

L'hafnium (Hf) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (moyenne 2010-2014)	- Superalliages pour l'aéronautique : 45% - Chimie : 13% - Optique : 11% - Electronique : 5% - Autres : torches à plasma, nucléaire, carbures etc. : 26%	CE 2017 MMTA Société Chimique de France
1.2 - Principaux usages en Europe (moyenne 2010-2014)	Cf. répartition mondiale	CE 2017
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	Superalliages : stabilisateur haute température pour l'aéronautique	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Nucléaire : barres de contrôle (écran à neutrons), notamment dans les sous-marins	
1.5 - Consommation	Environ 70 t (estimation moyenne annuelle depuis 2010)	MMTA
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Les perspectives de croissance du secteur aéronautique (+5% / an et doublement du trafic aérien d'ici 15 ans) ainsi que le développement du parc nucléaire mondial (57 réacteurs en construction et 158 projets de construction) devraient tirer la demande en hafnium vers le haut.	
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	Naturellement présent dans les minéraux de zirconium (zircon et baddeleyite) avec un ratio d'une part d'Hf pour 50 parts de Zr. Il est récupéré à partir des résidus de la purification du tétrachlorure de zirconium, lui-même un dérivé de la fabrication du zirconium métal.	
2.3 - Production minière mondiale	Il n'y a pas de mines d'hafnium à proprement parlé, la production primaire est métallurgique, à partir de résidus obtenus lors de la purification du zirconium métal (cf. 2.2). A titre informatif, la production minière de <u>minéraux de zirconium</u> a été de 1,38 Mt en 2016.	
2.4 - Principaux pays producteurs miniers	A titre indicatif (cf. 2.3), les principaux pays producteurs de <u>minéraux de zirconium</u> en 2016 sont : Australie 40%, Afrique du Sud 27%, Chine 7%, Mozambique 5% et Sénégal 4%.	WMD, 2018
2.5 - Concentration géographique de la production minière	A titre indicatif (cf. 2.3), la production minière de <u>minéraux de zirconium</u> est modérément concentrée (IHH de 0,25 en 2016)	
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production primaire mondiale	A titre indicatif (cf. 2.3), la concentration de la production primaire de <u>zircon</u> a diminué (IHH de 0,28 en 2006). En 2006, seulement 9 pays exploitaient du zircon, contre 19 en 2016.	
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire	70-80 t (estimation moyenne annuelle depuis 2010). <i>NB : la production d'hafnium métal est quasi-fatale puisqu'il est nécessaire de déshafnier le zirconium utilisé comme gaine pour les combustibles nucléaires.</i>	MMTA CE 2017
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire	Très faible (cf. 4.1 et 4.2)	
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques	Principaux pays producteurs d'éponges d'hafnium métal : France 43%, Etats-Unis 41% ; Chine 8%, Ukraine 8% <i>NB : la Russie pourrait également produire de l'hafnium</i>	CE 2017
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Concentration modérée à forte (IHH de 0,37)	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production minière sur 30 ans (1986-2016)	n.d.	
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2006-2016)	n.d.	
2.13 - Réserves connues en 2017	Il n'existe pas de calcul normalisé des ressources et réserves en hafnium. Sur la base de l'estimation USGS des réserves de zirconium (74,4 Mt ZrO ₂ soit 55 Mt Zr) et du ratio moyen Zr:Hf = 50:1, on peut estimer l'ordre de grandeur des "réserves" de Hf à 1,1 Mt .	USGS 2018
2.14 - Evolution des réserves	Les réserves évaluées en 2.13 équivalent à plus de 15 000 ans de la consommation actuelle.	USGS
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves en 2017	Pays détenteurs de réserves en zirconium en 2017 : Australie 63% ; Afrique du Sud 19% ; Inde 4% ; Mozambique 2% ; Chine 1% ; Etats-Unis 1%	USGS 2018
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration élevée (IHH : 0,45) <i>(sur la base des pays détenteurs de réserves en Zr en 2017 (cf. 2.15))</i>	
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	Les réserves et ressources en minéraux contenant du zirconium, et donc de l'hafnium, sont conséquentes et devraient faire face à une hausse de la demande portée en grande partie par l'aéronautique. Tout risque de tension pourrait provenir de la dépendance à 100% de celle du zirconium métal pour l'industrie nucléaire. Cependant, le secteur du nucléaire devrait croître durant les prochaines années.	

		Sources
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	- Alliages et superalliages : magnésium, niobium, tantale, cobalt, chrome etc. - Nucléaire : composé argent-cadmium-indium Compte tenu de leurs propriétés chimiques très proches, l'hafnium peut être remplacé par du zirconium pour une partie de ses applications, excepté pour le nucléaire.	CE 2017 USGS
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	Du fait des très faibles quantités utilisées, le recyclage de l'hafnium est quasiment inexistant et ne concerne que les chutes de fabrication ("new scrap"). Graedel (2011) estimait le taux de recyclage en fin de vie ("End-of-life recycling rate") <1%	UNEP 2011
4.2 - Contenu en matériaux recyclés	Très faible	
5 - PRIX		
5.1 - Etablissement des prix	Pas de cotation publique sur les marchés boursiers. Prix établis par négociations directes de contrats entre producteurs primaires et transformateurs ou utilisateurs. Fourchettes de prix spot publiées quotidiennement par Argus Media	
5.2 - Prix moyen en 2018 (janvier à mai 2018)	Hafnium métal min. 99%, max. 1% Zr, Rotterdam : 887 US\$/kg	Argus Media
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur 1 an (juin 2017 - mai 2018)	Hafnium métal min. 99%, max. 1% Zr, Rotterdam : +/- 2,5%	Argus Media
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (moyenne juin 2017-mai 2018/moyenne juin 2016-mai 2017)	Hafnium métal min. 99%, max. 1% Zr, Rotterdam : - 9%	Argus Media
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003	n.d.	
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production annuelle	Marché du Hf métal : 62 MUS\$ (70 t (prod. primaire) x 887 000 \$/t (prix moyen janv.-mai 2018))	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Il n'existe pas de nomenclatures spécifiques à l'hafnium : - Hf, Nb, Re, Ga, In, V et Ge sous forme brute, de poudres, de débris et déchets : taxe à l'exportation pour l'Argentine (5%), la Chine (2%), l'Inde (20%), le Maroc (7,5%), la Russie (3,25%), le Vietnam (22% sur les débris et déchets, 5% sur les autres produits) et la Zambie (25%) ; quota d'exportation pour la Chine (231 t) - Articles en Hf, Nb, Re, Ga, In, V et Ge : quota d'exportation pour la Chine (231 t) ; licence d'exportation pour la Chine et l'Afrique du Sud	OCDE 2014
6.2 - Réglementation REACH	5 composés contenant ou susceptibles de contenir de l'hafnium sont enregistrés dans REACH (au 13/06/18), dont certains présentent un danger comme le tétrachlorure d'hafnium.	Règlement (CE) No 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2017	0	
7.2 - Production minière française historique	0	
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2017	0	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Aucun indice géologique porteur d'hafnium répertorié à ce jour. Quelques gîtes contenant du zirconium pourraient comporter de l'hafnium en traces. Les principales ressources connues en Zr sont associées aux minéraux de titane dans les grès armoricains : - Teillay 2 (35) : 220 kt ZrO ₂ ; - La Glacerie (50) : 100 kt ZrO ₂ ; - Saint-Pierre-du-Bû (61) : non déterminées ; Ces ressources sont modestes et sont difficiles à traiter (finesse du grain, recristallisations).	BRGM
7.5 - Production métallurgique française	Environ 35 t (estimation basée sur les chiffres disponibles depuis 2010 recoupés avec ceux du commerce extérieur, cf. 9.1)	MMTA, CE 2017 Le Kiosque de Bercy
8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE		
8.1 - Entreprises minières françaises	- Tizir (www.tizir.co.uk), détenue par Eramet (50%) et Mineral Deposits (50%), exploite depuis 2014 des sables à minéraux lourds dont du zircon haute qualité sur le site de Grande Côte au Sénégal. Ce zircon haute qualité est susceptible d'être utilisé dans la fabrication du zirconium métal, donc potentiellement dans celle de l'hafnium.	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	- Framatome (18 sites en France, www.framatome.com), filiale d'EDF (depuis le 01/01/18, auparavant filiale d'Areva), obtient du tétrachlorure d'hafnium lors de la fabrication de zirconium nucléaire sur le site de Jarrie (38). Ce composé est ensuite utilisé pour produire des cristaux d'hafnium électrolytiques eux-même raffinés en hafnium ultra pur pour l'industrie aéronautique notamment.	Framatome (www.framatome.com)
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	cf. 8.2	
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Industries liées au secteur du nucléaire (EDF), de la machinerie, de la chimie, de l'aéronautique, de l'électronique, de l'optique et des superalliages; etc.	

		Sources
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français	Excédent commercial de 17 M€ et 25 t en 2017 pour l'hafnium sous forme brute, de poudres, déchets, débris. Quant aux ouvrages en hafnium, ils sont réunis dans une même nomenclature avec les ouvrages en germanium (déficit de 53 k€ en valeur et de moins de 0,5 t en quantité). Il est impossible de tirer des conclusions sur les échanges concernant les ouvrages en hafnium.	<i>Le Kiosque de Bercy</i>
9.2 - Consommation française apparente en 2017 (production + imports - exports)	Consommation apparente de 10 t d'hafnium en 2017. Compte tenu des grosses incertitudes sur les données du marché de l'hafnium, il convient de prendre ce chiffre de manière indicative uniquement.	
9.3 - Recyclage en France	Aucun circuit de recyclage n'est identifié spécifique à l'hafnium en France. Il est cependant très probable que la société Framatome récupère les chutes de production ("new scrap") des éponges d'hafnium et les réutilise en cycle court.	
10 - DIVERS		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Non	
10.2 - Remarques spécifiques	Pour un complément d'information, voir la fiche de criticité du zirconium	http://www.mineralinfo.fr/pa/ge/fiches-criticite

Acronymes : CE : Commission Européenne ; ECHA : European Chemicals Agency ; IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; MMTA : Minor Metals Trade Association ; OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques ; REACH : Registration, Evaluation and Authorization of Chemical ; TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen ; UNEP : Programme des Nations Unies pour l'Environnement ; USGS : United States Geological Survey

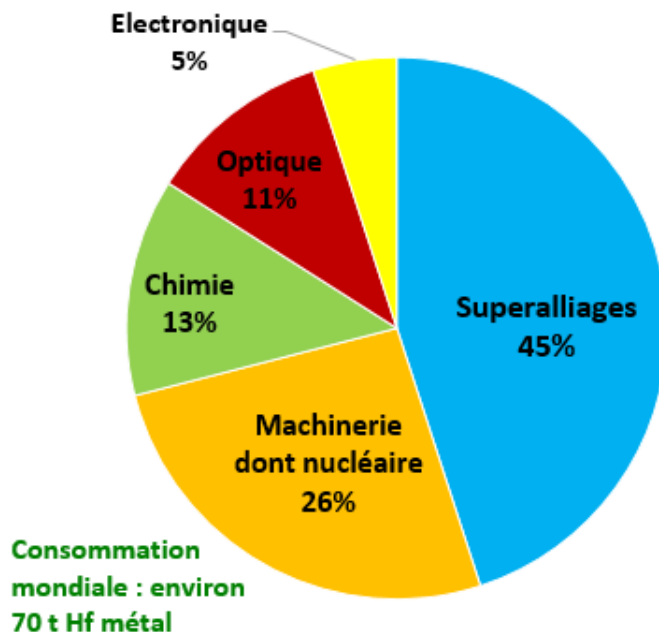
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

L'hafnium en graphiques

USAGES

Répartition des usages de l'hafnium

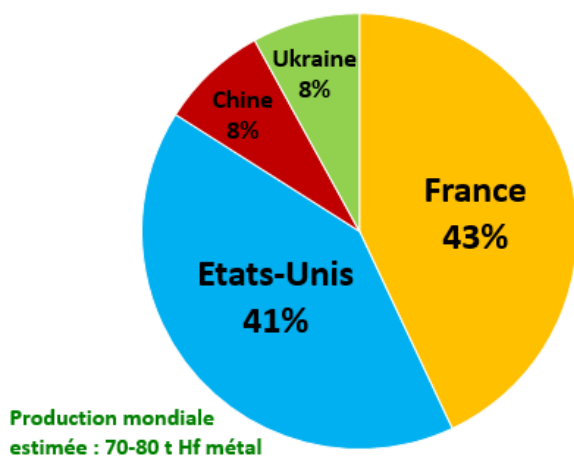
Source : European Commission, 2017



PRODUCTION ET RÉSERVES MONDIALES

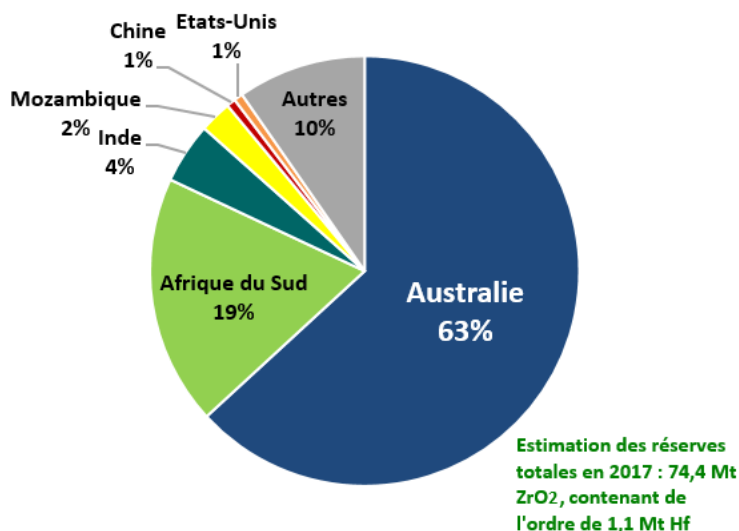
Répartition des producteurs d'éponges d'hafnium

Sources : CE 2017, MMTA

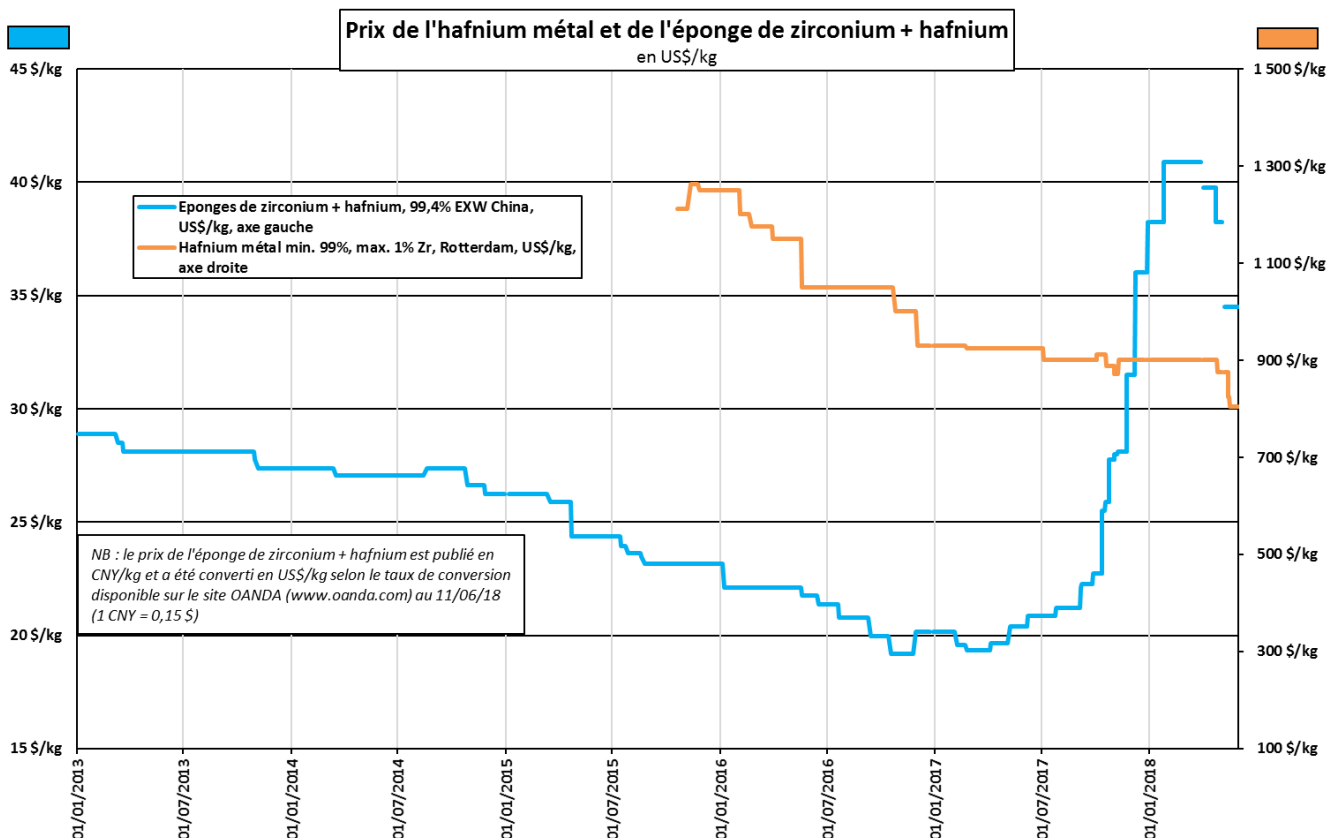


Répartition des réserves mondiales de minéraux de Zr

Source : USGS 2018



ÉVOLUTION DES PRIX



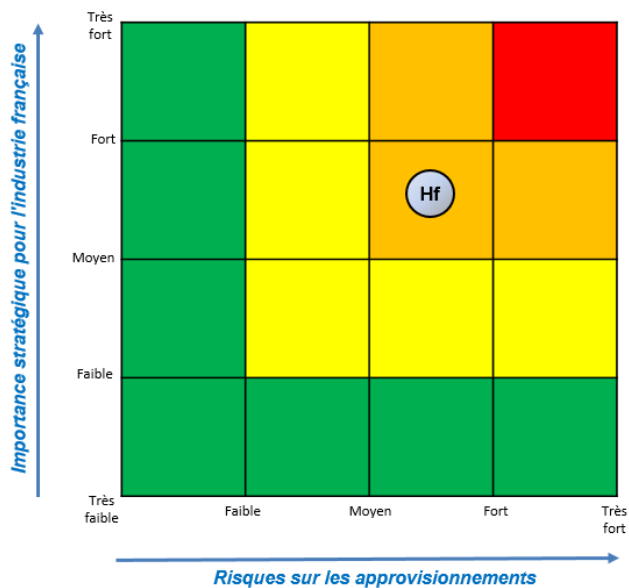
COMMERCE EXTÉRIEUR DE LA FRANCE

Statistiques françaises d'import-export de produits bruts et intermédiaires de zirconium

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

	2016			2017			Evolution 2016-2017		Principaux partenaires en 2017 (% des valeurs)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Hafnium sous forme brute ; poudres d'hafnium ; déchets et débris d'hafnium (81129210)									
Exportations	24 024 k€	42 t	572,0 €/kg	17 177 k€	27 t	636,2 €/kg	-28,5%	-36%	Etats-Unis 58%, Allemagne 28%
Importations	745 k€	10 t	74,5 €/kg	96 k€	2 t	48,0 €/kg	-87%	-80%	Allemagne 37%, Roy.-Uni 23%, Etats-Unis 15 %, Belgique 15%, Chine 10%
Solde	23 279 k€	32 t		17 081 k€	25 t				
Ouvrages en hafnium et germanium, n.d.a (81129920)									
Exportations	911 k€	1 t	911,0 €/kg	719 k€	0 t		-21,1%	-100,0%	Italie 50%, Tchéquie 41%
Importations	1 067 k€	1 t	1067,0 €/kg	772 k€	0 t		-27,6%	-100,0%	Etats-Unis 42%, Allemagne 26%
Solde	-156 k€	0 t		-53 k€	0 t				
Cumul produits à base d'hafnium (minerais, concentrés, poudres, forme brute, ouvrages, déchets et débris)									
Exportations	24 024 k€	42 t		17 177 k€	27 t		-28,5%	-35,7%	
Importations	1 812 k€	11 t		868 k€	2 t		-52,1%	-81,8%	
Solde	22 212 k€	31 t		16 309 k€	25 t				

CRITICITÉ DE L'HAFNIUM



L'HAFNIUM, PROPRIÉTÉS

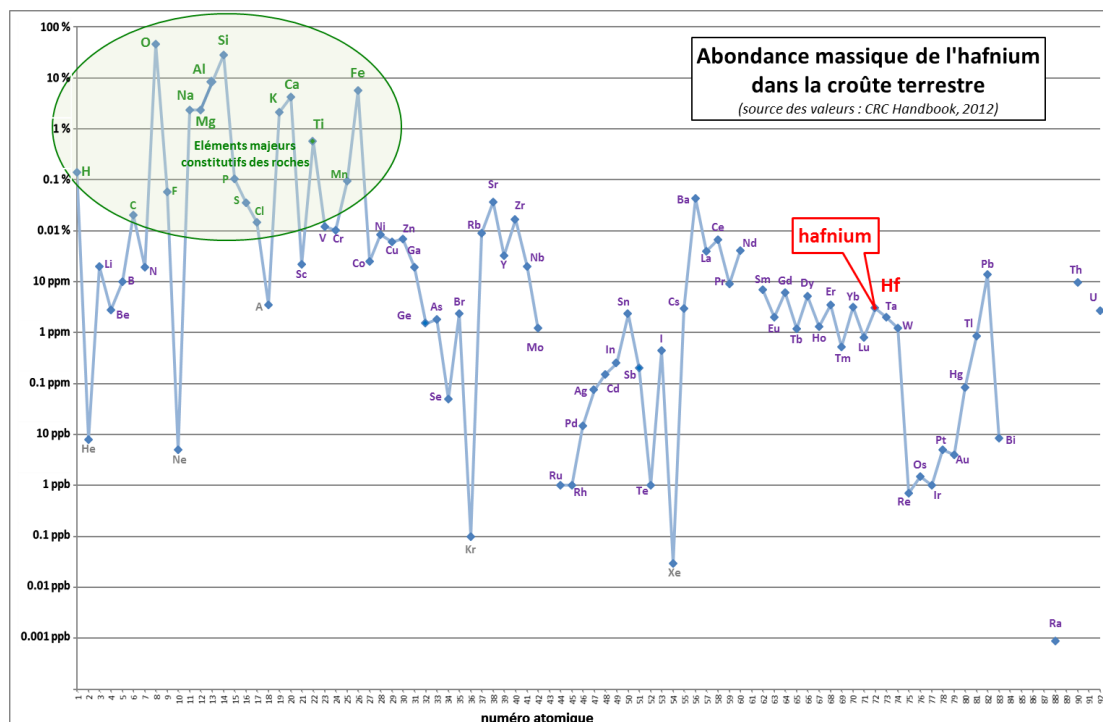
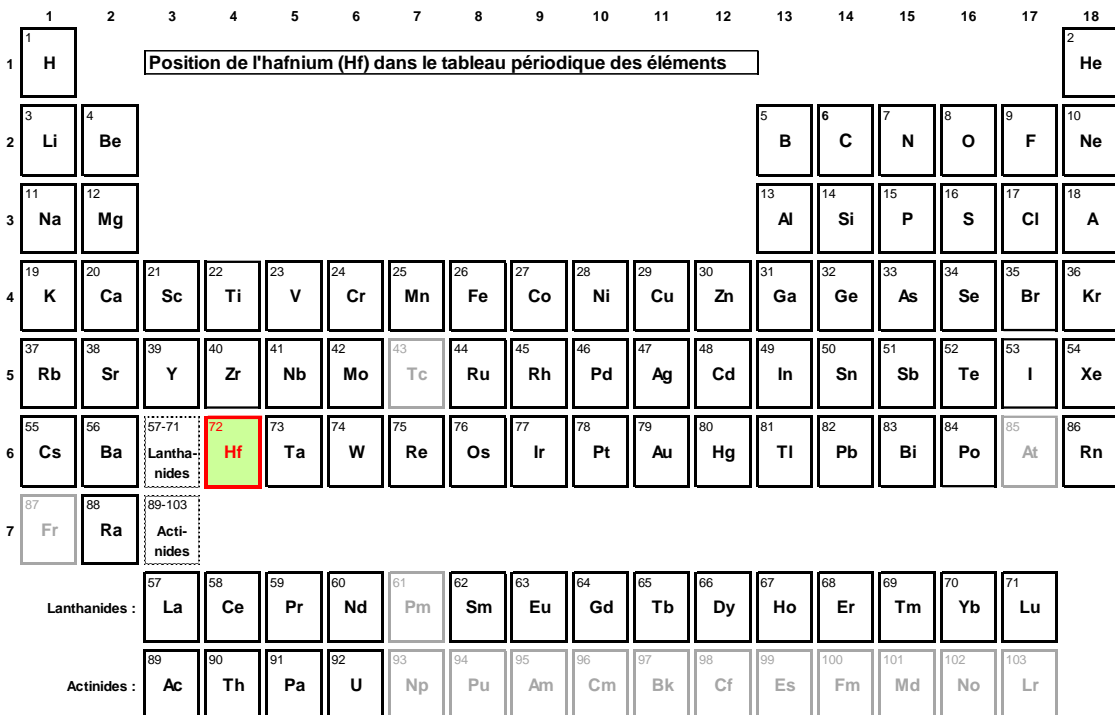
Quelques propriétés de l'hafnium

Numéro atomique : 72
 Masse atomique : 178,5
 Température de fusion : 2 227 °C
 Température d'ébullition : 4 602 °C
 Densité : 13,31
 Dureté Mohs : 5,5
 Abondance naturelle : 3 ppm

L'hafnium est un métal de transition ductile, brillant et argenté situé sur la même colonne que le zirconium et le titane. Il se trouve naturellement dans les minéraux de zirconium et la similitude de leurs propriétés chimiques fait que ces deux éléments sont extrêmement difficiles à séparer.

Il est utilisé principalement dans des superalliages pour l'industrie aéronautique et sous forme d'anode dans les torches à plasma.

A l'inverse du zirconium qui est transparent aux neutrons, l'hafnium est un excellent absorbeur de neutrons, ce qui en fait un métal particulièrement prisé pour les barres de contrôle dans les réacteurs



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.

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), Argus Media, 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.