

# Le scandium (Sc) – éléments de criticité

		Sources
<b>1 - USAGES ET CONSOMMATION</b>		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2016)	- Piles à combustibles à oxydes solides (Solid Oxide Fuel Cells ou SOFC) : 90% - Alliages hautes performances (Al-Sc) : 9% - Autres (lampes à vapeur de mercure, lasers, etc.) : 1%	Lipmann Walton & Co, 2017
1.2 - Principaux usages en Europe	Proportions spécifiques non disponibles (cf. répartition mondiale).	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	Alliages Al-Sc ultra-légers pour l'aéronautique et l'automobile en particulier	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Dans les recherches pour le stockage stationnaire d'énergie, le scandium est utilisé dans les piles à combustibles à oxydes solides de haute température (SOFC) comme stabilisateur de l'électrolyte avec des performances très intéressantes.	AFHYPA, 2017
1.5 - Consommation (2016)	Estimée à environ 15 t	Lipmann Walton & Co, 2017
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Le marché du scandium présente les caractéristiques d'un marché de niche et immature : sa faible disponibilité et son prix élevé sont des freins à l'augmentation de la consommation. Réciproquement, le faible niveau de la demande ne justifie pas l'investissement nécessaire à développer l'offre. Selon certains analystes, le développement massif de sources de production alternatives pourrait doper la consommation mondiale à court terme.	
<b>2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES</b>		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	Le scandium est trop dispersé dans la nature pour former à lui seul des gisements naturels exploitables. Il est récupéré uniquement en sous-produits d'autres substances.	
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit ou co-produit	En 2016, l'essentiel de la production de scandium a été issu des sources secondaires : - solutions d'attaque de minerais de terres rares, d'uranium ou de nickel-cobalt latéritique - résidus solides issus de la métallurgie du tungstène, du titane ou de la bauxite (procédé Bayer).	Lipmann Walton & Co, 2017 Blazy, 2013
2.3 - Production minière mondiale (2016)	Il n'y a pas de mines de scandium, la production primaire est métallurgique, à partir des sources secondaires citées en 2.2.	Lipmann Walton & Co, 2017
2.4 - Principaux pays producteurs miniers en 2016	Cf. 2.3 et 2.9.	Lipmann Walton & Co, 2017
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Cf. 2.3	
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production métallurgique mondiale	Peu de variation (IHH non calculable)	
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire	Il n'y a pas de mines de scandium, la production primaire est métallurgique, à partir des sources secondaires citées en 2.2. La production estimée (sous forme d'oxyde Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) serait d'environ 15 t	Lipmann Walton & Co, 2017
2.8 - Production métallurgique mondiale	Non déterminée	
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques	La production métallurgique primaire est réalisée essentiellement dans les pays d'où sont extraits les minerais ou traités les résidus. A titre indicatif, cette production serait répartie comme suit : Chine 66% ; Russie 33% ; Kazakhstan 1%	Lipmann Walton & Co, 2017
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Concentration relativement forte. IHH de 0,54 en 2016.	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production métallurgique sur 30 ans (1985-2015)	Aucune statistique publiée sur la production historique et actuelle de scandium. A titre indicatif, entre 2000 et 2010 la production mondiale de scandium était estimée à moins de 2 t, contre 15 t en 2016.	Lipmann Walton & Co, 2017 BRGM
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production métallurgique sur 10 ans (2005-2015)	Cf. 2.11	
2.13 - Réserves connues en 2017	Aucune estimation des réserves mondiales n'est disponible. Des estimations de ressources conformes aux normes internationales (CRIRSCO) sont publiées par certains projets en cours d'exploration. Ils sont situés essentiellement en Australie (5) Canada (1) et USA (1). La somme de ces ressources en 2016 en Sc contenu est de 74 kt, correspondant à 5 000 ans de production au niveau de 2016	SNL, 2017
2.14 - Evolution des réserves	Non disponible	
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves en 2017	Non disponible. Une distinction des ressources en terre et des stocks secondaires serait nécessaire pour une identification exacte de ces réserves.	
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Non disponible	
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	La récupération sélective du scandium étant difficile, seule l'amélioration des techniques séparatives permettra de produire économiquement les quantités nécessaires aux nouveaux usages en métallurgie. Les deux principales pistes étudiées actuellement sont le traitement des boues rouges résiduelles issues du raffinage de l'alumine et celui des latérites nickelifères, toutes deux encore au stade de développement.	

		Sources
<b>3 - SUBSTITUABILITE</b>		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	- Dans les alliages, nombre de matériaux permettent d'obtenir des performances similaires : alliages Li-Al, titane, fibres de carbones, etc. - Pour les piles à combustibles SOFC, l'yttrium a le même rôle stabilisateur de l'électrolyte de zirconium. Le choix se fait sur des critères de prix et disponibilité.	Duyvesteyn, 2014
<b>4 - RECYCLAGE</b>		
4.1 - Taux de recyclage	Aucun procédé de recyclage n'est étudié pour le scandium à l'heure actuelle en raison de la faible taille du marché et les quantités infimes utilisées dans les applications. Les chutes de fabrication (new scrap) peuvent néanmoins être réutilisées lors de la fabrication de nouveaux alliages.	UNEP, 2011 Ademe, 2017
<b>5 - PRIX</b>		
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.	
5.2 - Prix à la vente en 2017	- Oxyde de scandium, 99,99% lot de 5 kg : 1 350 US\$/kg - Scandium métal, 99,99%, lot de 1 kg : 5 420 US\$/kg - Alliage Sc-Al, lot 1 tonne (2% Sc) : 74 US\$/kg soit 3 700 US\$/kg Sc contenu	Stanford Materials, nov 2017
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur 1 an	Non disponible	
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (décembre 2016/décembre 2015)	Non disponible	
5.5 - Evolution du prix depuis 2002	Non disponible	
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production métallurgique annuelle	<b>21 M US\$</b> (15 t (production estimée en 2016) x 1,4 MU\$/t (Sc2O3, 99,99%) en 2017	
<b>6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS</b>		
6.1 - Restrictions au commerce international	Jusqu'à 2015, les quotas d'exportation de la Chine sur les terres rares comprenaient le scandium (inclus dans la même nomenclature douanière). Depuis leur suppression, aucune restriction ne semble s'appliquer au scandium à l'échelle internationale.	OCDE, 2016
6.2 - Réglementation REACH	Aucun composé de scandium ne fait partie de la liste des substances extrêmement préoccupante concernée par une autorisation REACH. La contrainte environnementale majeure du Sc est la radioactivité due à l'uranium et au thorium qui suivent le scandium dans certains procédés d'extraction par hydro-métallurgie.	ECHA, 2017 Blazy, 2013
<b>7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES</b>		
7.1 - Production minière française 2016	0	
7.2 - Production minière française historique	0	
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2016	0%	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	- Aucune ressource en scandium n'a été évaluée en France métropolitaine. - En Nouvelle-Calédonie, certaines teneurs élevées de scandium dans les latérites nickelifères ont été identifiées et donnent lieu à des recherches d'ordre scientifique. - Dans le massif Armoricaïn, une forme rare de phosphate de scandium présentant un intérêt scientifique a été identifiée, en association avec du zircon et du xénotime-(Y) scandifères dans un minerai de fer oolithique ordovicien riche en apatite, la prétéulite (cf. Moëlo et al., 2002).	BRGM Moëlo et al., 2002, The Canadian Mineralogist, vol 40, pp. 1657-1673)
7.5 - Production métallurgique française	0	
<b>8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE</b>		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	Aucune identifiée	
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	Seules quelques sociétés françaises sont susceptibles de transformer ou d'utiliser du scandium pour des applications très spécifiques, comme des équipements de sports de haute qualité (golf, cyclisme), des céramiques ou verres de très hautes qualités ou des activités de R&D (Airbus, C.E.A, 3M)	Sites des sociétés
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Aucune industrie n'est à ce jour dépendante de scandium. Les recherches pour développer de nouvelles applications utilisant cet élément sont orientées vers l'amélioration de propriétés existantes dans quelques secteurs, en particulier l'aéronautique et l'automobile (allègement et résistance des appareils), et le stockage d'énergie (performances des piles à combustibles à oxydes solides).	
<b>9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE</b>		
9.1 - Commerce extérieur français	La nomenclature douanière fusionne les données d'importation et d'exportation du scandium avec celles des terres rares. Les tonnages fusionnés ne permettent pas d'estimer les tonnages de scandium échangés par rapport au total, ni leur valeur.	Le Kiosque de Bercy
9.2 - Consommation française apparente en 2015 (production + imports - exports)	Non disponible	
9.3 - Recyclage en France	Pas de recyclage en France (cf. 4.1)	Ademe, 2017
<b>10 - DIVERS</b>		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Non	
10.2 - Remarques spécifiques		

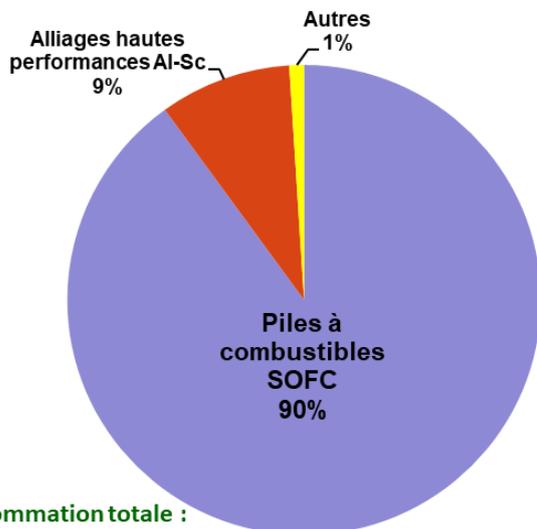
Acronymes : AFHYPAC : Association Française pour l'Hydrogène et les Piles à Combustibles ; CE : Commission Européenne ; ECHA : European Chemicals Agency ; IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques ; REACH : Registration, Evaluation and Authorization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

# Le scandium en graphiques

## USAGES

Répartition des usages du scandium en 2016

Source : Lipmann Walton & Co, 2017

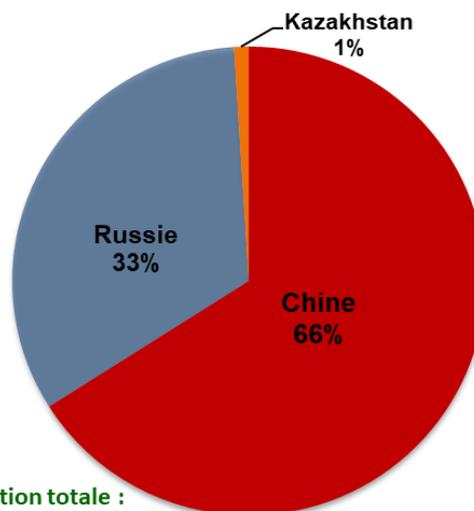


Consommation totale :  
10 à 15 t  $Sc_2O_3$

## PRODUCTION

Répartition de la production métallurgique de scandium en 2016

Source : Lipmann Walton & Co, 2017

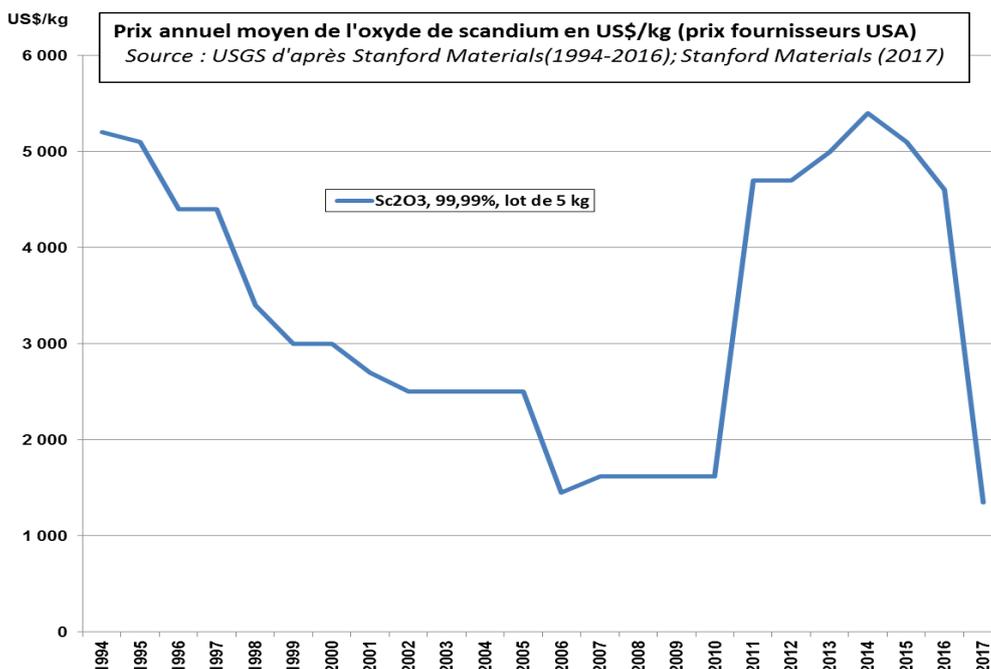


Production totale :  
10 à 15 t  $Sc_2O_3$

## RESERVES

- **Réserves mondiales** : Non mesurées.
- **Ressources mondiales** : Disponibles pour certains projets d'exploration uniquement. Total des ressources publiées de l'ordre de 74 kt Sc contenu.

## PRIX



## COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

NB - Il n'existe pas de données publiques spécifiques sur le commerce extérieur du scandium de la France. En effet, la nomenclature douanière actuelle fusionne les données d'importation et d'exportation du scandium avec celles des terres rares et de l'yttrium. Le marché global du Sc étant de l'ordre de 0,01% de celui des TR en masse (15 t annuelles pour Sc vs environ 150 kt annuelles pour les TR), les tonnages fusionnés ne permettent pas d'estimer les tonnages de scandium échangés ni leur valeur. Les échanges combinés sont néanmoins présentés ci-dessous à titre indicatif, mais sans interprétation possible pour le commerce du scandium (quelques dizaines de kg tout au plus).

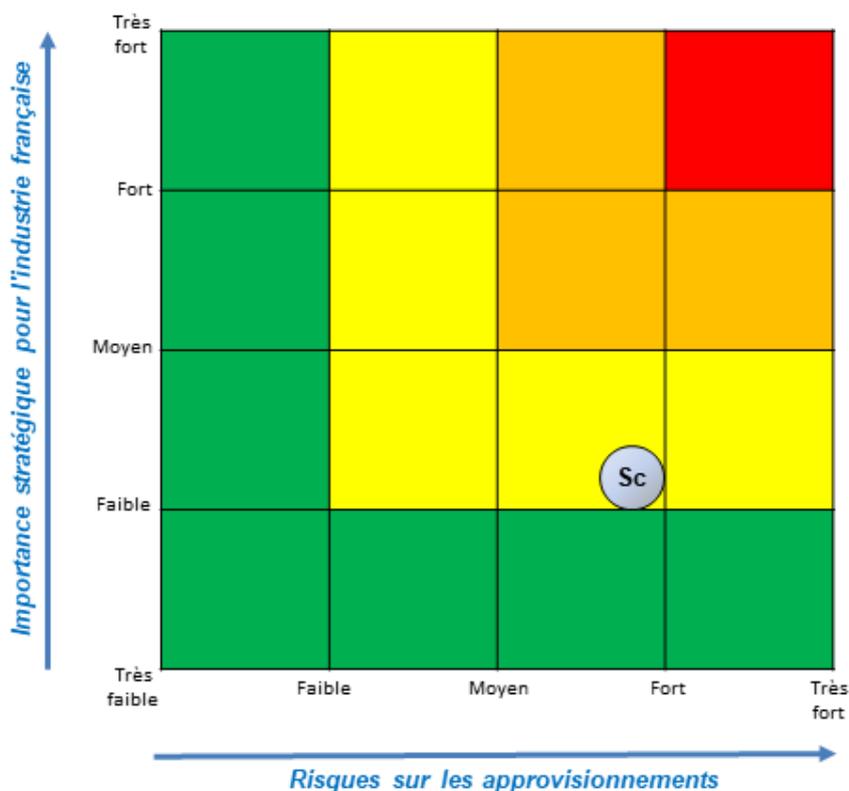
### Statistiques françaises d'import-export de nomenclatures identifiées comme contenant du scandium

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

	2015			2016			Evolution 2015-2016		Principaux partenaires en 2016 (% des tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
<b>Métaux de terres rares, scandium et yttrium, mélangés ou alliés entre eux (28053010)</b>									
Exportations	285 k€	17 t	16.8 k€/t	142 k€	14 t	10.1 k€/t	-50.2%	-18%	Allemagne 57%
Importations	831 k€	147 t	5.7 k€/t	676 k€	161 t	4.2 k€/t	-19%	10%	Chine 96%
Solde	-546 k€	-130 t		-534 k€	-147 t				
<b>Métaux de terres rares, scandium et yttrium d'une pureté inférieure à 95 % en poids (28053080)</b>									
Exportations	0 k€*	0 t*		6 k€	0 t*				Etats-Unis, Europe (% non disponibles)
Importations	0 k€*	0 t*		38 k€	3 t				Etats-Unis, Europe (% non disponibles)
Solde	0 k€*	0 t*		-32 k€	-3 t				
<b>Composés, inorganiques ou organiques, de mélanges de métaux de terres rares, de scandium et d'yttrium (28469090)</b>									
Exportations	0 k€*	0 t*		3 013 k€	544 t	5.5 k€/t			Etats-Unis 78% Chine 12%
Importations	0 k€*	0 t*		2 132 k€	126 t	16.9 k€/t			Etats-Unis 64% Chine 14%
Solde	0 k€*	0 t*		881 k€	418 t				

\* Le Kiosque arrondit les masses à la tonne et au millier d'euros. "0 t" signifie que les masses exportées sont inférieures à 500 kg. De même, "0 k€" signifie que la valeur est inférieure à 1 000 €. De plus, deux des codes douaniers ci-dessus, créés en 2016, reprennent des valeurs fusionnées dans un seul code auparavant, pouvant expliquer certains écarts de valeurs.

## CRITICITE DU SCANDIUM



# LE SCANDIUM, PROPRIETES

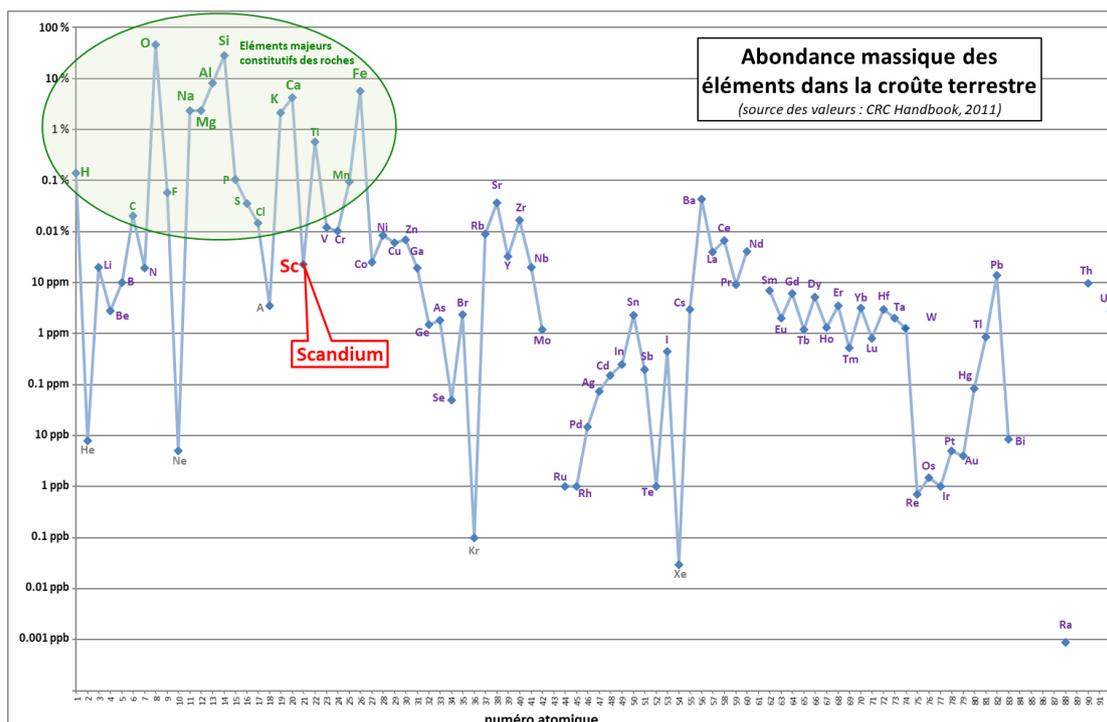
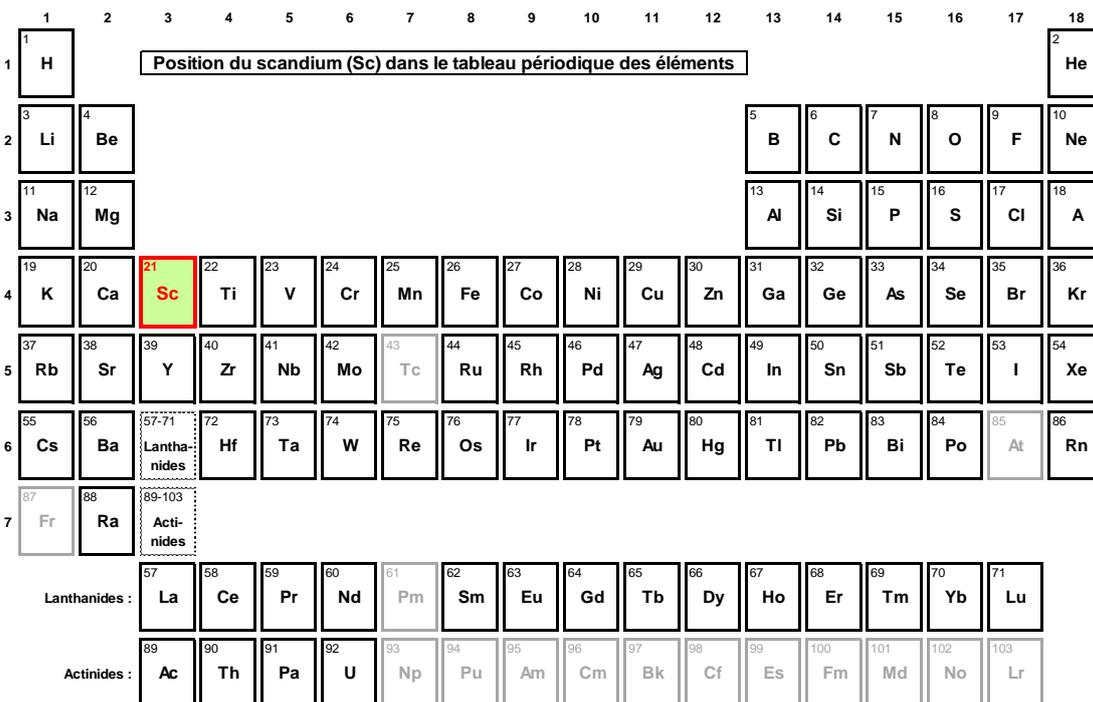
## Quelques propriétés du scandium

Numéro atomique : 21  
 Masse atomique : 44, 956  
 Température de fusion : 1 541 °C  
 Température d'ébullition : 2 836 °C  
 Densité : 2,99  
 Dureté Mohs : N.A.  
 Abondance naturelle : 22 ppm

Le scandium est un métal de transition gris-argenté, peu dense et de faible rayon ionique. Son alliage avec l'aluminium est un matériau léger et résistant. Il présente des avantages intéressants pour la fabrication des piles à combustibles à oxydes solides (SOFC).

Seule l'amélioration des techniques séparatives permettrait de développer l'offre mondiale et diminuer son prix.

Le scandium n'a pas de rôle biologique connu.



## 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.

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.