

Le vanadium (V) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2017)	- Aciers : 91% dont : Aciers à haute limite d'élasticité (HSLA) : 45% Aciers alliés 32% Aciers au carbone 14% - Alliages non-ferreux (titane, aluminium) : 4% - Industrie chimique : 3% - Batteries à flux redox : 2%	Core Consultants 2018
1.2 - Principaux usages en Europe	Proportions spécifiques non disponibles (Cf. répartition mondiale 1.1)	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	- Alliages titane-aluminium (TA6V) en aéronautique - Aimants supraconducteurs (exemple : utilisés pour l'imagerie IRM)	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Stockage stationnaire sous forme de batteries à flux redox	
1.5 - Consommation	Consommation mondiale estimée à 89 kt en 2017	Vanitec 2018
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Les perspectives de croissance de la consommation mondiale sont évaluées à 3%/an d'ici à 2025. Cette croissance est tirée par deux facteurs en particulier : le secteur de la construction en Chine, marqué par une évolution des normes vers des aciers plus riches en vanadium ; et le développement de batteries à flux redox de grand volume pour le stockage d'énergie, présentant un fort potentiel de développement.	
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	Minerai de fer (magnétite titano-vanadifère ou titanomagnétite vanadifère)	Vanitec 2018
2.3 - Production minière mondiale 2017	Les données consolidées sur la production minière sont rares du fait des différents circuits de production du vanadium, représentés à la fois par le traitement de minerais de magnétites vanadifères (production minière stricto sensu, 18% du total), du traitement de laitiers d'aciérie (70% du total), et de sources secondaires (ex : recyclage de catalyseurs).	Vanitec 2018 www.lelementarium.fr
2.4 - Principaux pays producteurs miniers	Chine, Russie, Afrique du Sud, Brésil (proportions non disponibles)	
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Concentration relativement élevée (IHH non déterminé)	
2.6 – Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	La Chine est devenue le premier producteur mondial, tant minier que métallurgique à partir de 2011 (part >50% du total)	USGS Vanitec
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2017)	79 kt V (N.B : Les données de la production métallurgique sous forme d'oxydes V ₂ O ₅ ou de ferrovanadium sont exprimées en vanadium contenu)	Vanitec TTP Squared Inc.
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire (2016)	Environ 8 kt	Vanitec 2018
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques	Chine 56%, Russie 11%, Afrique du Sud 10%, Brésil 7%	Vanitec 2018
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	En dix ans (2007-2017) le principal producteur métallurgique a changé, passant de l'Afrique du Sud à la Chine. IHH : 0,34 en 2017	
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)	+ 3,2%	
2.13 - Réserves connues en 2018	Réserves 2017 répertoriées par l'USGS : 18,8 Mt V (NB : Cette valeur est indicative. Elle inclut vraisemblablement des ressources géologiques non encore certifiées comme réserves pour certains pays. Elle exclut d'autre part certaines sources additionnelles potentielles (V contenu dans sables bitumineux, bauxite, résidus pétroliers...etc.)	USGS
2.14 - Evolution des réserves 1998-2018 (années de production)	Réserves USGS en 1998 : >285 ans de la production de 1997 Réserves USGS en 2018 : >238 ans de la production de 2017	USGS
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	Chine 48%, Russie 26%, Afrique du Sud 19 %, Australie 7%	USGS
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration modérée des réserves. IHH = 0,33	

		Sources
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	Plusieurs contraintes pèsent sur l'augmentation de la production primaire mondiale. En Chine en particulier, les restrictions d'importations de certains laitiers riches en vanadium devraient amputer la production de 5 kt/an et s'ajoutent aux restrictions environnementales imposées aux principaux producteurs sidérurgiques (Pu Neng, Pangang Group, Hebei Iron & Steel Group). Des augmentations de capacité dans les années à venir sont néanmoins attendues en Chine, mais aussi en Russie (subventions étatiques), au Brésil (montée en puissance de Largo Resources), en Afrique du Sud (Bushveld Minerals), Australie (Cleanteq) ainsi que de sources non-conventionnelles (cendres volantes, sables bitumineux, catalyseurs usés, etc.), assurant le ré-équilibre de l'offre par rapport à une demande en très forte croissance.	
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	- Aciers de type HSLA : Plusieurs métaux d'alliages tels que le manganèse, le molybdène, le niobium - Aciers rapides et superalliages : tungstène, titane ou tantale - Catalyse pour industrie chimique : platine et nickel - Alliages de titane pour l'aérospatiale (TA6V) : aucun substitut n'est actuellement acceptable.	
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	Le vanadium contenu, en faible teneur, dans les aciers n'est pas récupéré. Par contre celui contenu dans les aciers rapides et les superalliages est récupéré et recyclé. Il en est de même pour l'oxyde de vanadium des catalyseurs usés.	UNEP 2011 (Recycling Rates of Metals)
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	Argus Media
5.2 - Prix moyen en 2017 (janv.-déc.2018)	40,5 \$/kg V₂O₅ (98%, livré Europe)	Argus Media
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur les 12 derniers mois (déc.2017-nov.2018)	+/- 32%	Argus Media
5.4 - Evolution du prix sur un an (moyenne nov.2017-déc.2018 / moyenne nov.2016-déc 2017)	+136%	Argus Media
5.5 - Evolution du prix depuis 2006 (moyenne 2018 / moyenne 2006)	+ 136,4%	Argus Media
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production minière annuelle de la substance	3,2 GUS\$ (79 kt (production annuelle la plus récente estimée, 2017) x 40,5 \$/kg (prix moyen 2018))	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Depuis l'été 2017, la Chine a interdit l'importation de 4 catégories de débris de vanadium pour des contraintes environnementales. Pas d'autres barrières douanières majeurs identifiées.	Metal Bulletin 2018 OCDE 2014
6.2 - Réglementation REACH	Seul l'hexaoxide de nickel divanadium (composé de nickel) est concerné par REACH comme cancérigène de catégorie 1A	Règlement (CE) No 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2017	0	
7.2 - Production minière française historique	Aucune répertoriée	
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2017	0	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Aucune évaluation connue. Des anomalies géochimiques en vanadium sont mentionnées dans certaines zones (ex : schistes de Sentein, Ariège) mais n'ont jamais donné lieu à une exploitation	Carly, 1969 BRGM
7.5 - Production métallurgique française	n.d.	

		Sources
8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	Eventuellement quelques entreprises du domaine de la sidérurgie (ex ArcelorMittal)	Sites des sociétés
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France (liste indicative, non exhaustive)	En tant que composant d'alliages, le vanadium peut être utilisé en France par un grand nombre d'acteurs, en particulier : - Aubert&Duval (www.aubertduval.fr), de la branche alliages d'Eramet. Sites de production à Gennevilliers (92), Les Ancizes (63), Issoire (63), Imphy (58), Firminy (42), Pamiers (09) ; - Ugitech (www.ugitech.com), filiale de l'allemand Schmolz und Bickenbach, produisant des inox à Ugine (73) et des barres et fils à Ugine, Imphy (58), Brionne (27) et Bourg-en-Bresse (01) ; - Industeel et plus généralement ArcelorMittal (http://industeel.arcelormittal.com) produisant des inox et des superalliages au nickel au Creusot (71) et à Châteauneuf (42) ; - Erasteel (groupe Eramet, www.erasteel.com), proposant divers aciers rapides, contenant notamment du vanadium. Sites à Commentry (03) et Champagnole (39) ; - Diverses entreprises de distribution de métaux et produits sidérurgiques (ex : KDI , www.kdi.fr , 93 Aubervilliers)	Sites des sociétés
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Tous les utilisateurs d'aciers contenant du vanadium, en particulier pour les aciers rapides et inox (industries mécaniques, construction, automobile, aéronautique, nucléaire, fabricants d'équipements médicaux, quincaillerie, etc.) et certains superalliages (aéronautique, défense, spatial, turbines à gaz)	
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français	-Déficit commercial global de 21 M€ en 2017 pour 1,4 kt sur tous les produits où du vanadium est identifié spécifiquement (ferrovanadium, oxydes, poudres). Remarque : Les nomenclatures "26159000 : minerais et concentrés" et "81129221 : déchets et débris" sont très peu représentatives pour le vanadium et ont une valeur pûrement indicative	Le Kiosque de Bercy
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	En 2017, celle-ci serait de l'ordre de 1,4 kt	Le Kiosque de Bercy
9.3 - Recyclage en France	n.d.	
10 - DIVERS		
10.1 - Monographie BRGM disponible ?	non	
10.2 - Remarques spécifiques		

Acronymes : 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

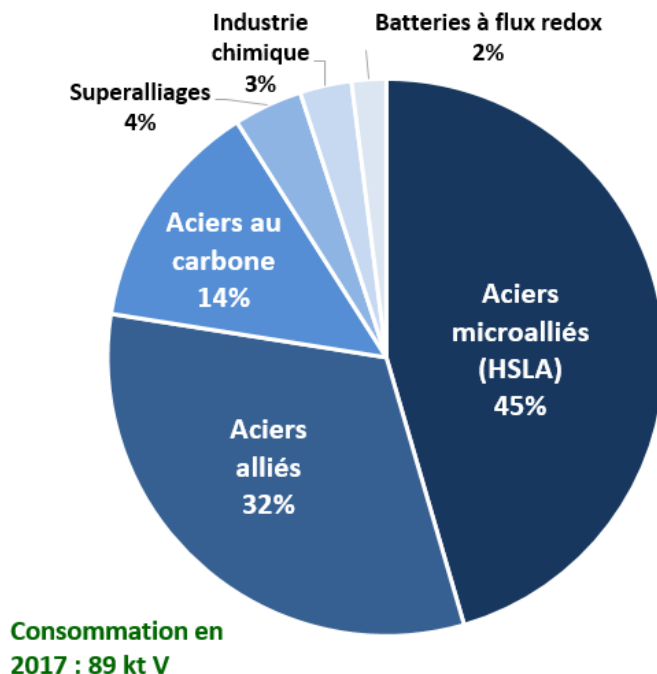
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

Le vanadium en graphiques

USAGES

Usages mondiaux du vanadium en 2017

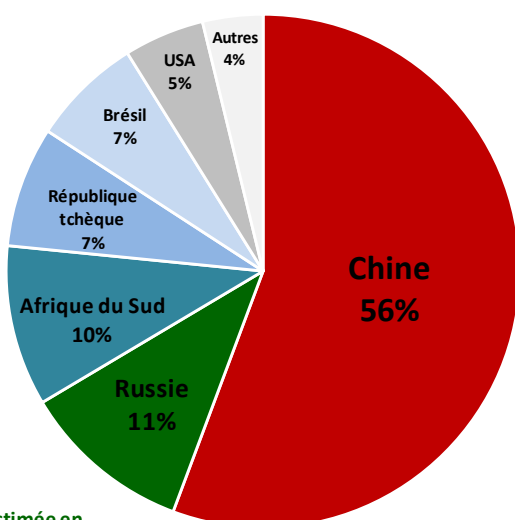
(Source : Core Consultants, 2018)



PRODUCTION ET RÉSERVES MONDIALES

Production mondiale de vanadium en 2017

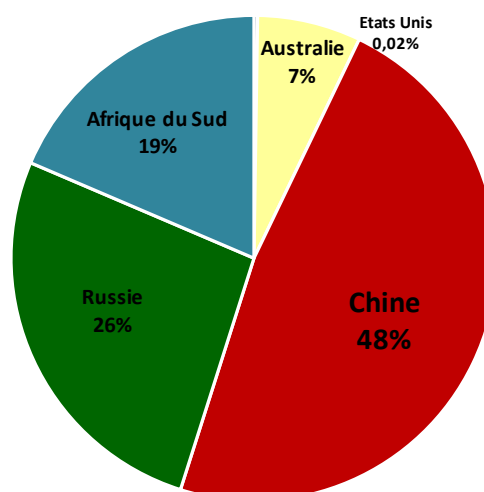
(Source : Vanitec, 2018)



Production estimée en 2017 : 79 kt V

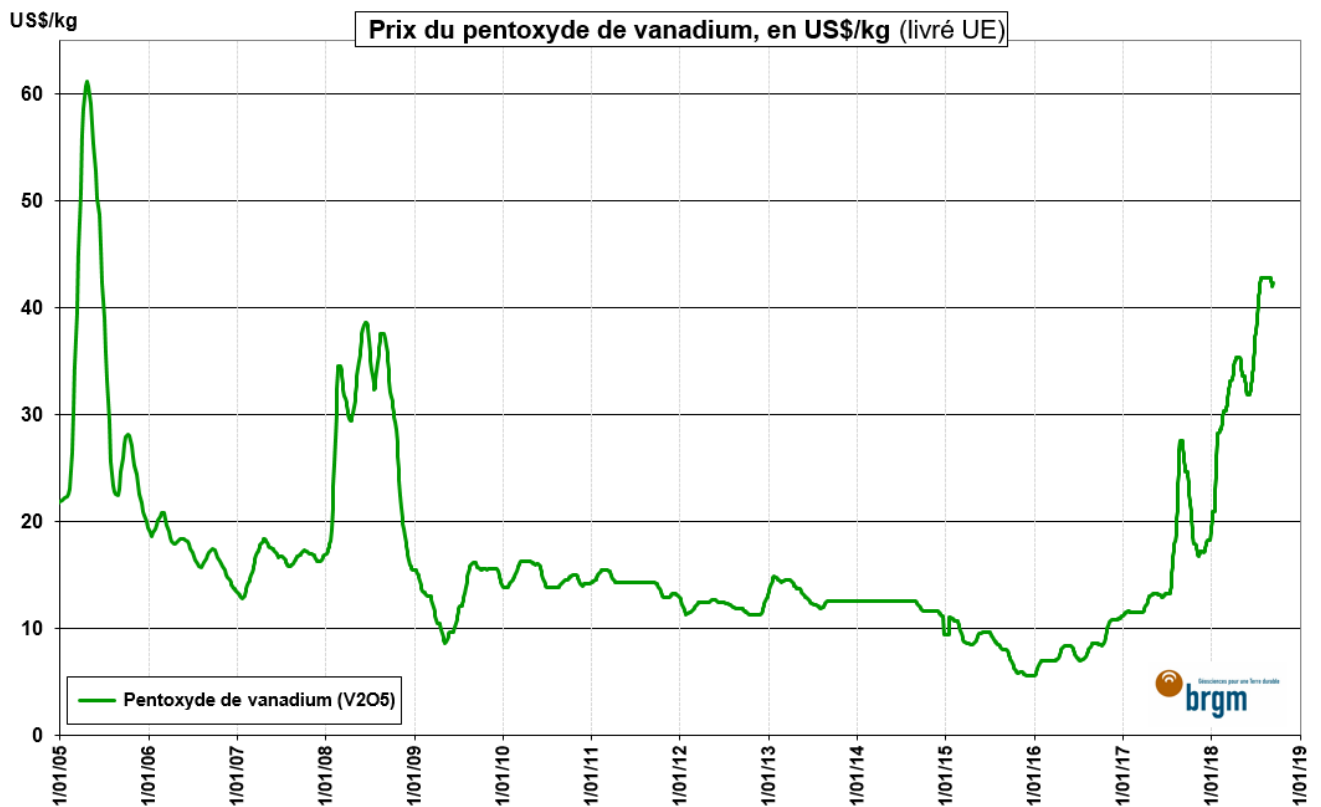
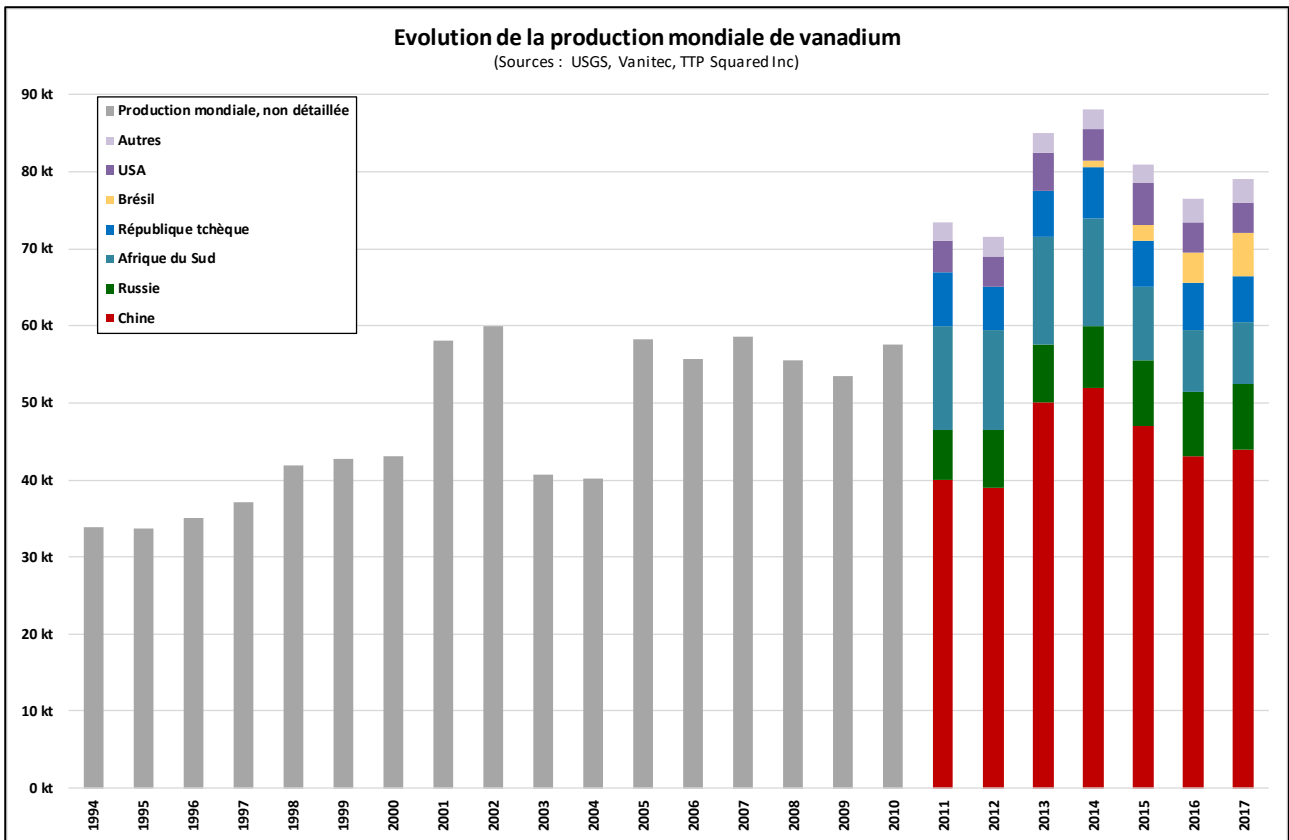
Répartition des réserves mondiales de vanadium

Source : USGS, 2018



Réserves évaluées par l'USGS en 2018 : 18,8 Mt V

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



COMMERCE EXTÉRIEUR DE LA FRANCE

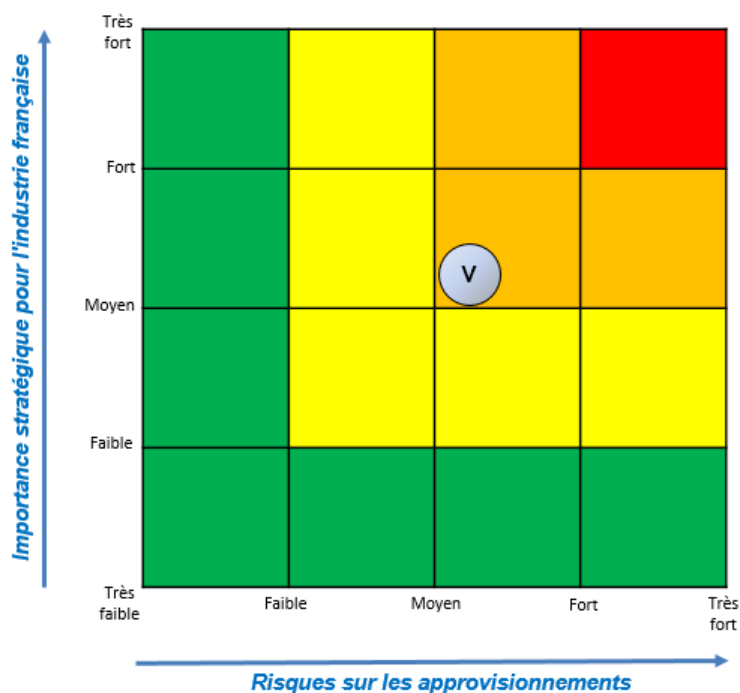
Statistiques françaises d'import-export de produits bruts et intermédiaires de vanadium

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 tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Minerais de niobium, de tantale ou de vanadium et leurs concentrés (26159000)									
Exportations	6 k€	2 t	3,00 €/kg	2 208 k€	110 t	20,1 €/g	36700,0%	5400,0%	Afrique (pays non spécifiés) 88% Allemagne 12% Australie 70% Allemagne 26%
Importations	24 k€	8 t	3,00 €/kg	67 k€	23 t	2,91 €/kg	179,2%	187,5%	
Solde	-18 k€	-6 t		2 141 k€	87 t				
Ferrovanadium (72029200)									
Exportations	990 k€	72 t	13,75 €/kg	1 893 k€	81 t	23,4 €/g	91,2%	12,5%	Pologne 44%, Russie 22%, Allemagne 14% Autriche 23%, Luxembourg 22%, Rep.tchèque 11%
Importations	9 325 k€	721 t	12,9 €/kg	14 507 k€	916 t	15,8 €/kg	55,6%	27,0%	
Solde	-8 335 k€	-649 t		-12 614 k€	-835 t				
Oxydes et hydroxydes de vanadium (28253000)									
Exportations	15 k€	1 t	15,0 €/kg	24 k€	1 t	24,0 €/kg	60,0%	0,0%	Allemagne, Corée du Sud, Espagne (% n.d.) Brésil 42%, Chine 34%, Taïwan 13%
Importations	4 470 k€	612 t	7,3 €/kg	6 593 k€	521 t	12,7 €/kg	47,5%	-14,9%	
Solde	-4 455 k€	-611 t		-6 569 k€	-520 t				
Vanadium sous forme brute; poudres de vanadium (sauf cendres et résidus contenant du vanadium) (81129291)									
Exportations	359 k€	22 t	16,3 €/kg	376 k€	19 t	19,8 €/kg	4,7%	-13,6%	Afrique du Sud 99% Allemagne 87%, Af. du Sud 7%, Chine 5%
Importations	1 088 k€	65 t	16,7 €/kg	2 344 k€	79 t	29,7 €/kg	115,4%	21,5%	
Solde	-729 k€	-43 t		-1 968 k€	-60 t				
Carbures de vanadium, d'aluminium, de chrome, de molybdène, de tantale et de titane, de constitution chimique définie ou non (28499050)									
Exportations	29 k€	2 t	14,5 €/kg	39 k€	3 t	13,0 €/kg	34,5%	50,0%	Afrique du Sud 99% Allemagne 35%, Chine 15%
Importations	626 k€	21 t	29,8 €/kg	936 k€	34 t	27,5 €/kg	49,5%	61,9%	
Solde	-597 k€	-19 t		-897 k€	-31 t				
Déchets et débris de vanadium, germanium, niobium, rhénium, gallium, indium (à l'excl. des cendres et résidus) (81129221)									
Exportations	180 k€	1 t	180,0 €/kg	1 k€	0 (<0,5t)				
Importations	23 k€	0 (<0,5t)		1 k€	0 (<0,5t)				
Solde	157 k€	n.d.		0 k€	n.d.				
Cumul tous produits où du vanadium est identifié (ferrovanadium, oxydes, poudres)									
Exportations	1 364 k€	95 t		2 293 k€	101 t		68,1%	6,3%	
Importations	14 883 k€	1 398 t		23 444 k€	1 516 t		57,5%	8,4%	
Solde	-13 519 k€	-1 303 t		-21 151 k€	-1 415 t		56,5%	8,6%	

CRITICITÉ DU VANADIUM

EVALUATION DE LA CRITICITE DU VANADIUM (Synthèse)

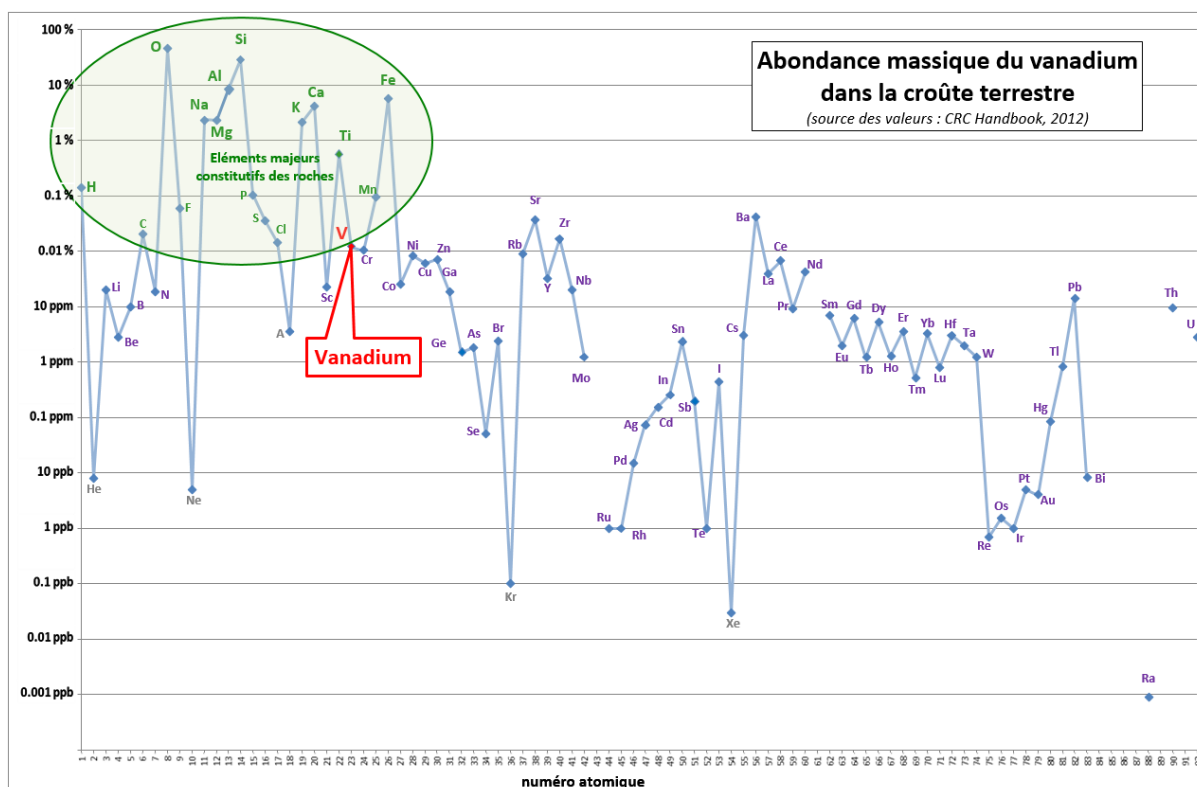
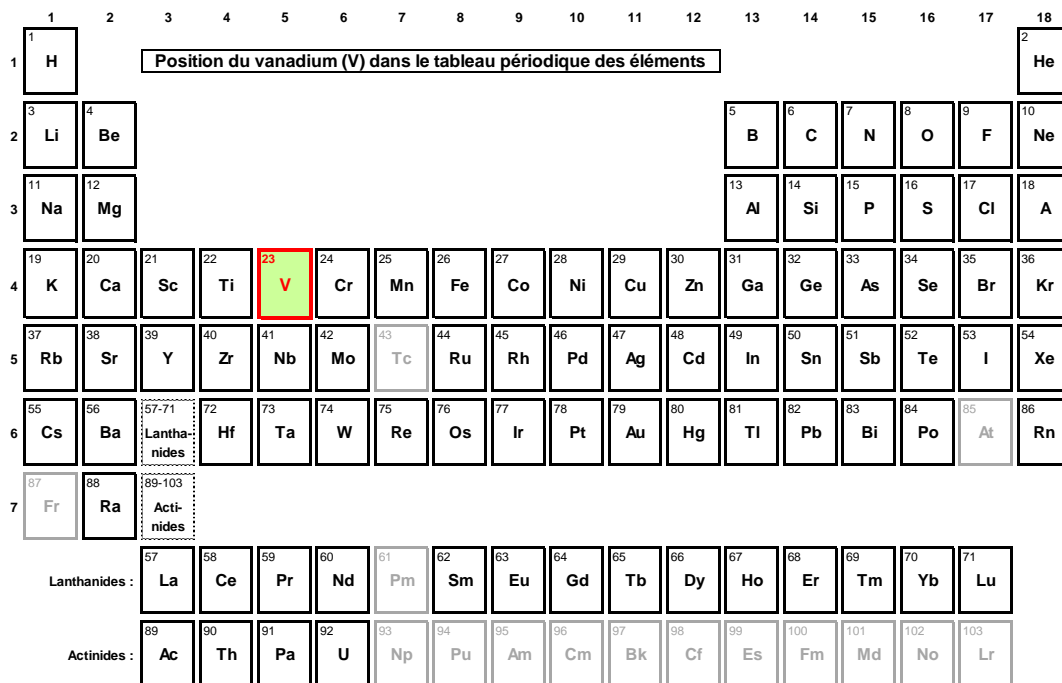


LE VANADIUM, PROPRIÉTÉS

Quelques propriétés du vanadium

Numéro atomique : 23
 Masse atomique : 50,94
 Température de fusion : 1 890 °C
 Température d'ébullition : 3 380 °C
 Densité : 5,96
 Dureté Mohs : 6,7
 Abondance naturelle : 102 ppm

Le vanadium est un métal de transition de couleur blanc argenté, dur et résistant à la corrosion et au ternissement. Ces propriétés sont utilisées en métallurgie pour augmenter la dureté et la résistance aux chocs des aciers. Du fait de ses 4 états d'oxydations, il a une forte affinité avec l'oxygène ce qui permet son utilisation dans un certain nombre de catalyseurs, par exemple pour la production d'acide sulfurique, et le stockage d'énergie. Les hydrocarbures, le pétrole et le charbon contiennent en général de l'ordre de 50 mg/kg de vanadium. A faible dose dans l'organisme, le vanadium est un oligo-élément essentiel à la vie.



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.