

Le gallium (Ga) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2013)	- Semi-conducteurs électroniques et opto-électroniques (circuits intégrés, LED, diodes laser, etc.) : 87%, dont 80% sous forme de GaAs et 7% sous forme de GaN ; - Cellules photovoltaïques en couche mince CIGS : 5% - Autres : 8%	USGS Mineral Yearbook 2013
1.2 - Principaux usages en Europe (2013)	Proportions spécifiques non disponibles (cf. répartition mondiale)	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	Circuits électroniques intégrés, pour ordinateurs, smartphones (en particulier 3G et 4G), puces WiFi, etc. ; Diodes électroluminescentes (LED), diodes lasers (blurred, etc.), radars. Puces plus résistantes et performantes que les puces au silicium, d'où applications militaires et dans les industries aéronautiques et spatiales.	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	- Production : Cellules photovoltaïques en couche mince de type CIGS (Cuivre-Indium-Gallium-Sélénium) ; - Economies d'énergie : LED pour éclairage	
1.5 - Consommation	250-300 t en 2013	Roskill 2014
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Demande en gallium prévue en forte croissance (environ +8 à 9%/an), tirée par en particulier par l'expansion LED pour l'éclairage (+13 à +16%/an), le développement de la téléphonie mobile 3 et 4G et des réseaux WiFi.	Roskill 2014 ; McKinsey 2012
2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	oui, exclusivement	
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit ou co-produit	Aluminium, lors du raffinage de la bauxite en alumine (95%) ; zinc (5%). Les cendres de charbon sont une autre source envisageable.	
2.3 - Production minière mondiale (2015)	435 t de gallium primaire récupéré. Mais une grande partie du gallium extrait avec la bauxite n'est pas récupéré.	USGS, 2016
2.4 - Principaux pays producteurs miniers en 2013	La répartition de l'origine minière du gallium est difficile à établir puisque la Chine, principal producteur métallurgique, récupère le gallium dans des raffineries qui traitent des bauxites importées de divers pays (Australie, Malaisie, Inde, Indonésie, Guinée, Ghana,...). Les productions ukrainienne et allemande de gallium proviennent de bauxites venant essentiellement de Guinée. La production hongroise traite des bauxites hongroises. Beaucoup de raffineries d'alumine n'ont pas de circuit de récupération du gallium.	
2.5 - Concentration géographique de la production minière	IHH indéterminé pour le gallium. IHH de la bauxite (principale source minière du gallium) : 0,18 en 2014	
2.6 – Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	En 10 ans (2004-2014), l'IHH de la production minière de bauxite a peu varié.	
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2014)	- Production de gallium primaire (3N à 4N) : production réelle non publiée. Production estimée très variable selon les auteurs : 435 t en 2014 selon USGS, 74 t en 2014 selon WMD ; - Capacité de production de gallium primaire : 730 t (2015) ; - Production de gallium raffiné (6N à 7N) : 160 t en 2015 (USGS, 2016) ; - Capacité de production de gallium raffiné : 230 t (2015).	USGS 2016, WMD 2016
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire (2013)	100 à 135 t (40% à 45% de la consommation totale), uniquement à partir de "new scrap" (chutes de fabrication).	
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques en 2013	- Producteurs de gallium primaire : Chine majoritaire. Répartition exacte non renseignée (cf. 2.7). Répartition des capacités de production : Chine 86 % ; Autres (Allemagne, Japon, Russie, Ukraine, Hongrie, Kazakhstan) : 14%	USGS 2016
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Concentration forte (IHH des capacités de production 2013 : 0,62)	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production minière sur 30 ans (1983-2013)	+ 9.3% /an	
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2005-2015)	+ 21% /an	
2.13 - Réserves connues en 2015	- Le gallium étant toujours un sous-produit minoritaire, il n'y a pas d'évaluation normalisée des réserves. La quantité de gallium contenue dans les réserves de bauxite connues peut être évaluée à 1,35 Mt, soit plus de 3000 ans de production au niveau de 2015). - Les sources exploitables de gallium sont en réalité les raffineries d'alumine, avec une capacité totale théorique de 10 kt/an Ga en 2015, dont seule 4,4% est exploitée. Il n'y aurait donc pas de problème de disponibilité physique de Ga si on voulait multiplier la production par 20.	
2.14 - Evolution des réserves	Réserves abondantes (la criticité dépend des capacités de production)	
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	- Réserves de bauxite : Guinée 27% ; Australie 22% ; Brésil 9% ; Vietnam 8% - En pratique, les ressources d'où peuvent être extraites le gallium sont les raffineries d'alumine, dont la production est répartie comme suit : Chine 47% ; Australie 19% ; Brésil 10% ; USA 4% ; Inde 3,7% ; Russie 2,4 %	
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration faible (IHH de la concentration des réserves de bauxite par pays : 0,15).	

Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le gallium - Août 2016

		Sources
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	Les perspectives de croissance de la demande en Ga ont conduit à une très forte augmentation de capacités entre 2005 et 2015 (>20%/an), à un taux de croissance supérieur à celui de la demande. La production mondiale est donc devenue excédentaire. La Chine domine la production primaire et ses capacités suffiront à satisfaire les besoins mondiaux à moyen terme.	
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	Substitutions possibles : pour l'éclairage, LED organiques (OLED) ; pour l'opto électronique, phosphore d'indium ; pour le photovoltaïque, cellules en silicium, compétitives. Pour les circuits intégrés, substitutions au silicium moins performantes (donc GaAs mal substituable pour les besoins les plus sensibles : aéronautique, défense etc.).	Critical Raw Materials for EU 2014
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	Recyclage en fin de vie (old scrap) : < 1% ; Recyclage des déchets de fabrication (new scrap) : ≥ 40%	UNEP 2011 ; Roskill, USGS
5 - PRIX		
5.1 - Etablissement des prix	Pas de cotation sur les marchés boursiers. Prix établis par négociation directe de contrats entre producteurs primaires et transformateurs ou utilisateurs. Publiés sur Metal-Pages	Metal-Pages
5.2 - Prix moyen en 2016 (moy. janv. à juillet)	128 \$/kg (Ga 99.99% CIF aéroports UE)	Metal-Pages
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur 1 an (août 2015 - juil. 2016)	+/- 18%	Metal-Pages
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (moyenne août 2015-juil.2016/moyenne août 2014-juil.2015)	- 40%	Metal-Pages
5.5 - Evolution du prix depuis 2001-2002 (moyenne janv.-juil.2016) / moyenne sur 2 ans 2001-2002)	- 57%	Metal-Pages
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production métallurgique annuelle de la substance	55,7 M US\$ (435 t (production 2015) x 128 US\$/kg)	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Taxes à l'exportation modérées (Chine : 5%, Russie : 6,5%).	EC-CRM report 2014
6.2 - Réglementation REACH	Le gallium et ses composés ne sont pas concernés	
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2014	0	
7.2 - Production minière française historique	Il existait 2 sites importants de production de gallium raffiné en France, avec des capacités totales de production d'environ 20 t/an : - Noyelles-Godault (Pas-de-Calais), exploité par Metaleurop et fermé en 2003 - Salindres (Gard), exploité par GEO Gallium, avec des capacités de production de 18 t/an, fermé en 2006	Panorama BRGM 2010
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2014	0%	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Ressources en bauxite évaluées à 574 Mt, susceptibles de contenir environ 28 kt de Ga. Mais les bauxites françaises sont trop siliceuses pour être raffinées en alumine et le Ga ne pourra pas en être récupéré dans les conditions actuelles. L'installation d'un dispositif de récupération du gallium dans la raffinerie d'alumine de Gardanne, qui traite des bauxites guinéennes, pourrait permettre de produire en théorie quelques dizaines de t/an de Ga, mais il est peu probable qu'une telle opération puisse être économique au prix actuel du gallium. <i>Il existe aussi des ressources en bauxite en Guyane, moins siliceuse et raffinable, évaluées à 100 Mt, susceptibles de contenir environ 4,9 kt de Ga .</i>	
7.5 - Production métallurgique française	0	
8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	0	
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	OMMIC (94-Limeil-Brévannes, www.ommic.fr) ; UMS (91-Villebon, www.ums-gaas.com, filiale de Thalès et Airbus Defence and Space) ; Saint-Gobain-Lumilog (06-Vallauris, www.crystals.saint-gobain.com/LUMILOG_GaN.aspx) ; Azelis Electronics (Paris, www.azeliselectronics.com, commercialise les wafers produits par l'allemand FCM)	
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Industries électroniques, télécommunications, défense, radars, etc.	

		Sources
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français	Déficit commercial de 346 kg de Ga sous forme brute en 2015	<i>Le Kiosque de Bercy</i>
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Consommation apparente de gallium brut de 346 kg en 2015. Indicateur non pertinent car bonne proportion des échanges sous forme de wafers de GaAs, non identifié spécifiquement dans les nomenclatures douanières.	<i>Le Kiosque de Bercy</i>
9.3 - Recyclage en France	Très faible (usages dispersifs). Données non disponibles	<i>ADEME (Monier et al., 2010)</i>
10 - DIVERS		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Oui, Panorama BRGM 2010 publié en 2011	http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60582-FR.pdf
10.2 - Remarques spécifiques		

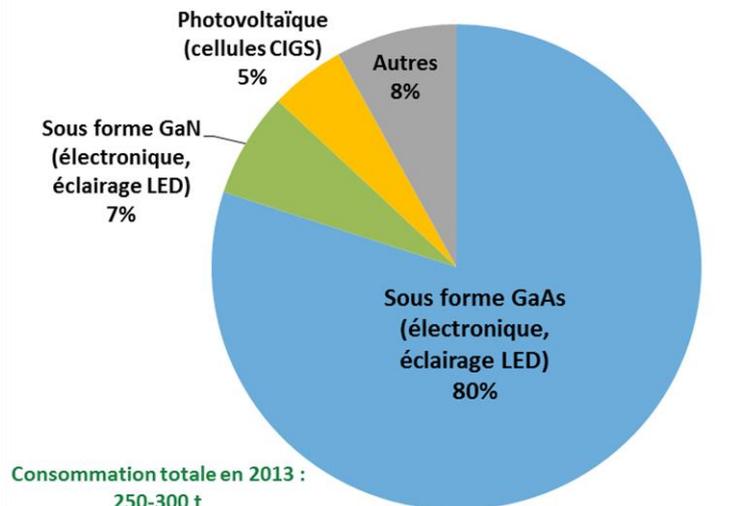
Acronymes : IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann; REACH : Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals
 TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen; USGS : United States Geological Survey ; UNEP : United Nations Environment Program
 WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche)
 * 3N = 99,9% ; 4N = 99,99% ; 5N = 99,999%, etc. (3N = 3 neufs, pourcentage exprimé avec 3 "neufs", etc.)
 Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

Le gallium en graphiques

USAGES

Principales applications du gallium en 2013

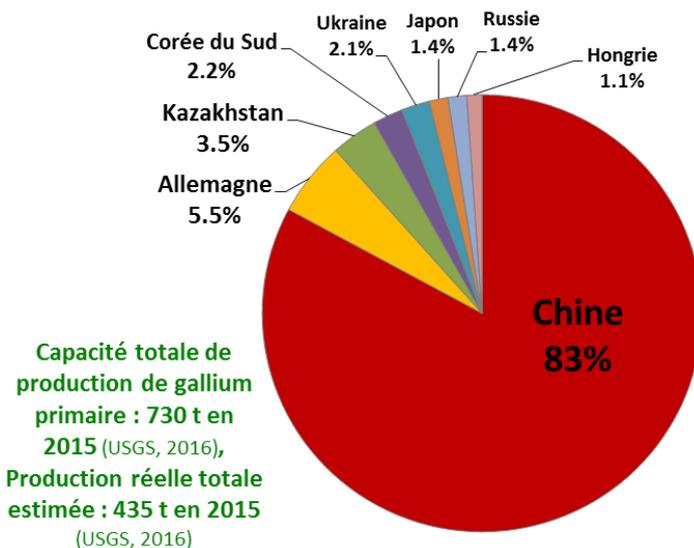
Source : USGS 2013



PRODUCTION ET RESERVES MONDIALES

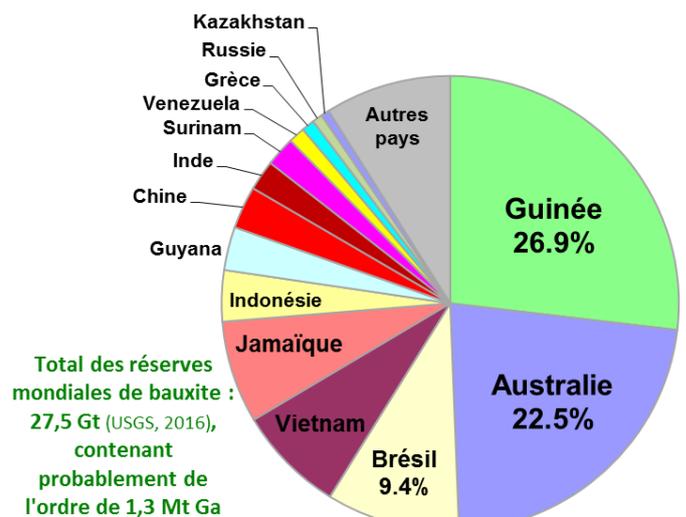
Répartition indicative des capacités de production de gallium primaire

(sources : USGS 2013-2016)

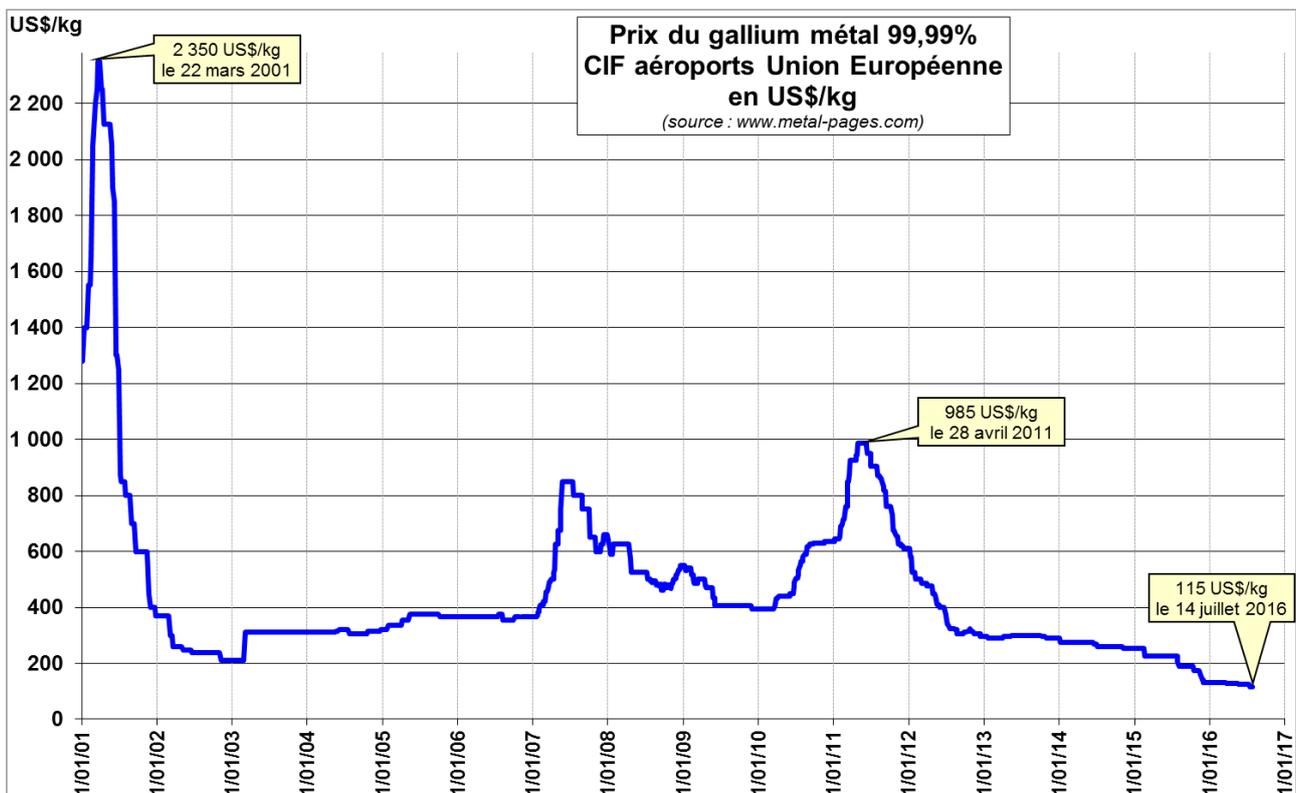
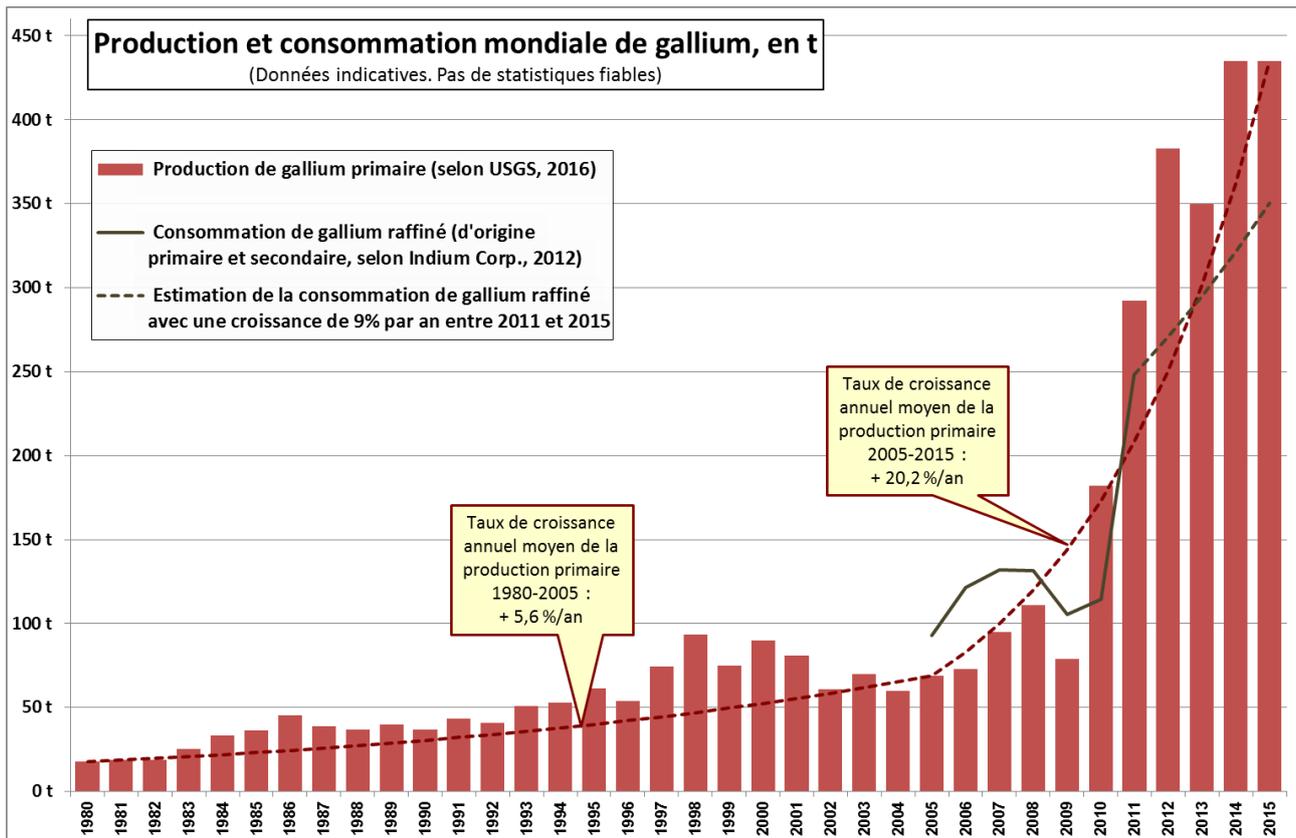


Distribution des réserves mondiales de bauxite

(qui sont la principale source de gallium primaire)
(source: USGS, janv.2016)



EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

Statistiques françaises d'import-export de gallium

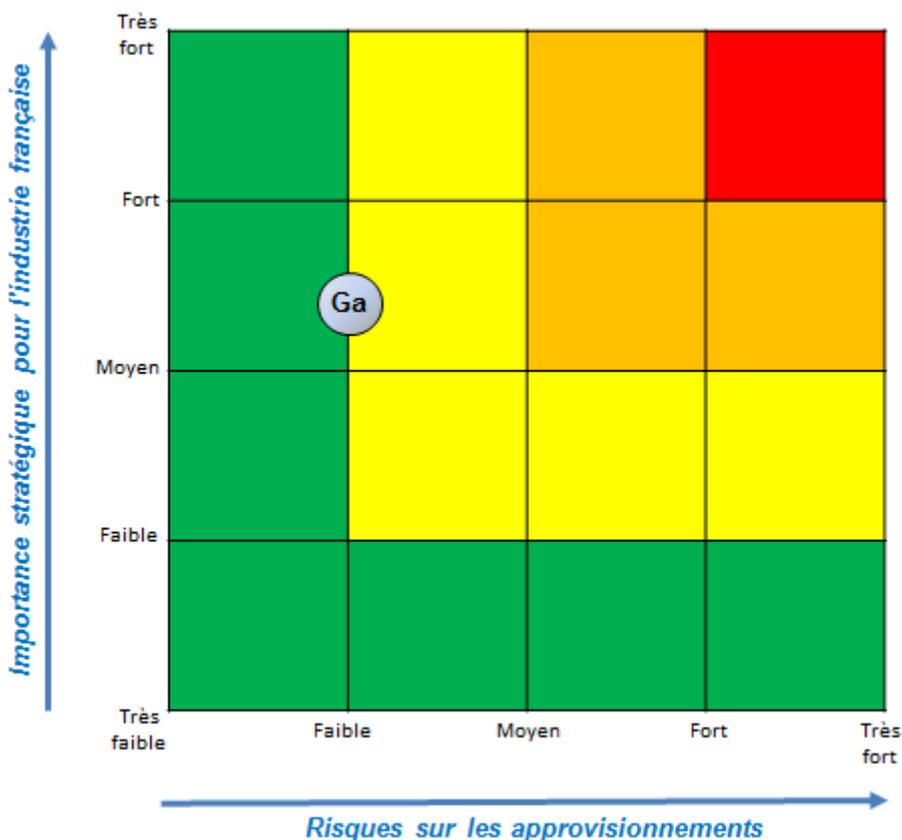
Données brutes de collecte, CAF-FAB hors matériel militaire. Source : <http://lekiosque.finances.gouv.fr>

	2013			2014			2015			Evolution 2014-2015		Principaux partenaires en 2015 (% des tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Gallium sous forme brute ; poudres de gallium (81129289)												
Exportations	79.0 k€	288 kg	274 €/kg	85.0 k€	79 kg	1076 €/kg	120.9 k€	60 kg	2015 €/kg	42%	-24%	Roumanie 17% ; Finlande 15% Roy.-Uni 60% ; Etats-Unis : 36%
Importations	107.1 k€	358 kg	299 €/kg	109.1 k€	414 kg	263 €/kg	111.6 k€	406 kg	275 €/kg	4%	13%	
Solde	-28.1 k€	-70 kg		-24.1 k€	-335 kg		9.2 k€	-346 kg				

NB1 : La nomenclature douanière NC8 n°81129289 est la seule spécifique au gallium. Le gallium apparaît aussi dans les nomenclatures n°81129970 - Ouvrages en gallium, en indium et en vanadium, n.d.a et n°81129221 - Déchets et débris de gallium, niobium, rhénium, indium, vanadium, germanium sauf cendres et résidus, mais la proportion de gallium concernée est inconnue et la quantité de gallium concernée ne peut pas en être déduite.

NB2 : Les données étatsuniennes de commerce extérieur font état de plusieurs tonnes de galettes ("wafers") d'arséniure de gallium importées depuis la France chaque année (7,98 t en 2013), mais celles-ci ne sont pas individualisées dans les nomenclatures françaises. L'arséniure de gallium contenant en théorie 48% de gallium, les tonnages de gallium contenus sont bien supérieurs à ceux du gallium brut, lesquels ne représentent donc qu'une part minoritaire des échanges.

CRITICITE DU GALLIUM



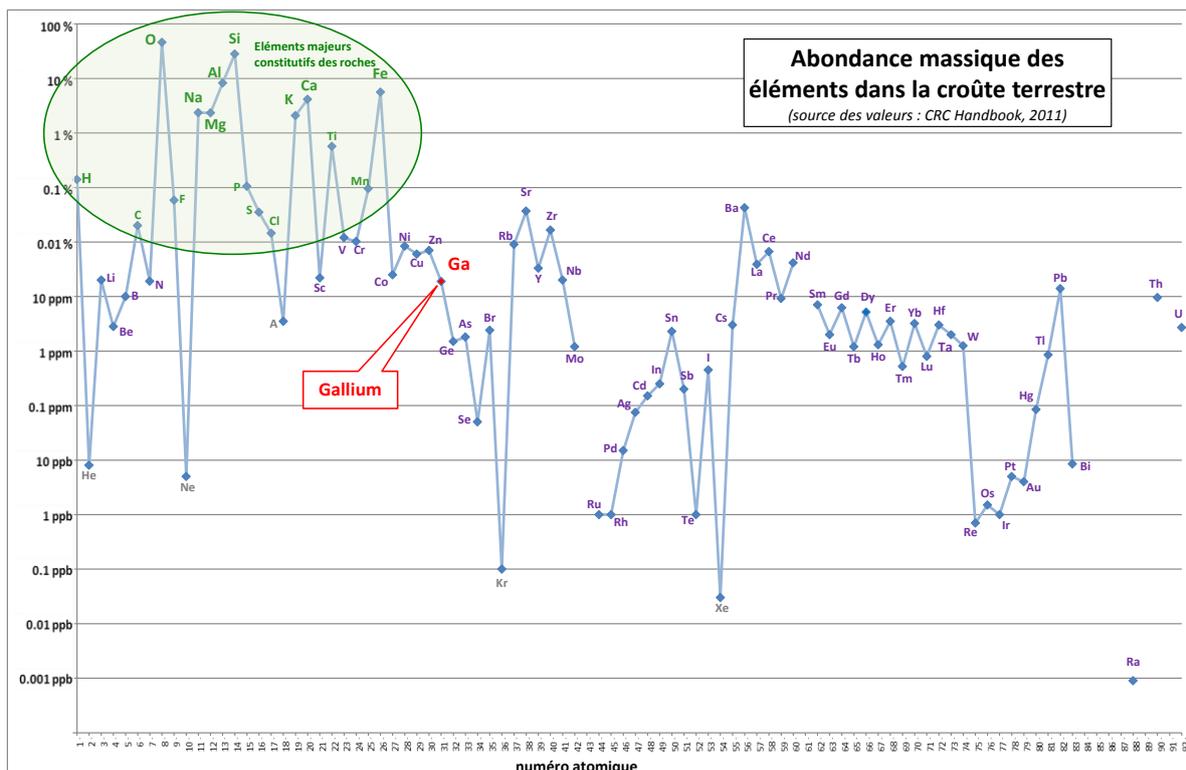
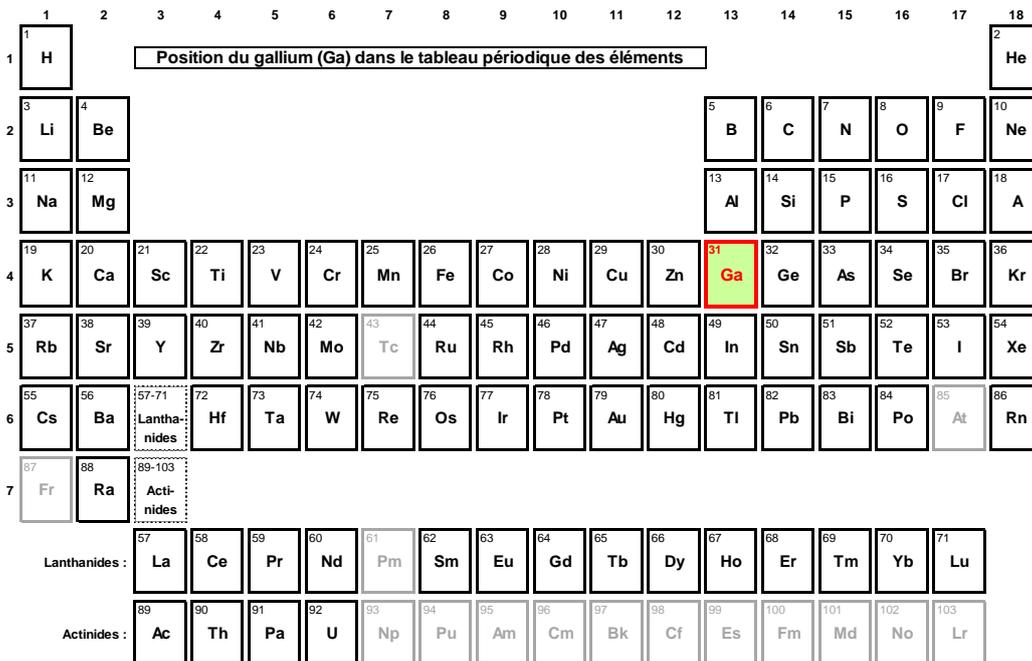
LE GALLIUM, PROPRIETES

Quelques propriétés du gallium

Numéro atomique : 31
 Masse atomique : 69,72
 Température de fusion : 29,8 °C
 Température d'ébullition : 2 403 °C
 Densité : 5,9
 Dureté Mohs : 1,5 MPa
 Abondance naturelle : 19 ppm

Le gallium est un métal blanc-argenté, tendre et cassant, ayant la particularité de fondre à 29,8°C. Le gallium ne forme pas de gisements économiquement exploitables à l'état naturel, il provient en grande majorité de la filière de production d'aluminium.

Sous forme d'arséniure (GaAs) et de nitrure (GaN), le gallium possède des propriétés de semi-conducteur très recherchées dans de nombreux usages électroniques et opto-électroniques (vitesse de circulation des électrons supérieure au silicium).



AVERTISSEMENT

Les informations, chiffres et graphiques figurant dans la présente "fiche de synthèse sur criticité" sont extraites de bases données construites à partir des meilleures sources ouvertes de données, internationalement reconnues. Certaines sont gratuites, d'autres ne sont accessibles que sur abonnement. Les sources utilisées sont précisées sur chaque fiche.

Il faut cependant savoir que de nombreux problèmes affectent la qualité des données disponibles sur l'industrie minérale mondiale et sur les nombreux maillons des chaînes de valeur qui en dépendent. Certains pays, parmi lesquels la Chine, aujourd'hui le principal producteur mondial de 28 matières premières minérales, ne publient guère de données statistiques relatives à leur industrie minérale, et les données qui sont publiées ne sont pas toujours vérifiables. Dans certains pays, des règles interdisent la publication de données de production ou de réserves lorsque cette publication pourrait divulguer des données considérées comme confidentielles par des entreprises productrices, dès lors que le nombre restreint de producteurs nationaux est restreint au point que la publication des données de production pourrait amener à dévoiler la stratégie industrielle de ces producteurs. C'est le cas par exemple aux États-Unis et en France. Toutes les entreprises n'ont pas non plus les mêmes obligations de rapportage de leurs activités, ces obligations étant très faibles ou nulles pour les entreprises non cotées en bourse, financées par des capitaux privés ("private equity"). Et tous les États n'imposent pas non plus les mêmes obligations de transparence aux entreprises établies sur leurs territoires.

Certaines données de production, consommation ou échanges proviennent des statistiques du commerce mondial, basées sur la nomenclature statistique internationale des produits définie par l'Organisation Mondiale des Douanes, et sur les déclarations d'importations et d'exportations fournies par les douanes de chaque pays, centralisées dans la base de données "Comtrade" des Nations Unies. Ces données sont cependant, elles aussi, délicates à utiliser ou à interpréter : certains chiffres relatifs aux exportations et aux importations mondiales ne se correspondent pas, certains pays ne fournissent pas leurs informations. De plus, ces données ne fournissent pas d'indications sur la consommation intérieure de minéraux et métaux produits à l'intérieur d'un même pays.

Cette situation complique les analyses pour certaines matières premières, notamment pour les métaux utilisés pour des applications de haute technologie. La fiabilité de certaines données peut être douteuse lorsque celles-ci proviennent de simples déclarations par les autorités de pays producteurs interrogés pour calculer le montant des réserves de telle ou telle matière première minérale.

L'existence d'un marché noir de certaines matières premières est également à prendre en compte. C'est probablement le cas d'une petite partie de la production chinoise, mais aussi des pays limitrophes (Birmanie, etc.).

Ces limitations peuvent cependant être parfois contournées en recoupant plusieurs sources d'information.

De même, les prix des métaux rares et des minéraux industriels ont des degrés de précision et de fiabilité divers. Seuls les métaux de base (Al, Cu, Ni, Pb, Sn, Zn, Co, Mo) et les métaux précieux (Au, Ag, Pt, Pd, Rh) font l'objet de cotations quotidiennes sur les marchés boursiers. Les autres métaux font l'objet de commercialisations dans le cadre de contrats de gré à gré entre producteurs et acheteurs, qui peuvent être des maisons de négoce. Les prix de transaction ne sont pas rendus publics. Des sources d'information spécialisées, accessibles uniquement sur abonnement, telles qu'Industrial Minerals (pour les minéraux industriels), Metal-Pages, Metal Bulletin ou Platts fournissent des fourchettes de prix de transactions pour une vaste gamme de matières premières minérales. L'évolution de ces prix, qui peuvent ne représenter qu'une faible partie du marché réel, est la principale source d'information sur l'évolution de l'offre et de la demande.

Ainsi malgré tout le soin que le BRGM peut apporter à l'utilisation et au traitement des données et des informations auxquelles il a accès, les chiffres doivent le plus souvent être considérés comme des ordres de grandeur. Ce sont les évolutions temporelles, les dynamiques qui traduisent le mieux les marchés et leurs évolutions. En cas d'enjeux économiques importants pour une entreprise, il est fortement recommandé de faire appel à une ou plusieurs expertises externes.

En tout état de cause le BRGM et le COMES déclinent toute responsabilité relative aux dommages directs ou indirects, quelle qu'en soit la nature, que pourrait subir un utilisateur des fiches du fait de décisions prises au vu de leur contenu. L'utilisation des informations fournies est de l'entière responsabilité des utilisateurs.