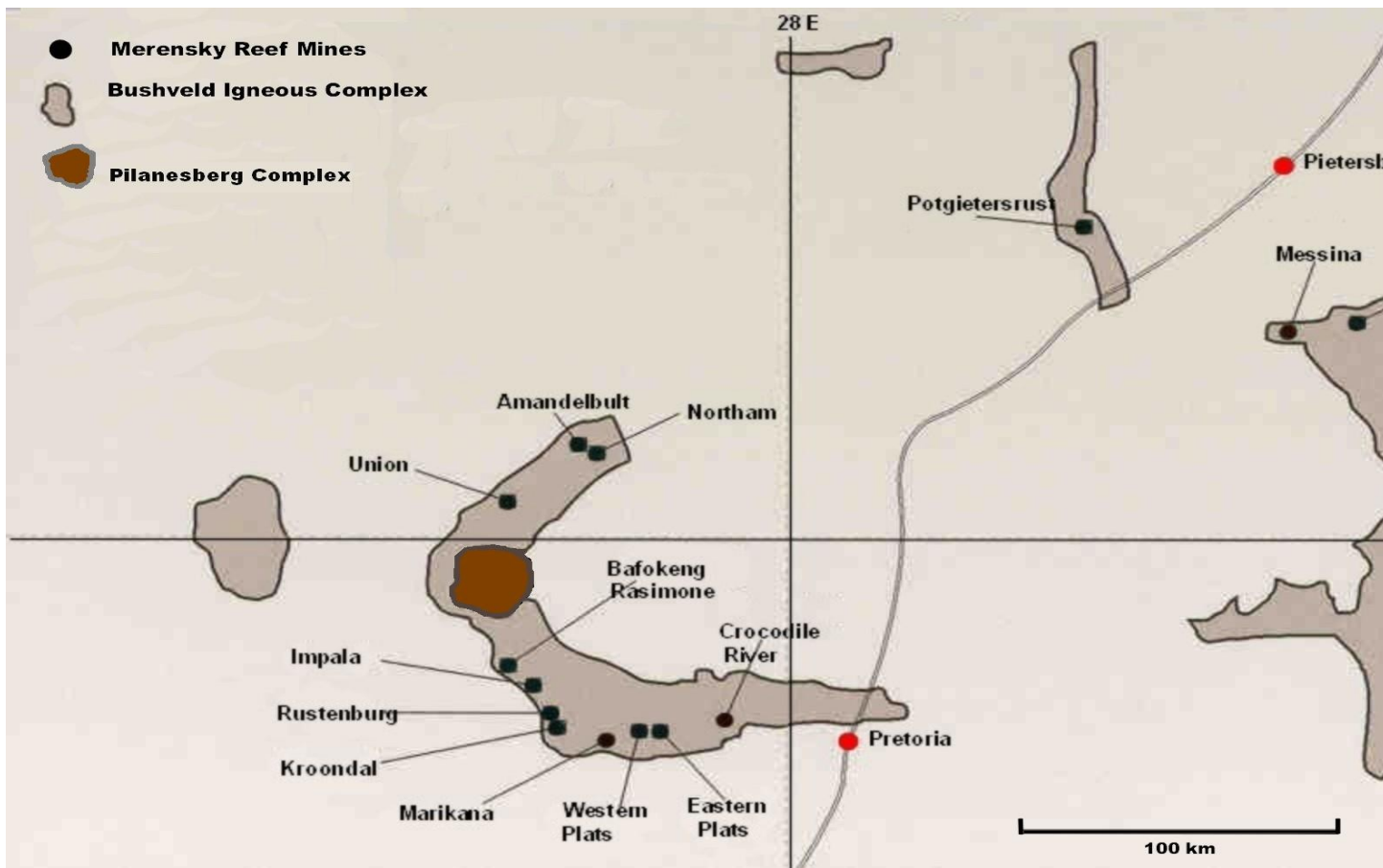
La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 400 ppm.

Minerai : la chromite, FeCr_2O_4 , qui possède une structure spinelle (MgAl_2O_4) dans laquelle les ions Mg^{2+} sont partiellement substitués par des ions Fe^{2+} et les ions Al^{3+} partiellement substitués par des ions Fe^{3+} et Cr^{3+} pour donner une formule du type : $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})(\text{Al},\text{Fe}^{3+},\text{Cr}^{3+})_2\text{O}_4$.

- Les minerais riches, contenant de 48 à 55 % de Cr_2O_3 , avec un rapport $\text{Cr}/\text{Fe} > 3$, 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 40 % de Cr_2O_3 , avec un rapport 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. En Afrique du Sud, le gisement géant stratiforme du Bushveld s'étend sur 12 000 km². 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.

Carte du complexe du Bushveld publiée sur le site du [Lycée de Bois d'Olive](#) à La Réunion que nous remercions.



Productions minières : en 2010, en milliers de t de chromite et () en milliers de t de capacité de production de chrome contenu. Monde : 23 700 (7 820) , Union européenne (Finlande et Grèce) : 246 (185).

Afrique du Sud	10 871 (3 270)	Oman	802 (259)
Kazakhstan	3 829 (1 150)	Zimbabwe	425 (215)
Inde	3 800 (1 170)	Russie	400 (291)
Turquie	1 700 (568)	Brésil	370 (193)

Source : USGS

En Afrique du Sud, toutes les sociétés minières exploitent le complexe du Bushveld.

- [Xstrata](#) possède 79,5 % de [Xstrata-Merafe Chromium Venture](#) avec des réserves de 52 millions de t de minerai dans les mines de Waterval (10 millions de t de réserves de minerai contenant 31,63 % de Cr_2O_3) et Kroondal (10 millions de t de réserves de minerai contenant environ 30 % de Cr_2O_3) situées à Rustenburg et les mines de Thomcliffe (26 millions de t de réserves de minerai contenant 37,76 % de Cr_2O_3) et Helena (5,7 millions de t de réserves de minerai contenant 34,94 % de Cr_2O_3) situées à Steelpoort. La production totale de chromite de Xstrata, en Afrique du Sud, a été, en 2011, de 2,3 millions de t, dont 801 000 t à Thomcliffe, 792 000 t à Kroondal, 489 000 t à Helena et 210 000 t à Waterval.

- [Samancor](#), détenu à 70 % par International Mineral Resources, possède des mines dans 2 régions : Rustenburg et Lydenburg, avec une production de 3 millions de t/an de minerai dont 80 % alimente les usines de ferrochrome de la société situées à Middelburg, Emalahleni et Steelpoort. Le reste, environ 700 000 t/an, est exporté.

- [Hernic Ferrochrome](#), détenu à 50,975 % par Mitsubischi (Japon), exploite les mines de Morula (souterraine) et Bokone (souterraine et à ciel ouvert) et produit 1,5 million de t/an.

- [Assmang](#) exploite la mine souterraine de Dwarsrivier, avec une capacité de production de 1,2 million de t/an.

- [International Ferro Metals Limited](#), exploite la mine de Lesedi, près de Buffelsfontein, à ciel ouvert et en souterrain, avec, en 2012, des ventes de 345 000 t.

- [ASA Metals](#), détenue à 60 % par Sinosteel (Chine) exploite la mine de Dilokong.

Au Kazakhstan et en Russie, la production est assurée par [Eurasian Natural Resources Corp \(ENRC\)](#), avec une extraction, en 2012, de 4,7 millions de t de minerai contenant 38,5 % de Cr₂O₃ pour donner, après concentration, 3,73 millions de t de minerai marchand à 48,4 % de Cr₂O₃.

En Inde, les mines sont exploitées à 90 % dans l'état d'Orissa. [Indian Metals & Ferro Alloys Ltd \(IMFA\)](#), possède les mines de Nuasahi, Sukinda et Chingudipal avec des réserves de 21 millions de t de minerai. [Balasore Alloys Limited](#), filiale d'Ispat Alloys, exploite la mine de Sukinda.

En Finlande, une chromite, de faible teneur, 35 % de Cr₂O₃, 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 est exploitée à ciel ouvert depuis 1968 et souterrainement depuis 2003. Les réserves prouvées sont de 37 millions de t à 26 % de Cr₂O₃. En 2011, la production minière a été de 1,4 million de t, donnant après enrichissement, 693 000 t de chromite.

Commerce international :

Le principal pays importateur de minerai est la Chine avec 9,4 millions de t de chromite, en 2011, avec une production de seulement 200 000 t. Les importations chinoises proviennent, en 2011, à près de 50 % d'Afrique du Sud. En 2009, les importations chinoises représentaient 68 % du commerce international.

Les autres principaux importateurs sont : l'Union européenne (502 384 t, en 2007 provenant à 85 % d'Afrique du Sud et 13 % de Turquie), le Japon (136 362 t, en 2006).

Les principaux pays exportateurs sont : l'Afrique du Sud : 2,6 millions de t, l'Inde : 1,4 million de t.

Réserves : estimées, en 2010, à 7 600 millions de tonnes de chromite. Répartition :

Afrique du Sud	72,4 %	Russie	6,1 %
Zimbabwe	12,2 %	Finlande	1,6 %
Kazakhstan	4,2 %	Inde	0,5 %

Source : Industrial Minerals

Utilisations de la chromite : en 2012

Sidérurgie, métallurgie	90 %	Réfractaires, fonderie	5 %
Chimie	5 %		

Source : ICDA

La chromite est, à 90 %, transformée en ferrochrome, lui même utilisé à 80 % 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, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Pour une utilisation comme produit réfractaire, la somme des teneurs en Cr_2O_3 et Al_2O_3 doit être supérieure à 57 %, avec une teneur en silice inférieure à 0,7 %.

En fonderie, la chromite est utilisée comme sable de confection de moules. Sa température de fusion est de 2 150°C.

METALLURGIE : la chromite est principalement transformée en ferrochromes. La transformation en métal 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 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.

Productions de ferrochrome, en 2010, en milliers de t et () capacité de production de ferrochrome en milliers de t de chrome contenu. Monde : 8 710 (5 360), Union européenne (Finlande, Suède, Allemagne) : 181 (241).

Afrique du Sud	3 607 (1 880)	Russie	414 (372)
Chine	2 000 (1 260)	Brésil	170 (123)
Kazakhstan	1 250 (719)	Zimbabwe	150 (128)
Inde	850 (567)	Finlande	125 (153)

Source : USGS

En 2012, la Chine est devenue premier producteur mondial de ferrochrome et a importé, en 2011, 1,8 million de t dont 1,1 million de t d'Afrique du Sud.

La production d'Afrique du Sud, qui pourrait être plus importante, souffre de difficultés d'approvisionnement en énergie électrique.

Les Etats-Unis ont importé, en 2010, 305 000 t de ferrochrome.

Producteurs : principaux producteurs mondiaux, en 2011, en milliers de t.

<u>Xstrata</u>	1 300	<u>Hernic Ferrochrome</u>	350
<u>ENRC</u>	1 100	<u>ASA Metals</u>	300
<u>Samancor</u>	900		

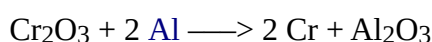
Source rapport annuel de Xstrata

- Xstrata a produit, en 2012, en Afrique du Sud, 938 426 t de ferrochrome dans les usines de Marikana (Wonderkop), Steelpoort (Lion), Lydenburg, Rustenburg et Boshhoek.
- Eurasian Natural Resources Corp (ENRC) 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 (usine 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), en Russie (Serov, région de Sverdlovsk, avec des ferrochromes carburé, moyen et bas carbone et du ferrosilicochrome) et en Chine (Xinjiang Tuoli Taihang ferro-alloys Co., à Tuoli province du Xinjiang, détenu à 50 %).
- 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 Malahleni, Midelburg et Tubatse.
- Hernic Ferrochrome possède des capacités de production, en Afrique du Sud, de 420 000 t/an de charge-chrome à Maroelabult.
- Sinosteel - ASA Metals (Pty) Ltd possède des capacités de production, en Afrique du Sud, de 360 000 t/an de charge-chrome.
- Indian Metals & Ferro Alloys Ltd (IMFA) possède, en Inde, dans l'état d'Orissa, à Therubali et Choudwar, des capacités de production de 275 000 t/an de ferrochrome carburé.
- Assmang possède, à Machadodorp, en Afrique du Sud, des capacités de production de 290 000 t/an de charge-chrome.
- Outokumpu a produit, à Tornio, en Finlande, en 2011, 231 000 t de ferrochrome. La capacité actuelle de 260 000 t/an doit être doublée pour atteindre 530 000 t/an.
- International Ferro Metals Limited a produit, en 2011, 153 046 t de ferrochrome à Buffelsfontein, en Afrique du Sud.
- Ehui Metallurgy Group Co. Ltd possède, en Chine, des capacités de production de 151 300 t/an.
- Balasure Alloys Limited, filiale d'Ispat Alloys, a produit, en Inde, en 2010, 84 000 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 aux Etats-Unis 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 Cr_2O_3 est remplacée par un composé de degré d'oxydation plus élevé (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 (Cr₂O₃) pour 90 g d'aluminium (de granulométrie < 200 micromètres), introduit dans un creuset en alumine.

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.

- [Capacité de production](#), en 2010, en milliers de t. Monde : 40, Union européenne : 15.

Russie	16	Kazakhstan	3
France	7	Japon	1
Royaume Uni	7	Allemagne	1
Chine	6		

Source : USGS

- Les importations des Etats-Unis, ont été, en 2010, de 13 000 t.

- [Producteurs](#) :

[Delachaux](#), Division Métaux (France) avec une capacité de production par aluminothermie de 12 000 t/an à Marly-lez-Valenciennes (59).

[Kluhevsky Ferroalliages](#) (Russie) avec une capacité de production, par aluminothermie, de 10 000 t, à Dvurechensk, dans la région de Sverdlovsk.

[Polema Corp.](#) (Russie) par électrolyse à Novotulsky.

[London & Scandinavian Metallurgical Co ltd](#) (Royaume-Uni) avec une capacité de production, par aluminothermie, de 7 000 t/an à Rotherham, au Royaume Uni.

[Nippon Denko Company Ltd.](#) (Japon) avec une capacité de production de 1 000 t/an.

[Japan Metals & Chemicals](#) (JMC, Japon) produit par électrolyse à Research Triangle Park, en Caroline du Nord (Etats Unis) et à Oguni (Japon).

[PRODUITS CHIMIQUES](#) : le principal produit chimique élaboré est le dichromate de sodium Na₂Cr₂O₇. Sa fabrication est effectuée dans un four tournant, vers 1000°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 dihydraté.

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.

[Capacité de production](#), en 2010, en milliers de t de chrome contenu. Monde : 282.

Chine	70	Inde	31
États-Unis	38	Afrique du Sud	23

Kazakhstan	37	Turquie	17
Russie	31	Japon	17

Source : USGS

En 2009, la production mondiale de dichromate de sodium est de 638 000 t.

Producteurs :

- Chongqing Minfeng Chemical Co., Ltd., en Chine.
- Elementis Chromium, aux Etats Unis.
- JS Aktyubinsk Chromium Chemicals Plant (ACCP), au Kazakhstan, avec une production de 260 000 t.
- Russian Chrome Chemicals 1915, en Russie, avec une production de 115 000 t.
- Lanxess CISA (Pty) Ltd., 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.

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 est de 44 %, en 2010, aux Etats Unis, avec un recyclage de 160 000 t de chrome.

En France, la société Befesa Valera, filiale du groupe espagnol Abengoa, 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 :

Minerai :

- Pas de production. Une production, terminée en 1991, a eu lieu en Nouvelle Calédonie avec 60 000 t de minerai en 1989.
- Importations (2012) : 14 843 t d'Afrique du Sud pour 52 %, d'Albanie pour 19 %, du Kazakhstan pour 10 %.
- Exportations (2012) : 1 858 t vers l'Espagne pour 35 %, l'Italie pour 29 %, l'Allemagne pour 17 %.

Ferrochrome :

- Pas de production.

Carburé et charge-chrome :

- Importation (2012) : 89 454 t d'Afrique du Sud pour 60 %, du Kazakhstan pour 16 %, des Pays Bas pour 7 %.
- Exportations (2012) : 1 446 t vers l'Italie pour 73 %, le Portugal pour 11 %.

Moyennement carburé :

- Importations (2012) : 3 567 t d'Allemagne à 62 %.
- Exportations (2012) : 758 t vers les Pays Bas à 99 %.

Bas carbone :

- Importations (2012) : 13 569 t d'Afrique du Sud pour 17 %, de Belgique pour 14 %, du Kazakhstan pour 12 %, de Russie pour 12 %.
- Exportations (2012) : 631 t vers l'Allemagne pour 58 %..

Chrome Métal :

- Production, en 2012, de 9 800 t.
- 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^{ème} mondial. La production est à 90 % exportée.

- Importations (2012) : 369 t de Finlande à 27 %, Russie à 22 %.
- Exportations (2012) : 9 657 t vers les Etats Unis pour 33 %, l'Allemagne pour 18 %, le Royaume Uni pour 11 %, l'Italie pour 8 %.

Produits chimiques :

- Importations de trioxyde (2012) : 1 520 t d'Allemagne pour 46 %, des Etats Unis pour 28 %, de Turquie pour 14 %.
- Exportations de trioxyde (2012) : 221 t vers la Turquie pour: 14 %, les Emirats Arabes Unis pour 13 %, le Canada pour 13 %, la Pologne pour 11 %.

UTILISATIONS :

Consommations : en 2010, la consommation mondiale de chromite est de 22,3 millions de t.

La consommation totale de chrome est, en France, en 2009, de 187 500 t. En 2006, la consommation de chrome contenu dans du ferrochrome, a été, en France, d'environ 159 000 t dont 136 000 t de ferrochrome carburé et 23 000 t de ferrochrome affiné.

Secteurs d'utilisation : en 2012 dans le monde.

Sidérurgie, métallurgie	90 %	Réfractaires, fonderie	5 %
Chimie	5 %		

Source : ICDA

Ferrochrome : il est utilisé à 70 % pour l'élaboration d'aciers inoxydables, pour lesquels il est irremplaçable. La consommation mondiale a été, en 2011, de 8,7 millions de t dont 4,1 millions de t en Chine.

Métal : utilisé dans les superalliages (en présence de Ni et Co, voir le chapitre consacré au nickel) et divers autres alliages.

- Répartition des utilisations en France :

Superaliage	52 %	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, 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 CrO_2 pour bandes magnétiques vidéo et audio et est utilisé comme agent oxydant dans des synthèses organiques.

L'acide chromique 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 Cr_2SO_4 est employé dans le tannage du cuir.

Le trioxyde de chrome Cr_2O_3 est utilisé pour élaborer le chrome métal, des produits réfractaires, des pigments.

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/dm². Composition du bain : CrO_3 : 250 g/L, [H₂SO₄](#) : 2,5 g/L, vitesse de dépôt : environ 40 micromètres/h.

TOXICITE 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 du chrome. 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 apithéliales.

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 cancérigènes (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 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.