

Le molybdène (Mo) – éléments de criticité

		Sources
1 - USAGES ET CONSOMMATION		
1.1 - Principaux usages dans le Monde (2015)	Usages du molybdène primaire : - Aciers pour la construction 41% - Aciers inoxydables 22% - Produits chimiques 13% - Fontes 8% - Aciers pour l'outillage 8% - Molybdène métal 5% - Superaliages 3% Le molybdène secondaire (recyclé) est utilisé pour les mêmes usages mais avec des pourcentages un peu différents.	IMOA 2016
1.2 - Principaux usages en Europe (2014)	Proportions spécifiquement européennes non disponibles (cf. répartition mondiale)	
1.3 - Principales applications dans les domaines de haute technologie	Embase dans les semi-conducteurs ; écrans LCD et tactiles ; anode pour émission de rayons X ; superalliages (turbines, aéronautique, etc.).	Panorama BRGM 2011 Plansee
1.4 - Applications dans le domaine de l'énergie	Turbines à gaz ; Substrat pour cellules photovoltaïques CIGS	Panorama BRGM 2011
1.5 - Consommation (2015)	230 kt Mo primaire en 2015 (IMOA, 2016) ; 330 kt Mo total en 2013 (IMOA, 2015)	IMOA
1.6 - Perspectives d'évolution de la consommation mondiale	La consommation de molybdène devrait connaître une croissance modérée.	
2 - PRODUCTION MONDIALE ET RESSOURCES		
2.1 - La substance est-elle un sous-produit	Environ 50% de la production comme produit principal (Chine, USA pro parte) ; Environ 50% de la production comme sous-produit ou co-produit du cuivre (Amérique Latine, Canada, Etats-Unis pro parte, etc.).	Roskill 2012
2.2 - Métaux principaux dont la substance est un sous-produit ou co-produit	Cuivre (Porphyries à Cu du Chili et du Pérou) ; Mo peut aussi être un sous-produit du tungstène (marginal).	
2.3 - Production minière mondiale (2014)	298,5 kt (Mo contenu)	WMD
2.4 - Principaux pays producteurs miniers en 2014	Chine 41% ; Etats-Unis 23% ; Chili 16% ; Pérou 6% ; Mexique 5%	WMD
2.5 - Concentration géographique de la production minière	Concentration moyenne (IHH de 0,25 en 2014)	
2.6 - Variation sur 10 ans de la concentration de la production minière mondiale	En 10 ans (2004-2014), la Chine est passée de 24 à 41% tandis que le Chili a vu sa production diminuer de 10%. La concentration moyenne de la production minière mondiale a peu évolué (IHH de 0,20 en 2004).	WMD
2.7 - Production métallurgique mondiale primaire	Non publiée, estimée à environ 260 kt en 2015	IMOA
2.8 - Production métallurgique mondiale secondaire	86 kt en 2013	IMOA 2015
2.9 - Principaux pays producteurs métallurgiques en 2009	Chine, Chili, Etats-Unis (<i>manque de données chiffrées récentes</i>)	
2.10 - Concentration géographique de la production métallurgique	Concentration moyenne (IHH de 0,20 en 2009)	Roskill, 2010
2.11 - TCAM lissé sur 5 ans de la production minière sur 30 ans (1984-2014)	+ 3,4% /an	WMD
2.12 - TCAM lissé sur 2 ans de la production minière sur 10 ans (2005-2015)	+ 7,1% /an	WMD
2.13 - Réserves connues en 2015	11 Mt (équivalent à 37 ans de production au rythme de 2014)	USGS 2016
2.14 - Evolution des réserves	Réserves USGS en 1994 : > 200 ans de la production de 1994 Réserves USGS en 2015 : 37 ans de la production de 2014	USGS 2017
2.15 - Principaux pays détenteurs de réserves	Chine 39% ; Etats-Unis 25% ; Chili 16%	USGS 2016
2.16 - Concentration géographique des réserves minières	Concentration modérée des réserves (IHH de 0,24 en 2015)	
2.17 - Perspectives d'évolution de la production	La production de molybdène devrait pouvoir répondre à une demande même croissante à court-moyen terme (Nombreux projets miniers avancés, diversité des acteurs et des pays producteurs, etc.)	
3 - SUBSTITUABILITE		
3.1 - Potentiel de substitution dans les principaux usages	En raison d'une offre variée et d'un prix relativement faible, le molybdène est peu substitué dans ses usages utilisant ses qualités spécifiques (résistance aux températures élevées, incompressibilité, dilatation thermique faible, haute conductivité thermique et électrique etc.).	
4 - RECYCLAGE		
4.1 - Taux de recyclage	- Recyclage en fin de vie : 30%, selon UNEP 2011 (variable selon les usages) ; - Part du secondaire dans les approvisionnements : 26% en 2013 (IMOA, 2015)	UNEP, IMOA
5 - PRIX		
5.1 - Etablissement des prix	Coté au LME (London Metal Exchange) depuis 2010	
5.2 - Prix moyen en 2016 (janvier à novembre)	14,15 \$/kg (Mo comptant LME)	LME
5.3 - Ecart-type relatif des prix sur 1 an (décembre 2015 - novembre 2016)	+/-13 % (Mo comptant LME)	LME

Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le molybdène - décembre 2016

		Sources
5.4 - Evolution du prix sur 1 an (moyenne déc. 2015-nov.2016/moyenne déc.2014-nov.2015)	- 9,4 % (Mo comptant LME)	LME
5.5 - Evolution du prix depuis 2002-2003 (moyenne janv.-nov.2016) / moyenne sur 2 ans 2002-2003)	+38 % (Oxyde Technique de Molybdène) (Pas de cotation LME avant 2010)	Metal Pages
5.6 - Ordre de grandeur de la valeur de marché de la production métallurgique annuelle	4,2 G\$ (300 kt (production totale 2014) x 14 150 \$/t (prix moyen 2016))	
6 - RESTRICTIONS AU COMMERCE INTERNATIONAL, REGLEMENTATIONS		
6.1 - Restrictions au commerce international	Pas de restrictions de la part des pays producteurs majeurs	
6.2 - Réglementation REACH	31 composés du molybdène sont concernés	
7 - PRODUCTION FRANCAISE ET RESSOURCES		
7.1 - Production minière française 2015	0	
7.2 - Production minière française historique	Environ 22 tonnes produites entre 1942 et 1944 à Château-Lambert (70)	
7.3 - Part dans la production minière mondiale 2015	0%	
7.4 - Ressources évaluées en France métropolitaine	Les ressources en France métropolitaine sont très modestes, avec une demi-douzaine de gîtes : - Beauvain (61) : porphyry à Cu et Mo érodé, ressource évaluée à 42 000 t Mo (teneur de 0,02 à 0,03% Mo) ; - Breitenbach (67) : indice de molybdène de type porphyry, non évalué mais de petite taille ; - Présence de molybdène associée à des gîtes de tungstène (Coat-an-noz (22), Le Viaka (12), Neuf-Jours (19)).	
7.5 - Production métallurgique française	0	
8 - LA FILIERE INDUSTRIELLE EN FRANCE		
8.1 - Entreprises minières françaises	0	
8.2 - Entreprises métallurgiques en France	0	
8.3 - Entreprises de produits intermédiaires en France	<ul style="list-style-type: none"> - Erasteel (www.erasteel.com), de la branche Alliages d'Eramet (www.eramet.fr), produit des aciers rapides au molybdène (1 à 9% Mo). Sites de production à Commentry (03) et Champagnolles (39) ; - Aubert&Duval (www.aubertduval.fr), de la branche Alliages d'Eramet, produits des aciers, inox, alliages et superalliages au molybdène. Sites de production aux Ancizes (63), Issoire (63), Imphy (58), Firminy (42) ; - ArcelorMittal (http://corporate.arcelormittal.com), basée au Luxembourg, possède une douzaine de sites de production en France, et produit divers aciers dont des aciers au molybdène ; - Plansee Tungsten Alloys (74 Saint Pierre-de-Faucigny), anciennement Cime-Bocuze, filiale du groupe autrichien Plansee (www.plansee.com), produit des poudres, cibles de puvérisation et alliages de molybdène ; - Axens (92, Reuil-Malmaison, www.axens.net) produit des catalyseurs au molybdène, en particulier pour l'hydrocrackage ; - A.m.p.e.r.e. Alloys (95, Saint Ouen l'Aumône, www.amperealloys.com) distribue des métaux non-ferreux et ferro-alliages ; - Etc. 	
8.4 - Industries françaises aval dépendantes de cette matière première	Construction, énergie, aéronautique, raffinage, peintures, lubrifiants, électronique, réfractaires.	
9 - COMMERCE EXTERIEUR ET CONSOMMATION FRANCAISE		
9.1 - Commerce extérieur français	Déficit commercial de 99,5 M€ en valeur en 2015 (en baisse de 22,7% sur 1 an) et de 6 815 t brutes (en hausse de 3,2% sur 1 an) pour le molybdène et ses composés. On notera un solde exportateur de déchets et débris de molybdène nettement excédentaire en tonnage (+312 t en 2015) mais fortement déficitaire en valeur (-17 M€), en raison de prix d'export de 1,1 €/kg et d'import de 23,9 €/kg.	
9.2 - Consommation française apparente en 2015 (production + imports - exports)	Production + imports - exports de 6 815 t brutes en 2015, mais chiffre peu significatif puisque basé sur des nomenclatures douanières regroupant des produits et composés dont les teneurs en Mo diffèrent fortement ou ne sont pas renseignées.	
9.3 - Recyclage en France	Pas de production métallurgique secondaire en France. Quelques sociétés impliquées dans certaines étapes du recyclage : - Eurecat (07 La Voulte-sur-Rhône, avec implantations en Asie et en Amérique du Nord, www.eurecat.com) régénère des catalyseurs au molybdène usagés ; - Aerometal (71 Gergy, www.aerometal.fr) récupère des scraps d'alliages et superalliages au molybdène et les conditionne pour les métallurgistes ;	
10 - DIVERS		
10.1 - Panorama BRGM disponible ?	Oui, Panorama BRGM 2010 publié en 2011	http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60204-FR.pdf
10.2 - Remarques spécifiques		

Acronymes : ECHA : European Chemicals Agency ; IHH : Indice d'Herfindahl-Hirschmann ; IMO A : International MOlybdenum Association ; LME : London Metal Exchange ; 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 ; WMD : World Mining Data (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Autriche)

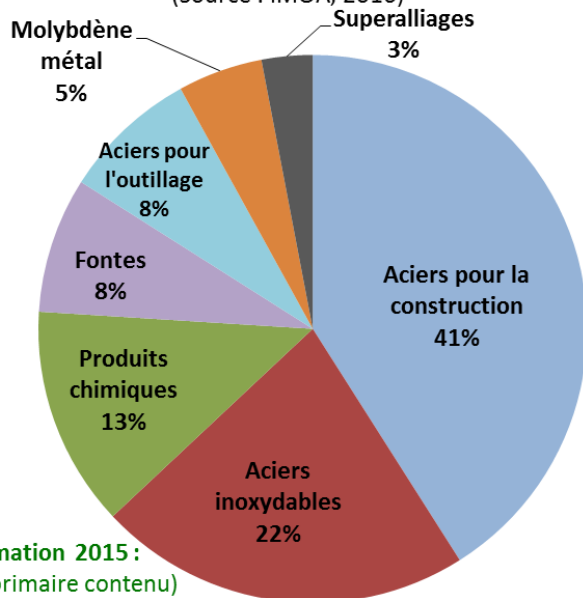
Note : Détails et explications sur l'obtention et la lecture des champs à consulter sur le rapport BRGM/RP-64269-FR

Le molybdène en graphiques

USAGES

Usages du molybdène primaire en 2015
par produit intermédiaire

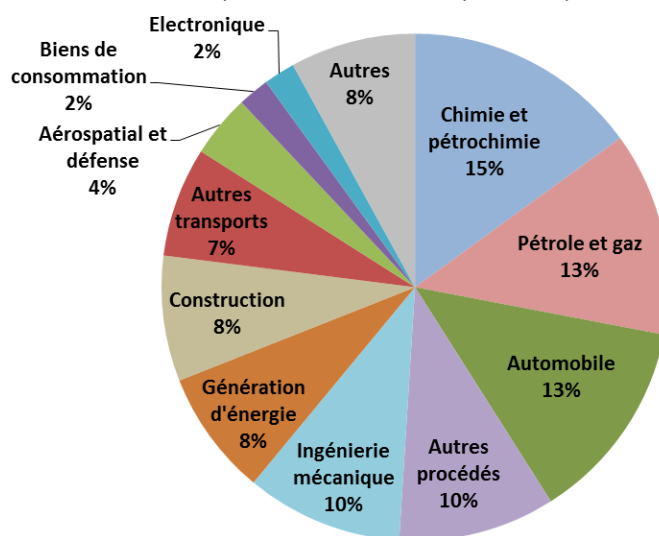
(Source : IMOA, 2016)



Consommation 2015 :
230 kt (Mo primaire contenu)

Répartition indicative des usages
du molybdène par secteur final

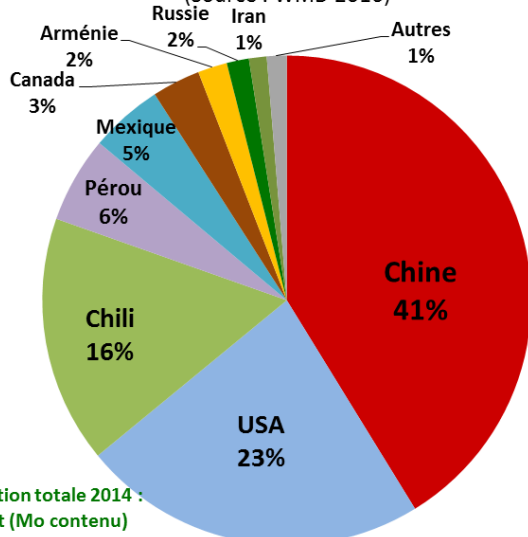
(Source : BRGM 2011 d'après IMOA)



PRODUCTION ET RESERVES MONDIALES

Répartition de la production minière de molybdène en 2014

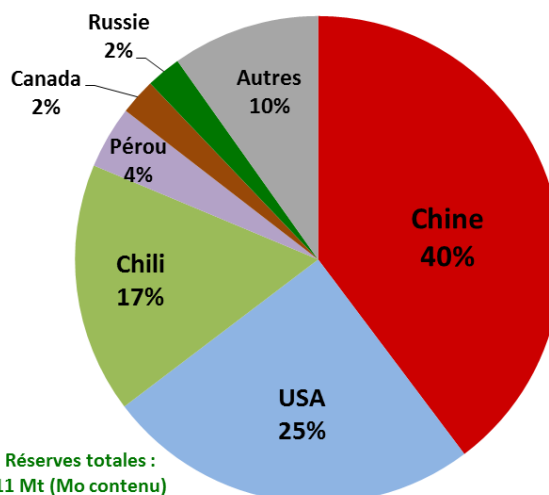
(Source : WMD 2016)



Production totale 2014 :
298 kt (Mo contenu)

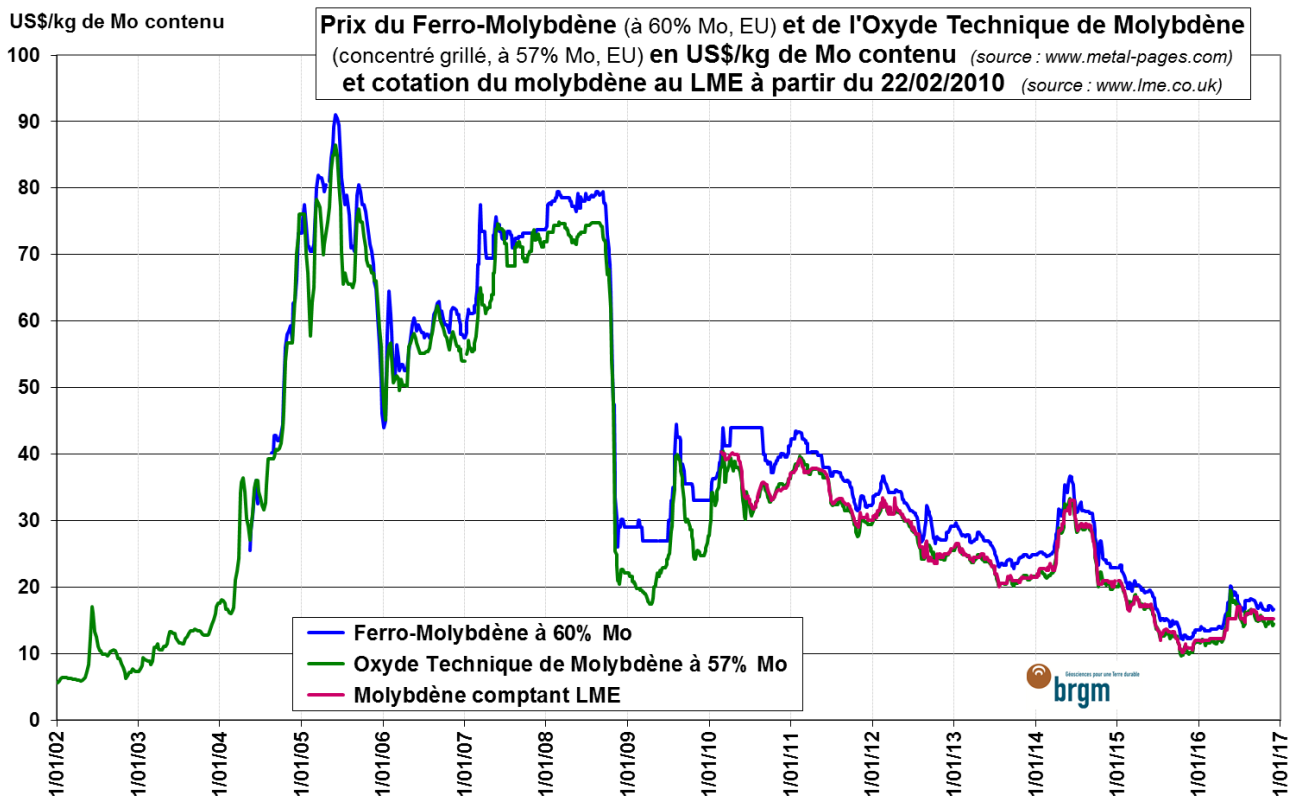
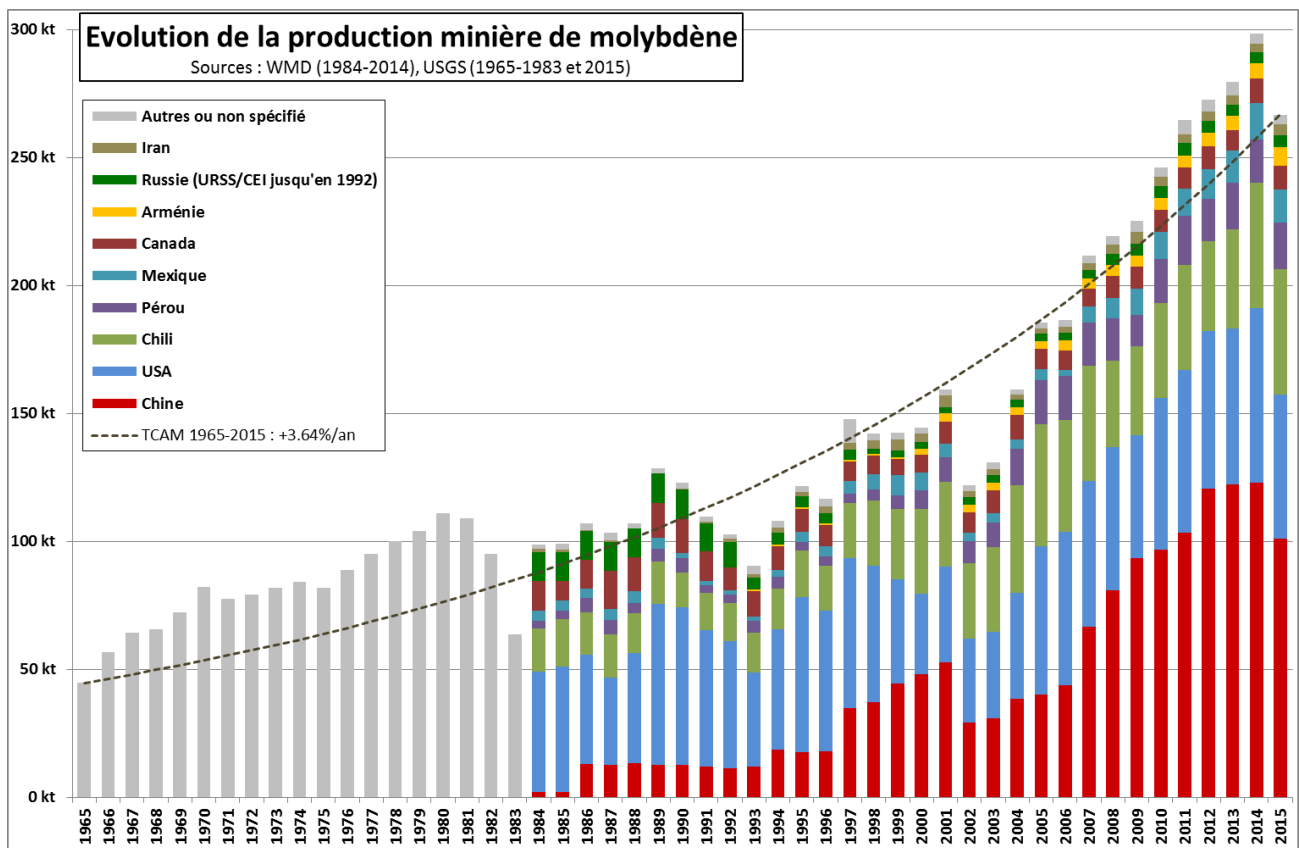
Répartition des réserves de molybdène en 2015

(Source : USGS, 2016)



Réserves totales :
11 Mt (Mo contenu)

EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES PRIX



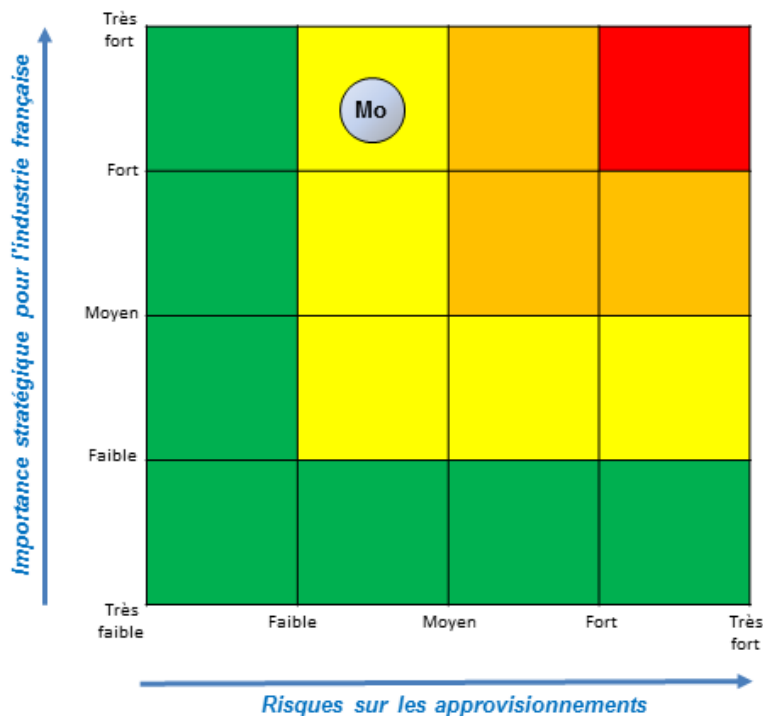
COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE

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

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

	2014			2015			Evolution 2014-2015		Principaux partenaires en 2015 (% des tonnages)
	Valeur	Masse	val.unit.	Valeur	Masse	val.unit.	En valeur	En masse	
Minerais de molybdène et leurs concentrés, grillés ou non (26131000 et 26139000)									
Exportations	998 k€	157 t	6.4 €/kg	459 k€	29 t	15.8 €/kg	-54.0%	-81.5%	Pays-Bas 48%, Allemagne 38%, Belgique 10%
Importations	26 459 k€	2 228 t	11.9 €/kg	20 114 k€	2 266 t	8.9 €/kg	-24.0%	1.7%	Chili 55%, Belgique 22%, Mexique 11%
Solde	-25 461 k€	-2 071 t		-19 655 k€	-2 237 t				
Ferromolybdène (72027000)									
Exportations	8 595 k€	706 t	12.2 €/kg	5 489 k€	478 t	11.5 €/kg	-36.1%	-32.3%	Allemagne 51%, Italie 17%, Espagne 9%
Importations	62 456 k€	4 088 t	15.3 €/kg	36 296 k€	3 856 t	9.4 €/kg	-41.9%	-5.7%	Belgique 30%, Australie 18%, Roy.-Uni 13%
Solde	-53 861 k€	-3 382 t		-30 807 k€	-3 378 t				
Oxydes et hydroxydes de molybdène (28257000)									
Exportations	454 k€	22 t	20.6 €/kg	673 k€	35 t	19.2 €/kg	48.2%	59.1%	Pays-Bas 57%, Inde 23%
Importations	16 600 k€	1 128 t	14.7 €/kg	19 236 k€	1 403 t	13.7 €/kg	15.9%	24.4%	Pays-Bas 58%, Chili 18%, Chine 14%
Solde	-16 146 k€	-1 106 t		-18 563 k€	-1 368 t				
Molybdène métal (brut, poudres, barres, profilé, tôles, bandes, feuilles, ouvrages) (81029400, 81021000, 81029500, 81029900)									
Exportations	515 k€	23 t	22.4 €/kg	943 k€	398 t	2.4 €/kg	83.1%	1630.4%	Inde 94%
Importations	7 454 k€	168 t	44.4 €/kg	14 377 k€	542 t	26.5 €/kg	92.9%	222.6%	Allemagne 28%, Chine 27%, Belgique 14%
Solde	-6 939 k€	-145 t		-13 434 k€	-144 t				
Déchets et débris de molybdène (sauf cendres et résidus contenant du molybdène) (81029700)									
Exportations	1 344 k€	1 000 t	1.3 €/kg	1 136 k€	1 073 t	1.1 €/kg	-15.5%	7.3%	Pays-Bas 77%, Allemagne 21 %
Importations	21 455 k€	899 t	23.9 €/kg	18 201 k€	761 t	23.9 €/kg	-15.2%	-15.4%	Allemagne 60%, Chine 20%
Solde	-26 400 k€	101 t		-17 065 k€	312 t				
Cumul des produits bruts et composés de molybdène									
Solde	-128 807 k€	-6 603 t		-99 524 k€	-6 815 t		-22.7%	3.2%	

CRITICITE DU MOLYBDÈNE



LE MOLYBDÈNE, PROPRIETES

Quelques propriétés du molybdène

Numéro atomique : 42
 Masse atomique : 95,94
 Température de fusion : 2 617 °C
 Température d'ébullition : 4 612 °C
 Densité : 10,2
 Dureté Mohs : 5,5
 Abondance naturelle : 1,2 ppm

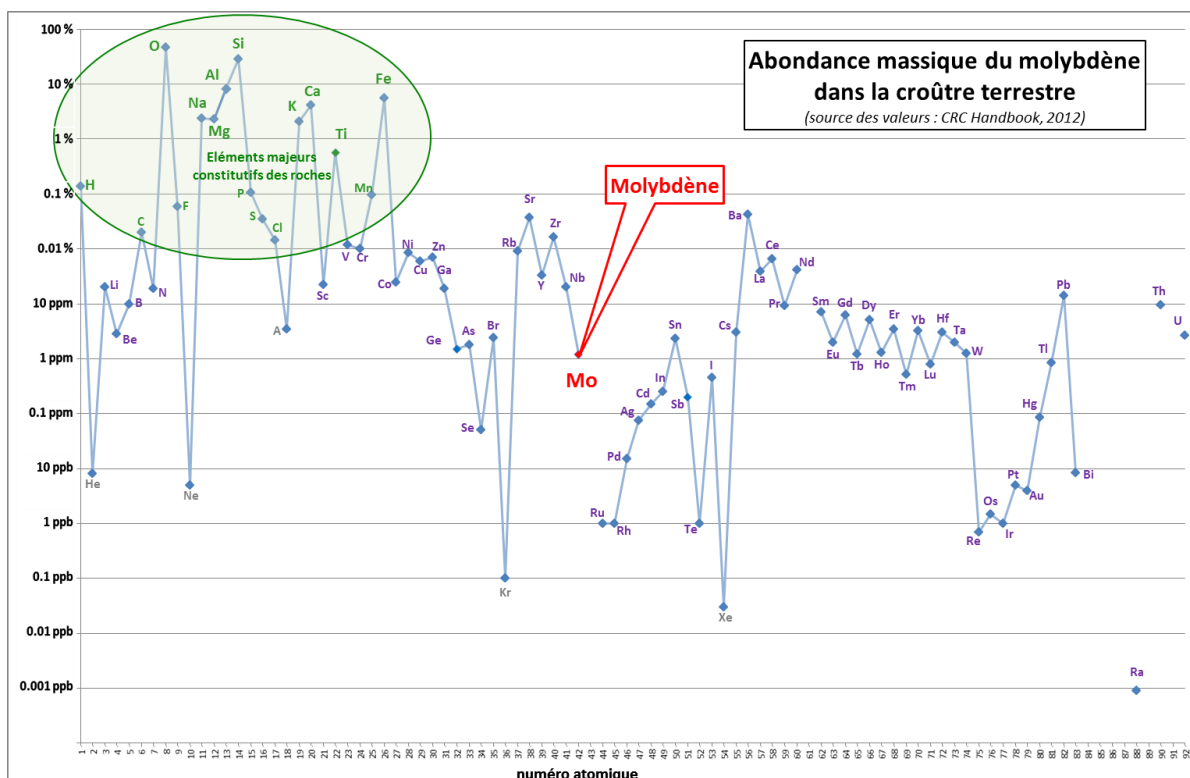
Le molybdène est un métal de transition, réfractaire, à faible coefficient de dilatation thermique, à bonnes conductivités thermique et électrique. Il résiste bien à la corrosion.

Le molybdène principalement utilisé dans les ferro-alliages (80 % de la consommation), dans les superalliages, comme catalyseur dans l'industrie chimique et dans la filière électrique.

Sous forme de composés, il est utilisé dans les lubrifiants, les peintures et pigments, etc. C'est aussi un oligo-élément (micronutriment végétal, animal et humain).

Position du molybdène (Mo) 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 molybdène (Mo) 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 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 (Birmanie, etc.).

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.