

Le palladium (Pd) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2016)	<ul style="list-style-type: none"> - Catalyse automobile : 78,9% - Industries électrique et électronique : 9,5% - Dentaire : 4,2% - Industrie chimique : 4,1% - Joaillerie : 1,9% - Autres : 1,4% <p>Les investissements ont été négatifs en 2016 (désinvestissement de 20 t) et ne figurent donc pas dans la répartition ci-dessus.</p>	Johnson Matthey 2017
1.2 - Principaux usages en Europe (2016)	<ul style="list-style-type: none"> - Catalyse automobile : 83,0% - Industries électrique et électronique : 5,1% - Industrie chimique : 4,1% - Dentaire : 3,3% - Joaillerie : 2,9% - Autres : 1,6% <p>Les investissements ont été négatifs en 2016 (désinvestissement de 8 t) et ne figurent donc pas dans la répartition ci-dessus.</p>	Johnson Matthey 2017
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	Catalyse de dépollution, catalyses chimiques, condensateurs céramiques multicouche de haute fiabilité pour usages sensibles (aéronautique, défense)	
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Catalyse de dépollution	
1.5 - Consommation	Consommation mondiale estimée à 292,9 t Pd en 2016 (215,4 t d'origine primaire et 77,5 t secondaire / recyclage)	Johnson Matthey 2017
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Poursuite d'une hausse de la demande tirée par la catalyse automobile (croissance du marché mondial des véhicules à moteurs essence au détriment des moteurs diesel et normes antipollution plus strictes). Evolution du marché de la joaillerie et des placements difficilement prévisibles. Autres secteurs évoluant comme l'économie globale.	BRGM Johnson Matthey 2017
2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	Partiellement	
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit	<ul style="list-style-type: none"> - En Russie, au Canada, en Finlande, au Botswana, Pd est un sous-produit du nickel et du cuivre ; - Afrique du Sud et au Zimbabwe, Pd est en général un co-produit de Pt, généralement secondaire, parfois principal (Mogalakwena) ; - Aux Etats-Unis, Pd est le produit principal. 	
2.3 - Production minière mondiale 2016	210,4 t	Johnson Matthey 2017
2.4 - Principaux pays producteurs miniers (2016)	Russie 41% ; Afrique du Sud 38% ; Amérique du Nord (Canada + Etats-Unis) 13% ; Zimbabwe : 6%	Johnson Matthey 2017
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Assez forte concentration (IHH : 0,33 en 2016)	
2.6 – Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	En dix ans (2006-2016) la part de la Russie dans la production mondiale a légèrement baissé, de 44% à 41%, alors que celle du Zimbabwe est passée de 1,9% à 5,8%. L'indice IHH est passé de 0,36 à 0,33. La Russie et l'Afrique du Sud continuent à dominer la production mondiale.	Johnson Matthey
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2016)	210,4 t La production métallurgique primaire est à peu près équivalente à la production minière (les producteurs miniers déclarent le palladium produit métallurgiquement ou le palladium payable, donc récupérable).	
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire (2016)	77,5 t	Johnson Matthey 2017
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques	Afrique du Sud, Russie, Royaume-Uni, Allemagne, Belgique, Suisse, Japon, Etats-Unis, Canada (quantités respectives non spécifiées)	Panorama BRGM 2014
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Statistiques détaillées non disponibles (IHH non déterminé). Production métallurgique moins concentrée que la production minière.	
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production minière sur 30 ans (1986-2016)	+2,84%	Johnson Matthey
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2006-2016)	-0,69%	Johnson Matthey

		Sources
2.13 - Réserves connues en septembre 2017	6 kt en septembre 2017 (équivalent à 28 ans de la production 2016) (tonnage obtenu par compilation des données des sociétés minières) <i>(NB : l'USGS ne publie pas de réserves spécifiques pour le palladium, seulement pour les éléments du groupe du platine dans leur ensemble, à 67 kt en 2017. Mais ce tonnage inclut vraisemblablement des ressources non encore certifiées comme réserves. La part du palladium peut être estimée à 28 kt, soit 133 ans de la production 2016)</i>	SNL Panorama BRGM 2014 USGS
2.14 - Evolution des réserves 1996-2017 (années de production)	Réserves USGS en 1996 : >100 ans de la production de 1995 Réserves USGS en 2017 : >100 ans de la production de 2016	USGS
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	Afrique du Sud 52% ; Russie 29% ; Etats-Unis 8% <i>(NB : par manque de données plus précises et fiables, la répartition des pays détenteurs de réserves est celle de l'ancienne version de la fiche datée d'avril 2015)</i>	Panorama BRGM 2014
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration forte des réserves. IHH = 0,37 <i>(NB : idem 2.15)</i>	Panorama BRGM 2014 USGS
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	La production minière, qui avait crû jusqu'en 2006, a globalement fléchi depuis lors (-1%/an en moyenne) malgré l'augmentation de la production au Zimbabwe (+191% en 10 ans). Une croissance future de la production de Norilsk est dépendante de l'évolution du marché du nickel, dont le palladium est un sous-produit, et les nouveaux projets (Canada, Australie, Etats-Unis) ne prévoient que des capacités de quelques tonnes annuelles. La production ne pourra augmenter, modérément, que si le prix se raffermir. Pas d'approvisionnement abondant et bon marché à espérer.	BRGM Johnson Matthey
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	Dans la catalyse, le palladium est substituable par le platine, dont la production est aussi limitée. Les recherches pour trouver des substances moins rares n'ont pas été concluantes. Pour les alliages dentaires, substitution possibles par des alliages moins nobles (Cr-Co), l'or ou des céramiques.	
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	Recyclage en fin de vie : 60 à 70% ; contenu des approvisionnements en palladium secondaire : 37% en 2016 (dont 80% issus des catalyseurs automobiles et 19% des DEEE). Recyclage en croissance depuis les années 1980.	UNEP 2011 (Recycling Rates of Metals) ; Johnson Matthey
5 - PRIX		
5.1 - Etablissement des prix	Le palladium à 99.95% est coté quotidiennement sur diverses places financières, en particulier le London Platinum and Palladium Market.	
5.2 - Prix moyen en 2017 (janv.-oct.2017)	843 US\$/oz / 24 129 €/kg (1 oz = 31.10348 g)	Kitco (qui publie les prix du LPPM)
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur les 12 derniers mois (nov.2016-oct.2017)	+/- 10,7%	Kitco
5.4 - Evolution du prix sur un an (moyenne nov.2016-oct.2017 / moyenne nov.2015-oct.2016)	+ 38,8%	Kitco
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003 (moyenne nov.2016-oct.2017) / moyenne sur 2 ans 2002-2003	+ 205%	Kitco
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production minière annuelle de la substance	5,1 G€ (210,4 t (production annuelle la plus récente estimée, 2016) x 24 129 €/kg (prix moyen 2017))	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Taxe à l'exportation de 6,5% en Russie concernant le palladium sous forme brute, en poudre ou en produits semi-finis. Les pays producteurs majeurs, Afrique du Sud et Russie, sont classés à risque moyen à médiocre dans les classifications des risques pays (Coface, OCDE, Fraser Institute).	OCDE, 2014
6.2 - Réglementation REACH	Le palladium et ses composés ne sont pas concernés par REACH (annexe XVII, version du 12/09/17).	Règlement (CE) No 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2016	0	
7.2 - Production minière française historique	0	BRGM
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2016	0	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	0	

		Sources
7.5 - Production métallurgique française	Production non publiée, uniquement issue du recyclage. Production marginale par rapport aux pays européens voisins (Allemagne, Royaume-Uni, Belgique, Suisse, etc.)	
8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	- Eurecat (07-La Voultre sur Rhône, www.eurecat.fr) ; - Cookson-CLAL (Paris, www.cookson-clal.com) ; - Morphosis (76-Le Havre, www.morphosis.fr) ; - Metalor Technologies (France) SAS (28-Courville-sur-Eure et 69-Oullins, www.metalor.com) ; - Johnson Matthey France (93-Tremblay-en-France, www.noble.matthey.com)	<i>Panorama BRGM 2014 Sites des sociétés</i>
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	- Axens (92-Rueil-Malmaison, http://france.axens.net/fr/) ; - Fransor Industries (92-Colombes, www.fransor-industries.fr) ; - Umicore Autocat France SAS (57-Florange, www.umicore.fr) ; - Etc.	<i>Panorama BRGM 2014 Sites des sociétés</i>
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Constructeurs et équipementiers automobile, industrie pétrolière (raffinage et pétrochimie), industrie chimique (catalyse), électronique, aéronautique et défense (condensateurs céramiques), joaillerie, prothèse dentaire, etc.	<i>Panorama BRGM 2014</i>
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français	- Pd identifié dans seulement 2 nomenclatures douanières, Pd brut et Pd ouvré. D'éventuels imports ou exports de déchets de Pd ou de catalyseurs contenant du Pd ne sont pas renseignés. - Sur Pd métal (brut ou ouvré), l'exédent commercial a été en 2016 de 0,6 t en masse (déficit de 5,7 t en 2015) et de 2,8 M€ en valeur (déficit de 6,8 M€ en 2015). Les prix unitaires calculés sur les importations 2015 sont faibles (environ 4,7 €/g, contre 13,5 à 16,6 €/g pour les autres champs), ce qui laisse supposer que certaines masses échangées ne sont pas du Pd pur. Les bilans massiques sont donc peut-être biaisés. - La France importe son Pd non pas des principaux pays producteurs miniers (Russie, Afrique du Sud), mais des pays tiers raffineurs (Suisse, Allemagne, Italie ou des Etats-Unis).	<i>Le Kiosque de Bercy</i>
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Production métallurgique française (secondaire) non publiée. Consommation apparente (imports - exports) négative = - 614 kg Pd métal en 2016 (bilan peut-être biaisé, cf. 8.1).	<i>Le Kiosque de Bercy</i>
9.3 - Recyclage en France	Gisement collectable évalué à 5,5 t/an ; gisement collecté évalué à 1,3 t/an à partir de D3E et de catalyseurs.	<i>Etude Ademe/BioIS, juillet 2010</i>
10 - DIVERS		
10.1 - Monographie BRGM disponible ?	Oui, janvier 2014	http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63169-FR.pdf
10.2 - Remarques spécifiques	Mise à jour de la fiche datée d'avril 2015	

Acronymes : ECHA : European Chemicals Agency ; IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; LPPM : London Platinum & Palladium Market 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

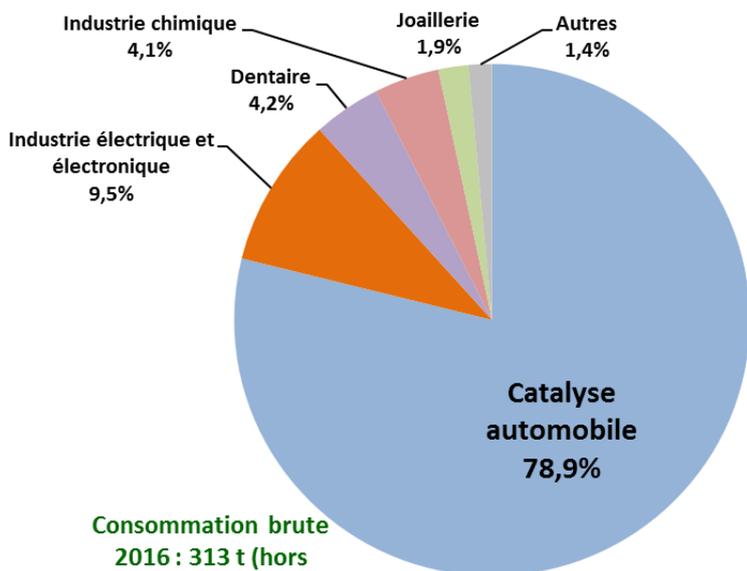
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

Le palladium en graphiques

USAGES

Usages mondiaux du palladium en 2016

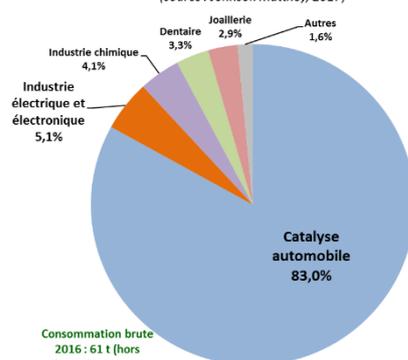
(source : Johnson Matthey, 2017)



Consommation brute 2016 : 313 t (hors investissements évalués à - 20 t)

Usages du palladium en Europe en 2016

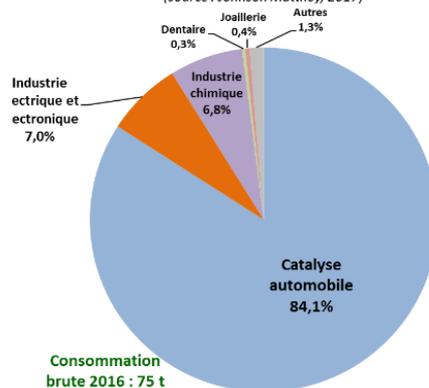
(source : Johnson Matthey, 2017)



Consommation brute 2016 : 61 t (hors investissements évalués à - 8 t)

Usages du palladium en Chine en 2016

(source : Johnson Matthey, 2017)

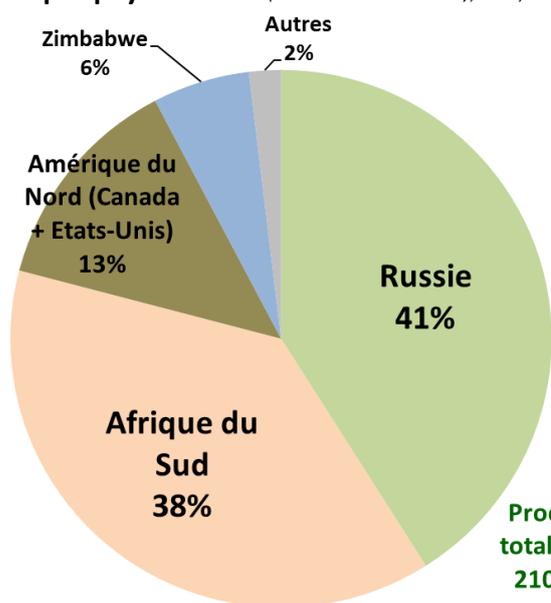


Consommation brute 2016 : 75 t

PRODUCTION ET RESERVES MONDIALES

Répartition de la production minière de palladium par pays en 2016

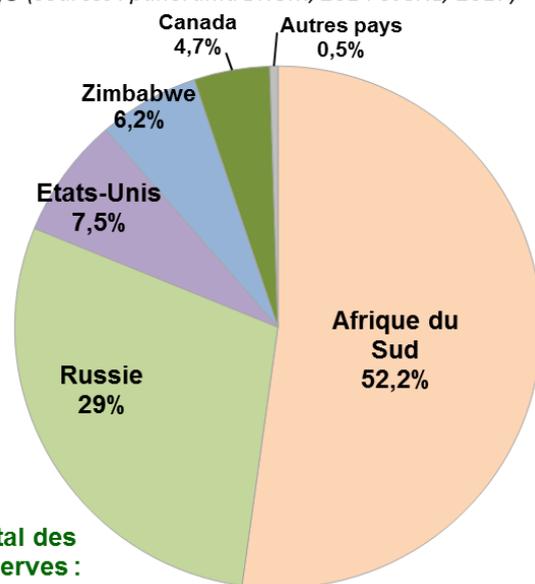
(source : Johnson Matthey, 2017)



Production totale 2016 : 210,4 t Pd

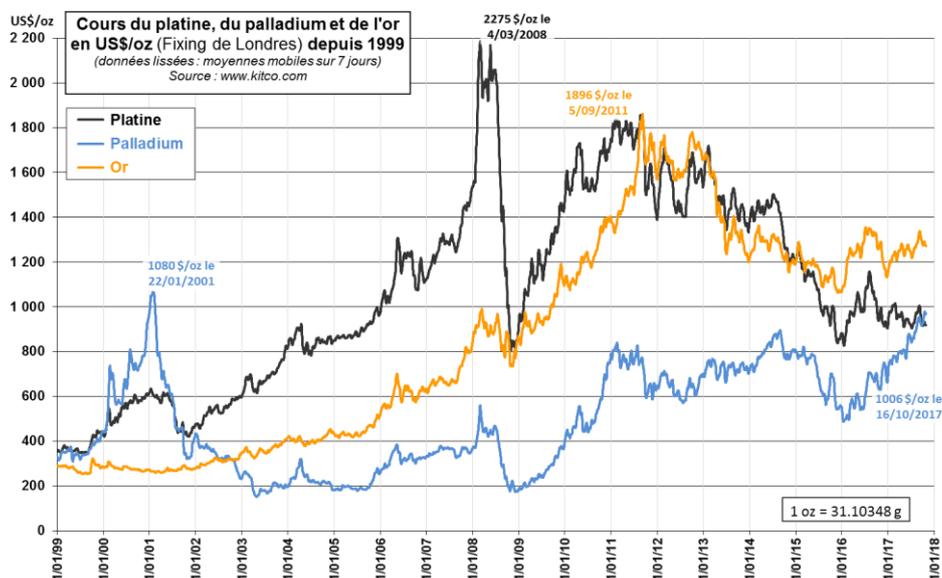
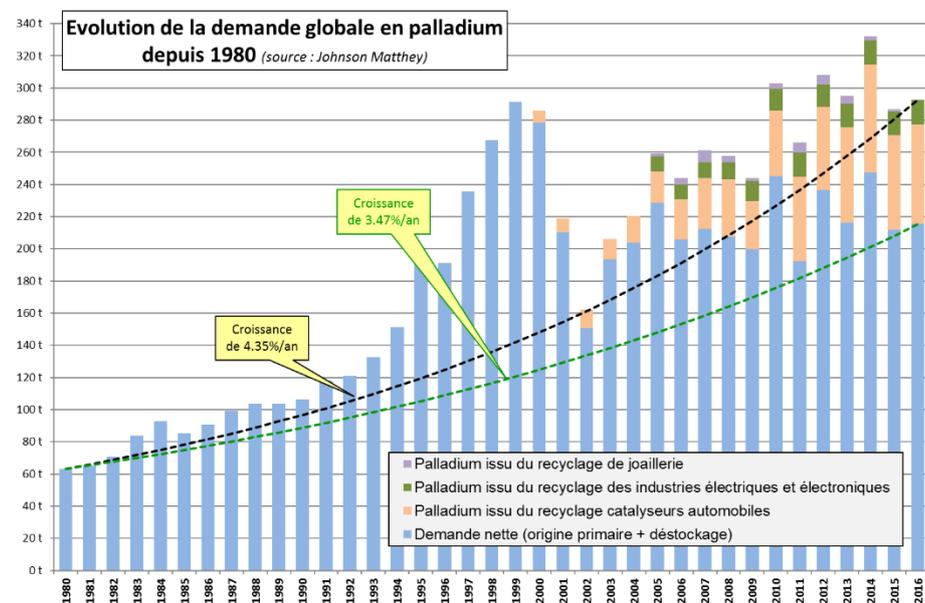
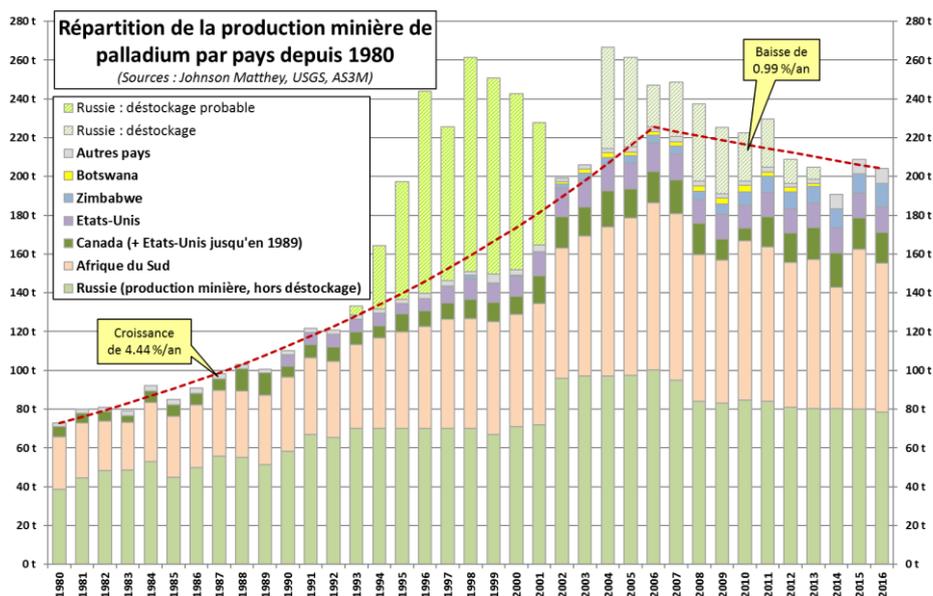
Répartition des réserves en palladium par pays

(sources : panorama BRGM, 2014 et SNL, 2017)



Total des réserves : 6 kt Pd

EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



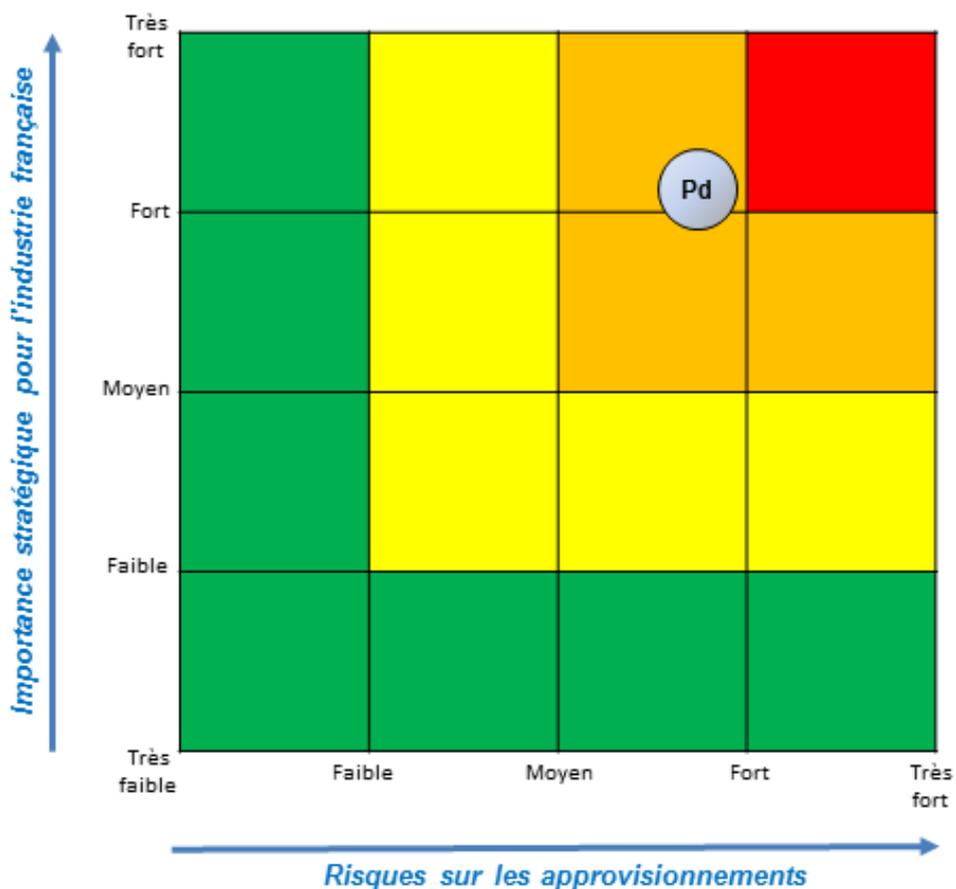
COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

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

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	
Palladium brut, en poudre ou semi-ouvré (71102100, 71102900)									
Exportations	27 851 k€	1 673 kg	16,6 €/g	43 559 k€	3 229 kg	13,5 €/g	56,4%	93,0%	Italie 30%, Suisse 14%, Lettonie 11%
Importations	34 667 k€	7 380 kg	4,7 €/g	40 719 k€	2 615 kg	15,6 €/g	17,5%	-64,6%	Suisse 45%, Italie 24%, Allemagne 12%
Solde	-6 816 k€	-5 707 kg		2 840 k€	614 kg				

CRITICITE DU PALLADIUM



LE PALLADIUM, PROPRIETES

Quelques propriétés du palladium

Numéro atomique	: 46
Masse atomique	: 106.42
Température de fusion	: 1 555 °C
Température d'ébullition	: 2 963 °C
Densité	: 12.02
Dureté Mohs	: 4.8
Abondance naturelle	: 15 ppb

Le palladium est un métal gris argenté, relativement dense.

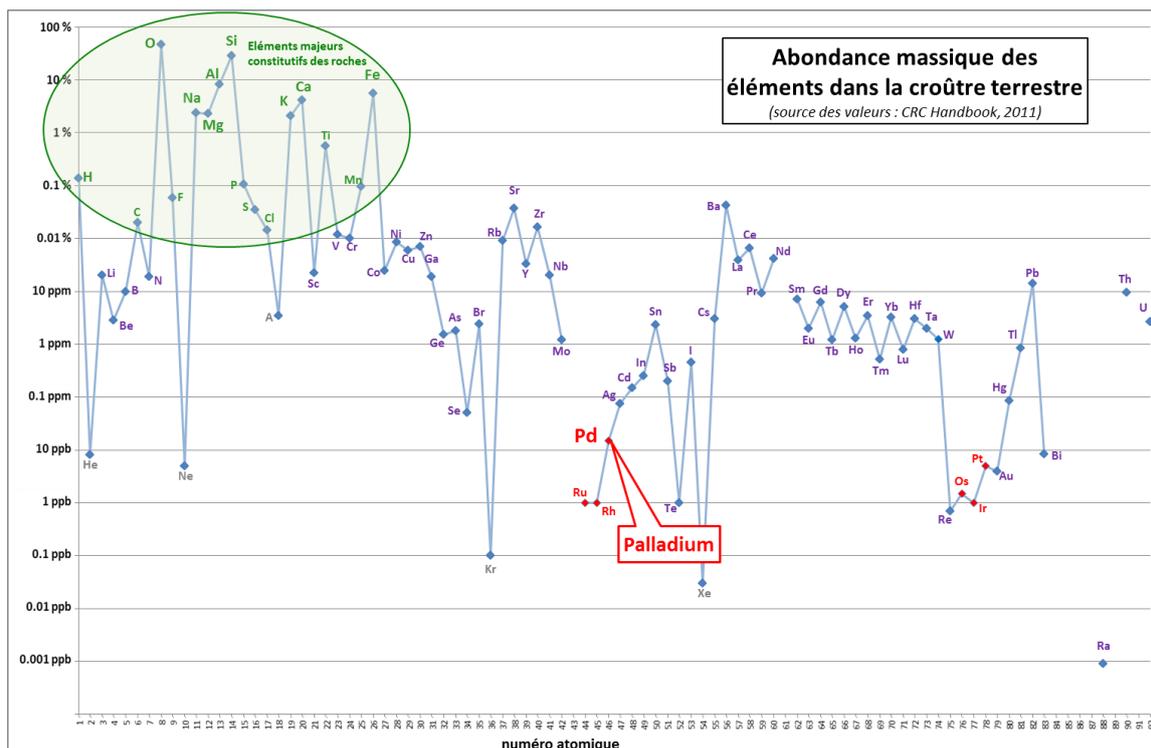
Il ne s'oxyde à l'air qu'au-dessus de 800 °C, et il se dissout lentement dans les acides forts.

Le palladium a d'excellentes propriétés catalytiques. Il favorise en particulier le couplage de radicaux en chimie organique. Le palladium métallique a la particularité de pouvoir absorber jusqu'à 900 fois son volume de dihydrogène.

Il n'a pas de rôle biologique connu et n'a pas de toxicité aux doses d'exposition usuelles.

Position du palladium (Pd) et des autres platinoïdes 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	Position du palladium (Pd) et des autres platinoïdes dans le tableau périodique des éléments																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 de 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 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.