

Le palladium (Pd) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2013)	-Catalyse automobile : 72.4% -Industries électrique et électronique : 11.0% -Industrie chimique : 5.5% -Dentaire : 5.3% -Joaillerie : 4.0% -Investissements et autres : 1.8%	Panorama BRGM 2012 ; Johnson Matthey 2013
1.2 - Principaux usages en Europe (2013)	-Catalyse automobile : 76.9% -Industries électrique et électronique : 8.5% -Industrie chimique : 4.6% -Dentaire : 3.9% -Joaillerie : 3.3% -Investissements et autres : 2.8%	Johnson Matthey 2013
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 299.5 t Pd en 2013 (196.9 kt primaire, 76.5 kt secondaire / recyclage, et 26.1 t déstockage)	Johnson Matthey 2013-2014
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	Poursuite d'une hausse de la demande pour la catalyse automobile (croissance du marché mondial, normes antipollution plus strictes). Evolution du marché de la joaillerie et des placements difficilement prévisibles. Autres secteurs évoluant comme l'économie globale.	BRGM
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	-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 2013	200.4 t	GFMS, mai 2014
2.4 - Principaux pays producteurs miniers	Russie 40.0% ; Afrique du Sud 38.3% ; Canada 8.2% ; Etats-Unis 6.3% ; Zimbabwe : 4.4%	GFMS, Johnson Matthey 2014 ; Sociétés minières
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Assez forte concentration (IHH : 0.32 en 2013)	
2.6 – Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	En dix ans (2003-2013) la part de la Russie dans la production mondiale a légèrement baissé, de 45% à 40%, et l'indice IHH est passé de 0,35 à 0,32. La Russie et l'Afrique du Sud continuent à dominer la production mondiale.	Johnson Matthey, GFMS, WMD
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire (2013)	200.4 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 (2013)	64.5 t	Johnson Matthey 2013
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 2013
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Statistiques précises 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 (1983-2013)	+3.15%	Johnson Matthey
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2003-2013)	+0.97%	Johnson Matthey
2.13 - Réserves connues en janvier 2013	6 088 t en janvier 2013 (équivalent à 30 ans de la production 2013) (tonnage obtenu par compilation des données des sociétés minières) (NB : L'USGS ne publie pas de réserves spécifiques pour le palladium, seulement pour les éléments du groupe du platine dans leur ensemble, à 65 310 t début 2014. Mais ce tonnage inclut vraisemblablement des ressources non encore certifiées comme réserves. La part du palladium peut être estimée à 27 300 t, soit 136 ans de la production 2013)	Panorama BRGM 2013

		<i>Sources</i>
2.14 - Evolution des réserves 1996-2013 (années de production)	Réserves USGS en 1996 : >100 ans de la production de 1995 Réserves USGS en 2013 : >100 ans de la production de 2013	USGS
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	Afrique du Sud 52.2% ; Russie 29.0% ; Etats-Unis 7.5%	Panorama BRGM 2013
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration forte des réserves. IHH = 0,37	Panorama BRGM 2013 ; USGS
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	La production minière, qui avait crû jusqu'en 2006, a globalement fléchi depuis lors. 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 raffermi. Pas d'approvisionnement abondant et bon marché à espérer.	Panorama BRGM 2013
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 : 38% en 2013 (dont 75% issus des catalyseurs automobiles et 17% 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 sur les 12 derniers mois (janv.-déc.2014)	803 US\$/oz / 19 450 €/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 (janv.-déc.2014)	+/- 6.1%	Kitco
5.4 - Evolution du prix sur un an (moyenne janv.-déc.2014 / moyenne janv.-dec.2013)	+ 10.8%	Kitco
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003 (moyenne janv.-déc.2014) / moyenne sur 2 ans 2002-2003	+ 199%	Kitco
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production minière annuelle de la substance	3.9 G€ (200.4 t (production annuelle la plus récente estimée, 2013) x 19 450 €/kg (prix moyen 2014))	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	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). Le palladium pourra être touché par les embargos entre la Russie et l'UE consécutifs à la crise ukrainienne.	
6.2 - Réglementation REACH	Le palladium et ses composés ne sont pas concernés par REACH (version du 1/07/2013).	Règlement (CE) No 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2013	0	
7.2 - Production minière française historique	0	BRGM
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2013	0	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	0	
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 Voulte 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)	Panorama BRGM 2012
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	-Axens (92-Rueil-Malmaison, http://france.axens.net/fr/) ; -Praxair MRC SAS (31 Toulouse, www.praxair.fr) ; -Fransor Industries (92-Colombes, www.fransor-industries.fr) ; -Aerometal (71-Gergy, www.aerometal.com) ; -Umicore Autocat France SAS (57-Florange, www.umicore.fr) ; -Etc.	Panorama BRGM 2012
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Constructeurs et équipementiers automobile, Industrie pétrolière (raffinage et pétrochimie), Industrie chimique (catalyse), Electronique, Aéronautique et Défense (condensateurs céramiques), Joaillerie, Prothèse dentaire, etc.	Panorama BRGM 2012
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), le déficit commercial a été en 2014 de 2.2 t en masse (en hausse de 31% sur 2013) et de 21.0 M€ en valeur (en hausse de 7.7% sur 2013). Les prix unitaires calculés sont très variables selon les partenaires, de 1.5 à 23.6 €/g, pour un cours officiel du Pd de 19.5 +/- 1.4 €/g en 2014, 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.	Le Kiosque de Bercy
9.2 - Consommation française apparente (production + imports - exports)	Production métallurgique française (secondaire) non publiée. Consommation apparente comme imports - exports = 2.2 t Pd métal en 2014 (bilan peut-être biaisé, cf.8.1).	Le Kiosque de Bercy
9.3 - Recyclage en France	Gisement collectable évalué à 5.5 t/an ; Gisement collecté évalué à 1.3 t/an, soit 27% de la consommation apparente française).	Etude Ademe/BioIS, juillet 2010
10 - DIVERS		
10.1 - Monographie BRGM disponible ?	Oui, janvier 2014	http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63169-FR.pdf
10.2 - Remarques spécifiques		

Acronymes : IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen

USGS : United States Geological Survey ; SCF : Société Chimique de France

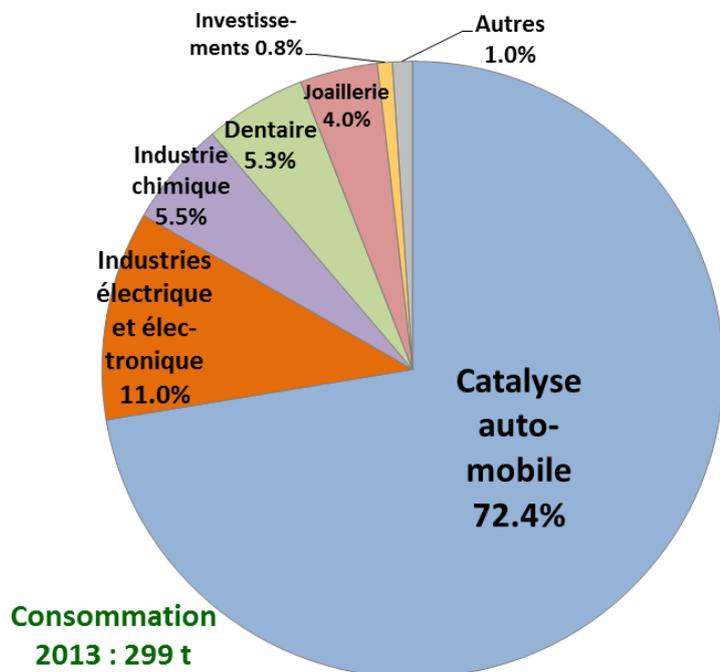
WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche)

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

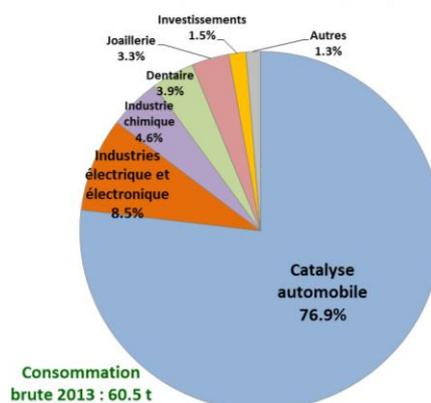
Le palladium en graphiques

USAGES

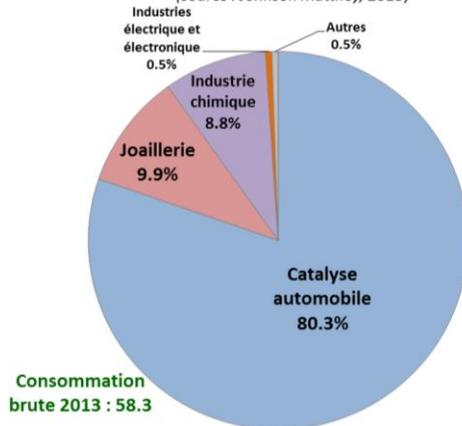
Usages mondiaux du palladium en 2013 (source : Johnson Matthey, 2013)



Usages du palladium en Europe en 2013 (source : Johnson Matthey, 2013)

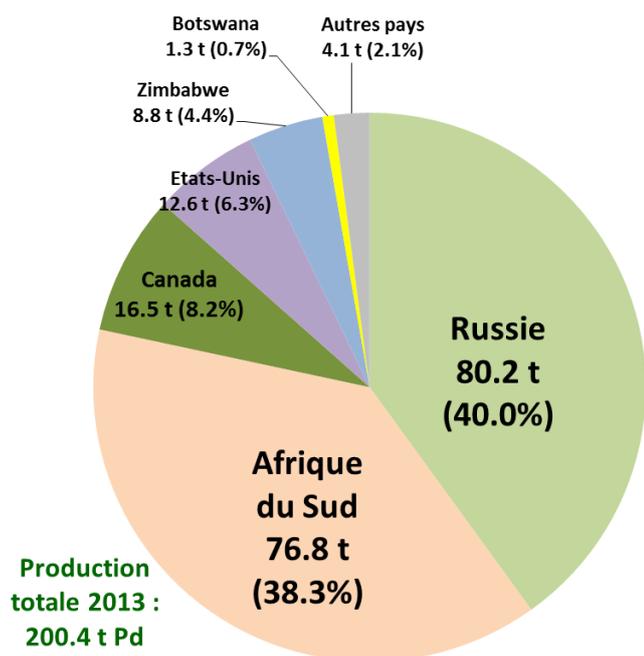


Usages du palladium en Chine en 2013 (source : Johnson Matthey, 2013)

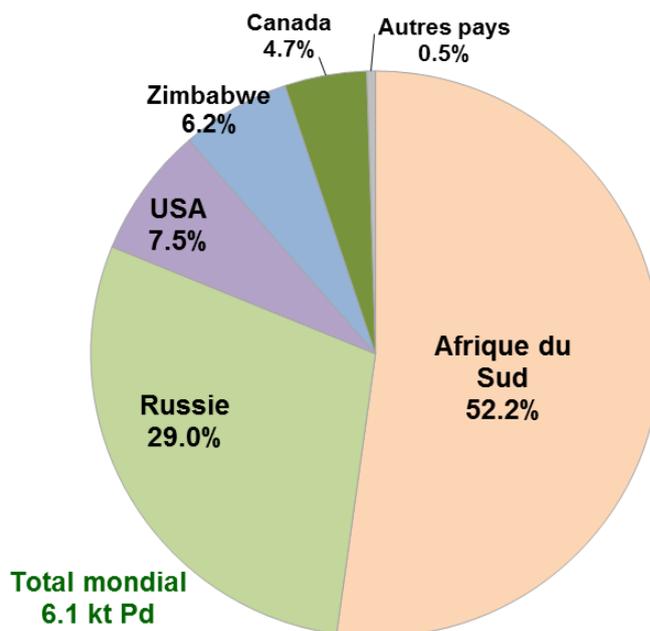


PRODUCTION ET RESERVES MONDIALES

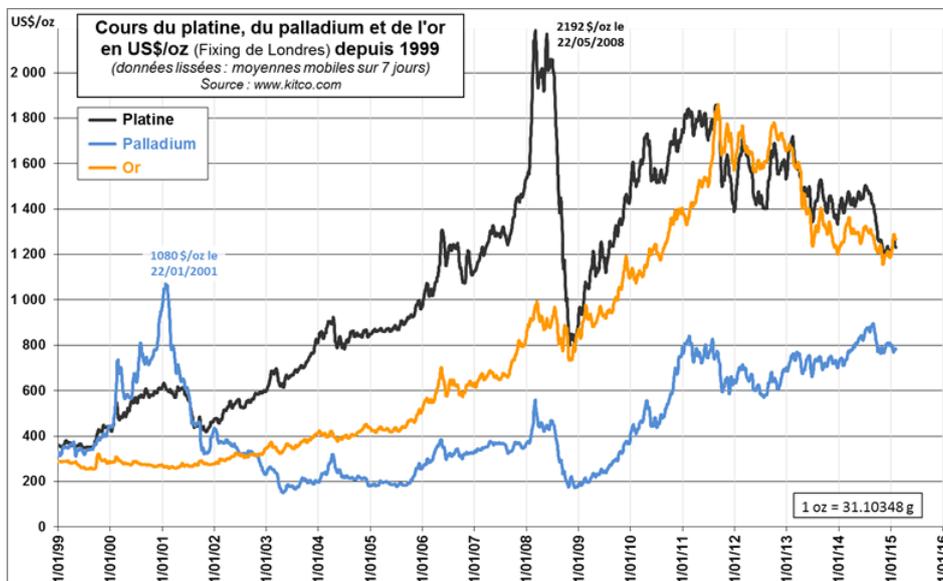
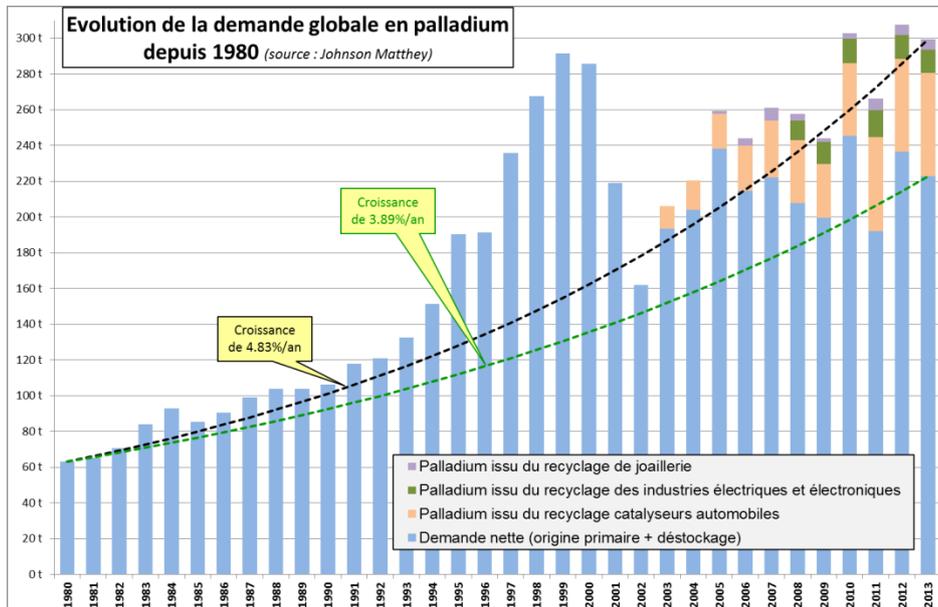
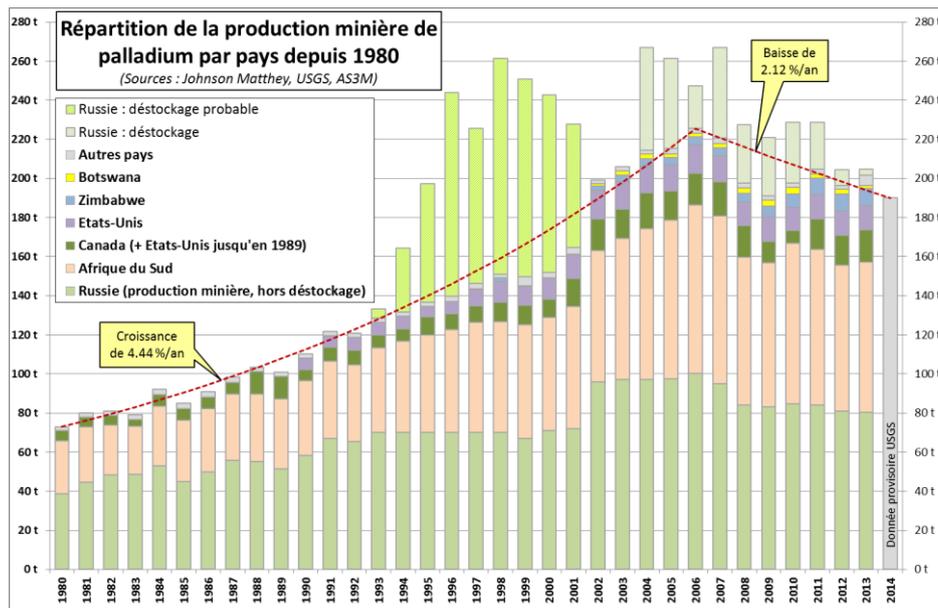
Répartition de la production minière de palladium par pays en 2013 (sources : Johnson Matthey, divers)



Répartition des réserves en palladium (compilé d'après SNL 2013)



EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



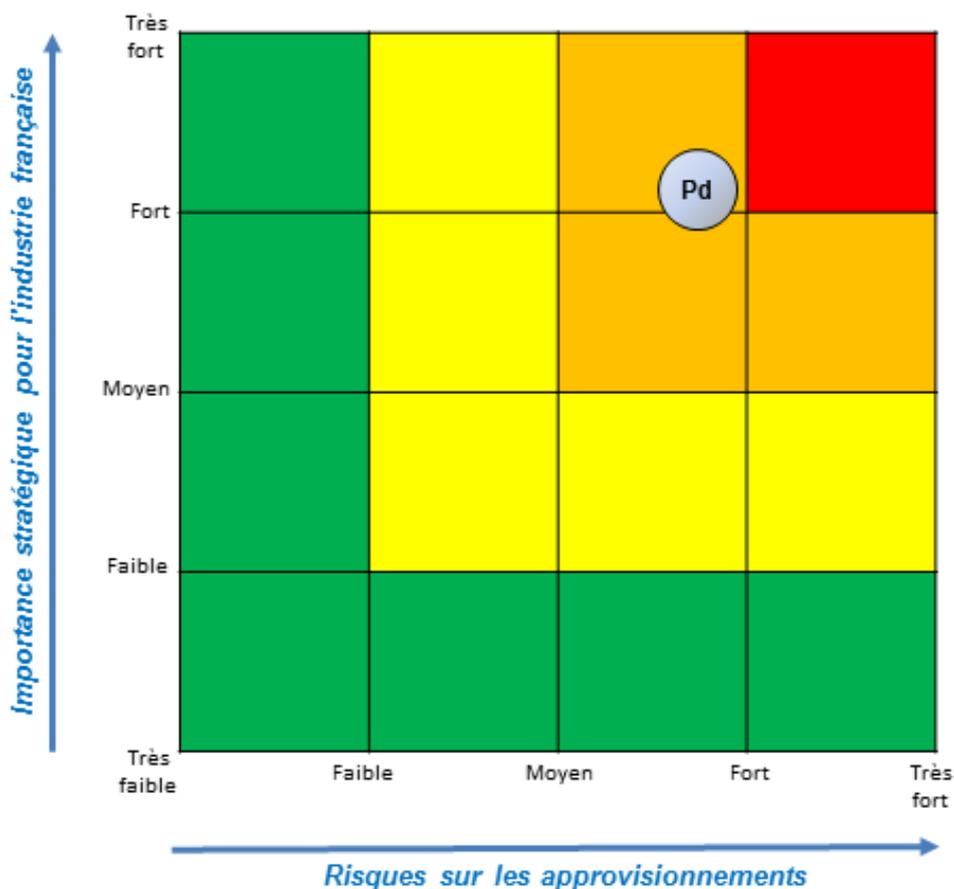
COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

Statistiques françaises d'import-export de palladium

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

	2012			2013			2014			Evolution 2013-2014		Principaux partenaires en 2014 (% des masses)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Palladium brut, en poudre ou semi-ouvré (71102100, 71102900)												
Exportations	15 468 k€	2 097 kg	7.4 €/g	17 922 k€	2 274 kg	7.9 €/g	23 868 k€	2 795 kg	8.5 €/g	33.2%	22.9%	Allemagne 63 %, Italie 21%, Suisse 9%
Importations	31 148 k€	4 371 kg	7.1 €/g	37 436 k€	3 933 kg	9.5 €/g	44 892 k€	4 966 kg	9.0 €/g	19.9%	26.3%	Suisse 50%, Allemagne 19%, Italie 12%
Solde	-15 680 k€	-2 275 kg		-19 514 k€	-1 659 kg		-21 024 k€	-2 172 kg		7.7%	30.9%	
Déchets et débris de palladium ou contenant du palladium : Pas de nomenclature douanière correspondante												
Exportations	nd	nd		nd	nd		nd	nd				
Importations	nd	nd		nd	nd		nd	nd				
Solde												

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.

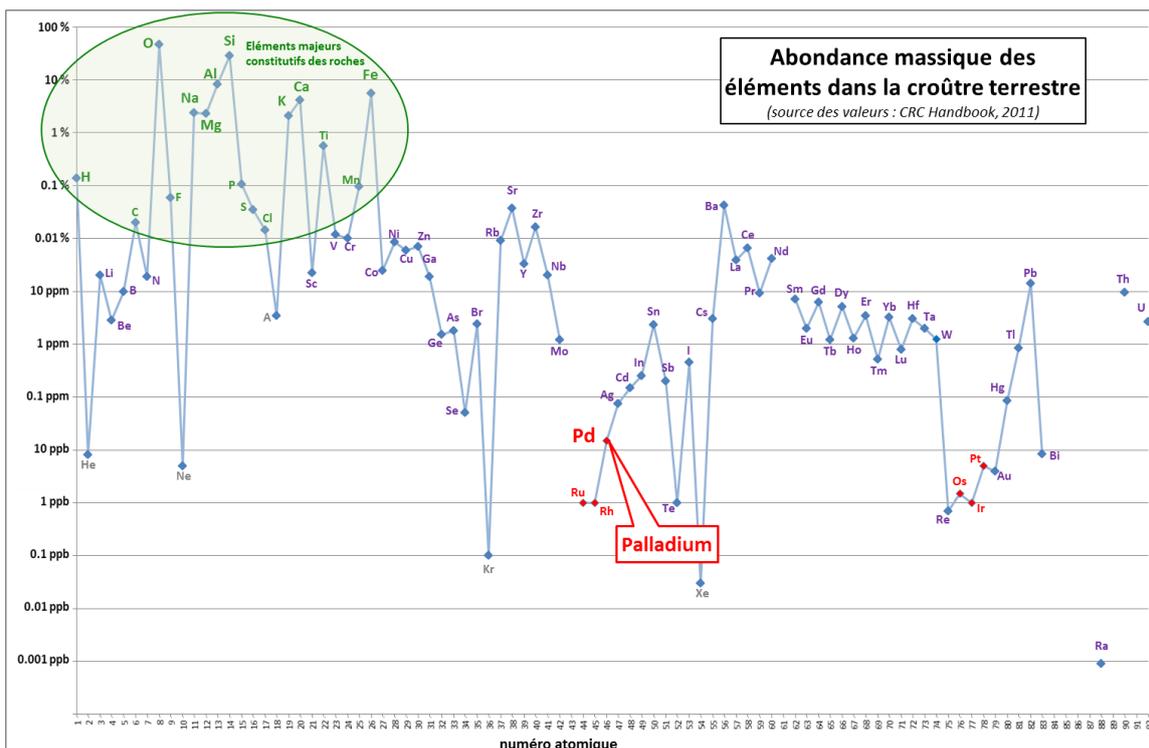
Il ne s'oxyde à l'air qu'au-dessus de 800 °C, et il se dissout lentement dans les acides forts.

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	Position du palladium (Pd) et des autres platinoïdes dans le tableau périodique des éléments																2
3	4											5	6	7	8	9	10
11	12											13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
87	88	89-103															
Lanthanides :		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
Actinides :		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	



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 minière 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 minière, 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 minière.

L'existence d'un marché noir de certaines matières premières est également à prendre en compte. Cela peut concerner par exemple des minerais de tungstène extraits dans la région des Grands Lacs Africains, en proie à des conflits armés en partie alimentés par la recherche du contrôle des ressources naturelles par des seigneurs de guerre. Ces productions échappent à l'analyse statistique.

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), Metal-Pages, 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.