

# Le tellure (Te) – éléments de criticité

		Sources
<b>1 - USAGES ET CONSOMMATION</b>		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2017)	- Solaire photovoltaïque : 40% - Composants thermoélectriques : 30% - Métallurgie : 15% - Caoutchouc : 5% - Autres : 10%	USGS 2018
1.2 - Principaux usages en Europe	Proportions spécifiques non disponible (Cf. répartition mondiale 1.1).	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	- Dispositifs thermoélectriques (génération de chaud/froid dans les systèmes compacts) - Détecteurs infrarouges - Imagerie médicale - Mémoire à changement de phase (mémoire vive des ordinateurs) - Fibres optiques	Panorama BRGM 2010 MMTA
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Photovoltaïque : employé dans les cellules à couches minces CdTe (30 g/kWc – 70 g/kWc, kWc = kilowatt-crête)	Panorama BRGM 2010 geoinfo.nmt.edu
1.5 - Consommation (2017)	Estimée entre <b>450 t</b> et <b>550 t</b> .	Argus Media
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	La consommation est restée stable ces dernières années. Le développement du photovoltaïque à couches minces de type CdTe n'a pas connu l'envolée qui lui était prédite. La Chine tend maintenant à freiner le fort développement du photovoltaïque. Les autres usages ne permettent pas de déterminer une tendance claire.	Argus Media
<b>2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES</b>		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	Oui, en très grande majorité. Seules deux mines chinoises appartenant à Sichuan Apollo Star S&T (Dashuigou et Shimian) auraient produit du tellure en tant que ressource principale.	Panorama BRGM 2010
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit ou co-produit	Il provient en grande majorité des résidus de l'électroaffinage du cuivre et de l'argent (boues anodiques). Une petite partie (< 10%) est obtenue lors du raffinage du plomb et lors de la fonte des minerais de bismuth, cuivre, et plomb. Les autres métaux qui lui sont associés sont le nickel, l'or, et le zinc.	Panorama BRGM 2010 USGS
2.3 - Production minière mondiale (2017)	Non disponible. Cependant, en estimant que 90% de la production de tellure est récupérée dans la filière pyrométallurgique du cuivre, et qu'en moyenne 65 g de tellure peuvent être récupérés par tonne de cuivre, on peut estimer la capacité maximale de production minière à <b>1200 t</b> en 2017.	Techniques de l'Ingénieur ICSG
2.4 - Principaux pays producteurs miniers (2016)	En se basant sur les chiffres de la production de cuivre par pyrométallurgie : Chili 27,5% ; Pérou 12,2% ; Chine 8,5% ; Etats-Unis 6,4% ; R.D.Congo 5,0%	ICSG
2.5 - Concentration géographique de la production minière (2016)	Peu concentrée (IHH de <b>0,11</b> en se basant sur 2.4)	WMD 2018
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production primaire mondiale	Faible en se basant sur la production de cuivre par voie pyrométallurgique	USGS 2018
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2016)	Très incertaine. La moyenne des estimations s'établit à <b>470 t</b> .	USGS 2018 WMD 2018
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire	Très faible. En effet, le recyclage des cellules photovoltaïques à CdTe est possible mais le gisement de cellules en fin de vie est pour l'instant très limité.	Kavлак et Graedel 2013
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques (2016)	Chine 61% ; Etats-Unis 11% ; Suède 8% ; Russie 8% ; Japon 7% ; Canada 4%. <i>NB : plusieurs pays producteurs ne communiquent pas leurs données.</i>	USGS 2018
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique (2016)	La concentration géographique de la production métallurgique est <b>très haute</b> à cause du poids de la Chine dont la production a été estimée par l'USGS pour la première fois en 2016 (IHH de <b>0,40</b> ).	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production métallurgique sur 30 ans (1986-2016)	<b>+0,94%</b>	USGS
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production métallurgique sur 10 ans (2006-2016)	<b>-0,17%</b>	USGS
2.13 - Réserves connues (2017)	Réserves 2017 répertoriées par l'USGS : <b>31 kt</b> Réserves estimées sur la base des réserves répertoriées de cuivre par pays pondérées par la proportion produite par la filière pyrométallurgique en 2017 : <b>46 kt</b>	USGS BRGM
2.14 - Evolution des réserves	Réserves 2007 estimées : <b>242 ans</b> de la production 2007. Réserves 2017 estimées : <b>106 ans</b> de la production 2017.	
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves en 2017	Chili 21% ; Pérou : 13% ; Russie 9% ; Chine 7% ; Mexique : 6% ; Canada : 4% Estimation basée sur les réserves de cuivre.	
2.16 - Concentration géographique des réserves minières (2017)	Concentration faible (IHH <b>&lt; 0,1</b> )	
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	Des ressources en tellure sont encore inexploitées comme les tellurures à or et les minerais Ni-Co. Dans la filière cuivre pyrométallurgique, on estime que seulement 45% du tellure récupérable a été effectivement récupéré en 2016, ce qui laisse la possibilité d'un accroissement de la production.	Panorama BRGM 2010

Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le tellure - Septembre 2018

		Sources
<b>3 - SUBSTITUABILITE</b>		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	Le tellure a un bon potentiel de substitution par les éléments suivants en fonction des applications : bismuth, calcium, plomb, phosphore, sélénium, et soufre. Néanmoins, la substitution s'accompagne souvent d'une perte d'efficacité et/ou d'une perte de fonctionnalité.	USGS
<b>4 - RECYCLAGE</b>		
4.1 - Taux de recyclage	De <b>1% à 7%</b> selon les sources.	ICSG
4.2 - Contenu en matériaux recyclés	L'ICSG estime que 65 tonnes de tellure ont été recyclées en 2015, soit environ 15% de la production mondiale estimée pour l'année 2016. Les principales sources de tellure secondaire sont les composants thermoélectriques, les déchets électroniques et les cellules photovoltaïques. Cependant, le gisement de cellules photovoltaïques à CdTe en fin de vie est encore limité (durée de vie : 25 ans)	ICSG
<b>5 - PRIX</b>		
5.1 - Etablissement des prix	Il n'y a pas de cotation sur les marchés boursiers (contrats de gré à gré). Fourchettes de prix spot publiées quotidiennement par Argus Media.	Argus Media
5.2 - Prix moyen (Août 2017 - Août 2018)	Tellure 99.9-99.99% Rotterdam : <b>64 US\$/kg</b>	Argus Media
5.3 - Ecart-type relatif (Août 2017 - Août 2018)	Tellure 99.9-99.99% Rotterdam : <b>+/- 32%</b>	Argus Media
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (moyenné sur 12 mois)	Tellure 99.9-99.99% Rotterdam : <b>+ 93%</b>	Argus Media
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003	Tellure 99.9-99.99% Rotterdam : <b>+ 76%</b>	Argus Media USGS
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production annuelle	Marché du Te métal : <b>30 MUS\$</b> (470 t [prod. Primaire en 2016] x 64 000 \$/t [prix moyen])	
<b>6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS</b>		
6.1 - Restrictions au commerce international	Non significatives	OCDE
6.2 - Réglementation REACH	<b>4</b> composés contenant ou susceptibles de contenir du tellure sont enregistrés dans REACH (au 28/08/18). Les éléments à base de cadmium peuvent présenter un danger (tellurure de cadmium).	ECHA
<b>7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES</b>		
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	Les gisements qui pourraient contenir du tellure sont : - Amas sulfurés à cuivre de Chessy (69) - Amas pyriteux à or de Rouez (72) - Gisements d'or-arsenic de Salsigne (11), et d'or-antimoine de La Lucette (53) - Gisements d'uranium : Limousin, bassin de Lodève	Panorama BRGM 2010
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	0	
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	Azelis Electronics, Sofradir	Sites des entreprises
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Industries liées aux secteurs du solaire, de la machinerie, de l'électronique et de l'optique.	
<b>9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE</b>		
9.1 - Commerce extérieur français (2017)	- Importations de tellure : <b>17 t</b> ( Belgique 80%, Royaume Uni 20%). - Exportations de tellure : <b>1 t</b> (Allemagne 50%, Royaume Uni 13%, Slovénie 13%, Italie 13%).	Kiosque de Bercy
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Consommation apparente de 0 t + 17 t - 1 t = <b>16 t</b> en 2017.	
9.3 - Recyclage en France	Données non disponibles. Probablement négligeable.	
<b>10 - DIVERS</b>		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Panorama BRGM 2010 publié en 2011	<a href="http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60206-FR.pdf">http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60206-FR.pdf</a>
10.2 - Remarques spécifiques	-	

Acronymes : ECHA : European Chemicals Agency ; IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; ICSG : International Copper Study Group ; 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 ; USGS : United States Geological Survey ; WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche)

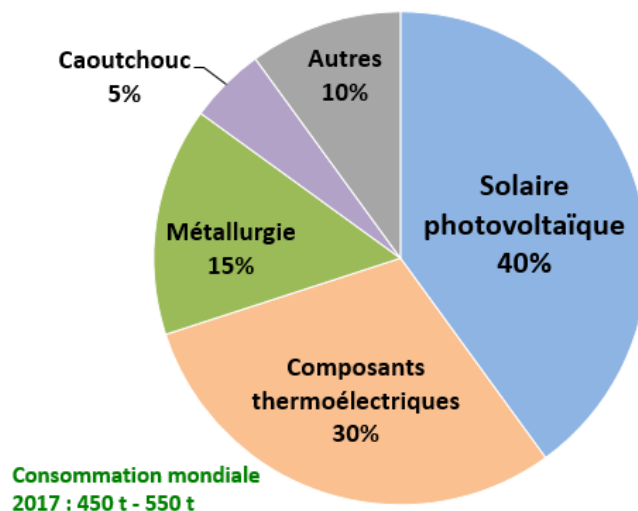
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64661-FR

# Le tellure en graphiques

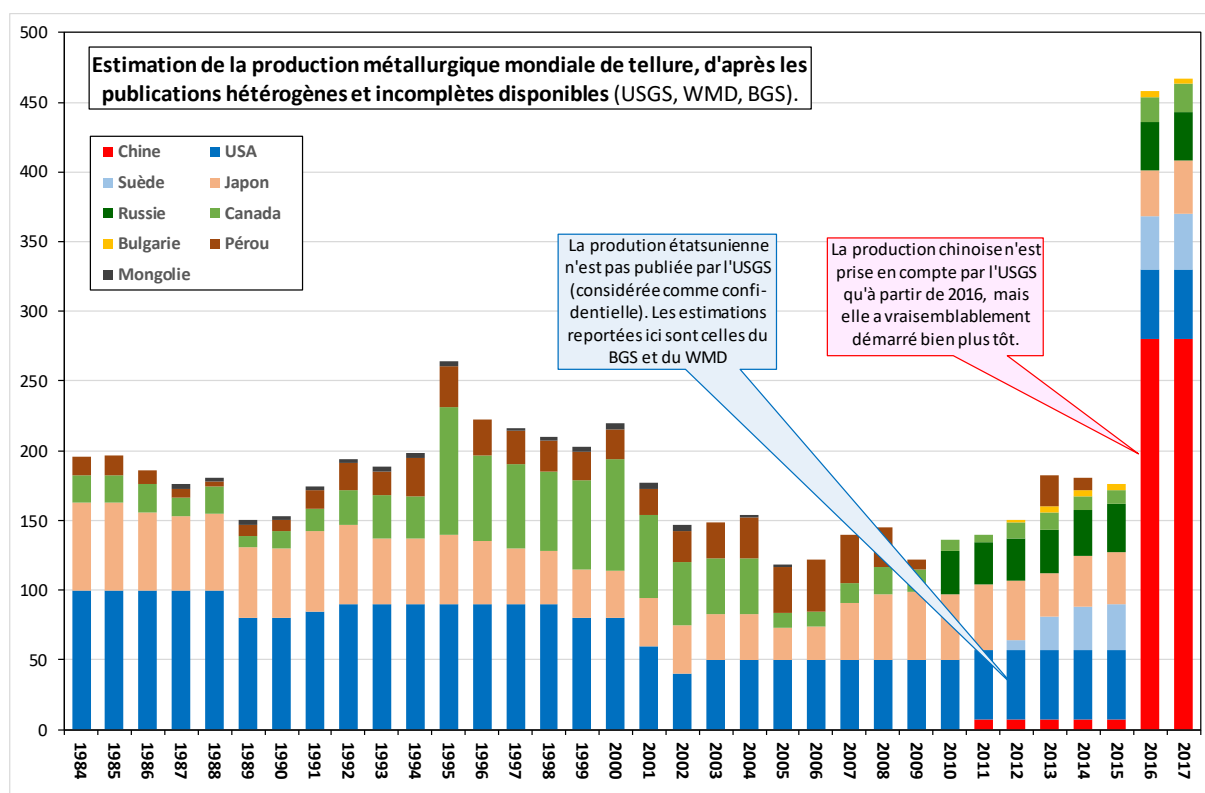
## USAGES

Répartition des usages du tellure en 2017

Source : USGS 2018

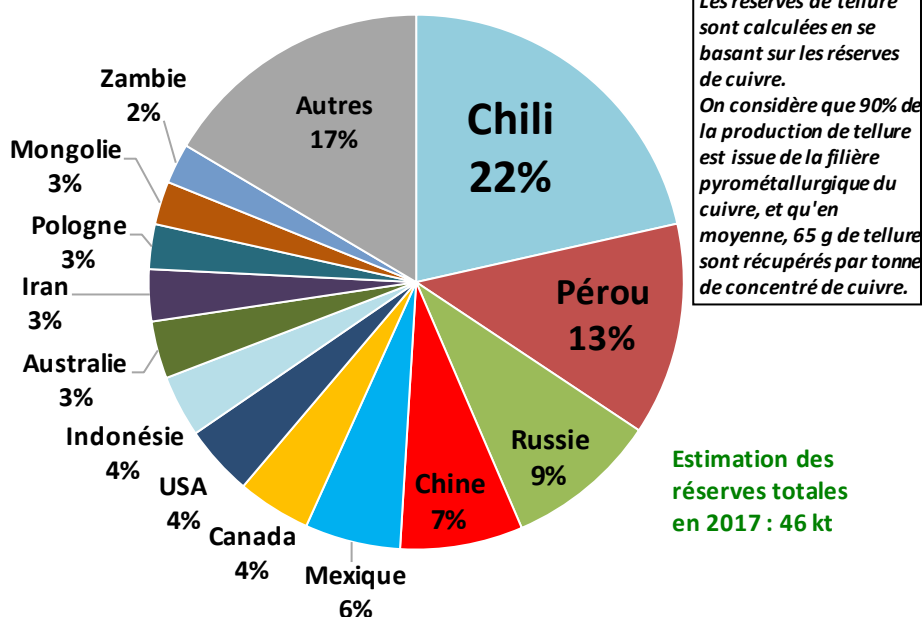


## PRODUCTION ET RÉSERVES MONDIALES

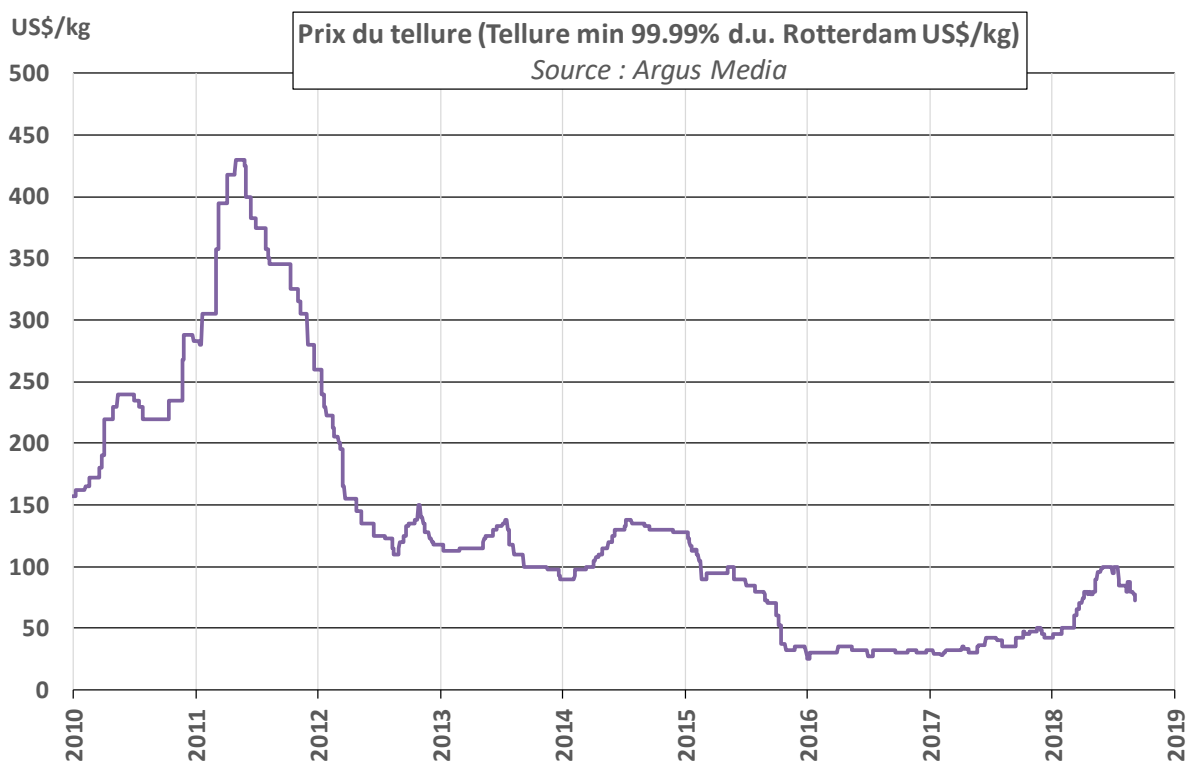


## Estimation des réserves mondiales de tellure

Source : ICSG, BRGM



## ÉVOLUTION DES PRIX



## COMMERCE EXTÉRIEUR DE LA FRANCE

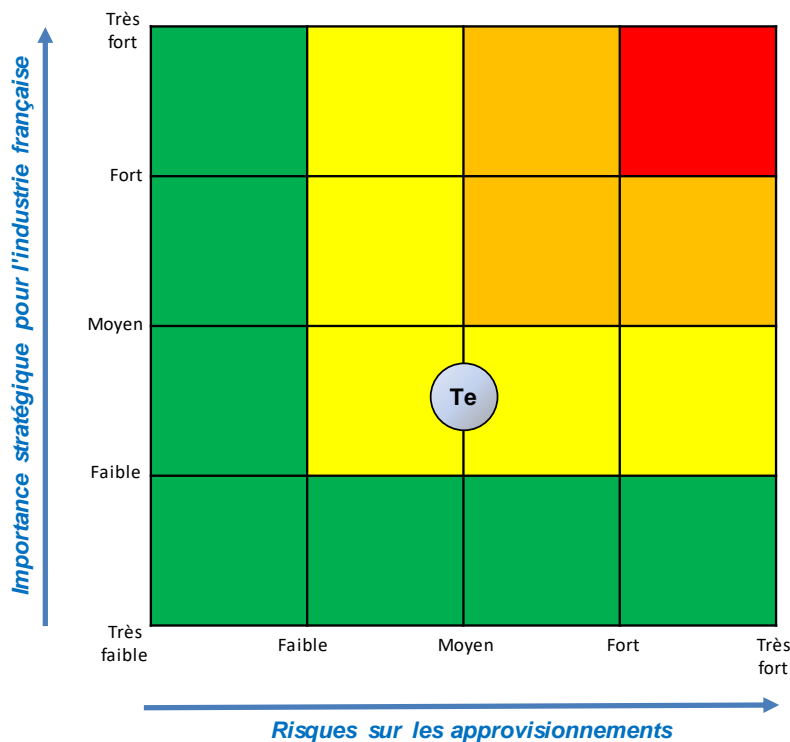
### Statistiques françaises d'import-export de produits bruts et intermédiaires de tellure

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 masses)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
<b>Tellure sous forme brute</b> (28045090)									
Exportations	223 k€	8 t	27.9 €/kg	35 k€	1 t		-84.3%	-88%	Slovénie, Japon, Italie
Importations	810 k€	15 t	54.0 €/kg	1 702 k€	17 t	100.1 €/kg	110%	13%	Belgique 53%, Etats-Unis 24%
Solde	-587 k€	-7 t		-1 667 k€	-16 t				
<b>Sels des acides du sélénium ou du tellure</b> (28429010) (NB : part concernant le tellure non précisée)									
Exportations	143 k€	6 t	23.8 €/kg	211 k€	2 t	105.5 €/kg	47.6%	-67%	Chine, Tunisie
Importations	419 k€	24 t	17.5 €/kg	687 k€	19 t	36.2 €/kg	64%	-21%	Belgique 47%, Allemagne 42%
Solde	-276 k€	-18 t		-476 k€	-17 t				

## CRITICITÉ DU TELLURE

### EVALUATION DE LA CRITICITE DU TELLURE (Synthèse)

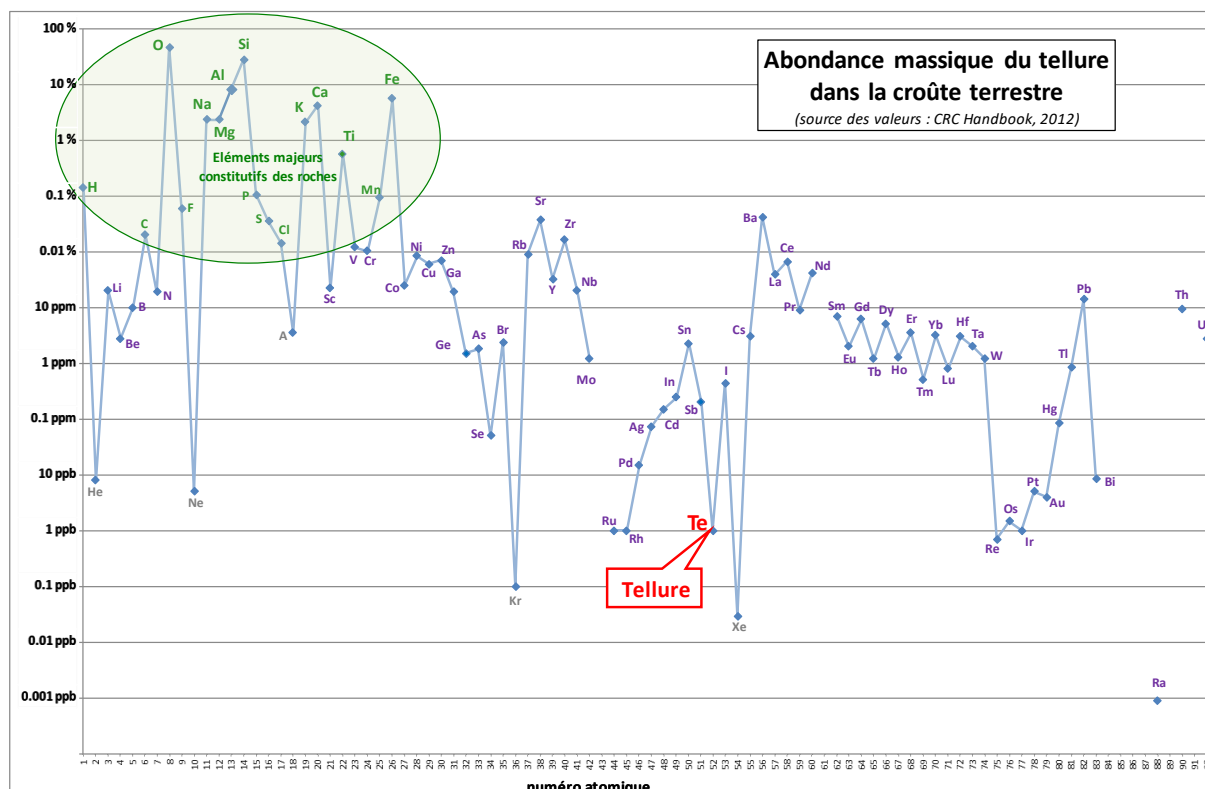
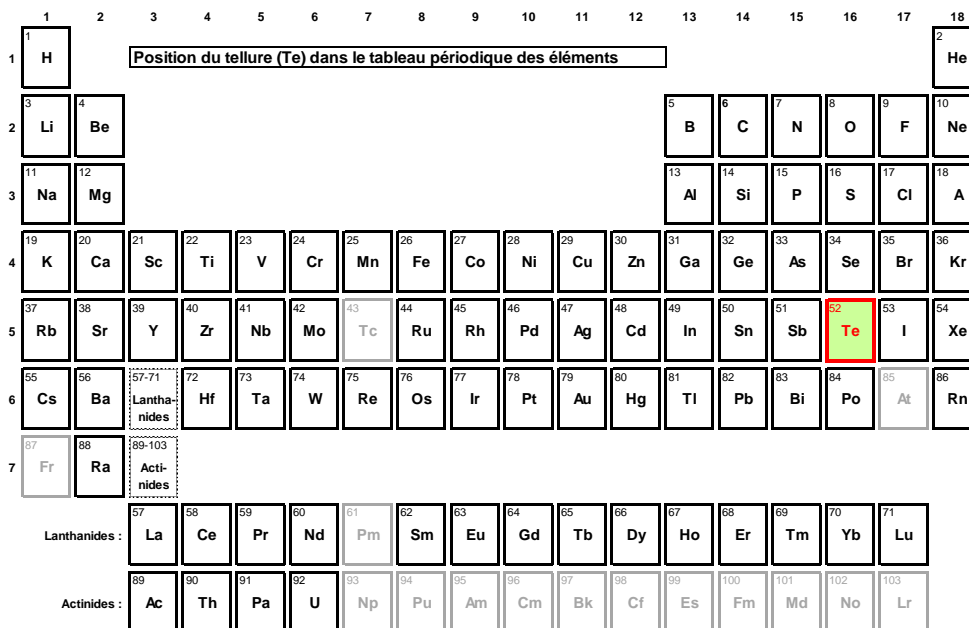


# LE TELLURE, PROPRIÉTÉS

## Quelques propriétés du tellure

Numéro atomique : 52  
 Masse atomique : 127,6  
 Température de fusion : 449,5 °C  
 Température d'ébullition : 988 °C  
 Densité : 6,24  
 Dureté Mohs : 2  
 Abondance naturelle : 1 ppm

Le tellure est un métalloïde peu dense et cassant, qu'on retrouve en très faible quantité dans la croûte terrestre (1 ppm). Il est principalement utilisé en tant que semi-conducteur dans les cellules photovoltaïques à couches minces de type CdTe, mais trouve également des applications dans la thermoélectricité et l'électronique. Par ailleurs, il favorise l'usinabilité et la résistance de métaux comme l'acier. Le tellure est récupéré principalement comme sous-produit du cuivre. Son marché est petit (quelques centaines de tonnes annuelles) mais très opaque.



## 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.