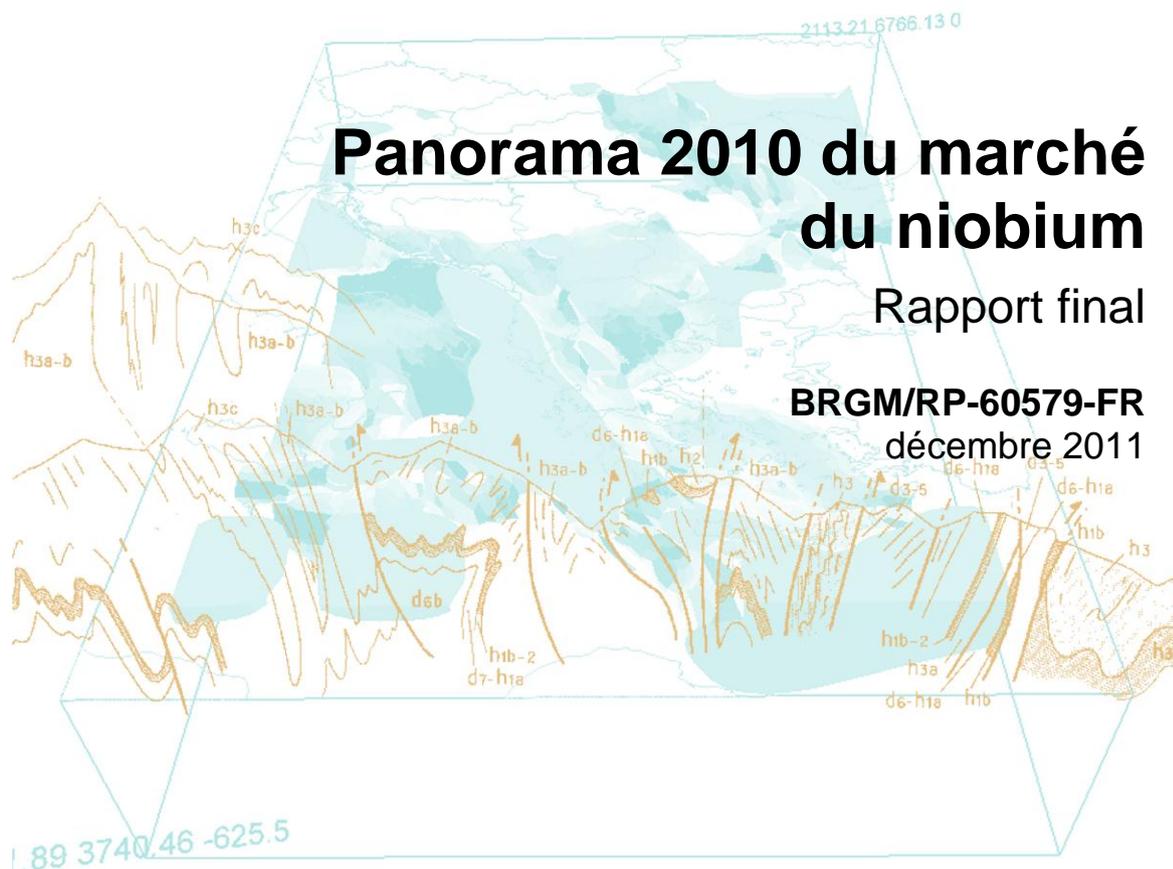


Document public



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Panorama 2010 du marché du niobium

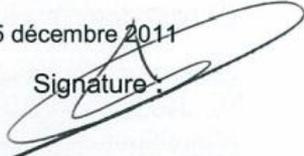
Rapport final

**BRGM/RP-60579-FR**  
décembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2010 RESA01

**Christmann P., Angel JM., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G.,  
Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J.,  
Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS).**

<p><b>Vérificateur :</b></p> <p>Nom : J.-F. Labbé</p> <p>Date : 5 décembre 2011</p> <p>Signature :</p> 
---

<p><b>Approbateur :</b></p> <p>Nom : C. Braux</p> <p>Date : 5 décembre 2011</p> <p>Signature :</p> 
--

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**

**Mots-clés** : Niobium, Stratégie économique, Stratégie des matières premières, Économie, Matières premières minérales, Industrie, Politiques publiques.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS)** (2011) - Panorama mondial 2010 du niobium. BRGM/RP-60579-FR, 51 p., 10 fig., 8 tabl.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>9</b>
1.1. TERMINOLOGIE UTILISÉE .....	9
<b>2. Le niobium.....</b>	<b>11</b>
2.1. LE NIOBIUM - GÉNÉRALITÉS.....	11
<b>3. Usages .....</b>	<b>13</b>
3.1. LES PRODUITS INTERMÉDIAIRES : FERRO-NIOBIUM ET OXYDE DE NIOBIUM.....	13
3.1.1. Le ferro-niobium .....	13
3.1.2. Autres composés de niobium .....	14
3.1.3. Usages dans l'industrie automobile et l'industrie pétrolière (aciers spéciaux HLE et inox) .....	14
3.1.4. Usages dans l'aéronautique, le nucléaire (superalliages).....	15
3.1.5. Usages dans l'électronique et les supraconducteurs (niobium métal et poudres d'oxyde de niobium) .....	16
3.1.6. Utilisations dans d'autres secteurs .....	17
<b>4. La filière industrielle .....</b>	<b>19</b>
4.1. CARACTERISATION DE LA RESSOURCE .....	19
4.1.1. Propriétés physico-chimiques.....	19
4.1.2. Minéraux et minerais du niobium.....	20
4.2. PRODUCTION MINIÈRE .....	20
4.2.1. La voie niobium-pyrochlore .....	22
4.2.2. La voie niobium-colombo-tantalite .....	23
4.2.3. Commentaire sur la production actuelle .....	23
4.2.4. Commentaire sur l'évolution prévisible de la production .....	23
4.3. RÉSERVES ET RESSOURCES .....	24
4.4. PRINCIPAUX TYPES DE GISEMENTS .....	27
4.4.1. Gisements potentiels France .....	27
4.4.2. Gisements potentiels Europe .....	28
4.4.3. Gisements potentiels Monde .....	28
4.5. DU MINÉRAI AU MÉTAL : LES ÉTAPES DE LA TRANSFORMATION.....	29
4.5.1. La métallurgie des concentrés.....	29

4.6. PRODUCTION DE PRODUITS INTERMÉDIAIRES (FERRO-NIOBIUM ET OXYDES DE NIOBIUM) .....	32
4.6.1. Les utilisateurs français .....	33
4.6.2. Autres acteurs européens.....	36
4.6.3. Les principaux acteurs dans le reste du monde.....	36
4.7. DES PRODUITS INTERMÉDIAIRES AU PRODUITS FINIS : ÉTAPES AVAL DE LA FILIÈRE.....	36
4.7.1. Principaux autres acteurs européens .....	37
4.7.2. Les principaux acteurs dans le reste du monde.....	39
<b>5. Analyse de la vulnérabilité des filières françaises et européennes.....</b>	<b>47</b>
5.1. ACCÈS À LA RESSOURCE .....	47
5.2. VULNÉRABILITÉ LIÉE À LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES RESSOURCES ET DES ACTEURS - RISQUES GÉOPOLITQUES.....	49
<b>Bibliographie.....</b>	<b>51</b>

## Liste des illustrations

Figure 1 : Place du niobium dans la table de Mendeleiev.....	19
Figure 2 : Répartition des approvisionnements en niobium par pays et par ressource minérale.....	21
Figure 3 : Évolution de la répartition de la production mondiale de niobium entre 2000 (fig. gauche) et 2007 (fig. droite).....	21
Figure 4 : Carte mondiale du potentiel minier en niobium.....	26
Figure 5 : Inventaire minier de la France – carte des indices Sn et W en relation avec des granites différenciés. ....	28
Figure 6 : Schéma du procédé de fabrication du ferro-niobium par procédé aluminothermique (Source : TIC Bulletin n° 95, sept 1998).....	30
Figure 7 : Schéma du procédé de traitement hydrométallurgique des concentrés à niobium-tantale (Source : TIC bulletin n° 93, mars 1998).....	31
Figure 8 : Evolution des exportations brésiliennes en ferro-niobium (t FeNb), Source Global Trade Atlas. ....	32
Figure 9 : Destinations et répartition des exportations de ferro-niobium du Brésil en 2007, Source Global Trade Atlas. ....	33
Figure 10 : Graphique simplifié de la filière française du niobium'( ferro-niobium) - Source CEIS. ....	34

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Utilisations des produits métallurgiques du niobium. ....	14
Tableau 2 : Principales phases minérales porteuses de niobium. ....	20
Tableau 3 : Principaux minéraux de niobium exploités. ....	20
Tableau 4 : Statistiques de l'évolution de la production minière mondiale de niobium par pays entre 2000 et 2007 (source USGS) [3]. ....	22
Tableau 5 : Ressources géologiques mondiales en niobium exprimées en contenu d'oxyde (d'après l'USGS). ....	24
Tableau 6 : Ressources géologiques des mines en activité et des projets en cours de développement. ....	25
Tableau 7 : Principaux fabricants d'alliage niobium-zirconium (Zircaloy) pour le secteur nucléaire. ....	44
Tableau 8 : Principaux fabricants mondiaux de fils supraconducteurs. ....	45



# 1. Introduction

Cette étude a été réalisée suite à la commande adressée au BRGM par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, datée du 4 janvier 2010.

## 1.1. TERMINOLOGIE UTILISÉE

- **Gisement** : concentration naturelle de minéraux économiquement exploitable.
- **Indice ou prospect** : il s'agit d'une minéralisation dont l'existence est connue grâce à des observations de terrain, éventuellement étayées par quelques sondages et petits travaux miniers (tranchées, galeries de reconnaissance...) et/ou par des observations indirectes (géochimie, géophysique) ; mais dont l'intérêt économique n'est pas encore démontré.
- **Minéral/minéraux** : désigne une substance inorganique, d'origine naturelle, caractérisée par sa formule chimique et par l'arrangement de ses atomes selon une structure géométrique particulière.
- **Minerai** : désigne une roche contenant une concentration d'un ou plusieurs minéraux en quantité suffisante pour être économiquement exploitable.
- **Minéralisation** : désigne une concentration naturelle élevée de minéraux dont l'exploitation pourrait présenter un intérêt économique. Il s'agit d'un concept plus large que le terme minerai qui, dans les gisements, désigne la partie exploitable de la minéralisation.
- **Potentiel géologique** : il s'agit d'une première estimation, basée sur des critères et des raisonnements géologiques, de l'existence de gisements dans une région ou un pays.
- **Réserves** : il s'agit de la partie de la ressource dont l'exploitabilité technologique et économique a été démontrée lors d'une étude de faisabilité.
- **Ressource** : il s'agit d'une minéralisation dont l'enveloppe et le volume ont fait objet d'une première estimation, encore imprécise, à l'aide de sondages, de petits travaux miniers, de prospection en surface et/ou d'observations indirectes (géochimie, géophysique).



## 2. Le niobium

### 2.1. LE NIOBIUM - GÉNÉRALITÉS

Ce rapport a été produit à partir de l'importante documentation technique dont dispose le BRGM, incluant notamment :

- les bases de données et rapports publics de l'United States Geological Survey ;
- les bases de données commerciales produites par le Raw Materials Group ;
- le Metals Economics Group ;
- l'étude spécialisée sur le niobium par Roskill (11<sup>ème</sup> édition, 2009).

La filière française du niobium a été étudiée par la Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique, dans le cadre d'un contrat de sous-traitance.

Le niobium (Nb) est un élément du groupe VA des éléments de transition. C'est un métal tendre et ductile qui est caractérisé par des points de fusion et d'ébullition élevés. Il possède de très fortes affinités avec le tantale [1]. À sa découverte en 1801, on lui conféra le nom de colombite (Cb), racine que l'on trouve dans le nom du minéral colombo-tantalite et son abréviation usuelle coltan. La dénomination du métal comme niobium fut adoptée en 1844 en Europe ; elle devint internationale en 1950. Cependant aux États-Unis le terme de colombite est toujours très utilisé. On retrouvera donc ces différentes dénominations du niobium dans ce rapport, car elles correspondent à des usages industriels en pratique.

Nombre atomique :	41
Masse atomique :	92,906
Point de fusion (°C) :	2 468
Point d'ébullition (°C) :	4 927
Densité (g/cm <sup>3</sup> ) :	8,57



## 3. Usages

### 3.1. LES PRODUITS INTERMÉDIAIRES : FERRO-NIOBIUM ET OXYDE DE NIOBIUM

Ce n'est qu'à partir des années 1960, lors de la découverte de vastes gisements de pyrochlore au Brésil, que le niobium a réellement pris son essor.

La production mondiale de niobium est destinée à plus de 92 % à l'élaboration de ferro-niobium destiné aux aciers spéciaux.

La répartition de la consommation est la suivante :

- 79 % pour les aciers micro-alliés (à 0,01 à 0,1 % Nb) ;
- 13 % pour les aciers inoxydables (jusqu'à 0,5 % Nb) ;
- 5 % pour les superalliages (de l'ordre de 5 % Nb) ;
- < 3 % pour les autres usages, dont Nb métal (produits contenant 50 à 100 % Nb).

La demande en niobium est donc étroitement corrélée avec la demande mondiale de ces aciers, en particulier les aciers à haute limite d'élasticité (HLE). Ces derniers sont en forte croissance dans l'industrie automobile où ils permettent d'utiliser moins d'aciers classiques<sup>1</sup>, ce qui contribue à l'allègement, et donc à diminuer la consommation de carburant. Ils permettent aussi de contrer la progression d'autres matériaux plus légers mais plus coûteux comme les alliages d'aluminium.

#### 3.1.1. Le ferro-niobium

Le ferro-niobium (standard à 65 à 70 % de niobium) sert à la fabrication de trois types d'aciers : les aciers micro-alliés (contenant < 0,05 % de niobium, mais qui représentent 79 % de la consommation de niobium) et les aciers inoxydables (avec < 1 % de niobium, 13 % de la demande). Le ferro-niobium est de plus en plus utilisé et la part de ferro-niobium dans la production mondiale d'aciers (1 300 Mt par an) est en forte croissance (de 5 g/t en 1965 à 65 g/t en 2008). La demande mondiale de ferro-niobium est en phase avec celle de l'acier, avec un taux de croissance très élevé, de l'ordre de 20 % par an (IISI). La consommation mondiale de ferro-niobium est passée de 7 000 tonnes en 1970 à 60 000 tonnes en 2005. La substitution du ferro-niobium par le ferro-vanadium est possible, notamment lorsque le prix de ce dernier dépasse 25 \$ US/kg. Cependant les fluctuations très importantes du prix du ferro-vanadium font que les utilisateurs préfèrent le ferro-niobium. Sur ce point, la stabilité du prix du ferro-niobium apparaît donc comme un point important.

---

<sup>1</sup> Le niobium permet une cristallisation plus fine et homogène de l'acier, qui augmente sa résistance de 15 MPa par 0,01 % Nb.

### 3.1.2. Autres composés de niobium

Le niobium sous forme d'oxyde Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> permet la fabrication des superalliages (3 à 5 % de niobium, 7 % de la demande) et du niobium métal qui sous sa forme de poudre métallique permet d'allier le niobium avec le hafnium, le tungstène, le tantale, le titane ou le zirconium. Le tableau 2 montre le large spectre d'utilisation des produits développés à partir de niobium.

Niobium Product	Application	Technical Attributes/Benefits
HSLA Ferro-niobium (~60%Nb) or FeNb	Niobium additive to 'high strength low alloy' steel and stainless steel for oil and gas pipelines, car and truck bodies, architectural requirements, tool steels, ships' hulls, railroad tracks.	Imparts a doubling of strength and toughness due to grain refining. Weight reduction.
Niobium oxide (Niobium Pentoxide)	- Manufacture lithium niobate for surface acoustic wave filters. - Camera lenses. - Coating on glass for computer screens. - Ceramic capacitors.	- High index of refraction. - High dielectric constant. - Increase light transmittance.
Niobium carbide	Cemented Carbide Cutting tool compositions.	High temperature deformation, controls grain growth.
Niobium powder	Niobium capacitors for electronic circuits.	High dielectric constant, stability of oxide dielectric.
Niobium metal plates, sheets, wire, rod, tubing	- Niobium Sputtering targets. - Cathode protection systems for large steel structures. - Chemical processing equipment.	Corrosion resistance, formation of oxide and nitride films. Increase in high temperature resistance and corrosion resistance, oxidation resistance, improved creep resistance, reduced erosion at high temperatures.
Niobium-titanium alloy (NITI ) Niobium-tin alloy (NbSn)	Superconducting magnetic coils in magnetic resonance imagery (MRI), magnetoencephalography, magnetic levitation transport systems, particle physics experiments.	Electrical resistance of alloy wire drops to virtually zero at or below temperature of liquid helium (-268.8° C).
Niobium-1%zirconium alloy (Nb1Zr, NbZr, Nb-1%Zr)	- Sodium vapor lamps - Chemical processing equipment	Corrosion resistance, fixation of oxygen, resistance to embrittlement.
Vacuum-grade ferro-niobium and nickel-niobium	Superalloy additions for turbine blade applications in jet engines and land-based turbines. Inconel family of alloys, superalloys.	Increase in high temperature resistance and corrosion resistance, oxidation resistance, improved creep resistance, reduced erosion at high temperatures.

Tableau 1 : Utilisations des produits métallurgiques du niobium.

### 3.1.3. Usages dans l'industrie automobile et l'industrie pétrolière (aciers spéciaux HLE et inox)

Le niobium (via le ferro-niobium) introduit dans les aciers micro-alliés, agit comme affineur de grain avec une action sur le carbone libre, le carbone précipitant sous forme de carbure de niobium.

- **Les aciers micro-alliés HLE** sont en forte croissance dans l'industrie automobile (25 % des utilisations du ferro-niobium), où ils sont utilisés en produits plats (en raison de leur bonne aptitude à la mise en forme), mais aussi pour les roues et en pare-chocs pour une meilleure sécurité (en raison de leur haute élasticité).

Ces aciers ont également comme débouché les pipelines (57 % des utilisations du ferro-niobium en 1997). Ils ont permis d'augmenter leur diamètre (multiplié par 4

depuis 1930), et de les positionner dans des conditions de plus en plus difficiles (grandes profondeurs sous-marines). La construction (usage dit structural) utilise également ces aciers (par exemple les plates-formes pétrolières soumises à de fortes contraintes).

- **Les aciers inoxydables ferritiques.** Le niobium améliore la résistance à la corrosion. L'industrie automobile les utilise notamment dans les pots d'échappement, dont la durée de vie passe ainsi de 20 000 à 60 000 km.

### 3.1.4. Usages dans l'aéronautique, le nucléaire (superalliages)

#### • L'aéronautique

L'élaboration de superalliages nécessite environ 3 000 tonnes de niobium. Ils ont pour débouchés l'aéronautique (60 % du marché), les turbines électriques au sol (15 %) et des applications des aciers contre la corrosion (25 %).

Les progrès de la motorisation aéronautique sont toujours venus de l'augmentation des températures de fonctionnement qui apporte une réduction de la consommation en carburant<sup>2</sup>. Les aubes des turbines sont les pièces les plus critiques. Les 1 600°C de la chambre de combustion font que les superalliages monocristallins à base de titane (densité de l'ordre de 9) sont des matériaux trop lourds et l'optimisation des compositions superalliages à base de nickel ne permettront pas d'atteindre les températures supérieures à 1 250 °C<sup>3</sup>.

Les superalliages sont donc à leur limite d'utilisation pour cette application. Ils céderont leur place à des matériaux plus complexes comme le siliciure de niobium : Nb<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> (81,8 % Nb - 18,2 % Si) qui offre les qualités des superalliages pour un gain de masse de 30 % et s'accommode des procédés de fabrication économique par moulage (projet européen Ultmat ou matériaux ultra-chauds pour les turbines, achevé en 2008)<sup>4</sup>.

#### • L'industrie nucléaire

Le niobium entre aussi dans l'élaboration d'autres superalliages pour la filière nucléaire, comme l'alliage M5 développé par Cezus (filiale Areva) avec moins de 1 % Nb pour les réacteurs à eau sous pression

<sup>2</sup> L'enjeu matériaux au-delà des seules températures, concerne aussi l'oxydation, les frottements mécaniques, les vibrations, la fissuration, le fluage ou creeping, etc.

<sup>3</sup> La température de paroi des aubes de turbine atteint actuellement 1 050 °C à 1 100 °C.

<sup>4</sup> <http://hathor.onera.fr/synindex/siliciure.html>

### **3.1.5. Usages dans l'électronique et les supraconducteurs (niobium métal et poudres d'oxyde de niobium)**

#### **• L'électronique**

Les condensateurs au niobium trouvent leur place entre les condensateurs au tantale et ceux à aluminium, mais la bataille de la capacitance n'est pas le seul facteur pris en compte. La résistance à la température, la pureté et la disponibilité du matériau sont également considérés.

Bien que les condensateurs au niobium soient moins performants que les condensateurs au tantale, leur demande est appelée à avoir une croissance beaucoup plus forte, car ils sont moins chers<sup>5</sup>, et les progrès de CBMM dans l'élaboration des poudres de niobium a permis une meilleure qualité des condensateurs.

C'est la crise du prix du tantale en 1999-2000 qui a poussé les producteurs et utilisateurs de poudres à réévaluer l'intérêt du niobium. Les premiers condensateurs NbO sont arrivés en 2002. On en a fabriqué 1,7 milliards d'unités en 2007.

Le NbO est considéré comme un matériau plus sûr pour les claquages et plus résistant aux flammes que les condensateurs tantale (détecteurs de sécurité) ; et les secteurs de l'électronique embarquée pour l'automobile et des ordinateurs de bureau les utilisent.

#### **• Les supraconducteurs**

Le niobium très pur en alliages avec étain ou titane est capable de produire des champs magnétiques très élevés dans les aimants supraconducteurs<sup>6</sup>.

Les supraconducteurs sont actuellement utilisés pour développer des inductions très élevées (plusieurs teslas). Ils sont essentiels pour les accélérateurs de particules (champs magnétiques intenses, coquilles supraconductrices) ainsi que pour les appareils médicaux comme la RMN (résonance magnétique nucléaire) Tous ces équipements utilisent des alliages de niobium, en particulier l'alliage Nb-Ti à 47 % de niobium, donnant de faibles champs magnétiques (< 9 teslas),

L'aimant supraconducteur est composé d'un bobinage de câble constitué de centaines à quelques milliers de filaments d'alliage de niobium dans une matrice de cuivre. La consommation mondiale d'alliages est évaluée à 100 t/an, dont la moitié pour les équipements médicaux.

---

<sup>5</sup> Le prix de la poudre de niobium pour condensateur est d'environ 100 \$/kg, bien inférieur au tantale.

<sup>6</sup> La supraconduction électrique apparaît à la température critique de 4,2°K (hélium liquide) dans le niobium pur.

- L'accélérateur de particule LHR (*Large Hadron Collider*) du CERN à Genève a nécessité 7 000 km de fil de NbTi, soit environ 500 t d'alliages supraconducteurs.
- Les gros aimants d'ITER seront en niobium-titane et niobium-étain (Nb<sub>3</sub>Sn) pour la partie du cœur (13,5 Tesla). Le plasma est confiné dans un champ magnétique créé par trois ensembles de bobines supraconductrices.

### 3.1.6. Utilisations dans d'autres secteurs

Les applications hors métallurgie sont en fortes augmentation dans différents domaines.

#### • Optique

Le pentoxyde de niobium de grande pureté est un constituant essentiel des lentilles des caméras vidéo et des lentilles ophtalmiques. Le niobiate de plomb-magnésium (ou Pb<sub>3</sub>MgNb<sub>2</sub>O<sub>9</sub>) est une électro-céramique qui entre dans la composition des condensateurs pour les circuits électroniques sous forme de frittés. Le niobiate de lithium (LiNbO<sub>3</sub>) est utilisé en optoélectronique. Sous forme de cristaux, il trouve des applications comme filtres optiques, transducteurs de haute température, détecteurs de flux de radiation, mémoires holographiques, convertisseurs de fréquence et dispositifs de guidage laser (applications militaires).

#### • Outils de coupe

On utilise également l'oxyde de niobium pour l'élaboration de poudre de carbure de niobium mélangée avec le carbure de tantale (NbC entre 10 et 40 %) ou avec les carbures de tungstène et de titane (NbC < 10 %). La concentration moyenne dans les outils est inférieure à 3 %.

#### • Verre de cristal

Développée par CBMM, l'utilisation de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en remplacement complet du PbO, dans un ratio 1/6, permet d'obtenir des qualités optiques équivalentes au cristal à base de plomb avec une amélioration des propriétés de résistance à la corrosion.

#### • Catalyseurs

Un développement très attendu est l'utilisation des catalyseurs à base de niobium pour la transformation de l'huile de palme en biocarburant (biodiesel). Les catalyseurs sont des formes hydratées de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (acide niobique), pour des réactions d'estérification des huiles de palme plus performantes que les catalyseurs actuels (acides, zéolites) tout en simplifiant le procédé.

#### • Divers

Monnaie : L'Autriche a mis en circulation une pièce de 25 euros dont le cœur est en niobium.

Bijouterie : La bijouterie fantaisie utilise le niobium dans un nombre croissant de créations (nombreuses variations de teinte obtenue par anodisation).

## 4. La filière industrielle

### 4.1. CARACTERISATION DE LA RESSOURCE

Le niobium est un métal brillant gris, ductile qui prend une couleur bleutée lorsqu'il est exposé à l'air à température ambiante pendant une longue période. Le métal commence à s'oxyder à l'air au-dessus d'une température de 200 °C [1].

Tableau périodique de Mendeleïev montrant la position du niobium (Nb) à l'atome 41, entouré d'un cercle rouge. Les éléments sont classés par numéros atomiques de 1 à 118.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H																	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		

Figure 1 : Place du niobium dans la table de Mendeleïev.

#### 4.1.1. Propriétés physico-chimiques

Le niobium présente un comportement chimique voisin de celui du tantale. Les teneurs les plus élevées sont rencontrées dans les roches ignées très différenciées et dans les complexes alcalins à carbonatites [7].

Numéro atomique :	41
Poids moléculaire :	92,9
Point de fusion (°C) :	2 477
Point d'ébullition (°C) :	4 744
Dureté :	6

#### 4.1.2. Minéraux et minerais du niobium

La majeure partie de la production (> 90 %) est issue du pyrochlore extrait des carbonatites. Le reste (10 %) est un sous-produit en même temps que le tantale à partir de granites différenciés à columbo-tantalite et étain et dans les placers associés.

On connaît près de 150 minéraux porteurs de niobium, la plupart sont des titanoniobates ou des tantalo-niobates. Commercialement, le pyrochlore est de loin le principal minéral à niobium qui est exploité (tableau 3). Outre la columbo-tantalite, il faut citer également la loparite (une variété avec cérium et titane) exploitée en Russie.

Minéral	Formule
Pyrochlore	$\text{NaCaNb}_2\text{O}_6\text{F}$
Struverite	$(\text{Ti,Ta,Nb,Fe})_2\text{O}_6$
Columbite	$(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$
Columbite-tantalite	$(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$
Tantalite	$(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$

Tableau 2 : Principales phases minérales porteuses de niobium.

#### 4.2. PRODUCTION MINIÈRE

L'association de producteurs de tantale-niobium (Tantalum-Niobium International Study Center, TIC, <http://tanb.org/>) représente, 85 à 90 % des approvisionnements mondiaux en niobium. Il existe donc peu d'incertitudes statistiques pour cette substance.

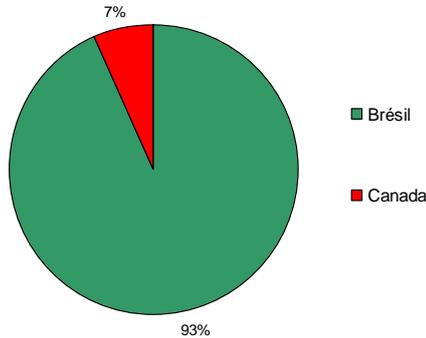
La production minière de niobium est principalement assurée à partir de deux minéraux : le pyrochlore (97 % de la production minière, figure 2) et accessoirement la columbo-tantalite (coltan, 1 % des approvisionnements mondiaux en niobium).

Minéral de niobium	$\text{Nb}_2\text{O}_5$ %	$\text{Ta}_2\text{O}_5$ %
Pyrochlore	40-65	0-2
Struverite	12-13	12-13
Colombo-tantalite (Coltan)	25-60	20-50

Tableau 3 : Principaux minéraux de niobium exploités.

La production minière exprimée, en oxyde de niobium contenue, est passée, à l'échelle mondiale, de 39 775 t en 2004, à 88 445 t en 2008 ; soit un accroissement de 122 % en l'espace de quatre ans, dans le sillage de la demande sidérurgique.

**87 800 t de pyrochlore en 2007**



**463 t de coltan en 2007**

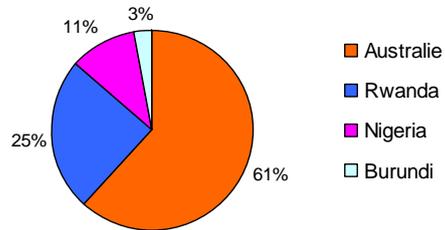


Figure 2 : Répartition des approvisionnements en niobium par pays et par ressource minérale.

À lui seul, pendant la même période, le Brésil, a augmenté sa production de 162 %, celle-ci passant de 31 174 t à 81 922 t (voir tab. 4 et fig. 3). Ce pays a ainsi vu augmenter sa part dans la production mondiale de 88 % à 92 %.

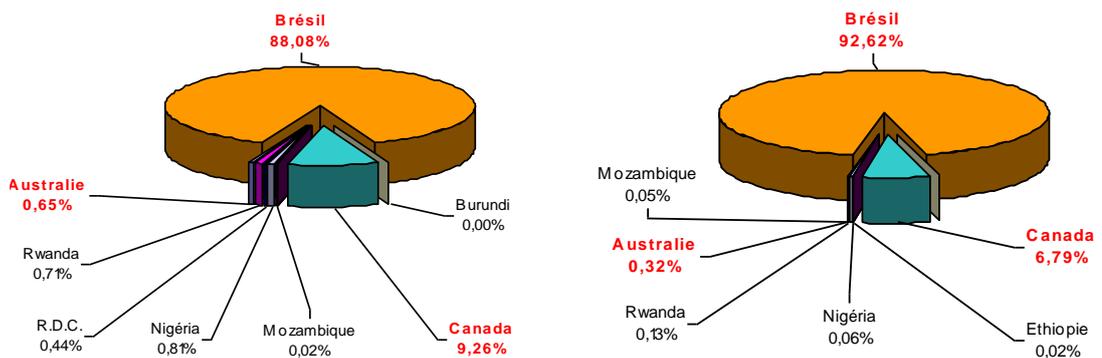


Figure 3 : Évolution de la répartition de la production mondiale de niobium entre 2000 (fig. gauche) et 2007 (fig. droite).

En 2007, deux pays le Canada et le Brésil assuraient 99,4 % de la production mondiale. La Chine, n'est qu'un producteur secondaire, en sous-produit de la production de tantale (colombo-tantalite). Le pays est donc dépendant de ses importations en provenance du Brésil et secondairement du Canada. D'après Roskill (2009) [4], les importations chinoises de ferro-niobium auraient atteint 23 585 t en 2008.

La production de niobium montre deux filières bien séparées :

- Prédominante : l'exploitation de niobium comme *produit principal* à partir de pyrochlore, après récupération de l'oxyde de niobium par hydrométallurgie, procédé développé à partir des années 1980 au Brésil.
- Minoritaire : la récupération d'oxyde de niobium *en sous-produit* du traitement de la mine du tantale ou de l'étain, voire des terres rares (récupération au stade de la fonderie).

Les principales caractéristiques de l'organisation de ces deux voies en termes d'acteurs est présentée ci-après (tableau 4).

Evolution de la production minière mondiale de niobium par pays entre 2000 et 2007										
source : USGS; en t de Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>										
	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007	minéral de niobium	remarques
Australie	229	329	415	329	286	286	286	286	colombo-tantalite	sous-produit
<b>Brésil</b>	<b>31 174</b>	<b>39 039</b>	<b>41 306</b>	<b>36 994</b>	<b>34 019</b>	<b>56 024</b>	<b>68 850</b>	<b>81 922</b>	<b>pyrochlore</b>	<b>produit principal</b>
Burundi	n.d.	n.d.	n.d.	6	7	11	13	n.d.	colombo-tantalite	sous produit
<b>Canada</b>	<b>3 260</b>	<b>4 547</b>	<b>4 768</b>	<b>4 631</b>	<b>5 149</b>	<b>5 299</b>	<b>5 947</b>	<b>6 009</b>	<b>pyrochlore</b>	<b>produit principal</b>
	16	21	17	16	14	14	14	n.d.	colombo-tantalite	sous produit
Ethiopie	10	7	9	9	10	13	16	14	colombo-tantalite	sous produit
Mozambique	7	7	9	33	124	49	41	43	n.d.	
Namibie	1	n.d.	n.d.	1	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Nigéria	286	358	393	229	57	50	50	57	colombo-tantalite	sous produit
R.D.C.	157	72	36	21	14	14	14	n.d.	colombo-tantalite	sous produit
	n.d.	n.d.	959	515	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<b>pyrochlore</b>	<b>produit principal</b>
Rwanda	252	109	43	57	90	114	114	114	colombo-tantalite	sous produit
Ouganda	1	7	4	4	4	n.d.	n.d.	n.d.	colombo-tantalite	sous produit
<b>TOTAL</b>	<b>35 393</b>	<b>44 496</b>	<b>47 959</b>	<b>42 845</b>	<b>39 775</b>	<b>61 874</b>	<b>75 345</b>	<b>88 445</b>		

Tableau 4 : Statistiques de l'évolution de la production minière mondiale de niobium par pays entre 2000 et 2007 (source USGS) [3].

#### 4.2.1. La voie niobium-pyrochlore

La première voie se caractérise par une intégration verticale forte, de l'exploitation minière au produit intermédiaire (ferro-niobium).

##### Il existe trois producteurs intégrés (du pyrochlore au ferro-niobium)

- au Brésil, la société **CBMM** (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração) exploite le gisement de niobium géant d'Araxá. C'est la plus grosse mine de niobium au monde avec une capacité de production de 84 000 tonnes de pyrochlore (à

63,4 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) qui assure plus de 80 % de la production mondiale de Nb. Les ressources d'Araxá sont estimées à plus de 465 millions de tonnes de minerai.

- au Brésil, **Anglo American** (à travers sa filiale locale Catalão de Goiás) exploite le gisement de Catalão et contrôle 10 % de part de marché. Anglo American souhaite s'en dessaisir. Iamgold a déjà annoncé n'être pas repreneur.
- au Canada, le gisement québécois de **Niobec**, exploité par IAMGOLD (IMG, 100 % Niobec), fournit 7,5 % de la production mondiale. Il a produit 4 100 t de niobium en 2009 (pyrochlore à 65,8 % de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sa marge opérationnelle indiquée est de 20 \$/kg). Les réserves sont estimées à 180 000 t de pentoxyde de niobium contenu.

#### 4.2.2. La voie niobium-colombo-tantalite

La récupération du niobium dans cette voie se fait conjointement à celle du tantale et de l'étain.

Dans cette filière, les acteurs, souvent de petite taille sont nombreux et l'ordre de grandeur des productions nationales varie de 1 à quelques centaines de tonnes, **soit moins de 1 % du marché mondial** (tableau 6).

##### *Principales sociétés productrices pour cette voie :*

- **Tanco (Canada)** : le niobium est un sous-produit de l'exploitation de tantale de la mine de Bernic Lake.

#### 4.2.3. Commentaire sur la production actuelle

Il existe une douzaine de sociétés exploitantes de minerais de niobium réparties dans le monde (tableau 8).

De loin la plus importante est la **CBBM** (Cia. Brasileira de Metalurgia e Mineração, au Brésil qui exploite le gisement géant d'Araxá et dont la capacité de production approche 100 000 t de niobium/an. La société est en pleine expansion de ses capacités.

La place prise par le Brésil dans la production de niobium primaire (près de 95% de la production) révèle sur ce seul critère une extrême criticité pour l'approvisionnement mondial. Cependant, on peut atténuer cette situation par le fait que les relations franco-brésiliennes sont très bonnes.

On ne distingue pas sur la production primaire de risques particuliers à court et moyen terme.

#### 4.2.4. Commentaire sur l'évolution prévisible de la production

La croissance de la production de niobium est calée en grande partie sur les besoins de l'industrie sidérurgique mondiale qui, après la crise de fin 2008-début 2009 a repris

le chemin de la reprise avec les effets des plans de soutien aux économies, en particulier celui mis en place par le gouvernement chinois.

Le retour de la croissance de la demande justifie le scénario où la production de niobium pourrait être multipliée par 5,8 soit près de 600 000 t/an en 2030 selon les analyses prospectives du Fraunhofer [5] ; ce qui nécessite un taux de croissance moyen annuel de la production de 9,5%.

### 4.3. RÉSERVES ET RESSOURCES

Les ressources géologiques mondiales en niobium telles qu'elles ont pu être établies par l'USGS [3] sont présentées dans le tableau 5.

Avec une estimation de près de 25 Mt en Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu, ces ressources représentent plus de **200 années** de consommation au rythme actuel de la consommation. À lui seul, le Brésil représentant près de 80 % de ce potentiel.

	contenu Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Mt)
Australie	0,32
Brésil	20
Canada	0,092
Chine	1
Egypte	0,014
ex C.E.I.	3,5
USA	0,15
<b>total</b>	<b>25,076</b>

Tableau 5 : Ressources géologiques mondiales en niobium exprimées en contenu d'oxyde (d'après l'USGS).

Cette estimation, qui correspond à un ordre de grandeur des ressources géologiques potentielles (il ne s'agit pas de réserves certifiées donc économiques), permet néanmoins de souligner l'écrasante prédominance du Brésil pour les approvisionnements mondiaux. Le tableau 6 suivant présente un état des mines productrices et des projets en cours de développement permet de mettre en perspective les approvisionnements des dix prochaines années.

Si l'on exclut la carbonatite d'Araxá au Brésil qui pourrait à elle seule approvisionner le monde entier pour les 100 prochaines années, les projets en cours correspondent majoritairement à des exploitations à colombo-tantalite où le niobium est un sous-produit. La viabilité économique de ces projets repose sur l'économie du tantale voire les terres rares ou l'uranium.

production	exploitation	mineral	société	ressources Mt	teneur en Nb2O5 (kg/t)	potentiel Nb2O5 (Mt)	statut Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
							produit principal	sous- produit	autres produits
<b>Brésil</b>	Catalao	pyrochlore	Anglo-american	78,8	12,4	0,977	X		
<b>Brésil</b>	Araxa	pyrochlore	CBMM	825	25	20	X		
<b>Canada</b>	Niobec	pyrochlore	lamgold	18,8	6,2	0,117	X		
<b>Russie</b>	Lovoerskaya	loparite (Na, Ca, Y, Ce) (Nb, Ta, Ti)2O6	Lovoerskaya Mining Company	n.d.	n.d.	0,05		X	tantale et Terres rares
<b>Russie</b>	Tatarskoye	n.d.	JSC Stalmag	n.d.	n.d.	0,612		X	phosphate et niobium
						<b>total ressources exploitations actives</b>	<b>21,756</b>		
<b>projets suspendus</b>									
	Russie	Etykinskoye	n.d.	Zabaïkalsky combine	n.d.	n.d.	0,025		X Ta, Sn
						<b>total ressources projets suspendus</b>	<b>0,025</b>	suspendu depuis 2005 (faiblesse des cours du tantale)	
<b>projets en cours d'étude</b>									
	Arabie Saoudite	Ghurayyah	n.d.	Tertiary minerals plc	385	2,84	1,093		X Ta, Zr, U
	Australie	Dubbo	n.d.	Alkane Resources	73	4,6	0,335		X Zircon, tantale et T.R.
	Canada	Thor Lake	n.d.	Avalon Resources Ltd	375,4	2,2	0,825		X Ta, U, Zr, Be, Y, T.R.
	Canada	Blue river	n.d.	Commerce Resources Corp.	26,4	1,2	0,031		X Ta
	Canada	Oka	n.d.	Niocan Inc.	n.d.	n.d.	0,088		X Ta, T.R.
	Canada	Martison	n.d.	Phoscan Chemical Corp	n.d.	n.d.	0,4		X phosphate
	Canada	Nemegonsenda lake	n.d.	Sarissa Resources	20	4,7	0,094	X	
	Egypte	Abbu Dabbab	colombo- tantalite	Tantalum Egyp JSC	44,5	0,116	0,0051		X Ta
	Malawi	Kanyika	Pyrochlore	Globe	n.d.	n.d.	0,2		X Ta, U, Zr
						<b>total réserves projets en développement</b>	<b>3,0711</b>		

Tableau 6 : Ressources géologiques des mines en activité et des projets en cours de développement.

# Niobium Potentiel minier

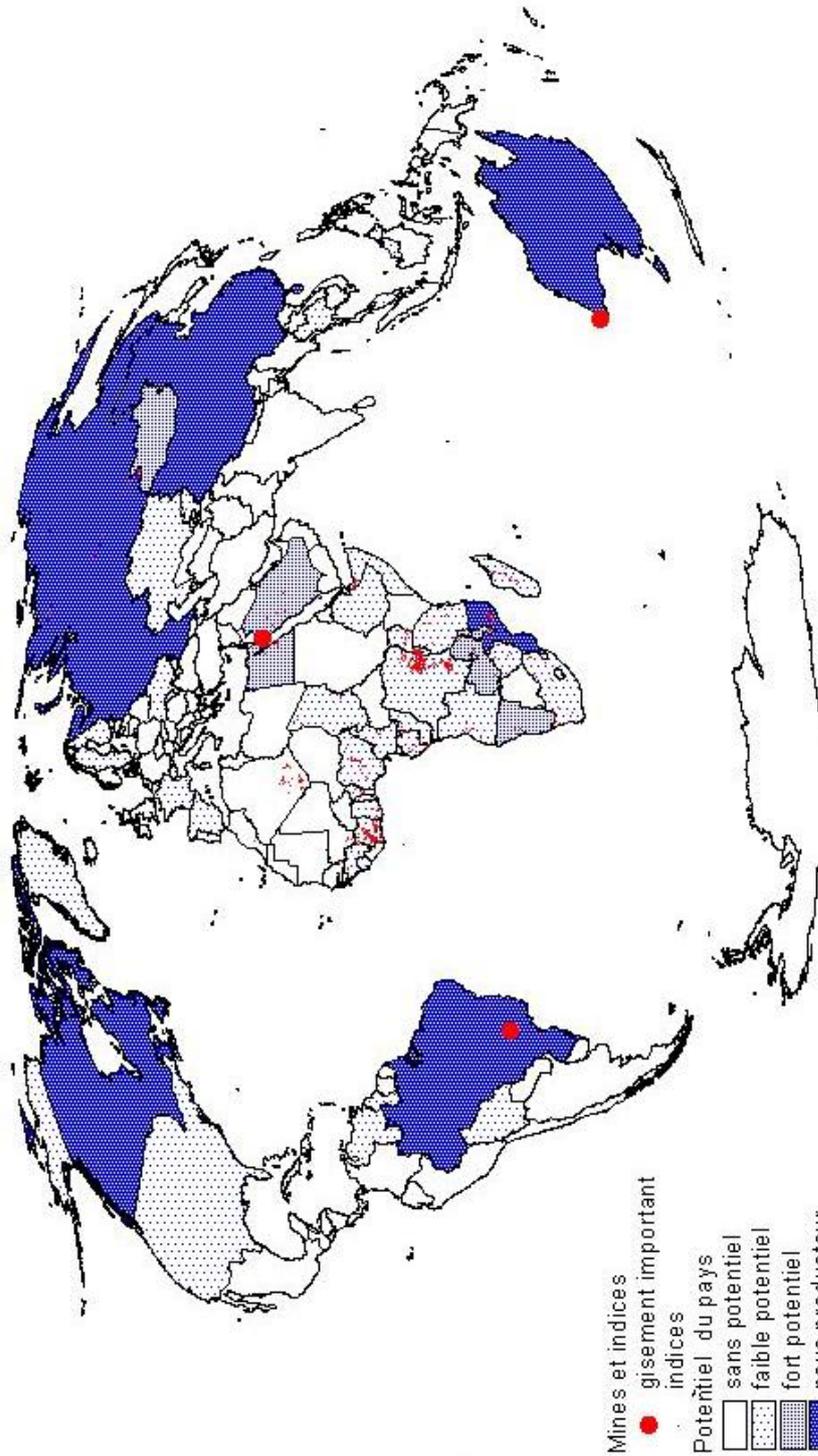


Figure 4 - Carte mondiale du potentiel minier en niobium.

En ne prenant que les projets en cours d'études, renfermant plus de 3 Mt de ressources en oxyde de niobium contenues, ces derniers permettraient à eux seuls, un approvisionnement du marché mondial pour 30 ans.

#### • **Commentaire sur le statut de la ressource en niobium**

Le statut des ressources n'est pas critique en regard des perspectives de consommation à venir.

Toutefois malgré la diversification géographique apparente potentielle des approvisionnements, la situation monopolistique du Brésil reste écrasante (figure 4).

### **4.4. PRINCIPAUX TYPES DE GISEMENTS**

On distingue un type principal et deux types accessoires de gisements contenant du niobium [7] :

- 1. Production principale : Carbonatites** : La principale production mondiale de niobium provient de l'exploitation de gisements de type carbonatites, situés au Sud du Brésil (gisements de Araxa, Salitre, Tapira, Catalao et Caiapo) qui ont ensuite été enrichis par l'altération tropicale latéritique. Au Canada, le gisement de Niobec (Canada) est aussi de type carbonatite. De nombreux autres complexes magmatiques alcalins présentent des minéralisations à Nb, mais de moindre importance (Mabounié au Gabon, Levosso en Russie).
- 2. Production accessoire : Granites différenciés** : Les minéraux de la série columbite-tantalite sont présents dans les coupes granitiques très différenciées et les pegmatites associées, avec l'étain. Le tantale domine très largement en proportion le niobium. Il s'agit de projets centrés sur le tantale et l'étain. Le niobium étant très accessoire parfois récupéré à la métallurgie. Des gisements détritiques de type placer à coltan issus des minéralisations primaires de ces granites différenciés sont exploités de manière artisanale dans la région des Grands lacs africains (RDC, Burundi, Malawi).

#### **4.4.1. Gisements potentiels France**

Les concentrations alluvionnaires à colombo-tantalite situés dans la partie Nord de la Guyane ont fait l'objet d'exploitation alluvionnaire (placers) artisanales, et leur potentiel est très limité (inventaire minier de la Guyane, 1976).

Sur le territoire métropolitain, un potentiel également limité en niobium est resté non évalué à l'issue des travaux de l'Inventaire minier. À partir d'une cartographie rapide des principaux indices à étain liés à des granites différenciés, on peut délimiter plusieurs secteurs potentiels à tantale-niobium : principalement en Bretagne : (Treguennec, Finistère), en Alsace ainsi qu'au Nord du Massif Central (Beauvoir-Échassières) (figure 5).

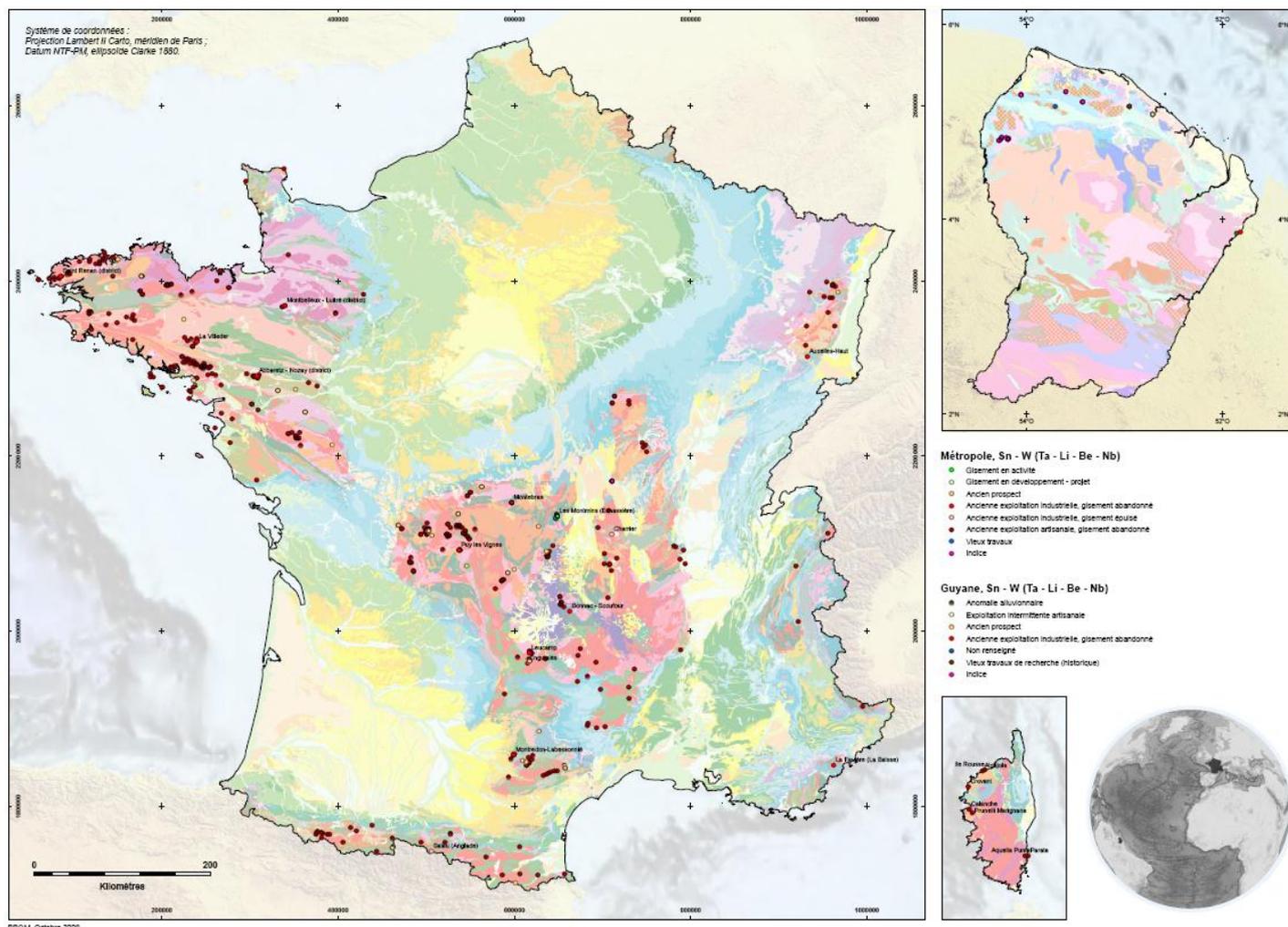


Figure 5 : Inventaire minier de la France – carte des indices Sn et W en relation avec des granites différenciés.

#### 4.4.2. Gisements potentiels Europe

En Europe les ressources sont limitées : il existe des carbonatites dans le graben du Rhin, mais surtout sur le bouclier Baltique et au Groenland.

#### 4.4.3. Gisements potentiels Monde

Les carbonatites, qui constituent la majeure partie des ressources, correspondent à un phénomène géologique peu fréquent, et on ne connaît qu'environ 500 complexes de ce type dans le monde. Les gisements de ce type pourraient devenir économiques grâce à la valorisation de plusieurs produits associés au niobium, comme les terres rares et les phosphates.

## 4.5. DU MINERAI AU MÉTAL : LES ÉTAPES DE LA TRANSFORMATION

Les minerais à pyrochlore sont exploités par des méthodes minières classiques, soit en carrière, soit en mine souterraine, ou encore par une combinaison de ces deux méthodes. Au Brésil, le minage est à ciel ouvert, alors qu'au Canada l'exploitation est souterraine avec l'ouverture de larges chambres circulaires (block caving).

Le traitement primaire du minerai est lui aussi classique car il fait appel à une flottation du pyrochlore, après broyage fin du minerai et éventuellement traitement chimique permettant de dissoudre l'apatite et de diminuer le contenu en baryum, phosphore et sulfures du minerai. Ce traitement primaire abouti à la production de concentrés de pyrochlore contenant 55-60 %  $Nb_2O_5$  et qui sont commercialisables.

Les minerais à colombo-tantalite sont exploités à l'échelle artisanale grâce aux méthodes gravimétriques : batées artisanales et sluices.

### 4.5.1. La métallurgie des concentrés

Le traitement métallurgique des concentrés à niobium conduit à deux types de produits intermédiaires qui vont servir de base à une métallurgie beaucoup plus fine débouchant sur des produits à la fois diversifiés et aux nombreuses applications : le ferro-niobium et les oxydes de niobium.

**Le ferro-niobium** : le niobium est utilisé principalement comme additif à l'acier. Le ferro-niobium est un produit intermédiaire issu de la **pyrométallurgie** (figure 6). Il sert de base à l'élaboration de produits plus évolués.

**Les oxydes de niobium** : ils sont utilisés également comme base à la transformation de produits plus évolués et sont produits par procédé **hydrométallurgique** (figure 7) directement à partir des concentrés.

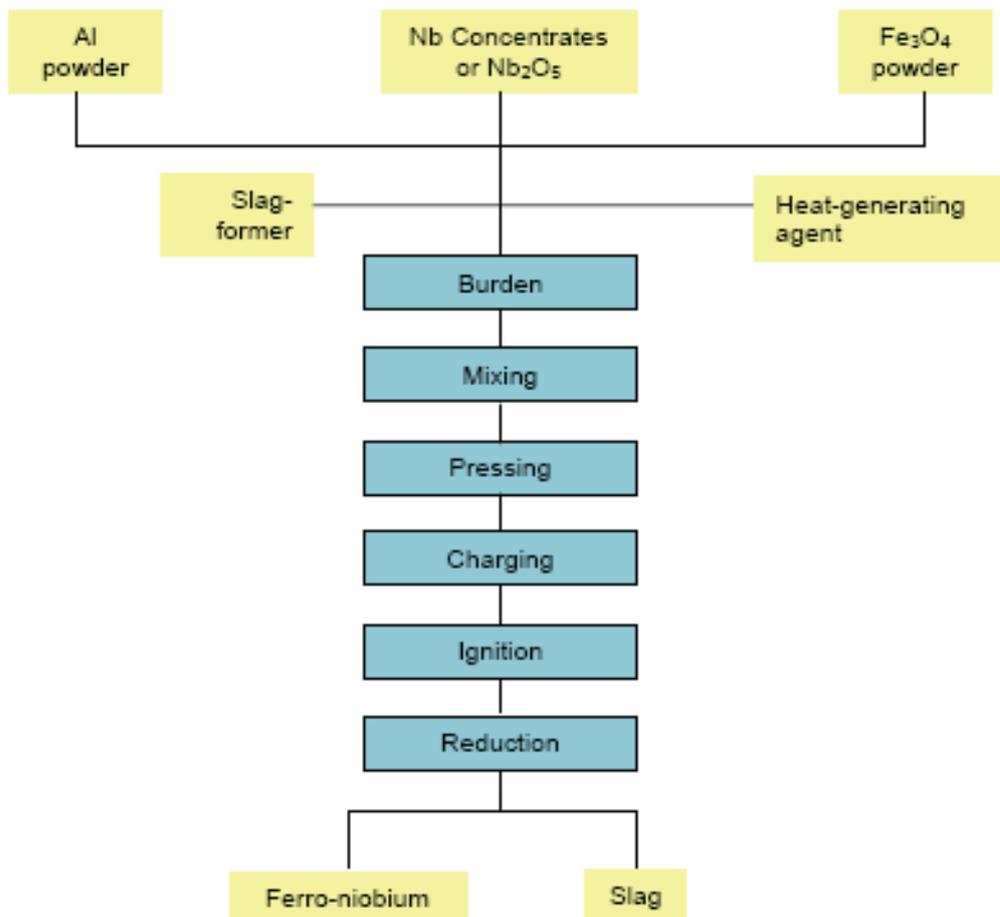


Figure 6 : Schéma du procédé de fabrication du ferro-niobium par procédé aluminothermique (Source : TIC Bulletin n° 95, sept 1998).



#### 4.6. PRODUCTION DE PRODUITS INTERMÉDIAIRES (FERRO-NIOBIUM ET OXYDES DE NIOBIUM)

À partir de sa production de concentrés de pyrochlore et principalement par sa société métallurgique CBMM, le Brésil produit la grosse part du ferro-niobium qui est exporté dans le monde. Cette source concerne en premier lieu les aciéristes français.

Les exportations de ferro-niobium du Brésil ne sont pas une vision directe de la production car elles intègrent des mouvements de déstockage, notables ces dernières années et de l'activité de la sidérurgie brésilienne. Ainsi, la production 2007 de FeNb au Brésil 52 442 t (source DNPM) n'a couvert que 70 % des exportations, le complément provenant de stocks substantiels qui avaient été constitués les années précédentes.

En réponse à la demande mondiale qui s'est accélérée entre 2003 et 2007, les exportations brésiliennes de ferro-niobium ont suivi pour atteindre 72 000 t en 2007 (figures 8 et 9).

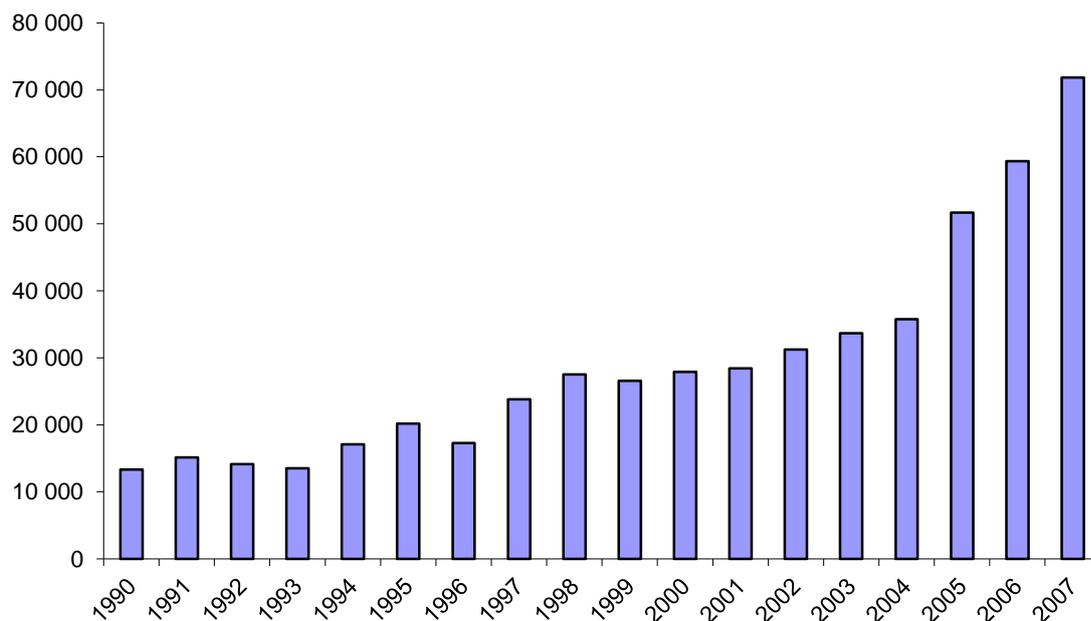


Figure 8 : Evolution des exportations brésiliennes en ferro-niobium (t FeNb),  
Source Global Trade Atlas.

Parmi ces exportations de ferro-niobium, 19 276 t ont été expédiés à Rotterdam qui est la principale plate-forme à partir de laquelle s'opère 75 % de l'approvisionnement des aciéristes français : 2 693 t en 2007.

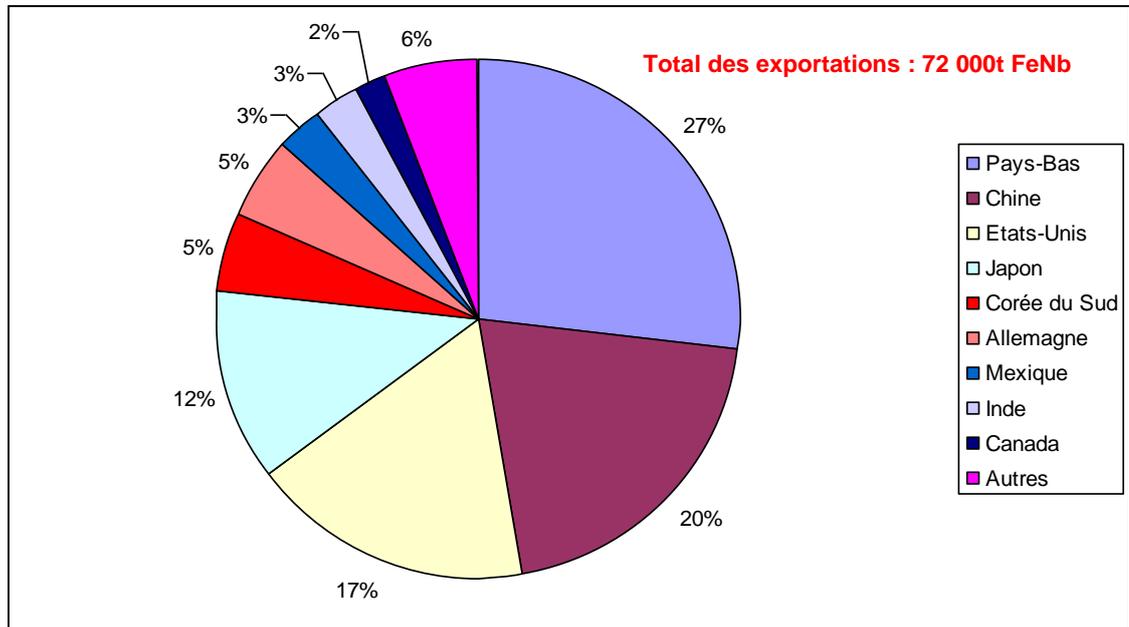


Figure 9 : Destinations et répartition des exportations de ferro-niobium du Brésil en 2007, Source Global Trade Atlas.

De manière beaucoup plus réduite le Canada est également un exportateur net de ferro-niobium (importation : 2 061 t, exportation : 6 225 t en 2007) soit 4 164 t dont la principale destination sont les Pays-Bas (3 300 t en 2007). Dynatec (et accessoirement Tanco) sont les principaux producteurs de ferro-niobium canadiens.

Parallèlement, le Brésil a produit en 2007, 2 915 t d'oxydes de niobium à partir de l'hydrométallurgie de ses concentrés à colombo-tantalite et de slags de mines d'étain.

#### 4.6.1. Les utilisateurs français

Les aciéristes sont les principaux utilisateurs de ferro-niobium qui leur sert de base pour la fabrication des aciers micro-alliés. Mis à part les métallurgistes élaborateurs des alliages spéciaux qui utilisent aussi du ferro-niobium, tous les autres utilisateurs de niobium : avionneurs, électroniciens ; nécessitent des produits du niobium beaucoup plus élaborés, ou de plus grande pureté qui font appel à d'autres sources (cf. 4.7).

Arcelor Mittal, Eramet (Erasteel et Aubert & Duval) et Vallourec sont donc les principaux utilisateurs dépendants de l'approvisionnement direct en ferro-niobium qui est pour l'essentiel produit par l'entreprise brésilienne CBMM et importé via la plateforme commerciale de Rotterdam. L'organisation de la filière française du ferro-niobium peut donc être schématisée par le graphique suivant (figure 10).

Produits : aciers rapides, aciers HSLA, alliage ASP 2017 (1 % Nb) et ASP 2055 (2,1 % Nb) d'Erasteel.

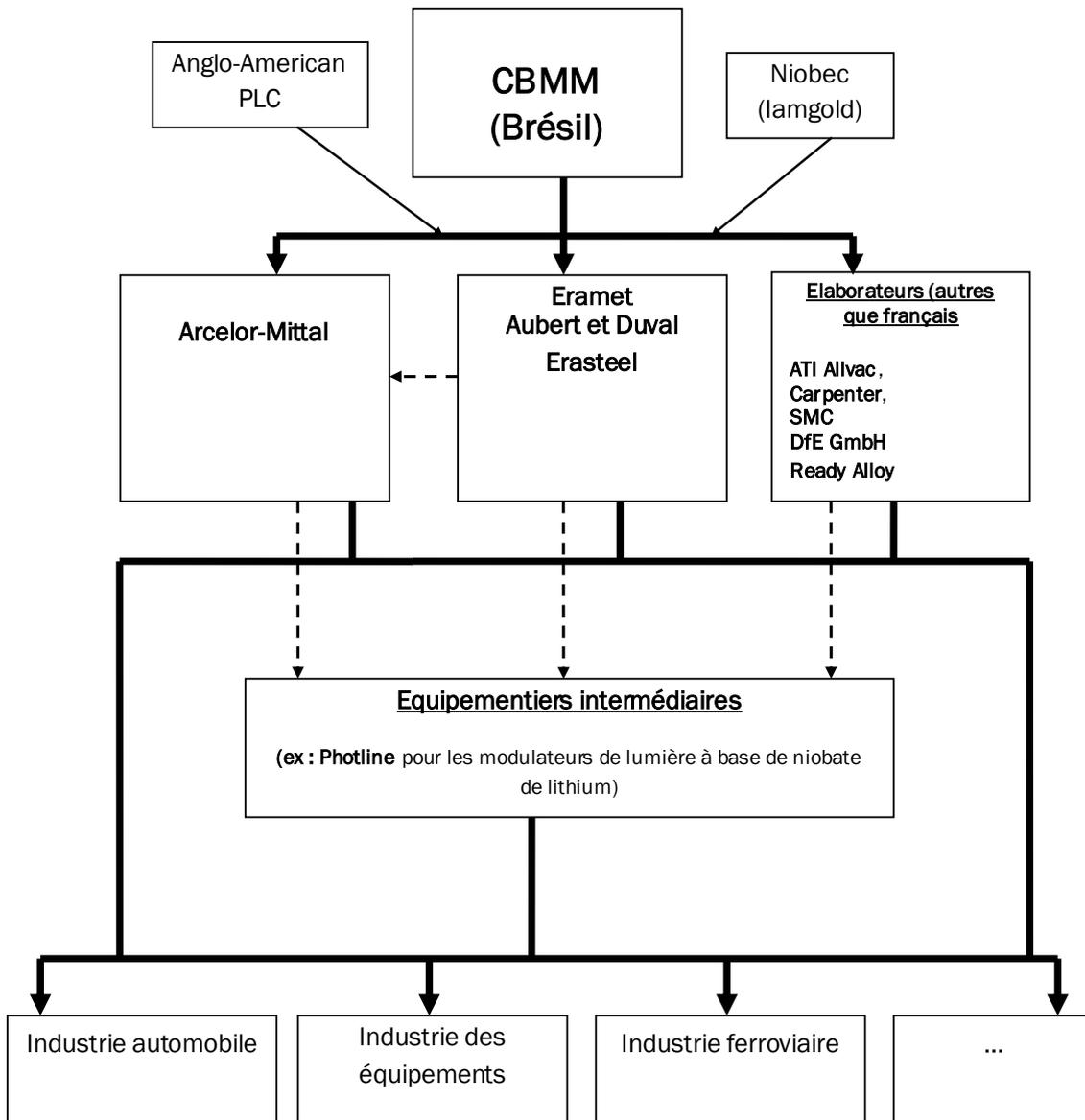


Figure 10 : Graphique simplifié de la filière française du niobium'( ferro-niobium) - Source CEIS.

Les besoins en niobium (ferro-niobium) des aciéristes français se sont chiffrés à 2 693 t en 2007 ; chiffre global qu'ils ignorent peut-être eux-mêmes.

La production nationale d'acier inox n'a pas dépassé 275 000 t en 2007, marquant une baisse continue depuis 2003 où le niveau de production était de l'ordre du million de tonnes.

• **Commentaire**

Il faut bien nuancer deux étapes d'utilisations du niobium :

- d'une part le ferro-niobium qui sera utilisé comme base pour la fabrication d'aciers et d'alliages d'utilisation «classique », avec un fournisseur principal brésilien ;
- d'autre part les ressources plus élaborées en niobium (teneur contrôlée, alliages complexes, composés chimiques purs, niobium métal) qui seront utilisés pour la fabrication de produits aux applications très spécifiques (superalliages, verres spéciaux...). Dans ce cas, l'origine des ressources est bien plus complexe à tracer, ce qui amène à considérer un deuxième niveau de criticité sur l'approvisionnement en niobium de nos industries.

La structure de la filière montre bien que la criticité de l'approvisionnement en niobium pour les aciéristes et métallurgistes élaborateurs des alliages se reporte sur tout un aval industriel de la construction mécanique qui est extrêmement important en France, autant en nombre d'entreprises que d'emplois.

#### • Criticité(s)

Une appréciation obtenue d'un interview est sans doute généralisable à bon nombre d'aciéristes internationaux, exception faite peut-être des aciéristes brésiliens.

Le niobium est une substance ayant une **criticité forte**.

Plusieurs raisons concourent à justifier ce jugement :

- Il est très largement utilisé dans l'industrie, via les alliages d'acier.
- Il provient d'un producteur en situation de quasi-monopole (CBMM).
- Il existe des substituts (le titane et le vanadium), qui seraient utilisés en situation de pénurie, mais ces substituts ont des performances moindres.

Malgré cela, il n'est pas exprimé d'inquiétude sur la disponibilité en niobium, car le Brésil est « un pays avec lequel la France entretient de bonnes relations ». CBMM, qui est certes en position de quasi-monopole, n'a toutefois qu'un réel débouché : les sidérurgistes. Il y aurait donc un jeu subtil entre CBMM et ses clients qui empêcheraient une volatilité trop importante des prix.

Toutefois, une source potentielle de tension existe si, compte tenu de la croissance de la production d'acier et la croissance des proportions de niobium utilisé dans les alliages, CBMM ne parvient pas à anticiper la croissance de ses capacités de production. CBMM a investi pour les accroître, mais s'il ne les accroît pas assez, le prix du niobium devrait connaître une hausse importante. Il s'agirait de s'efforcer de modifier les traitements thermiques utilisés dans l'aciérie afin d'utiliser une quantité moindre de niobium, des procédés sont potentiellement susceptibles d'être mis en place pour qu'arithmétiquement, la consommation de niobium soit diminuée. Mais pour ce faire, il est indispensable de consentir à des efforts en R&D. Une autre solution serait de substituer avec le vanadium (plus cher et plus difficile à dissoudre), mais les aciers obtenus poseraient cependant un problème de ductilité.

#### **4.6.2. Autres acteurs européens**

Les principaux aciéristes européens sont en Italie (1,77 Mt d'aciers inox en 2007), en Belgique (1,52 Mt), en Allemagne (1,5 Mt), en Espagne (1,1 Mt), en Finlande (0,99 Mt), en Suède (0,64 Mt). Au niveau européen (25), la production d'acier inox était pratiquement stabilisée à 8,7 Mt en 2007, représentant 30 % de la production mondiale.

- **Commentaire**

En Europe, seule la sidérurgie belge maintient une croissance. La Finlande et la France sont les deux pays où la sidérurgie a marqué la récession d'activité la plus marquée.

- **Criticité(s)**

Les mêmes facteurs de criticité sur l'approvisionnement en ferro-niobium marquent l'ensemble des aciéristes européens.

#### **4.6.3. Les principaux acteurs dans le reste du monde**

Les plus principaux pays aciéristes mondiaux sont la Chine (7,35 Mt d'acier inox en 2007, le Japon (4,21 Mt), Les États-Unis (2,17 Mt), l'Inde (1,9 Mt) et la Corée du Sud (1,7 Mt) qui se trouve au même niveau que le premier pays européen, l'Italie.

C'est l'Asie qui tire la croissance continue de la production d'acier inox et qui a atteint 28 Mt en 2007.

- **Commentaire**

Le marché mondial du ferro-niobium est adossé sur une croissance mondiale de la consommation d'aciers inox et spéciaux.

- **Criticité(s)**

Mis à part le Brésil qui est le seul pays sidérurgique (575 kt d'inox en 2007) qui n'importe pas de ferro-niobium, la criticité de l'approvisionnement en niobium est forte pour tous les pays industrialisés.

### **4.7. DES PRODUITS INTERMÉDIAIRES AU PRODUITS FINIS : ÉTAPES AVAL DE LA FILIÈRE**

À partir du ferro-niobium et des oxydes de niobium, diverses transformations permettent d'obtenir toute une gamme de produits dérivés.

- Ferro-niobium de qualité contrôlée : par réduction aluminothermique d'oxydes de niobium de haute pureté avec du fer.

- Nickel-niobium : le Ni remplace le fer dans le processus de transformation ;
- parfois Chrome-niobium
- Niobium métal, alliages et produits intermédiaires : en poudre puis consolidés

Les alliages peuvent être fabriqués avec du hafnium, du tungstène, du tantale, du titane, ou du zirconium. Les alliages pour supraconducteurs sont Nb (50-56 %) et Ti (44-50 %). Le niobium allié à 1 % de Zr est largement utilisé dans l'industrie nucléaire et d'autres environnements corrosifs.

D'autres composés à niobium dérivés d'oxydes constituent une grande variété de produits :

- composés organiques ou inorganiques : carbures de niobium, berylliures de Nb, borures de Nb et nitrures de Nb ;
- autres composés : bromures, dioxydes, éthylates, hydrures, iodures, niobates de lithium, méthylates, oxalates, pentachlorures, phénolates, phosphates, pentafluorures, niobates de potassium, siliciures, sulfures. Les niobates de lithium et les niobates de potassium sont produits sous formes de monocristaux pour usage dans des applications optico-électroniques et électroniques.

Si les niobates de lithium sont largement utilisés dans une variété d'applications acousto-optiques, la plupart des autres composés sont utilisés essentiellement dans la préparation de catalyseurs.

#### 4.7.1. Principaux autres acteurs européens

##### **Allemagne**

Près de 6 000 t/an de ferro-niobium, ainsi que du niobium métal sous différentes formes sont importés pour les besoins de l'industrie de transformation.

**GfE** : basée à Nuremberg, cette entreprise produit une gamme de matériaux et de métaux à hautes performances : alliages Al-Nb-Si-Ti, Al-Nb-Ta, Fe-Nb de haute pureté, Ni-Nb, Nb métal, oxydes, Nb-Al-Ti, alliages à teneurs contrôlées Nb-Al, Nb-Cr, Ti-Nb.

**Freiberg NE-Metall, GmbH** : basée à Freiberg, produit du niobium métal, et des alliages niobium-zirconium, ainsi que des produits semi-manufacturés.

**HC Starck** : compagnie internationale qui détient treize sites de production en Europe, Am. du N. et Extrême Orient. Elle est détenue par Advent International et The Carlyle Group. C'est un des plus grands transformateurs de niobium mondial, cependant on ne dispose d'aucunes statistiques de production. La gamme de produit comprend des poudres de niobium, ainsi des composés divers (borures, carbures, nitrures, oxydes, siliciures, et sulfures). Des produits semi-finis ainsi que des master-alloys sont également produits.

Le niveau actuel de production est estimé à 0,45 à 0,5 M lb de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu/an.

## **Autriche**

**Plansee SE** (<http://www.plansee.com/>) : localisé à Reutte, maintien des opérations de production et de vente à travers l'Europe, les Amériques et l'Asie. Il peut fournir une large gamme de produits à base de niobium. Pas de statistiques existantes.

- Produits à base de niobium métal (jusqu'à 99,99 % pureté).
- Alliages niobium-zirconium (99 % Nb/1 % Zr).
- Produits diffusés sous de multiples formes + pièces pour applications médicales et aimants supra conducteurs.

**Treibacher Industrie AG** (<http://www.treibacher.com/824.html>) : La société importe des concentrés de niobium et de tantale pour produire des carbures de niobium, des oxydes de niobium, et du ferro-niobium. Ne pouvant plus se fournir chez Gwalia Consolidated en Australie, les sources d'approvisionnement sont :

- Mamoré au Brésil (20 t/an Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) + 1 000 t/an de ferro-niobium.
- Prises de participation (25 à 10 %) chez le producteur Estonien Silmet.
- 14 % de participation dans le projet niobium de Mabounié au Gabon.

## **Belgique**

**Umicore Marketing Services (Sogem), filiale du groupe Umicore** (<http://www.umicore.com/en/>) : négociant majeur de tantalite en Europe. Un des principaux fournisseurs de tantalite aux transformateurs de niobium en Europe, Amérique du Nord et Extrême-Orient. S'est longtemps approvisionné auprès des stocks stratégiques américains. Umicore est également un leader européen dans le recyclage des déchets électroniques. Pour la France, Umicore Marketing Services est représentée par Umicore Marketing Services France s.a.s. - Les Mercuriales – à Bagnolet (93).

**Affilips**, à Tiennen, produit jusqu'à 15 000 t/an d'alliage primaire, incluant des alliages de Nb, du ferro-niobium, du nickel-niobium et des alliages de nickel-tantale. Des représentations commerciales existent en Hollande, GB, Égypte, France, Taiwan, Corée, Inde et Malaisie.

## **Estonie**

**AS Silmet** (<http://www.silmet.ee/>): la compagnie est détenue majoritairement par Zimal, une holding basée en Suisse et qui est contrôlée par la JSC russe Silvinit. Elle produit grâce à trois usines localisées à Sillamäe un ensemble de composés de niobium incluant des alliages et du métal. La production totale combinée de produits composés de métaux rares (tantale, niobium et terres rares) est supposée avoisinée 700 t/an. Dans le passé, la société travaillait à partir de concentrés de loparite russe. Depuis 2003 cette source est remplacée par des approvisionnements en alliages de ferro-niobium-tantale provenant du groupe Parapanema (Brésil) : 720 t/an.

### **Grande- Bretagne**

La Grande-Bretagne possède une importante industrie de transformation et de commercialisation du niobium qui est entièrement fondée sur des importations de matières premières. Ces importations représentent environ 1 000 t/an de ferro-niobium et 100 à 200 t/an de niobium métal. Certains de ces composés sont réexportés sans transformation.

De très nombreuses compagnies anglaises possèdent des participations dans de projets producteurs de tantale (niobium) situés dans le monde entier :

- ABS Industrial resources : GB, RSA, Allemagne, Rwanda ;
- Anglo-American : Brésil (Catalão, 2<sup>nd</sup> producteur mondial de pyrochlore et de ferro-niobium) ;
- Angus & Ross : Australie, Groenland ;
- Central African Mining and Exploration : Afrique centrale et australe ;
- Fleming Family & Partners : Mozambique ;
- Tertiary Minerals : Arabie Saoudite (Ghurayyah, le plus gros gisement de niobium du monde, au stade de la faisabilité).

### **Commentaire**

À l'échelle européenne, on retrouve la même dépendance des entreprises utilisatrices de niobium vis-à-vis de matières premières (ferro-niobium, ou produits élaborés) qui jusqu'à ce jour n'ont jamais manqué du fait que le commerce international a bien fonctionné.

### **Criticité(s)**

Sur la ressource : forte

Sur l'approvisionnement : moyen à faible

## **4.7.2. Les principaux acteurs dans le reste du monde**

### **Brésil**

**CBBM (Cia Brasileira de Metalurgia e Mineração, <http://www.cbmm.com.br>)** : La production d'un pentoxide de haute pureté (98,5 %) a commencé à Araxa en 1980. Une capacité de production de 10 000t/an est installée depuis fin 2009. Une seconde unité produit 300 t/an d'oxyde Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de très haute pureté (qualité optique) depuis mi-1998.

Une unité de production d'alliages spéciaux (3 000 t/an) produit du ferro-niobium et du nickel-niobium de qualité contrôlée (vacuum-grade > 63 % Nb). La matière première est probablement importée.

Du niobium métal en lingot est produit au rythme de 10 t/an. Quatre qualités sont produites, ainsi que de l'alliage niobium-zirconium (1 %).

95 % de la production de CBBM en produits élaborés est exporté principalement au travers de ses filiales et de distributeurs privilégiés :

- pour les alliages de niobium : CBBM europe (35 %) ; CBMM asie (16 %) ; References Metals, USA (22 %) ; CITIC, Chine (20 %) ;
- pour les oxydes de niobium : References Metals (94 %) et CBMM europe (6 %).

**Cia Industrial Fluminense** (<http://www.cif.ind.br/>) : la compagnie produit des oxydes de tantale et de niobium à son usine d'alliages d'aluminium qui est située près de Sao Joao del Rei. La production en 2002 était de 350 t d'oxyde de niobium.

## **Chine**

**Fonderies de Conghua** : situées dans la province de Guangdong et contrôlée par Guangdong Guangsheng Nonferrous Metals Imp. & Exp. Co., Ltd. Elles disposent d'une capacité de 1 000t/an qui permet les productions suivantes :

- Oxyde de niobium de haute pureté : 40 t/an ;
- Oxyde de niobium : 300 t/an ;
- FeNb : 240 t/an.

**Jiangxi Yizhong Nonferrous metal plant** : en 2003, l'unité a produit environ 300 t de niobium en bandes, et deux qualités de ferro-niobium (min. 50 % et min. 60 %).

**Fonderie de Jiujiang (TaNbRe's)** : cette fonderie d'état a la capacité de produire 20 t/an de niobium métal et 300 t/an d'oxyde de niobium.

**Ningxia Orient Tantalum Industry co. Ltd.** située dans la ville de Shizuishan, cette société est réputée pour être le troisième transformateur de tantale mondial après Cabot et H.C. Starck. En 2004, il a été rapporté une capacité de production de 34 t/an de Nb métal et de 200 t/an de ferro-niobium.

## **États-Unis**

Le secteur aval de la transformation du niobium est constitué par une poignée d'entreprises qui sont des leaders mondiaux du secteur, à côté d'entreprises spécialisées dans la transformation sur mesure, le traitement des déchets et la commercialisation.

**ATI Wah Chang** : la société produit des produits semi-manufacturés en métaux rares incluant le niobium. Il s'agit de tôles laminées à chaud ou à froid, de feuilles, bandes et lames, de produits extrudés, de tubes et de câbles. Sa gamme de produits peut contenir du niobium métal, du ferro-niobium, des alliages de niobium et de titane/zirconium/ nickel et des composés chimiques de niobium (oxydes, carbures, hydrures et carbures de tantale-niobium). La société est également un leader de la production d'oxydes de niobium de haute pureté, à partir de ferro-niobium. La capacité de production est supposée atteindre 2 000 t/an. Les produits sont principalement destinés à l'industrie des superalliages et à celle des supraconducteurs. Entre 1998 et 2003, la société a fourni les 360 t d'alliages supraconducteurs utilisés pour la construction de l'accélérateur de particules du CERN.

**Cabot Supermetals** est un des principaux transformateurs mondiaux de tantale et de niobium. Le niobium n'est cependant pas le cœur d'activité principal de l'entreprise qui est localisée à Boyerton en Pennsylvanie et qui possède une filiale au Japon. Elle produit du pentoxyde de niobium qui sert de base à la fabrication de superalliages, de niobium métal, d'alliages de niobium (zirconium/titane/tantale), et d'alliages supraconducteurs. Le pentoxyde est commercialisé également pour la fabrication de céramiques et de verres spéciaux. Cabot est capable de produire des lingots de niobium de diamètre allant jusqu'à 36 cm. Après avoir été un client de longue date de Sons of Gwalia (Talison), et avoir été un utilisateur principal des stocks stratégiques américains. Cabot s'approvisionne maintenant en matières premières auprès de sa mine canadienne de TANCO.

**Reading Alloys Inc** : la société produit du ferro-niobium de haute qualité à teneurs contrôlées et des alliages nickel-niobium. Elle produit également du niobium métal en lingots.

**H.C. Starck Inc.** : autre transformateur principal de rang mondial de tantale et niobium. Il opère une usine située à Newton, Massachusetts. L'usine regroupe une raffinerie, une usine de poudres et une unité de laminage pour la fabrication de rubans et de fils. La raffinerie produit des alliages et du niobium métal par différents procédés de fusion. Une gamme de produits semi-manufacturés en niobium est commercialisée : rouleaux laminés à froid, tôles, rubans, lames et tubes. Ses fournisseurs en matières premières sont Talison (Australie), le stock stratégique américain et le marché spot.

## ***Japon***

Le Japon dispose d'une importante industrie de transformation des matières premières niobifères qui sont importées à 95 % du Brésil et le reste principalement du Canada, à hauteur de 7 900 t/an en équivalent contenu Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ces dernières années

**Japan Metals Chemicals** produit deux types de ferro-niobium : 40 % Nb et 60-70 % Nb.

**Mitsui Mining & Smelting** produit des oxydes de niobium, des carbures et du métal à son usine de Miike qui a une capacité de 90 t/an d'oxydes de Nb, 40 t/an de carbures de niobium et 25 t/an de carbures mixtes de tantale-niobium.

**Kyocera et Sumitomo Metal mining** produisent des cristaux de niobate de lithium.

**Japan New metals** produit des carbures, nitrures et borures en poudre. Elle a également développé une technique permettant de produire du niobium à partir de scrapes d'alliages.

**Cabot Supermetals**, une filiale de l'américain Cabot, produit des alliages de niobium-titane dans son usine de Kwahigashi-Machi.

**H.C.Starck**, produit et fabrique du niobium métal.

**Tokyo Denkai** produit 48 à 60 t/an de niobium de haute pureté par raffinage de métal en poudre.

### ***Kazakhstan***

**Irtys Chemical–Metallurgical Plant (IKhMZ)** : la raffinerie produit 10 à 15 t/mois de niobium par procédé aluminothermique. Elle utilise pour cela des oxydes de niobium achetés à la Russie (JSC SMZ), au Brésil, à la Chine. Le niobium produit est exporté : 18 t en 2006, 24 t en 2007 vers la Russie, l'Allemagne, l'Autriche, la Chine et les États-Unis.

**Ulba metallurgical plant** : située à Ust-Kamenogorsk, ce complexe était le plus important centre de production de produits dérivés du tantale de l'ex-URSS. Il produisait aussi des oxydes et des hydroxydes de niobium, et des matériaux supraconducteurs composés d'alliages de niobium-titane, de niobium-étain, et de ferro-niobium. Ce centre tente actuellement de reconstituer ses capacités de production pour des produits à haute valeur commerciale : copeaux de niobium et poudres pour condensateurs, ainsi que pour d'autres produits tels que le pentoxyde de niobium (« m Grade3 »), ferro-niobium 60, produits en rouleaux et en poudres. Les prévisions de production sont de supérieur à 200 t/an.

### ***Russie***

**Kirovo-Chepetsk mechanical plant** : unité produisant des poudres de niobium à partir d'hydroxydes : 2 t en 2007. Ce produit est utilisé localement pour la fabrication d'alliage de zirconium. La compagnie a développé une gamme de supraconducteurs (alliages Nb-Ti et Nb-Sn) qui seront utilisés dans le « winding » du réacteur ITER, sa production commerciale a commencé en 2009.

**Usine de ferro alliages de Kluchevsky** : cette usine située à 50 km au SE de Ekaterinbourg produit toute une gamme de ferro-alliages contenant des métaux rares et des Terres Rares. 120t de ferro-niobium ont été produites en 2007 à partir de matières premières importées.

**Solikamsk Magnesium plant (SMZ)** : située dans la région de Perm, cette usine traite par méthode chlorée des concentrés de loparite. 700t de produits niobifères ont été vendus aux USA, Japon et Europe en 2007 : hydroxyde de niobium, pentoxyde et

pentoxyde de niobium de haute pureté. En 2008 une prise de participation dans la compagnie par la holding russe Mineral Holding rassembla dans un conglomérat unique SMZ, la mine de loparite de Lovezoro et le métallurgiste estonien Silmet.

**JSC Uralredmet** : petite unité située à côté d'Ekaterinbourg. Elle produit du pentoxyde de niobium de haute pureté (95 % à 99,99 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Sa matière première vient maintenant de Chine. Sa capacité annuelle est de 25 t/an de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 3 t/an de niobium métal. Toute sa production est transformée en alliages Nb-Al et Nb-Ni et exportée (30 t/an en moyenne)

### ***Thaïlande***

**H.C Starck Thailand Co. Ltd**: située à Map Ta Phut (180 km SE de Bangkok). Elle produit du pentoxyde de niobium à partir de produits dérivés de la fonderie d'étain de Taisarco qui est située à Phuket.

### ***Commentaire***

On remarquera que pour la fabrication d'alliages sophistiqués zirconium-niobium, indispensable à la sécurité du parc nucléaire français, le nombre limité de fournisseurs à l'échelle mondiale (tableau 7). La robustesse de ces entreprises, incluant la qualité de leur actionnariat est un enjeu de sécurité nationale suffisant pour que la puissance publique y apporte un œil bienveillant.

On remarquera également la totale dépendance française de la fourniture par des sociétés étrangères de composants supraconducteurs réalisés à partir d'alliages spéciaux au niobium à partir de l'étranger. Compte-tenu de l'utilisation de ces composants dans le développement de technologies stratégiques pour le futur (fusion nucléaire civile, programme ITER), cette dépendance totale pourrait être jugée excessive ou imprudente.

<b>Canada</b>	GE Canada
	GEC Alsthom International Canada
	IDEA Research
	Nu-Tech Precision Metals
	Zircotec Precision Industries
<b>Chine</b>	China Rare Metal and Rare Earth Group
	Jinzhou Ferroalloy Group
	Northwest China Zirconium Tube
<b>France</b>	BSL Industries
	TIMET Savoie
	Zircotube
<b>Inde</b>	Nuclear Fuel Complex
<b>Italie</b>	Franco Corradi
<b>Russie</b>	Eco-Bio
	Techsnabexport
<b>Suède</b>	Sandvik Steel
<b>Royaume-Uni</b>	British Nuclear Fuels
	Goodfellow Cambridge
	New Metals & Chemicals
<b>USA</b>	Atomergic Chemetals
	Carpenter Technology
	Foster Miller
	Leico Industries
	Nu-Tech Precision Metals
	Reactor Experiments
	Sandvik Special Metals
	Wah Chang
	Westem Zirconium

*Tableau 7 : Principaux fabricants d'alliage niobium-zirconium (Zircaloy) pour le secteur nucléaire.*

<b>USA</b>	American Supeconductor, Massachusetts
	Argonne National Laboratory, Illinois
	Cryomagnetics
	Everson Electric
	IGC Advanced Superconductors (Philips), Connecticut
	Illinois Supeconduclors, Illinois
	Los Alamos National Laboratory, Texas
	Oxford Instruments, New Jersey
	Pirelli Cable Corp, California
	Supecon, Massachusetts
	Supeconductivity, Wisconsin
	Superconductor Technologies, California
<b>Japon</b>	Aichi Electric Manufacturing
	Furukawa Electric
	Hitachi
	Kobe Steel
	Kyushu Electric Power
	Mitsubishi
	Showa Electric Wire and Cable
	Sumitomo Electric Industries
	Toshiba
<b>Europe</b>	Alstom Magnets & Superconductors
	BICC Cables, UK
	Outokumpu Poricopper (Luvata), Finland
	Oxford Instruments, UK
	Pirelli Cavi. Italy
	Siemens
	Supercables
	Vacuumschmetze (European Advanced Superconductors)

Tableau 8 : Principaux fabricants mondiaux de fils supraconducteurs.



## 5. Analyse de la vulnérabilité des filières françaises et européennes

### 5.1. ACCÈS À LA RESSOURCE

Même si le Brésil est le fournisseur de 95 % de l'approvisionnement mondial en niobium, (principalement sous forme de ferro-niobium, ou sous forme d'autres produits intermédiaires et de concentrés) l'enquête réalisée par le CEIS ne révèle que des expressions faibles des industriels français sur un ressenti d'une éventuelle vulnérabilité de leurs filières de production respective.

#### 1. Des gisements non exploités sont connus dans le monde.

Mabounié au Gabon. Mt Weld en Australie, Kanyika au Malawi, etc.

#### 2. L'offre est conditionnée par le brésilien CBMM qui bénéficie d'une position monopolistique.

CBMM exporte plus de 90 % de sa production, laquelle est destinée quasi exclusivement aux sidérurgistes. Pour éviter les substitutions par le vanadium trop volatil, et l'arrivée de nouveaux producteurs concurrents, CBMM approvisionne le marché de manière suffisante et régulière en adaptant ses capacités de production et sa production au marché. **Il y a donc un équilibre entre CBMM et ses clients qui empêche une volatilité trop importante des prix.** La domination de CBMM, très forte pour le ferro-niobium est encore plus manifeste pour les produits plus élaborés pour l'électronique par exemple, avec les condensateurs niobium dont la demande est en forte croissance.

En termes de tonnage importé, l'enjeu principal repose sur les conditions de la production de **ferro-niobium par la société brésilienne CBMM**. Cette société familiale est contrôlée à 55 % par le Groupe Moreira Salles et elle détient 100 % des droits sur la mine d'Araxá. CBBM dispose avec son gisement d'Araxa de ressources suffisantes pour **adapter avec flexibilité sa production à la demande** (figure ci-après). Face à la croissance attendue de la demande<sup>7</sup>. CBBM a déjà annoncé vouloir porter sa capacité de production de ferro-niobium à 150 000 t en 2014/2015. CBBM alimente le marché de manière suffisante et continue, de manière à ce que les prix ne subissent pas d'à-coups (et éviter ainsi le risque d'une substitution par le ferro-vanadium dont les prix sont plus volatils). De ce fait, le prix du ferro-niobium a connu une grande stabilité grâce à la maîtrise du marché par les Brésiliens.

---

<sup>7</sup> Toutefois, compte tenu de la crise actuelle, la production de CBBM a chuté à 45 kt en 2009 (à la moitié de sa capacité de production). CBBM envisage pour 2010 de remonter sa production de 60 kt.

Mais au-delà du risque associé à la société minière CBMM, il faut tenir compte du risque politique. Les bonnes relations soulignées de la France avec le Brésil et le fait que le Brésil consomme très peu de niobium sont certes des arguments positifs, mais le « ressource nationalisme » rampant qui prône l'industrialisation sur place des matières premières est un concept qui progresse rapidement dans les pays émergents ; et un risque potentiel à court et moyen terme reste à considérer et suivre de près en raison de la position excessivement monopolistique du Brésil sur le niobium.

Un autre enjeu est l'approvisionnement en produits intermédiaires autres que le ferro-niobium : oxydes, chlorures de niobium, et qui sont demandés en quantités plus réduites par beaucoup plus d'utilisateurs que les seuls aciéristes. Si l'approvisionnement principal en ces produits provient toujours de la société brésilienne CBMM, la criticité relative sur l'approvisionnement est réduite par le fait que de nombreux fabricants de produits intermédiaires existent en Europe et dans le monde (cf. 4.7.2 et 4.7.3).

Dans ce cas la vulnérabilité des filières françaises pourrait moins dépendre de difficultés d'approvisionnement à partir d'une source principale que d'une méconnaissance des sources alternatives. De nombreuses PME qui ne disposent pas de grands réseaux d'informations pourraient effectivement ressentir de véritables difficultés d'approvisionnement dans ces conditions. Cependant, les traders de produits minéraux de spécialités connaissent ces alternatives et les offres de produits qu'ils font sur le marché grâce à un système développé de commerce en ligne constituent de manière propre un facteur important de sécurisation de l'approvisionnement.

La demande concerne de nombreuses industries de base mais aussi de haute technologie. Cette demande est en forte croissance (tant en Chine que dans les pays développés), il pourrait y avoir un risque si l'offre (CBMM) n'anticipe pas assez la croissance de la demande.

Enfin la criticité doit être affinée avec l'approvisionnement en alliages spéciaux destinés à des secteurs stratégiques de l'industrie française, l'industrie nucléaire en particulier. L'approvisionnement porte sur des produits très élaborés dans lesquelles la part technologique est très importante (alliages niobium-zirconium, alliages pour supraconducteurs). Peu d'industriels fabriquent ces produits, soit des PME qui travaillent sous le contrôle de maison-mères localisées à l'étranger (TIMET), ou alors la division de Belfort d'Alstom qui est la seule en France à fabriquer des fils en alliages supraconducteurs. La sécurisation de ces entreprises, ou du réseau d'approvisionnement pour ces produits à partir de l'international devrait être une priorité pour réduire la vulnérabilité énergétique de l'ensemble de l'industrie et de l'économie nationale

## **5.2. VULNÉRABILITÉ LIÉE À LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES RESSOURCES ET DES ACTEURS - RISQUES GÉOPOLITIQUES**

L'approvisionnement essentiel en niobium à partir du Brésil, même s'il est critique, n'est pas à considérer comme un facteur de vulnérabilité aigue de l'industrie française. Il mérite cependant d'être pris en compte afin que des mesures de précautions économiques soit prises avant tout dérapage possible dans des relations internationales et commerciales qui sont à ce jour excellentes avec le Brésil.

Il ne faut pas oublier que le Brésil est un pôle économique émergent, qu'il possède d'une sidérurgie active et que son envie de drainer vers lui des capacités technologiques pour produire des alliages ou des superalliages qui viendraient concurrencer les filières traditionnelles européennes, sur l'exemple que nous vivons avec les terres rares chinoises, pourrait sans paranoïa excessive, bien lui prendre.

Même s'il n'est pas d'une urgence absolue, la diversification de l'approvisionnement en niobium reste une priorité pour assurer la sécurisation de nos filières européennes à moyen-terme.

En termes de tonnage importé, l'enjeu principal repose sur les conditions de la production de ferro-niobium par la société brésilienne CBMM. Cette société familiale est contrôlée à 55 % par le Groupe Moreira Salles et elle détient 100 % des droits sur la mine d'Araxá. La situation financière de cette société ne nous est pas connue.

L'entreprise a réalisé ces dernières années des investissements destinés à augmenter ses capacités de production. Si les ressources/réserves de minerais n'apparaissent pas présenter d'obstacle à ce développement, les capacités financières de l'entreprise à supporter une croissance qui devrait atteindre 10 % an pendant les prochaines années (cf. 4.2.4) pourraient apparaître plus problématiques.

La problématique attachée au financement des augmentations de capacités de la CBMM (qui ?, quand ?, combien ? comment ?) est une question importante dans une situation de post-crise financière mondiale.

Ces questions se posent également pour le financement du développement de tous les projets miniers niobium qui en sont à différents stades des études de faisabilité dans le monde : Arabie Saoudite, Australie, Canada, Égypte (cf. 4.3, tableau 8).

La réalisation d'un audit approprié destiné à évaluer les conditions de ces différents projets de financement est recommandée.



## Bibliographie

- [2] **Dill H.** (2009) - The “chessboard” classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium, Earth Science Reviews (2009), doi: 10.1016/j.earscirev.2009.10.011"
- [3] **USGS** (2010) - Minerals Yearbook – Niobium - Mineral Commodity Summaries 2009 - United States Geological Survey - Reston., Virginia – USA – disponible en ligne <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/mcs-2010-niobi.pdf>
- [4] **Roskill** (2009) - The economics of niobium -11<sup>th</sup> edition.
- [5] **Angerer G, Erdmann L., Marscheider-Weidemann F., Scharp M., Lüllmann A., Handke V., Marwede M.** (2009) - Rohstoffe für Zukunftstechnologien - Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage - Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (Germany)
- [6] **Jébrak M. et Marcoux E.** (2008) - Géologie des ressources minérales. 667 p. Société de l'Industrie Minérale.
- [7] **Routhier P.** (1963) - Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherches. Masson et Cie. 1 282 p.
- [8] RMD – Raw Material Data - <http://www.rmg.se>



**Centre scientifique et technique  
Service Ressources Minérales**

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34