



Les filières industrielles de Haute Technologie dépendent étroitement d'une large palette de métaux stratégiques : NTIC (Ta, Ge, In, Ga), superalliages (Re, Sc, Ta, Co), catalyse (Pt, Pd, Ru). Le BRGM, par son expérience et sa position de Service Géologique, a pour ambition de **fédérer la Recherche et le Développement autour de ces métaux** en considérant l'ensemble de leur cycle " du gisement au marché ".

Cette vocation intégratrice autour des métaux de l'avenir découle des compétences multidisciplinaires du BRGM, depuis la métallogénie, la minéralurgie et l'économie minérale, jusqu'aux aspects sociaux et environnementaux du développement durable.

Métallogénie

- ▣ Synthèses métallogéniques multi-échelles (du continent au gisement) : S.I.G. et cartes de prédictivité minière.
- ▣ Compréhension des processus de formation des gisements.
- ▣ Modélisation géologique des gisements non conventionnels en tant que nouvelles sources d'approvisionnement.
- ▣ Identification de nouveaux gisements associés aux résidus de traitements métallurgiques.
- ▣ Caractérisation minérale des minerais et spéciation ; identification de métaux valorisables.

➤ **Moyens analytiques de pointe au service de la métallogénie : analyses chimiques infra-traces, analyses chimiques in situ, isotopie, inclusions fluides, etc.**

Minéralurgie

- ▣ Expertise en procédés physiques de valorisation (broyage, gravimétrie classique et centrifuge, flottation, magnétisme) et R&D liée aux procédés de valorisation chimiques (hydrométallurgie, SX-EW).
- ▣ Expertise en biolixiviation des minerais et biotraitement des résidus solides (déchets métallurgiques, tailings, etc).
- ▣ Développement de logiciels de simulations de procédés (USIM-PAC), bilan matière (BILCO) et procédures d'échantillonnage (ECHANT).

➤ **Moyens : laboratoires (450 m²) et usine pilote (2 000 m²) pour broyage, flottation, biotechnologies, hydrométallurgie.**

Economie minérale

- ▣ Modélisations des comportements des marchés et prospective ; scénarii offre / demande.
- ▣ Cycles des métaux : dynamique des cycles, analyse des points de rupture. étude de risques par filière, impacts des innovations technologiques.

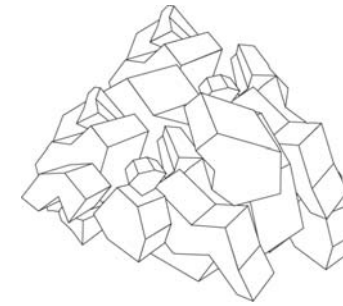
➤ **Analyses prospectives, anticipation des crises.**

Contact
metaux.hightech@brgm.fr

Y. Deschamps y.deschamps@brgm.fr

BRGM
3, avenue Claude Guillemin
BP 6009
45060 Orléans Cedex 2, France

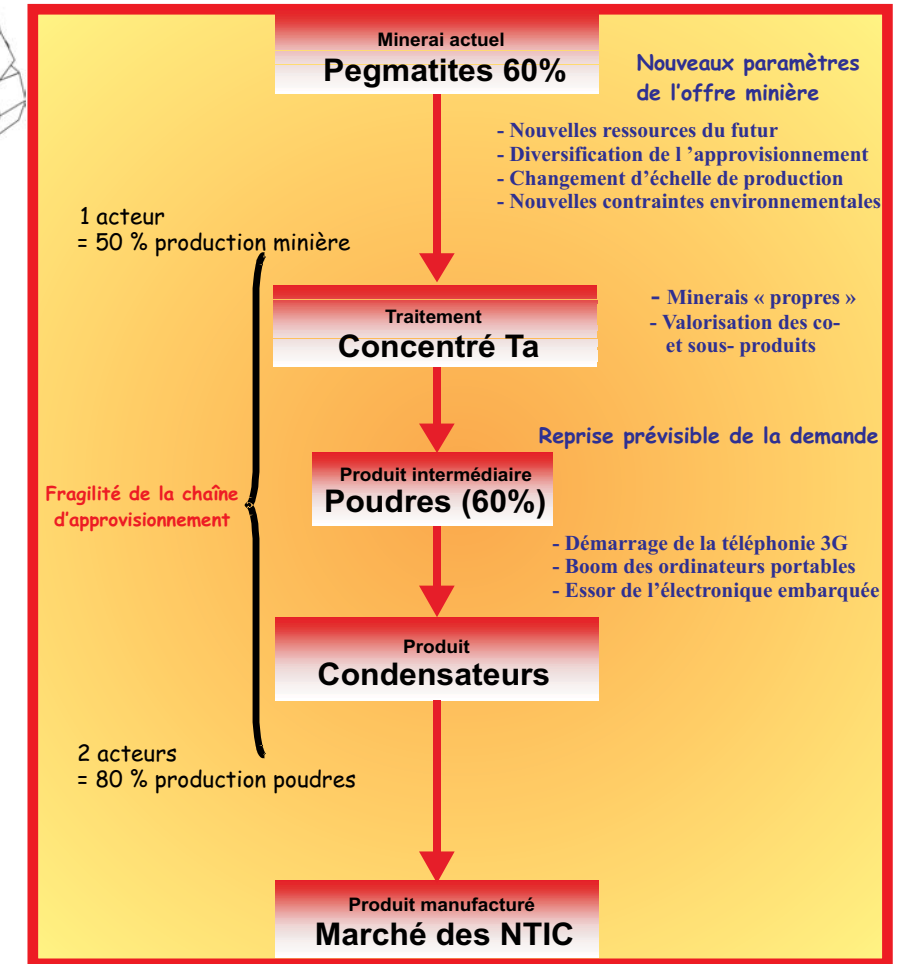
+33 (0)2 38 64 34 34



La filière industrielle des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) dépend étroitement de l'approvisionnement en métaux stratégiques : **Ta, Ge, In, Ga, etc.**

Le tantale devrait connaître à court terme une demande croissante et durable. Les changements prévisibles des paramètres de l'offre minière risquent d'affecter l'équilibre de la chaîne d'approvisionnement.

Une R&D focalisée sur le comportement géologique et/ou économique du tantale fournira des éléments en réponse à la demande future de la filière NTIC.

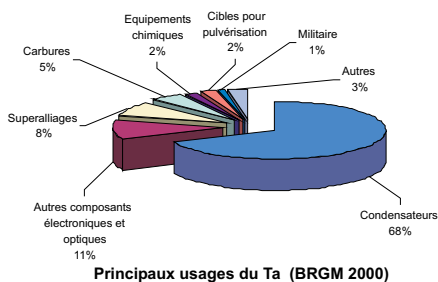


Les enjeux du tantale dans la filière NTIC

DEMANDE

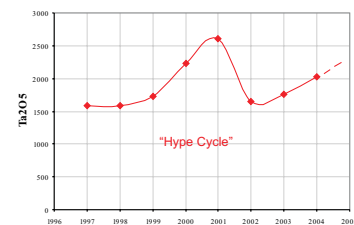
Des usages multiples

- La filière électronique, via la production de condensateurs, reste le principal consommateur de Ta sous forme de poudre.
- La filière superalliages, autre consommateur, a aussi été surprise par la crise de prix de 2000-2001.



Une reprise très probable de la consommation

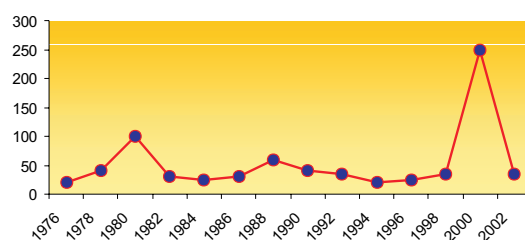
- Le marché du tantale est limité, avec une consommation de l'ordre de 2 500 t de Ta₂O₅ en 2001 : USA, Japon et UE.
- La crise de 2000-2002 : le pic de demande de 2000-2001, en relation avec le boom des NTIC, a été suivi par une régression importante.
- La reprise prévue à court terme devrait être durable, compte tenu de l'essor de l'électronique embarquée (automobile) et du développement de la téléphonie mobile 3G. La croissance moyenne annuelle est estimée entre 7 et 10 %.



Evolution de la consommation de Ta et prévisions BRGM 2002

Des cours instables

- Le tantale a connu deux crises des cours depuis 1980.
- Le prix spot du tantale a atteint une moyenne annuelle de 250 \$/lb en 2000.
- Les prix se sont effondrés depuis 2002 au niveau de 25 à 30 \$/lb.

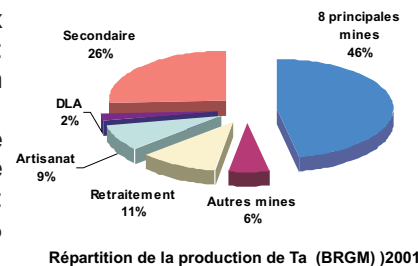


Evolution des prix du Ta aux Etats-Unis (USGS 2002)

OFFRE

Structure de l'offre

- La **production minière industrielle**, de l'ordre de 2 000 t/an de Ta₂O₅ (52 % de l'offre totale) est dépendante d'un petit nombre de producteurs (8 mines principales en Australie, Brésil, Chine, Canada, Ethiopie).
- La **production artisanale** (Afrique - région des Grands Lacs, Brésil), très réactive aux prix, joue un rôle régulateur : elle assurait 9 % de l'offre en 2001.
- La **production secondaire** (recyclage des chutes et vente de stocks stratégiques US : DLA) représente environ 30 % de l'offre.

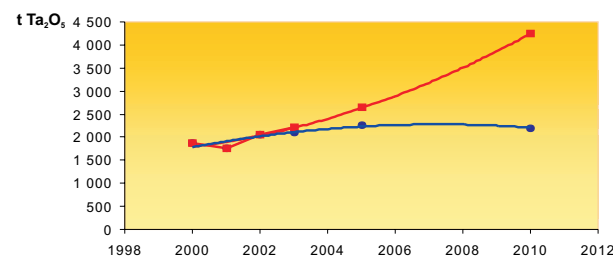


Des réserves à moyen terme largement réparties

- De **nombreuses découvertes récentes** résultent de la reprise de l'exploration liée au boom de 2000-2001.
- De **nouveaux types de gisements à problématiques spécifiques** sont en cours d'évaluation.
- Avec une croissance de 10 % par an, la **durée de vie estimée des ressources actuelles est comprise entre 15 et 30 ans.**

Une production minière en voie de mutation

- 50 % de la production minière mondiale, soit 30 % de l'offre totale repose sur seulement deux mines de la société australienne Sons of Gwalia (SoG) : Greenbushes et Wodgina
- Parmi les **projets les plus avancés**, on distingue : (i) les **pegmatites**, à forte teneur - faible tonnage, qui peuvent entrer en production à court terme et (ii) les gisements plus complexes du groupe des **granitoïdes**, à fort tonnage - faible teneur, qui pourraient **bouleverser à moyen terme la structure de l'offre minière.**
- Ce **changement d'échelle** de la production minière pourrait éliminer les crises conjoncturelles et stabiliser les cours à des niveaux compétitifs sur le long terme.



Evolution de la production minière et prévisions (BRGM 2002)

Axes R&D en économie proposés par le BRGM

- Etablissement de scénarios prédictifs du marché à court, moyen et long termes.
- Artisanat : étude socio-économique de l'exploitation de la columbo-tantalite ("coltan").
- Analyse du cycle du tantale, depuis le gisement jusqu'aux "killer applications".

TYPOLOGIE GÉOLOGIQUE DE LA RESSOURCE

Déclin des sources traditionnelles

- Les **rejets de la métallurgie de l'étain** ont été la principale source de Ta jusque dans les années 1980 ; ils ne représentent plus que 10 % de l'approvisionnement actuel.
- Les **gîtes alluvionnaires et résiduels**, petits mais riches, alimentent une mine artisanale très réactive, mais leur exploitation non contrôlée est entachée de problèmes socio-politiques aigus.

Essor de nouveaux gisements

- Leur développement a été stimulé par la forte demande et les cours élevés du tantale.
- Les **pegmatites granitiques zonées**, source primaire quasi-exclusive de Ta, sont l'objet d'un grand nombre de petits projets susceptibles d'un développement rapide. Les principaux districts sont recensés et connus.

Les ressources du futur

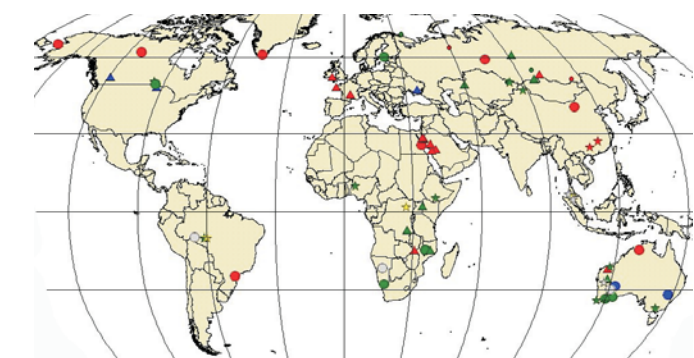
- Les **granites peralumineux spécialisés** sont le principal type qui à moyen terme, viendrait en relais des pegmatites géantes, avec des ressources considérables, mais à plus basse teneur. La valorisation des co-produits (Sn, Li) est un élément essentiel dans l'économie de ces projets.
- Les **complexes alcalins-peralcalins** sont des gisements non conventionnels de classe mondiale, à basse teneur - fort potentiel, avec Ta en sous-produit des Terres Rares, Zr, Y et Nb. Le traitement est complexe, impliquant l'élimination sur place des contaminants radioactifs (U, Th).
- Les **carbonatites à pyrochlore** pourraient à long terme devenir une source non conventionnelle de Ta, en sous-produit de Nb (REE, P, Y, etc). Le traitement dans les zones altérées enrichies est difficile et la radioactivité pénalisante. Les projets sont ajournés aux cours actuels du tantale.
- Cette évolution vers des typologies nouvelles devrait se traduire à terme par une diversification et une redistribution géographique sensible de l'offre minière.
- La qualité environnementale des minerais (nature des rejets, radioactivité) est directement déterminée par la typologie géologique des gisements sources.

Typologie géologique	Sources traditionnelles et réserves actuelles			Ressources futures		
	Rejets de la métallurgie de l'étain : scories, tailings	Pegmatites granitiques décomposées Eluvial-alluvial	Pegmatites granitiques zonées en roche	Granites peralumineux « spécialisés » à Na-Li-F (Be, Sn)	Complexes alcalins - peralcalins	Carbonatites à pyrochlore
Production actuelle de Ta	10 %	82%		8% gisements futurs	0% gisements futurs	0% gisements futurs
Tonnage	en déclin	faible	variable	élevé	élevé	élevé
Teneur	élevée	élevée	élevée	faible	faible	faible
Co- et sous-produits valorisables	Ta, Nb, Sn	Ta, Sn, Nb	Sn, Ta, Li, Be, Rb, Cs, Feld, mica, béryl, etc	Sn, Ta, Li, Nb, (Be)	REE, Zr, Y, Nb > Ta, Sn	Nb >> Ta, REE, P, Y, etc
Contaminants (radioactivité U ₃ O ₈ et ThO ₂)	variable	faible	variable	variable	forte traitement sur place	forte traitement sur place
Porteurs principaux de Ta	cassitérite, rutile Ta	tantalite	tantalite	columbite, Microlite, Cassitérite Ta	Pyrochlore (columbite)	Pyrochlore
Traitement	-	gravimétrie	gravimétrie	gravimétrie / flottation	flottation / gravimétrie	flottation
Investissement	faible	faible	faible	élevé	élevé	élevé
Durée de développement	courte	courte	courte à moyenne	longue	longue	longue

Typologie géologique des gisements de tantale (BRGM 2003)

Axes R&D en métallogénie - minéralogie proposés par le BRGM

- Qualité environnementale des minerais : identification et caractérisation des ressources du futur (gisements, districts, cartes de sensibilité, radioactivité, etc).
- Processus d'enrichissement primaires : caractérisation des zones enrichies des gisements, facteurs de contrôle, etc.
- Spéciation des minerais, traitements alternatifs, valorisation des minerais complexes.



Répartition des gisements de tantale (BRGM 2003)