

# Le germanium (Ge) – éléments de criticité

		Sources
<b>1 - USAGES ET CONSOMMATION</b>		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2013)	- Fibres optiques : 30% - Optique infrarouge : 25% - Catalyse PET (polymérisation des polyesters) : 25% - Cellules solaires (photovoltaïque) et applications électroniques : 15% - Autres : 5%	USGS 2013, Critical Raw Materials for EU 2014
1.2 - Principaux usages en Europe (2013)	Proportions spécifiques non disponibles (cf. répartition mondiale)	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	Fibres optiques, Optique infrarouge (militaire et civile)	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Cellules solaires (photovoltaïque satellitaire)	
1.5 - Consommation	Aux alentours de <b>110-120 t</b> (estimation la plus récente : 2009)	USGS, Panorama BRGM 2010
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Taux de croissance de la demande d'environ 4,4%/an, tirée par les secteurs des fibres optiques et des applications dans l'optique infrarouge. Les autres secteurs (photovoltaïque, électronique, catalyse PET) devraient présenter une croissance moindre	Critical Raw Materials for EU 2014
<b>2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES</b>		
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	Zinc (75% de la production de Ge issue de concentrés de minerai de zinc, 25% de l'exploitation des cendres de charbon)	Critical Raw Materials for EU 2014
2.3 - Production minière mondiale (2013)	Données non disponibles. Moins de 5% du germanium contenu dans les concentrés de zinc (Zn) produits serait extrait	USGS 2013
2.4 - Principaux pays producteurs miniers en 2013	Chine (Zn et charbon), Russie (charbon exclusivement), Etats Unis (Zn), Congo RD (Zn)	SCF 2015
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Données non disponibles (IHH non déterminé)	
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	Non calculable	
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2013)	Diffère selon les sources : <b>117 t</b> de Ge métal selon WMD, <b>155 t</b> selon USGS	USGS, WMD, Critical Raw Materials for EU 2014
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire (2013)	30 à 50 t (environ 30% de la production totale)	USGS 2013, UNEP 2011
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques en 2013	Chine : 76%, Finlande : 14%, Russie : 4%, Etats-Unis : 3%, Japon 2%, Ukraine 1%	USGS, WMD, Critical Raw Materials for EU 2014
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Concentration élevée (IHH = 0,6)	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production minière sur 30 ans (1983-2013)	Non significatif	
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2003-2013)	+9,5%	Données USGS
2.13 - Réserves connues en 2015	Pas de données (Il n'existe pas d'évaluation précise des quantités de germanium contenues et récupérables dans les minerais de zinc et charbon à l'échelle mondiale)	
2.14 - Evolution des réserves	Cf. 2.13	
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	Chine, Russie, Etats-Unis (% non disponibles)	
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Modérée (IHH non déterminé)	
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	La production mondiale de germanium est liée aux productions de minerais de zinc et de charbon, dont la croissance devrait se poursuivre à un rythme soutenu dans les pays en développement. La criticité du Ge dépendra des capacités de transformation développées (moins de 5% du germanium contenu dans les concentrés de Zn serait récupéré à ce jour), d'éventuelles évolutions technologiques, et des pressions commerciales exercées par certains pays (Chine, Russie)	
<b>3 - SUBSTITUABILITE</b>		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	Séléniure de zinc pour applications infrarouges mais pertes de performances. Arseniure de gallium ou antimoniure d'indium pour les composants électroniques. Trioxyde d'antimoine (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ou aldoxydes de titane compétitifs pour la catalyse PET	Critical Raw Materials for EU 2014, Panorama BRGM 2010
<b>4 - RECYCLAGE</b>		
4.1 - Taux de recyclage	Recyclage en fin de vie < 1%. Recyclage des chutes de fabrication : 60%	UNEP 2011, ILZSG 2012

		Sources
<b>5 - PRIX</b>		
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 2015 (janv. à oct.)	1 842 \$/kg (Ge à 99,99%) ; 1 241 \$/kg (GeO <sub>2</sub> à 99,99%)	Metal-Pages
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur 1 an (août 2014-juillet 2015)	+/- 2,2%	Metal-Pages
5.4 - Evolution du prix sur un an (moyenne nov.14-oct.15/moyenne nov.13-oct.14)	- 2,9%	Metal-Pages
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003 (moyenne nov.14-oct.15 / moyenne sur 2 ans 2002-2003)	+ 274%	Metal-Pages
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production minière annuelle de la substance	<b>286 M US\$</b> (155 t (production annuelle la plus récente estimée, 2013) x 1 842 US\$/kg (prix moyen janv-oct.2015))	
<b>6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS</b>		
6.1 - Restrictions au commerce international	Taxes à l'exportation : 6,5% pour la Russie (déchets), 5% pour la Chine (oxydes de germanium) pour inciter l'exportation de produits finis	Critical Raw Materials for EU 2014
6.2 - Réglementation REACH	Le germanium n'est pas concerné	
<b>7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES</b>		
7.1 - Production minière française 2013	0	
7.2 - Production minière française historique	Mine de Saint Salvy : 410 t de Ge produites entre 1973 et 1992 Mine de La Croix-de-Pallières : 28 t de Ge produites entre 1881 et 1971	Panorama BRGM 2010
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2013	0%	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Ressources non évaluées mais nombreux indices de Zn identifiés (Massif Armoricaïn, Pyrénées, Massif Central). Potentiel à évaluer.	Panorama BRGM 2010
7.5 - Production métallurgique française	Chiffres de production confidentiels	
<b>8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE</b>		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	- Nyrstar (raffinerie d'Auby) : 171 kt Zn métal en 2014 (In + Ge en sous-produits)	
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	Fransor Industrie (Colombes), Azelis Electronics (Paris), Umicore (Acigné)	
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Fibre optique, Optique infrarouge, Electronique, Défense	Panorama BRGM 2010
<b>9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE</b>		
9.1 - Commerce extérieur français	Déficit commercial de 1,5 M€ en 2014 (Ge sous forme brute), en hausse de 159% par rapport à 2013	Le Kiosque de Bercy
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Environ 460 kg de Ge consommés (sous forme brute) en 2014	Le Kiosque de Bercy
9.3 - Recyclage en France	Pas de données suffisantes	ADEME (Monier et al., 2010)
<b>10 - DIVERS</b>		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Oui, Panorama BRGM 2010 publié en 2011	<a href="http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60584-FR.pdf">http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60584-FR.pdf</a>
10.2 - Remarques spécifiques	L'indium, le gallium et le cadmium sont également des sous-produits de la métallurgie du zinc	

Acronymes : IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann; ILZSG : International Lead&Zinc Study Group; REACH : Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals  
SCF: Société Chimique de France; TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen; USGS : United States Geological Survey

WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche)

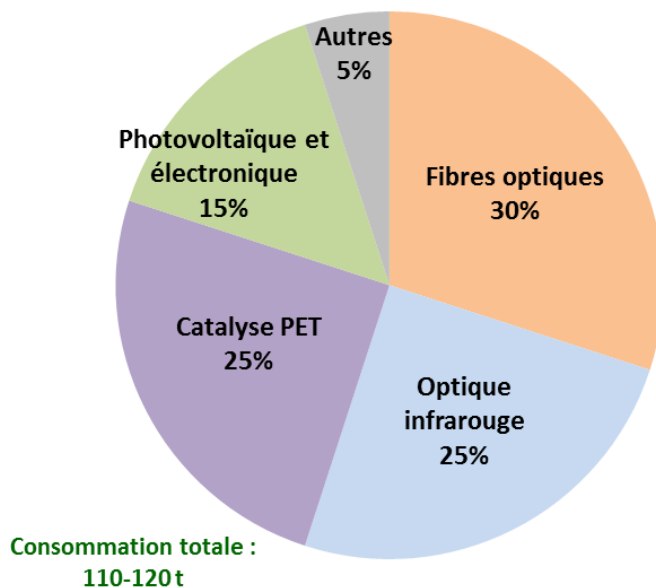
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

## Le germanium en graphiques

### USAGES

#### Répartition des usages mondiaux du germanium en 2012

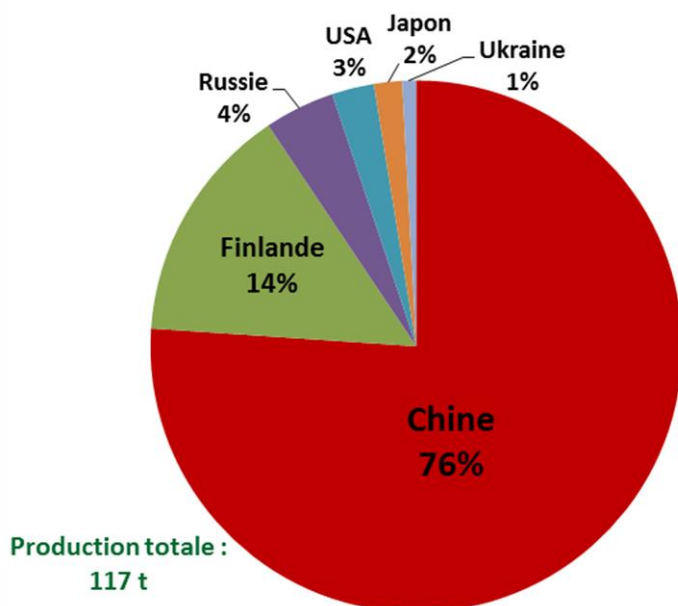
(source : USGS 2013)



### PRODUCTION ET RESERVES MONDIALES

#### Production de germanium raffiné en 2013

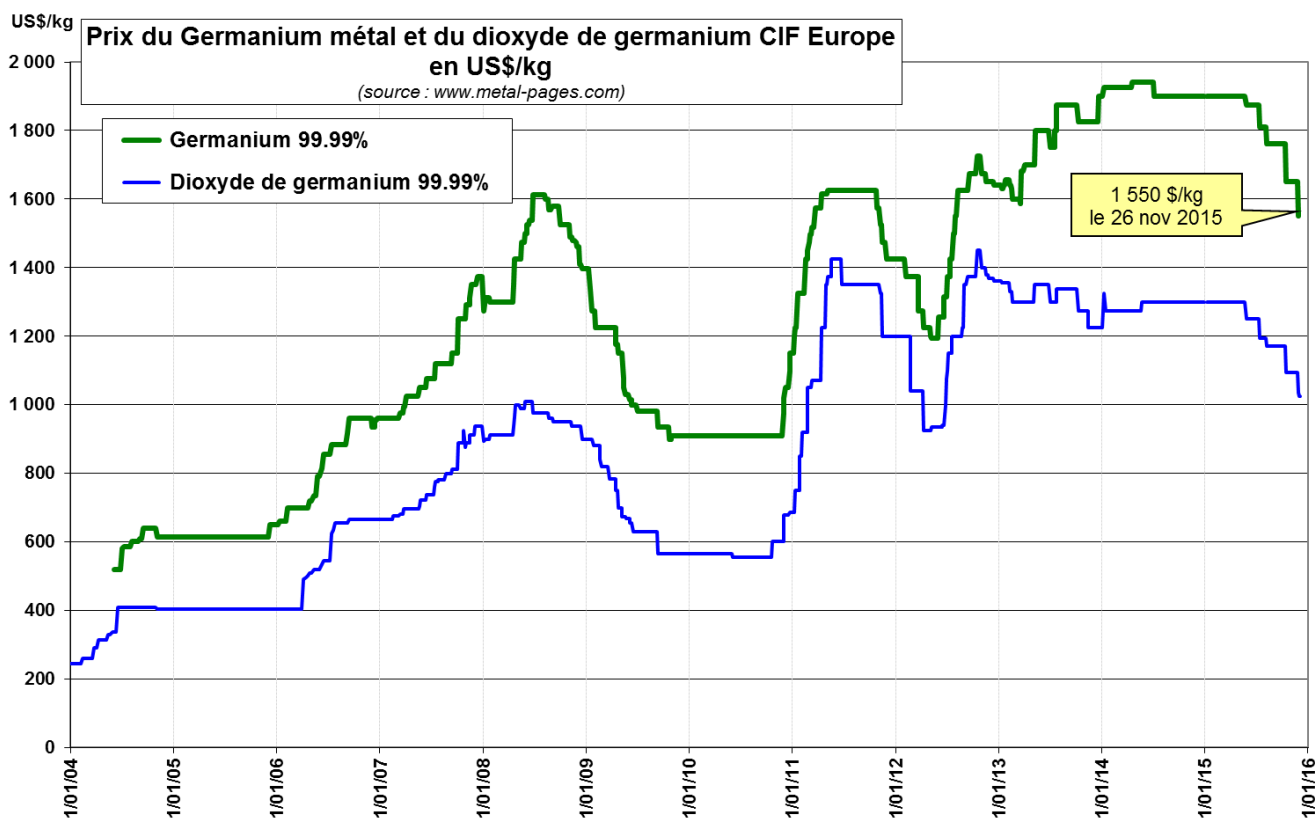
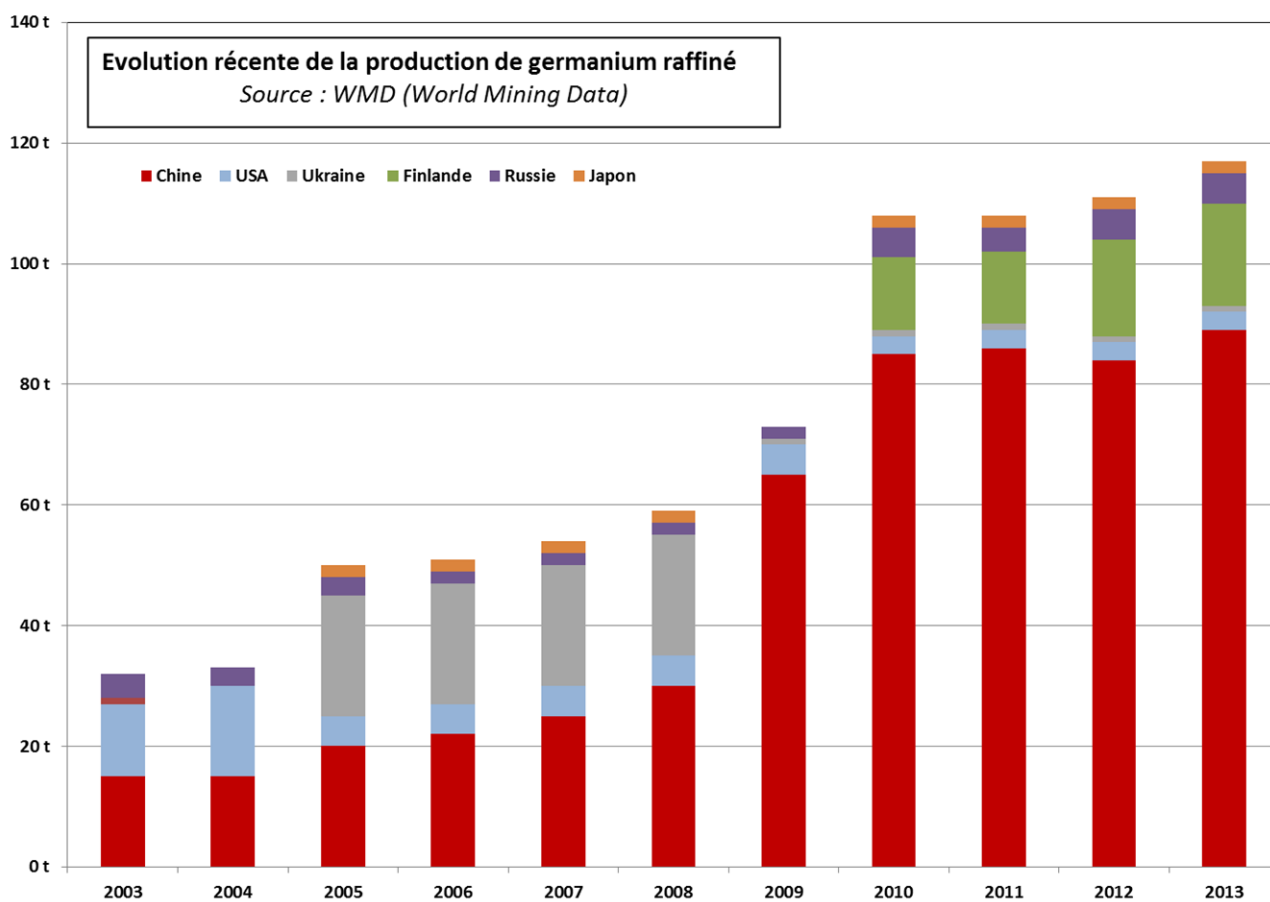
Source : WMD 2015



Ressources et réserves de germanium :

Pas de données disponibles

## EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



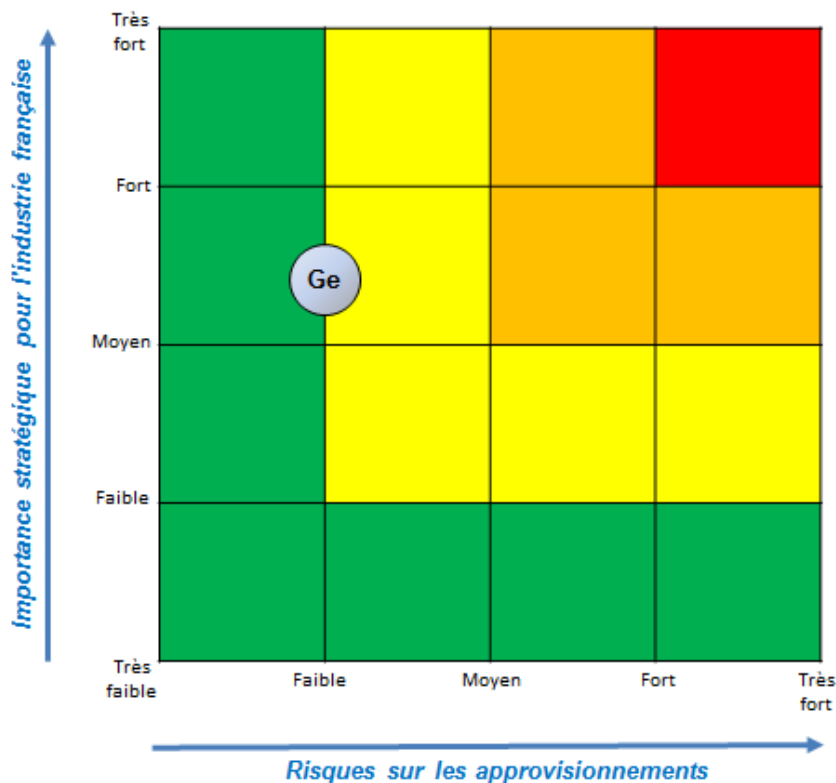
## COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

### Statistiques françaises d'import-export de germanium et de nomenclatures identifiées comme contenant du germanium

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

	2012			2013			2014			Evolution 2013-2014		Principaux partenaires en 2014 (% des masses)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
<b>Germanium sous forme brute; poudres de germanium (81129295)</b>												
Exportations	90 k€	103 kg	874 €/kg	93 k€	45 kg	2 067 €/kg	42 k€	34 kg	1 235 €/kg	-54,8%	-24,4%	Espagne (77%), Etats-Unis (15%)
Importations	1 469 k€	670 kg	2 193 €/kg	668 k€	663 kg	1 008 €/kg	1 532 k€	497 kg	3 082 €/kg	129,3%	-25,0%	Belgique (71%), Allemagne (17%)
Solde	-1 379 k€	-567 kg		-575 k€	-618 kg		-1 490 k€	-463 kg		159,1%	-25,1%	
<b>Autres nomenclatures contenant du germanium (proportions inconnues par rapport aux autres substances)</b>												
<b>Ouvrages en hafnium et germanium, n.d.a. (81129920)</b>												
Exportations	958 k€	1 892 kg	506 €/kg	1 592 k€	3 438 kg	463 €/kg	841 k€	1 176 kg	715 €/kg	-47,2%	-65,8%	Chine (37%), Italie (32%)
Importations	895 k€	603 kg	1 484 €/kg	1 915 k€	1 306 kg	1 466 €/kg	1 381 k€	2 020 kg	684 €/kg	-27,9%	54,7%	Etats-Unis (52%), Autriche (23%)
Solde	63 k€	1 289 kg		-323 k€	2 132 kg		-540 k€	-844 kg				
<b>Oxydes de germanium et dioxyde de zirconium (28256000)</b>												
Exportations	24 187 k€	2 878 t	8 €/kg	24 723 k€	3 508 t	7 €/kg	20 880 k€	2 819 t	7 €/kg	-15,5%	-19,6%	Etats-Unis (39%), Espagne(28%)
Importations	19 139 k€	2 597 t	7 €/kg	16 399 k€	3 050 t	5 €/kg	14 973 k€	3 612 t	4 €/kg	-8,7%	18,4%	Chine (67%), Australie (18%)
Solde	5 048 k€	281 t		8 324 k€	458 t		5 907 k€	-793 t				
<b>Déchets et débris de germanium, niobium, rhénium, gallium, indium et vanadium (à l'excl. des cendres)(81129221)</b>												
Exportations	1 k€	1 kg	1 000 €/kg	10 k€	54 kg	185 €/kg	99 k€	3 564 kg	28 €/kg	890%	6500%	Royaume-Uni (93%)
Importations	27 k€	21 kg	1 286 €/kg	65 k€	145 kg	448 €/kg	77 k€	299 kg	258 €/kg	18,5%	106,2%	Royaume-Uni (79%), Belgique (14%)
Solde	-26 k€	-20 kg		-55 k€	-91 kg		22 k€	3 265 kg				

## CRITICITE DU GERMANIUM



## LE GERMANIUM, PROPRIETES

### Quelques propriétés du germanium

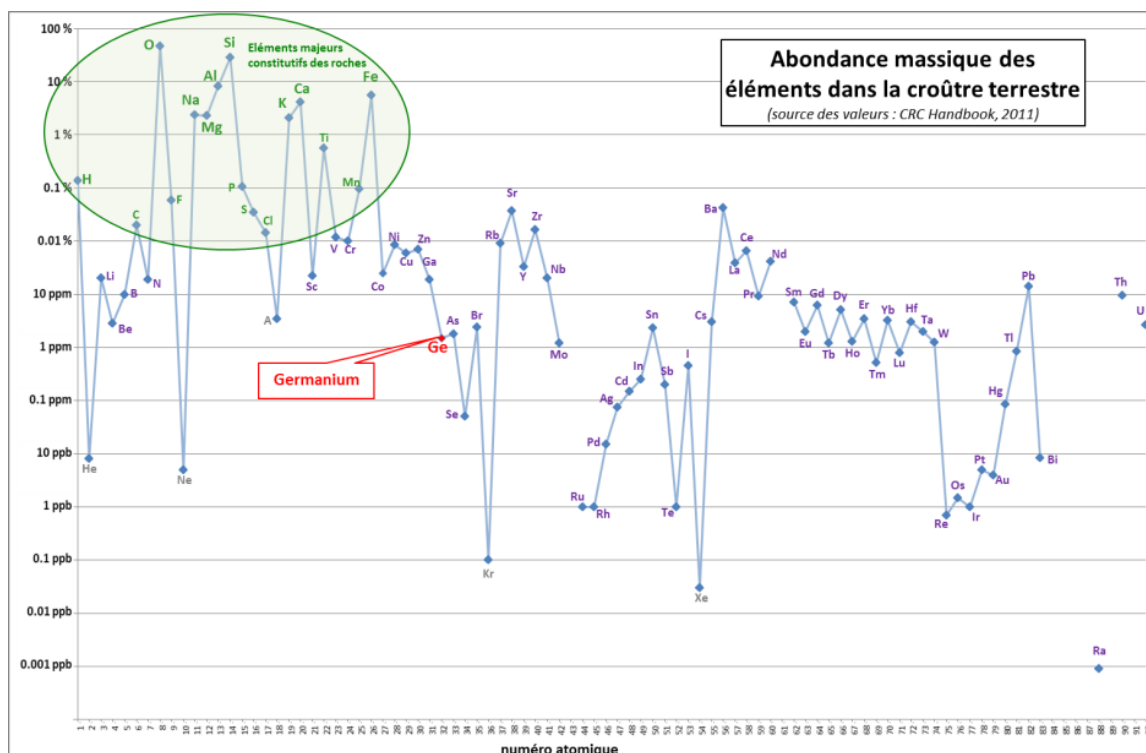
Numéro atomique : 32  
 Masse atomique : 72,6  
 Température de fusion : 938°C  
 Température d'ébullition : 2833 °C  
 Densité : 5,32  
 Dureté Mohs : 6,25  
 Abondance naturelle : 1,5 ppm

Le germanium est un semi-métal de couleur gris-clair, peu dense, dur et cassant. Ces propriétés de semi-conducteur (fortes variations de conductivité électrique en fonction du potentiel électrique) sont utilisées en électronique depuis 1948 (effet transistor).

Le germanium est transparent dans le domaine de l'infrarouge et possède un indice de réfraction élevé, propriétés recherchées dans les appareillages de vision nocturne et dans son emploi comme dopant de la silice dans le cœur des fibres optiques.

**Position du germanium (Ge) dans le tableau périodique des éléments**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71 Lanthanides	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103 Actinides															
Lanthanides :		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
Actinides :		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



## 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.