

Rapport de synthèse

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme

Pierre-François LOUVIGNÉ

-

Étude réalisée pour le compte du

Ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie
Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières
Direction des Ressources Énergétiques et Minérales

dans le cadre de la Convention N° 01 2 83 00 07
et de son avenant N°1 du 19/12/2005

Novembre 2007

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	2/79

SOMMAIRE

<i>Environnement de la mission et principales conclusions</i>	6
PREMIERE PARTIE: Evolution de la demande	10
I Evolution des prix : éponge, scrap et ferrotitane	11
II Titane: Evolution de la demande mondiale	16
II.1 Aéronautique commerciale	16
II.1.1 Avions de ligne de plus de 100 sièges	17
II.1.2 Avions de ligne de moins de 100 sièges	20
II.1.3 Besoin en fixations aéronautiques	22
II.1.4 Industrie aéronautique en Asie	22
II.1.5 Industrie aéronautique en Europe de l’Est	25
II.2 Applications militaires	25
II.2.1 Domaine terrestre	25
II.2.2 Domaine aéronautique	27
II.2.3 Domaine naval	28
II.3 Applications industrielles	28
II.3.1 Chimie, Pétrochimie et secteurs associés	28
II.3.2 Énergie (production d’électricité)	29
II.3.3 Dessalement	30
II.3.4 Procédé OTEC	30
II.4 Biens de consommation, médical, architecture, naval & autres	31
II.4.1 Biens de consommation	31
II.4.2 Médical	32
II.4.3 Applications Architecturales	33
II.4.4 Applications navales	33
II.4.5 Autres...	33
III Synthèse de l’évolution de la demande mondiale	34
III.1 Scenario de référence	34
III.2 Scenario d’émergence du procédé OTEC	35
III.3 Scenario d’émergence de l’application militaire “caisse de véhicule”	36
IV Evolution de la demande intereure aux USA	38
V Evolution de la demande interieure en Russie	38
VI Evolution de la demande intérieure en Chine	40
VII Evolution de la demande intérieure au Japon	42
VIII Evolution de la demande intérieure en Europe	43
DEUXIEME PARTIE: Evolution de l’Offre	45

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	3/79

<i>IX</i>	<i>Eponge de titane</i>	46
IX.1	Évolution de la production et des capacités de production	46
IX.2	Perspectives 2012	52
<i>X</i>	<i>Lingots de titane</i>	54
<i>XI</i>	<i>Nouveaux procédés de production de titane</i>	57
XI.1	Procédé FFC	57
XI.2	Procédé Armstrong	58
XI.3	Procédé JTS ou « conversion directe »	61
XI.4	Procédé DuPont de Nemours et Honeywell Electronic Materials	62
<i>XII</i>	<i>Ferrotitane</i>	63
XII.1	Production	63
XII.2	Consommation en scrap de titane	65
XII.3	Nouvelles méthodes de production	65
<i>XIII</i>	<i>CONCLUSION</i>	67
	<i>ANNEXES</i>	69
	<i>ANNEXE I : CONCURRENCE SUR LE SEGMENT DES AVIONS DE MOINS DE 100 SIEGES</i>	70
	<i>ANNEXE II : PRODUCTION D'AVIONS EN CEI</i>	71
	<i>ANNEXE III : TECHNOLOGIE OTEC</i>	72
	<i>ANNEXE IV : OFFRE ET DEMANDE SUR LE MARCHE INTERIEUR AMERICAIN</i>	73
	<i>ANNEXE V : IMPORTATION USA</i>	74
	<i>ANNEXE VI : EXPORTATION USA</i>	75
	<i>ANNEXE VII : PRODUCTION DE VSMPO (RUSSIE)</i>	76
	<i>ANNEXE VIII : LISTE DES METAUX OBTENUS PAR LE PROCEDE FFC</i>	78
	<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	79

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	4/79

LISTE DE FIGURES

<i>Figure 1: Évolution du prix de l'éponge de titane TG100 sur le marché libre européen (source : Metal Pages)</i>	11
<i>Figure 2: Évolution du prix du ferrotitane 70% (source : Metal Pages)</i>	12
<i>Figure 3: Évolution comparée du prix du scrap et de celui du FeTi70% (source ref. xviii)</i>	12
<i>Figure 4: Évolution comparée des prix du FeTi70% et du FeTi30%</i>	13
<i>Figure 5: Estimation des cadences de production Airbus et Boeing 2003-2016</i>	18
<i>Figure 6: Estimation de la consommation en titane pour Airbus et Boeing</i>	20
<i>Figure 7: Évolution de la consommation de titane pour les fixations aéronautiques</i>	22
<i>Figure 8: Consommation de titane pour les nouveaux avions chinois (ARJ12, ARJ12-900)</i>	24
<i>Figure 9: Consommation de titane pour les programmes d'avions en CEI</i>	25
<i>Figure 10: Estimation de l'évolution de la consommation mondiale de titane par secteur</i>	34
<i>Figure 11: Impact du développement de la technologie OTEC sur la consommation mondiale de titane</i>	36
<i>Figure 12: Impact des nouvelles applications militaires sur la consommation mondiale de titane</i>	37
<i>Figure 13: Évolution de la demande chinoise en titane (source xiv)</i>	40
<i>Figure 14: Exportation et Importation d'éponge en Chine (source xiv)</i>	41
<i>Figure 15: Capacités mondiales de production d'éponge de titane par région en 2012</i>	48
<i>Figure 16: Évolution de la production mondiale d'éponge (2000-2006)</i>	48
<i>Figure 17: Évolution de la production d'éponge de titane par pays (2000-2006)</i>	49
<i>Figure 18: Perspectives d'évolution de la production d'éponge de titane (2006 – 2012)</i>	53
<i>Figure 19: Perspectives d'évolution de la production d'éponge de titane par pays (2006 – 2012)</i>	53
<i>Figure 20: Principe d'obtention de titane pur (en haut) et d'alliage de titane (en bas) par le procédé Armstrong (source : ITP)</i>	58
<i>Figure 21: Morphologie des poudres Armstrong à l'état brut et après sphéroïdisation (source : ITP)</i>	59
<i>Figure 22: Technique de laminage directe de poudre Armstrong (source : Imperial College)</i>	60
<i>Figure 23: Technique d'extrusion à chaud de poudre Armstrong (source: Imperial College)</i>	60
<i>Figure 24: Extrusion continue et à chaud directement à partir de poudre (source : Imperial College)</i>	61
<i>Figure 25: Principe du procédé JTS ou "conversion directe"</i>	62
<i>Figure 26: Zone d'implantation possible des centrales OTEC – zone intertropicale se situant entre 20°N et 20°S de latitude assurant une différence de température d'au moins 20°C entre les eaux de surface et les eaux en profondeur (1.000 mètres).</i>	72
<i>Figure 27: Production de VSMPO à l'export et pour le marché intérieur</i>	77

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	5/79

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Interaction entre filière titane et filière sidérurgique</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 2: Estimation de la consommation mondiale de titane par secteurs (2003-2007).....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 3: Perspectives de production Airbus et Boeing entre 2006 et 2016</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 4: Quantité de titane approvisionnée par type d’avion.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 5: Demande en avions de moins de 100 sièges (sources vii, viii)</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 6: Production d’avion de moins de 100 sièges (Bombardier et Embraer).....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 7: Projets d’avions chinois.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 8: Production de titane de VSMPO pour les besoins du marché intérieur (source VSMPO).....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 9: Production de titane en Chine par secteur d’application (source xiv).....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 10: Production de titane au Japon.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 11: Estimation de la consommation de titane en Europe.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 12: Production effective et capacité mondiale de production d’éponge de titane</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 13: Perspectives d’augmentation de la capacité mondiale de production de lingot (en tonnes liquides).</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 14: Estimation de la production mondiale : lingots et demi-produits (2005-2006).....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 15: Estimation de la production de ferrotitane 70% et 30%.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 16: Estimation de la consommation de scrap pour la production de FeTi70%.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 17: Production totale de VSMPO par segment d’application (source VSMPO)</i>	<i>76</i>

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	6/79

ENVIRONNEMENT DE LA MISSION ET PRINCIPALES CONCLUSIONS

✓ Contexte de l'étude

Le titane est un marché instable, peu mature, et en pleine évolution tant du côté de l'offre que de celui de la demande. En effet :

⇒ Les perspectives d'évolution du marché, au-delà de la crise actuelle, vont dans le sens d'un accroissement significatif de **la demande** portée par différents secteurs:

- par le secteur aéronautique civil, en raison du renouvellement des flottes actuelles et des besoins croissants dans les pays en voie de développement;
- par le secteur militaire, en raison des nouvelles applications dans le domaine des blindages et structures de véhicules pour répondre au besoin d'allègement des matériels militaires;
- par le secteur industriel, en raison des gains que peut apporter l'utilisation du titane dans la réduction des coûts d'exploitation des installations.

⇒ **Du côté de l'offre**, on assiste à un renversement des rapports de force entre les producteurs de titane au profit de l'industrie d'Europe centrale et au détriment de l'industrie américaine. Les producteurs japonais, précurseurs pour de nombreux domaines d'application hors aéronautique, conservent une position forte tant à l'exportation que pour leur consommation domestique. Bien que déjà présente au niveau de l'offre internationale, la Chine ne possède pour l'instant qu'une capacité de production trop limitée pour jouer un rôle significatif. A échéance d'une dizaine d'année, ce pays est en mesure de développer ses moyens de production et de concurrencer les producteurs d'Europe de l'Est grâce à ses faibles coûts de production. Ce nouveau contexte économique marquerait une nouvelle étape dans la baisse du prix du titane.

Les études précédentes ont montré à quel point l'industrie des pays développés a besoin d'une véritable rupture technologique dans ses filières de production pour permettre une baisse significative des coûts de production du titane. Cette baisse des coûts, partiellement obtenue grâce aux nouveaux procédés de fusion à foyer froid, est en effet trop limitée pour espérer atteindre les prix seuils pour certains grands marchés d'application.

L'émergence d'un nouveau procédé d'extraction du titane métal est possible dans les 5 à 10 années à venir, que ce soit le procédé FFC déjà financé par la DARPA¹ ou un des

¹ Defense Advanced Research Projects Agency (USA)

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	7/79

nombreux autres procédés en cours de développement de par le monde (une quinzaine de projets a été référencée dans de récentes études américaines^{i,ii}). Au-delà de la méthode d'obtention du métal, c'est également un vaste champ d'innovation qui s'ouvre, tant au niveau des matériaux que dans celui des techniques de mise en œuvre. La recherche se trouve maintenant stimulée par le contexte concurrentiel des producteurs de CEI et d'Asie pour produire à moindre coût ce matériau qui est et restera, rappelons-le, un matériau stratégique pour l'industrie française et européenne.

Dans ce contexte, toute amorce de crise, basée sur des éléments tangibles de conjoncture internationale ou résultat d'une rumeur non fondée, a des répercussions sur les délais d'approvisionnement, le niveau des prix et la constitution de stocks coûteux pour l'industrie. L'actualité récente (hausse des prix, allongement des délais de livraison) met en évidence la position difficile des industries consommatrices françaises face à des pays producteurs dont la demande intérieure est forte.

✓ **Principales conclusions**

Les prévisions de croissance de la demande en titane donnent une perspective de doublement du marché entre 2006 et 2012 avec un volume global d'environ 120.000 tonnes.

Composante importante de cette demande (environ 50%), le secteur aéronautique joue un rôle fondamental sur ce marché en donnant une part de plus en plus grande au titane dans les avions de nouvelle génération (A380, A350 et B787). Tout évènement ayant un impact sur les cadences prévisionnelles de production de ces nouveaux programmes contribue à entretenir l'incertitude sur les conditions d'approvisionnement pour l'ensemble du marché. La relance des programmes aéronautiques russes et, à plus long terme (2020) le démarrage de l'industrialisation des gros porteurs chinois accentuera l'effet de dépendance du marché vis-à-vis de ce secteur.

Dans les autres secteurs, des technologies émergentes dans le domaine de l'énergie (piles à combustibles, procédé OTEC²) pourront constituer de nouveaux débouchés pour le titane qui représentent, à termes, plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an. Les besoins des pays émergents et la pression réglementaire environnementale pourraient accélérer l'industrialisation de ces technologies avant une dizaine d'année. Dans le secteur de la défense, le titane est envisagé comme matériau de structure pour les véhicules de combat aérotransportables car il combine parfaitement les propriétés structurales et antibalistiques. S'il est retenu pour le châssis de la future plateforme commune du système de combat des USA, le volume de consommation peut rapidement représenter plusieurs milliers de tonnes/an pour les seuls besoins américains.

² Ocean Thermal Energy Conversion : technique de production d'énergie en exploitant les différences de température entre les eaux profondes et les eaux de surface.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	8/79

Du côté de l'offre, la capacité de production d'éponge doublera d'ici 2012 avec un total de 300.000 tonnes dont un tiers sera localisé en Chine. Cette rapide évolution n'est pas synonyme d'un élargissement de l'offre internationale profitable aux industries françaises et européennes car, parallèlement, la demande intérieure dans les pays producteurs est en forte croissance. En Russie et en Chine, cette demande intérieure est, de plus, sous-tendue par une volonté politique forte de mobiliser les moyens de production du pays au profit des grands programmes nationaux dans les secteurs clefs : aéronautique, énergie, défense, industrie etc. Il y a donc, in fine, un risque de « captation » des filières de production de titane au bénéfice de ces industries émergentes qui seront les concurrents de demain des industries françaises et européennes.

Concernant les méthodes de production, aucun nouveau procédé de production d'éponge n'est suffisamment mature pour supplanter la technologie Kroll dans les 10 ans à venir. Les procédés Armstrong (USA) et JTS (Japon) sont, après le procédé FFC, les deux nouveaux candidats à une phase de pré-industrialisation.

Au niveau des matières premières, on observe une tendance à l'intégration verticale en amont de la filière de production qui traduit un besoin des producteurs de lingot de sécuriser les sources d'approvisionnement en éponge, voire même en minerai. Après le début d'intégration verticale d'UKTM en 2009, la seule source d'éponge de qualité aéronautique disponible sur le marché sera le japonais Sumitomo.

Dans les années à venir, outre les éventuelles crises internationales, le marché du titane sera confronté, comme toutes les activités industrielles, à l'élévation du prix de l'énergie dont l'impact sur les coûts de production reste à déterminer sur le moyen et le long terme. Concernant les matières premières, la prise de conscience des pays producteurs de l'importance stratégique de leurs ressources naturelles fait peser le risque d'une augmentation des taxes d'exportation, voire l'instauration de licences d'exportation.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	9/79

Première Partie : Évolution de la demande

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	10/79

PREMIERE PARTIE: EVOLUTION DE LA DEMANDE

CHAPITRE I

Résumé : Les prévisions de croissance de la demande en titane donnent une perspective de doublement du marché entre 2006 et 2012 avec un volume global d’environ 120.000 tonnes. Composante importante de cette demande (environ 50%), le secteur aéronautique joue un rôle fondamental sur ce marché en donnant une part de plus en plus grande au titane dans les avions de nouvelle génération (A380, A350 et B787). Tout évènement ayant un impact sur les cadences prévisionnelles de production de ces nouveaux programmes contribue à entretenir l’incertitude sur les conditions d’approvisionnement pour l’ensemble du marché. La relance des programmes aéronautiques russes et, à plus long terme (2020) le démarrage de l’industrialisation des gros porteurs chinois accentuera l’effet de dépendance du marché vis-à-vis de ce secteur.

Dans les autres secteurs, des technologies émergentes dans le domaine de l’énergie (piles à combustibles, procédé OTEC) pourront constituer de nouveaux débouchés pour le titane qui représentent, à termes, plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an. Les besoins des pays émergents et la pression réglementaire environnementale pourraient accélérer l’industrialisation de ces technologies avant une dizaine d’année. Dans le secteur de la défense, le titane est envisagé comme matériau de structure pour les véhicules de combat aérotransportables car il combine parfaitement les propriétés structurales et antibalistiques. En fonction des choix technologiques retenus, le volume de consommation peut rapidement représenter plusieurs milliers de tonnes/an pour les seuls besoins américains.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	11/79

I EVOLUTION DES PRIX : ÉPONGE, SCRAP ET FERROTITANE

L’interprétation de l’évolution des prix de l’éponge, du scrap et du ferrotitane ne peut se faire qu’à travers une étude globale car les équilibres entre offre et demande sur ces trois produits sont intimement liés.

La Figure 1 donne l’évolution du prix de l’éponge de titane sur le marché libre européen publié dans la presse spécialiséeⁱⁱⁱ. Au cours de l’étude, ces valeurs ont pu être corrélées avec des informations en provenance d’acheteurs consultant régulièrement le marché pour des achats spot.

Remarque : Nous attirons l’attention du lecteur sur le fait que ces prix reflètent l’état de l’offre et de la demande pour des achats de gré à gré sur le marché libre. Ces prix ne sont pas directement corrélés à celui de l’éponge utilisée au même moment dans la filière titane pour la production de lingot. En effet, les contrats de fourniture d’éponge des producteurs de lingots sont des contrats négociés sur de longues périodes avec, en général, des niveaux de prix révisables annuellement. Il convient également de souligner que, pour des producteurs de titane intégrés verticalement, cette évolution du prix de l’éponge n’a pas de réalité économique lorsqu’elle est destinée à la production interne.

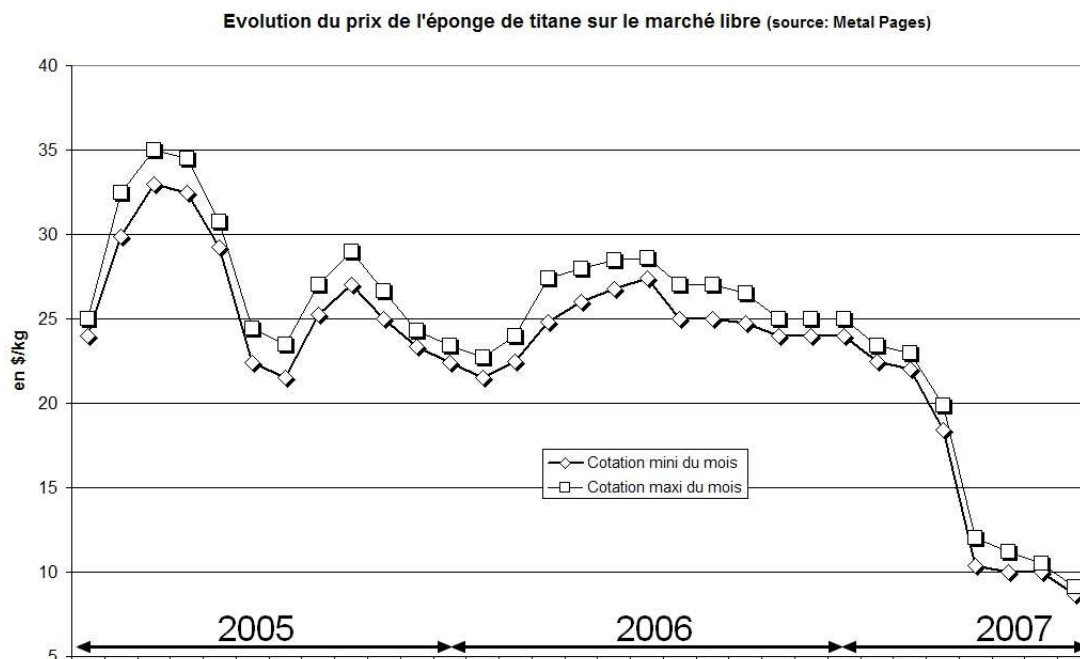


Figure 1: Évolution du prix de l’éponge de titane TG100 sur le marché libre européen (source : Metal Pages)

Les figures suivantes (Figure 2, Figure 3 et Figure 4) donnent l’évolution des prix du scrap, du FeTi70% et du FeTi30%.

Evolution du prix du FeTi70% (source Metal Pages)

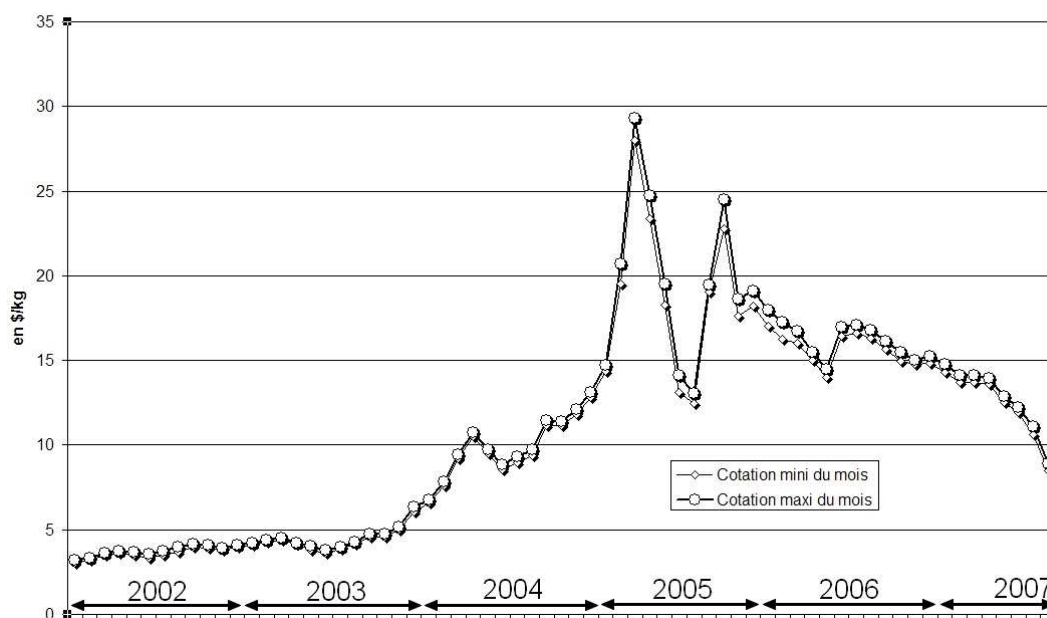


Figure 2: Évolution du prix du ferrotitane 70% (source : Metal Pages)

FeTi versus 6-4BW (2004-2006)

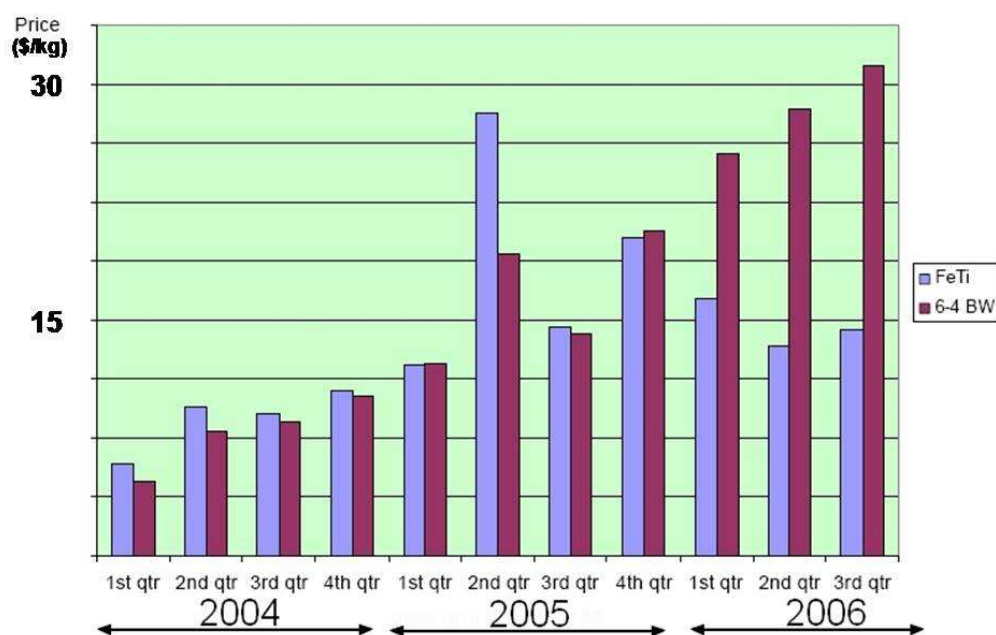


Figure 3: Évolution comparée du prix du scrap et de celui du FeTi70% (source ref. xviii)

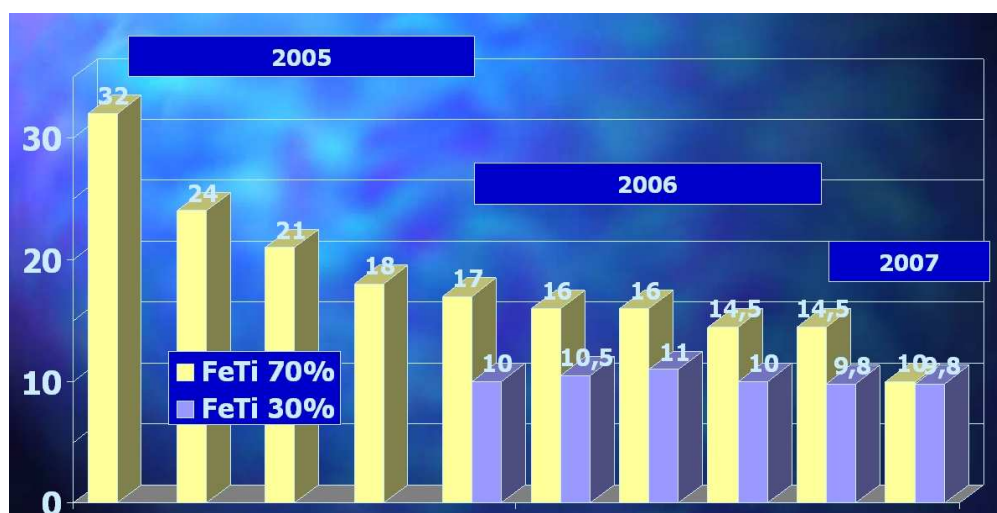


Figure 4: Évolution comparée des prix du FeTi70% et du FeTi30%

⇒ Historique de l’évolution du prix des matières entre 2003 et 2006

Au second semestre 2003, la production de la sidérurgie a redémarré rapidement après la crise internationale provoquée par le SRAS³ alors que l’industrie aéronautique était encore marquée par les effets du 11 septembre 2001. Cette reprise a stimulé la demande en ferrotitane 70% à un moment où les stocks de scrap étaient au plus bas, compte tenu de la faiblesse de la production aéronautique et de l’extinction des sources d’approvisionnement des anciens matériels soviétiques. Les prix ont alors commencé à monter comme illustré dans la Figure 2. A cette époque, la demande en FeTi70% est telle que les producteurs ne se limitent pas à l’achat de ferroscrap⁴ mais approvisionnent toutes les qualités disponibles, y compris celle destinées habituellement à être revalorisée dans la production de lingot de titane. La matière première étant plus chère, le prix du ferrotitane augmente d’autant plus, ce qui pousse certains sidérurgistes, dès le début 2004, à modifier leur stratégie d’approvisionnement en commençant à remplacer une partie de leur achat de FeTi70% par de l’éponge de titane.

L’ampleur de la crise qui s’en est suivie s’explique par la concomitance mi-2004 du redémarrage de l’industrie aéronautique qui s’est traduit par une brutale remontée de la demande en éponge et en scrap pour produire des lingots de titane. Les moyens de production en éponge alors disponibles dans le monde et la faiblesse du stock en scrap de qualité n’ont pas permis de répondre suffisamment vite à l’ampleur de la demande en matières premières, provoquant ainsi une situation de pénurie.

³ Syndrome Respiratoire Aigu Sévère

⁴ Scrap souillé, impropre au recyclage dans la filière titane et destiné à la fabrication de FeTi70%

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	14/79

Se situant à des niveaux de prix moyen de l’ordre de 8\$/kg depuis 1999, le prix de l’éponge commence, à partir du 2^{ième} semestre 2004, à suivre à un rythme de croissance comparable à celui du scrap et du FeTi70% jusqu’à atteindre le pic record de 32 \$/kg à la fin du 1^{ième} trimestre 2005 (voir Figure 1). Le FeTi70% suit exactement la même tendance et culmine à des niveaux de prix comparables le trimestre suivant (voir Figure 2). On peut considérer que, jusqu’à ce pic historique, le marché a été dominé par les besoins de la sidérurgie et que la filière titane a subi les conditions du marché. Par la suite, divers incidents de feux titane survenus au 2^{ième} trimestre 2005 chez plusieurs producteurs d’acier ont marqué une évolution dans leur stratégie d’achat qui a eu pour conséquence une chute de la demande en éponge et, au même moment, le pic de prix du ferrotitane 70%. A cette époque, de grandes quantités de matière FeTi70% en provenance de la CEI⁵ alimentent le marché mondial, sans que l’on puisse en identifier précisément l’origine. A contrario, les sites de production occidentaux (en particulier anglais) de ferrotitane sont pratiquement à l’arrêt car le scrap est quasiment exclusivement orienté vers la production de lingot de titane. Comme le montre la Figure 3, le prix du scrap atteint alors son plus haut au 2^{ième} trimestre 2005.

Face à cette situation et compte tenu de la croissance de la demande sur le marché du titane, certains sidérurgistes commencent à partir du 3^{ième} trimestre 2005, à reconsidérer la possibilité d’utiliser du FeTi30% à la place du FeTi70%. Peu utilisée jusqu’alors par l’industrie des pays développés, rappelons que cette qualité de ferrotitane présente l’avantage de ne pas utiliser de scrap de titane dans sa fabrication. Dans le cours du 3^{ième} trimestre 2005, la consommation en FeTi30% progresse significativement car le différentiel de prix avec la qualité 70% est considérable. Il s’en est suivi une baisse brutale de la demande en FeTi70% et une chute des prix du scrap, comme le montre la Figure 3. Par la suite, les prix sont repartis à la hausse pour le scrap car la matière était très recherchée par les producteurs de lingots de titane. Dès lors, les flux de matière pour les différentes qualités de scrap se régulent et retrouvent leur destination « naturelle » : le scrap de qualité revalorisé dans la filière titane et le ferrosrap utilisé pour produire du ferrotitane 70%. Le Tableau 1 illustre les deux configurations du schéma d’interaction entre les deux filières.

Pour le FeTi70%, la concurrence avec les produits de qualité 30% tire les niveaux de prix vers le bas. A la fin du 2^{ième} trimestre 2007, les deux produits se retrouvent pratiquement au même niveau de prix, comme l’illustre la Figure 4⁶.

⁵ Communauté des États Indépendants

⁶ Les prix du FeTi30% ne sont pas publiés dans la presse spécialisée. Dans cette étude, ils ont été obtenus par consultation directe des fournisseurs.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	15/79

Scenario de crise (2005)			
	Impact sur la filière titane	Impact sur la filière sidérurgique	Conséquence
Éponge	matière 1 ^{ère} indispensable	consommable envisageable toutes catégories de qualité	Conflit d’intérêt
Scrap	matière 1 ^{ère} indispensable	consommable envisageable toutes catégories de qualité	Conflit d’intérêt
FeTi70%	appauvri la filière en scrap	consommable envisageable	Conflit d’intérêt
FeTi30%	sans impact	consommable envisageable	OK
Scenario optimum			
	Filière titane	Filière sidérurgie	Conséquence
Éponge	matière 1 ^{ère} indispensable	utilise des matières déclassées ou de mauvaise qualité	OK
Scrap	matière 1 ^{ère} indispensable	n’utilise que le ferrosrap	OK
FeTi70%	Impact limité : « ferro-scrap » non recyclable dans la filière titane	consommable envisageable	OK
FeTi30%	sans impact	consommable envisageable	OK

Tableau 1: Interaction entre filière titane et filière sidérurgique

⇒ Les prix en Chine

L’analyse faite sur les prix pour le marché libre européen n’est pas transposable en Chine. En effet, on constate des variations et des niveaux de prix pour l’éponge et le ferrotitane dé-corrélés de l’offre internationale. Ainsi, malgré la multiplication de l’offre due à l’émergence de nouveaux sites d’exploitation, les prix sur le marché intérieur ont pu atteindre courant 2007 des niveaux supérieurs de +2 à 4 \$/kg pour l’éponge à +5 à 6 \$/kg pour le FeTi70%. Concernant l’éponge, une explication possible peut être trouvée dans la création de la société commerciale commune entre quatre principaux producteurs Fushun, Zunyi, Chaoyang Baisheng et Jinzhou Huasen qui a fixé un prix plancher pour le marché intérieur chinois. Toutefois, les réelles causes des prix élevés semblent être plutôt liées au coût de l’énergie, au coût d’exploitation et de logistique et aux barrières douanières imposées à l’export pour les matières dont la production « coûte cher en énergie, induit de la pollution et consomme des ressources minérales^{iv} ».

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	16/79

II TITANE: EVOLUTION DE LA DEMANDE MONDIALE

Nous présentons dans le tableau ci-dessous l'estimation de la consommation mondiale de titane par secteur.

<i>tonnes</i>	2003	2004	2005	2006	(en cours) 2007
Aéronautique commerciale	14-18.000	17-20.000	20-24.000	24-28.000	34-38.000
Applications industrielles	20-23.000	23-25.000	22-25.000	25-27.000	25-28.000
Applications militaires	8-10.000	9-12.000	9-12.000	11-13.000	10-12.000
Biens de consommation	6-7.000	7-8.000	7-8.000	9-10.000	9-10.000
Total	48-58.000	56-65.000	58-69.000	69-78.000	78-88.000

Tableau 2: Estimation de la consommation mondiale de titane par secteurs (2003-2007)

L'évolution de la consommation met clairement en évidence le regain d'activité initiée en 2005 en amont de la filière et qui se traduit par un bond de +16% de la consommation en 2006. Les perspectives 2007 sont sensiblement au même niveau avec une progressive de +13%. On constate que, sur la période 2003-2006, c'est le secteur de l'aéronautique commerciale qui marque la plus forte progression avec une augmentation de +63% de la consommation de titane.

II.1 Aéronautique commerciale

Le secteur de l'aéronautique commerciale est, depuis toujours, une composante essentielle du marché du titane. C'est en effet, en volume, le premier marché captif. Lors que la demande y est forte, les caractéristiques de l'offre⁷ (capacités de production limitée et concentrée sur un faible nombre d'acteurs) font que les prix deviennent dissuasifs pour les autres secteurs d'application.

⁷ Telle qu'elle se présente aujourd'hui

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	17/79

Selon les analyses prospectives^{v, vi} du transport aérien, le besoin en nouveaux avions dans les 20 ans à venir est estimé à environ 22 à 28.000 unités. Sur la flotte actuellement en service estimée à 18.200 avions (valeur 2006), 7 à 10.000 avions seront remplacés et la croissance mondiale du transport aérien à l’horizon 2026 nécessitera une flotte additionnelle de 15 à 18.000 nouveaux avions. En moyenne, les cadences annuelles de production devraient donc se situer entre 1.100 et 1.400 avions/an⁸ sur la période 2006-2026 pour répondre à une telle demande. Nous présentons tout d’abord ci-dessous l’analyse des besoins pour le segment le plus important du marché occupé par Airbus et Boeing: les avions de ligne de plus de 100 sièges.

II.1.1 Avions de ligne de plus de 100 sièges

La plus forte demande est concentrée sur les avions court et moyen-courrier monocouloirs (*single aisle*, capacité : 100 à 210 sièges) qui totalisent un besoin de 15.300 à 17.600 unités sur la période 2006-2026, soit en moyenne 765 à 880 avions/an. Viennent ensuite les segments des avions intermédiaires et des gros porteurs (capacité : 250 à 400 sièges) qui totalisent, pour la période 2006-2026, un besoin de 3.745 à 6.290 avions (soit 187 à 314 avions/an), puis le segment des très gros porteurs (capacité supérieure à 400 sièges) dont le marché de l’ordre de 960 à 1.500 avions (soit 48 à 75 avions/an) .

Nous présentons dans la Figure 5 une estimation des cadences de production pour les deux principaux constructeurs Airbus et Boeing. On constate que, sur la période 2006-2016, les moyens de production s’alignent en moyenne sur 1.206 avions/an (au total 13.271 avions).

Le détail par catégorie est donné dans le tableau ci-dessous.

Catégorie	Type	Production 2006-2016	Avions/an
100 à 210 sièges	A320 et B737	9.283	844
250 à 400 sièges	A330, A340, A350, B767, B777, B787	3.372	306
+ de 400 sièges	A380, B747	616	56
Total		13.271	1.206

Tableau 3: Perspectives de production Airbus et Boeing entre 2006 et 2016

Concernant les nouvelles générations d’avion, l’Airbus A380 est déjà en production, tandis que le Boeing B787 et l’Airbus A350 XWB seront en production respectivement à partir de 2008⁹ et 2011.

⁸ Pour mémoire, les cadences actuelles (2006) sont de l’ordre de 900 avions/an.

⁹ Boeing envisage de livrer 112 exemplaires du B787 entre 2008 et 2009 puis de produire l’avion à une cadence de 14 à 16 avions/mois à partir de 2010.

Au niveau des commandes effectivement enregistrées, le bilan au 1^{er} juillet 2007 fait état de 5.785 avions commandés répartis équitablement entre Airbus et Boeing, ce qui représente un plan de charge assuré jusqu'à mi-2012 pour les deux constructeurs.

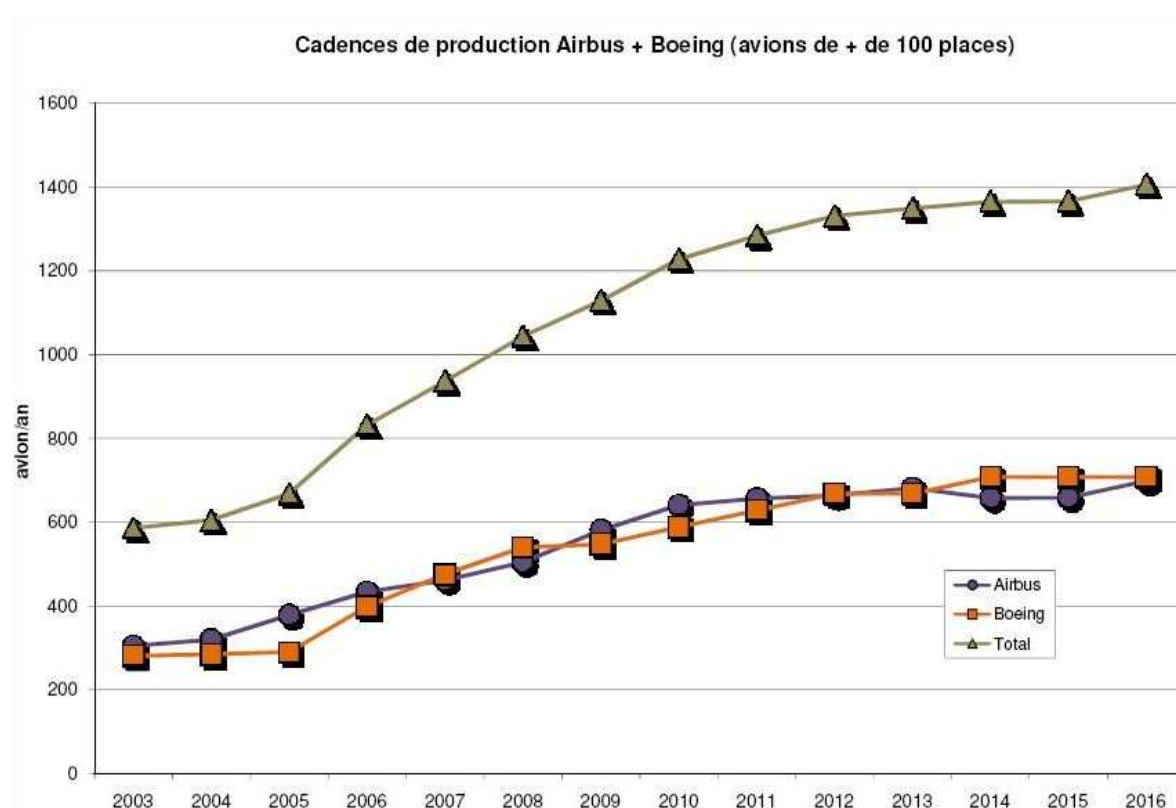


Figure 5: Estimation des cadences de production Airbus et Boeing 2003-2016

Ces perspectives de production se traduisent par une augmentation considérable de la demande en titane ce qui aura pour effet d'accroître la dépendance du marché vis-à-vis du secteur aéronautique. L'effet volume est d'autant plus important que les nouvelles générations d'avions tels que les Airbus A380, A350 et Boeing B787 utilisent plus de titane que les avions de conception antérieure. Le tableau ci-dessous (Tableau 4) présente les quantités de titane approvisionnées pour chaque type d'avion.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	19/79

Avion	tonnage/avion
B717	10
Série A318- A320	7 à 12
A300, A330	14 à 19
B737, B767	18 à 21
A 340	24 à 28
B747-400	43 à 44
B777, B747 8F	46 à 60
A380	70 à 77
A350 ¹⁰ , B787	90 à 100

Tableau 4: Quantité de titane approvisionnée par type d’avion

Cette augmentation de l’utilisation du titane est directement liée à celle des matériaux composites en raison de la bonne correspondance entre différentes propriétés comme la rigidité, la dilatation thermique et la résistance à la corrosion.

A partir des projections de cadence de production et des besoins par avion, nous avons fait une estimation de l’évolution de la demande en titane pour Airbus et Boeing (voir Figure 6). Le calcul est basé sur les besoins matières en tenant compte du délai entre la date d’approvisionnement en matière première et la date de livraison de l’avion. Le délai moyen qui a été pris en compte est de l’ordre de 12 à 18 mois. D’autre part, d’autres décalages peuvent apparaître entre le besoin théorique calculé pour l’instant t et la date effective d’approvisionnement (anticipation des besoins, stockage de sécurité etc.). Dans la pratique, de tels décalages ne sont que très exceptionnellement tolérés par les fabricants eux-mêmes. En revanche, les sous-traitants peuvent être amenés à anticiper le besoin pour sécuriser leur livraison en « juste à temps » dans les périodes d’augmentations des cadences de production des chaînes d’assemblage final. La période 2006 – 2007 est particulièrement propice à ce type de phénomène en raison de l’augmentation générale des cadences de production liée, entre autre, à l’entrée en production de l’A380 et du B787.

¹⁰ En cours de définition

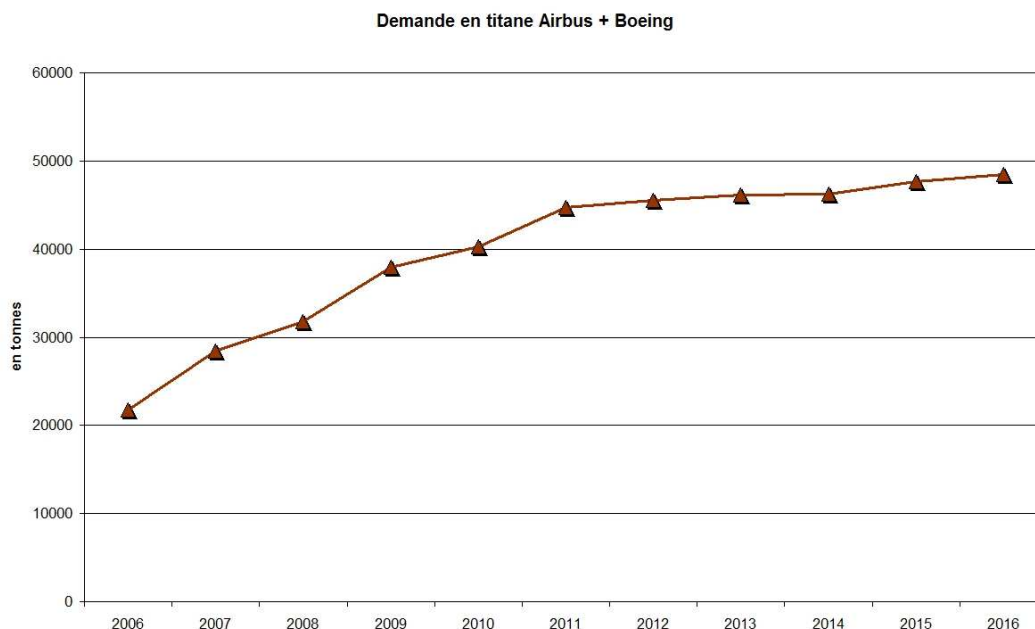


Figure 6: Estimation de la consommation en titane pour Airbus et Boeing

Sur le segment des avions de 100 à 149 sièges, il existe d’autres fabricants dans le monde (voir annexe I) dont le plus important est Embraer (4^{ième} fabricant d’avions). Le constructeur brésilien a pénétré ce segment à partir de 2004 avec ses modèles Embraer 190 et 195. Toutefois, avec 12 et 43 avions produits dans cette catégorie entre 2005 et 2006, l’impact sur la consommation de titane est très faible (quelques dizaines de tonnes). Le carnet de commande d’Embraer totalisait sur ce segment de marché, au 1^{er} trimestre 2007, 301 commandes fermes ce qui représente plus de 5 ans de production au rythme actuel de 4.6 avions/mois.

Malgré sa place de troisième fabricant d’avion, Bombardier n’introduira vraisemblablement pas avant 2013 un avion de capacité 110 à 135 sièges (série C). L’impact sur la consommation de titane devrait être très faible.

II.1.2 Avions de ligne de moins de 100 sièges

La catégorie des avions de moins de 100 sièges représente environ la moitié de la demande des avions régionaux, l’autre moitié étant couverte par les avions de 100 à 150 sièges (voir paragraphe précédent).

Nous présentons dans la figure ci-dessous les estimations de la demande sur les deux segments d’avion : capacité 30 à 59 sièges et capacité 60 à 90/99 sièges. Ces données sont issues des deux principaux constructeurs d’avions régionaux : Bombardier^{vii} et Embraer^{viii}. La liste des autres concurrents sur ce segment de marché est présentée dans l’annexe I.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	21/79

Catégorie	Demande en nouveaux avions 2006-2026	Avions/an
30 à 59 sièges	1.000 à 1.100	50 à 55
60 à 90/99 sièges	2.600 à 4.300	130 à 215
Total	3.600 à 5.400	180 à 270

Tableau 5: Demande en avions de moins de 100 sièges (sources vii, viii)

L'évolution des cadences de production des deux avionneurs présentées dans le Tableau 6 met en évidence l'inversion de tendance dans ces deux segments de marché.

Concernant la consommation de titane dans ce secteur, nous l'estimons à un niveau modeste de l'ordre de 200 à 300 tonnes/an. Les prévisions d'évolution de la demande étant proche des cadences de production des deux principaux constructeurs, il ne faut vraisemblablement pas s'attendre à un changement important du niveau de consommation en titane pour les années à venir.

L'état des carnets de commande des deux constructeurs sont les suivants (état au 1^{er} trimestre 2007) :

- Avions de 30 à 60 sièges : 24 commandes fermes pour Bombardier et 153 pour Embraer ;
- Avions de 60 à 99 sièges : 128 commandes fermes pour Bombardier et 301 pour Embraer.

	Livraison d'avion			
	2003	2004	2005	2006
Avion 30 à 59 sièges	249	205	154	33
Avion 60 à 90/99 sièges	80	124	112	148

Tableau 6: Production d'avion de moins de 100 sièges (Bombardier et Embraer)

II.1.3 Besoin en fixations aéronautiques

L'assemblage des pièces en matériaux composites dans les cellules aéronautiques implique l'utilisation de fixations résistantes à la corrosion et présentant un bon niveau de performance mécanique. Le titane présente les caractéristiques voulues et s'impose face à l'aluminium et les aciers cadmiés.

Le marché actuel (2006) de la fixation nécessite environ 3.800 tonnes de demi-produits, ce qui représente environ 6.000 tonnes de lingot. La Figure 7 illustre l'augmentation de la consommation en titane pour ce secteur. L'estimation a été faite à partir de l'évolution prévisionnelle des cadences d'Airbus et de Boeing.

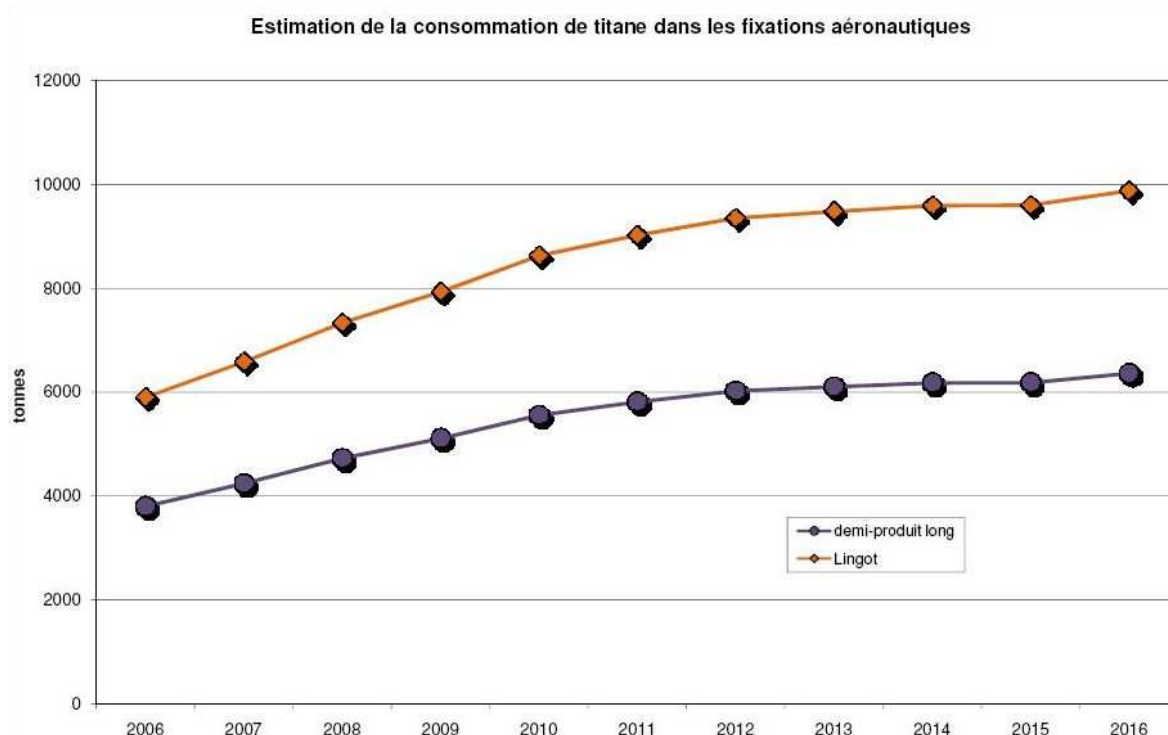


Figure 7: Évolution de la consommation de titane pour les fixations aéronautiques

II.1.4 Industrie aéronautique en Asie

L'activité aéronautique est faible en Asie mais elle devrait progressivement augmenter grâce à la politique de partenariat et de joint venture qui se met en place avec les grands groupes occidentaux et la volonté des gouvernements de développer ce secteur d'activité.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	23/79

⇒ Japon

Le secteur aéronautique ne représentait en 2006 que 3% de la consommation de titane avec 592 tonnes (voir paragraphe VII). A ce volume, il convient de rajouter une partie des exportations que nous estimons à 1.500 tonnes soit environ 20% du total des exportations en 2006. Les partenariats avec l'industrie occidentale se développent mais ont un impact relativement limité sur la consommation de titane. Citons par exemple l'accord entre Fuji Heavy Industries et le producteur américain RTI pour fournir des pièces en titane extrudées et parachevées au Japon pour le programme B787 ainsi que la fourniture par Kawasaki Heavy Industry de disques de compresseur pour le Trent 1000 et de carter pour le Trent 900.

⇒ Chine

En 2006, la consommation de titane pour le secteur aéronautique a été de l'ordre de 1.400 à 2.000 tonnes, soit environ 7 à 10% du marché intérieur chinois. Les perspectives de croissance du trafic aérien chinois sont de +8.5%/an sur les 20 prochaines années ce qui devrait doubler le trafic moyen mondial. Ceci représente un besoin de 2.600 avions dans la catégorie des gros porteurs.

Avec de tel besoin dans le secteur du transport aérien, la Chine avance une stratégie d'acquisition de technologie pour, in fine, être autonome sur la conception et la fabrication d'avions de ligne pour tous les segments de marché existants. L'objectif est donc de développer une concurrence aux constructeurs actuels. La Chine est impliquée dans les programmes Boeing 737, Boeing 787, Airbus 350XWB, Airbus 320 (chaîne d'assemblage à partir de 2009) et Embraer ERJ 145 (coproduction¹¹ pour la classe 45-55 sièges). La politique d'outsourcing des constructeurs occidentaux et les négociations sur des marchés de compensation ouvrent également des portes aux industriels chinois pour se placer sur les postes de sous-traitance de programmes en cours. Ainsi, deux industriels chinois fourniront des pièces pour les attaches de train d'atterrissage de la version modifiée du B-474-8 (450 passagers): Hong Yuan Aviation Forging et Casting Industry (Sanyuan).

Les transferts technologiques attendus des accords avec Airbus devraient faciliter le développement d'un avion de ligne chinois de la gamme 150-200 sièges programmé dans le 11^{ième} plan quinquennal 2006-2010 du gouvernement. L'avion devrait être produit à partir de 2020. Dans un avenir plus proche, l'avion ARJ-21 de la classe 70-105 sièges entrera en service dès 2008. Cet avion produit par le conglomérat AVIC I (China Aviation Industry Corporation I) a reçu à ce jour 71 commandes de compagnies aériennes chinoises. En juin 2007, AVIC I a annoncé la signature avec Bombardier d'un accord pour le développement du

¹¹ Dans le cadre du contrat de livraison de 50 ERJ145 à la compagnie chinoise HNA, Embraer a signé un accord avec le groupement industriel AVIC II (China Aviation Industry Corporation II) pour produire les avions en Chine par une société commune Harbin Embraer Aircraft Industry.

ARJ21-900 qui couvrira la classe 90-149 sièges. L’avion entrera en service en 2011. Enfin, des discussions en cours avec la Russie portent sur un projet d’avion gros porteur concurrent des B787 et A350XWB. Le Tableau 7 résume les différents projets d’avion chinois dans les prochaines années.

Avion	Catégorie	Année d’entrée en service
ARJ-21	70-105 sièges	2008
ARJ21-900	90-149 sièges	2011
?	supérieur à 150 sièges	2020
Projet sino-russe	250-400 sièges ?	?

Tableau 7: Projets d’avions chinois

Compte tenu de la logique de développement de l’industrie aéronautique chinoise, les tendances observées sur le choix des matériaux pour les cellules et les moteurs devraient être comparables à celles de l’industrie occidentale. Nous présentons ci-dessous une estimation de l’augmentation de la consommation de titane en Chine pour les besoins des nouveaux programmes ARJ-21 et ARJ21-900. Les valeurs atteintes seraient de l’ordre de 500 tonnes/an¹² en 2012 et de 1.000 tonnes/an en 2016.

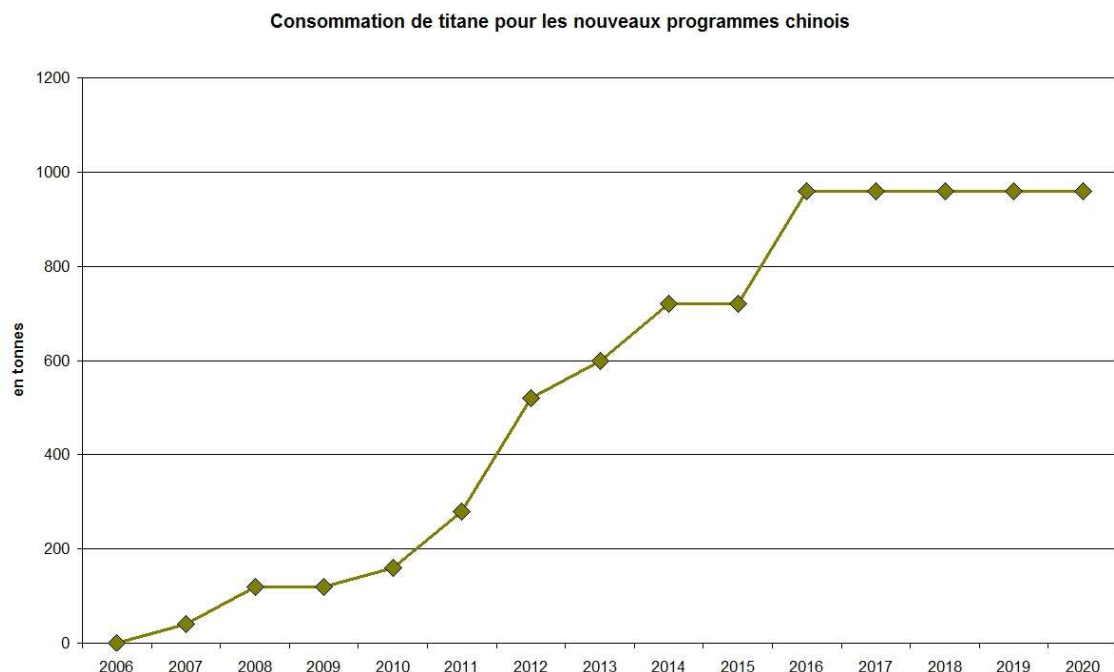


Figure 8: Consommation de titane pour les nouveaux avions chinois (ARJ12, ARJ12-900)

¹² Ces consommations ne prennent en compte que les besoins des nouveaux programmes chinois.

II.1.5 Industrie aéronautique en Europe de l’Est

La consommation de titane pour le marché aéronautique d’Europe de l’Est est alimentée principalement par VSMPO qui a consacré un peu moins de 3.750 tonnes pour ce secteur en 2006. Comme l’indique le tableau donné en annexe II, les prévisions de production d’avion entre 2008 et 2012 font état d’une croissance importante de ce secteur d’activité dans les années à venir. Les principaux programmes sont le Tupolev TU-334 avec un total de 236 avions produits sur la période, l’Antonov AN-148 produit à 126 exemplaires, le Tupolev TU-204/214 produit à 84 exemplaires et l’Antonov AN-140 produit à 57 exemplaires. Nous présentons ci-dessous une estimation du besoin en titane pour ces 543 avions construits entre 2008 et 2012.

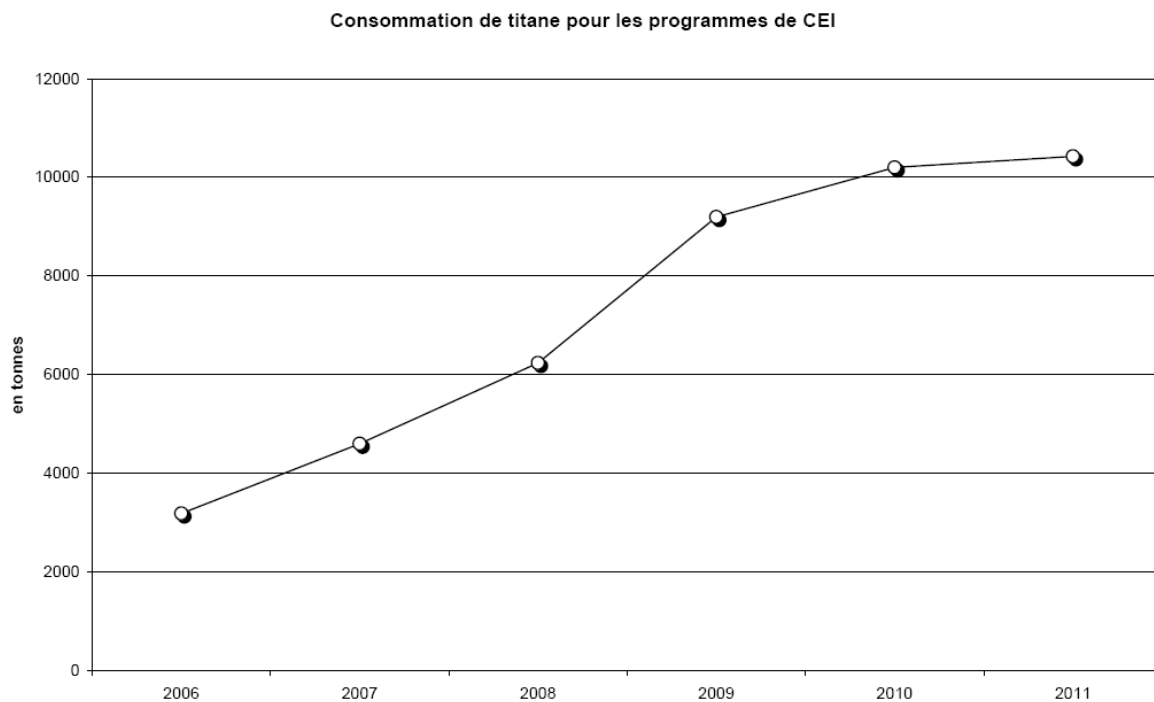


Figure 9: Consommation de titane pour les programmes d’avions en CEI

II.2 Applications militaires

II.2.1 Domaine terrestre

Dans le domaine militaire, le titane a étendu son domaine d’application en trouvant de nouveaux débouchés en tant que matériau de blindage pour les véhicules terrestres. Le

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	26/79

titane est en général utilisé en protection rapportée¹³, le plus couramment sous la forme de plaques ou pour des pièces de structure rapportées (battants, capots, tourelles etc.). Compte tenu du gain en poids de l'ordre de 30 à 50% par rapport à une protection en acier à blindage classique et du bon comportement du matériau face à un grand nombre de menace, le titane s'impose comme une solution polyvalente et performante pour les programmes d'armement futurs. En France, Giat Industries a introduit très tôt le titane dans ses solutions de blindage sur véhicules de combat.

Aux USA, les nuances de titane bas coût EBSM¹⁴ (Electron Beam Single Melt) développées sous l'impulsion de l'US Army ont été utilisées comme blindage pour la version export Égypte du M1 Abrams et pour le Stryker Mobile Gun Systems (MGS). Par ailleurs, l'ARDEC (Army Research, Development and Engineering Center) a réalisé un kit de blindage titane pour les véhicules tactiques moyens (Stryker FSV) et légers (HUMMWV) en opération en Iraq. Le volume de titane utilisé sous ses différentes formes dans le domaine des protections balistiques structurales et rapportées peut être évalué à environ 1.500 tonnes/an.

Sous l'impulsion de l'Armée américaine, le titane est maintenant envisagé comme matériau de structure pour les systèmes mobiles terrestres (véhicules tactiques, remorques etc.), en particulier la plate-forme commune du véhicule du « Future Combat System ». Dans cette perspective, l'American Welding Society (AWS) travaille à la rédaction d'un code de dimensionnement des structures soudées en titane incluant les aspects «résistance aux chocs». Un premier grand programme d'armement, le canon aérotransportable Howitzer, a adopté le titane pour l'ensemble de sa structure ce qui a permis d'alléger celle-ci de plus de 3 tonnes sur une configuration initiale de 7 tonnes. Ce nouveau canon est entré dans sa phase de pleine production en 2006 sous sa seconde version (M777A2) à un rythme de 16 unités/mois. Avec un carnet de commande d'au moins 740 canons, ce programme consommera au moins 800 tonnes de titane par an entre 2006 et 2009.

Ce premier succès ouvre d'autres perspectives dans le domaine terrestre en particulier dans la gamme des véhicules blindés légers de 20 – 30 tonnes. Les progrès sur les techniques d'assemblage (soudage par friction¹⁵) et les possibilités de réalisation de grandes pièces par fonderie laissent envisager la réalisation de caisses complètes en titane. Au rythme de 10 à 15 tonnes/véhicule, la consommation en titane pourrait rapidement atteindre des volumes importants en phase de production en pleine cadence : plusieurs milliers à quelques dizaines de milliers de tonnes par an. Le contexte actuel du marché en terme de capacité d'offre et de niveau de prix est, pour l'instant le frein majeur à ce projet. Nous présentons dans le paragraphe III une simulation de l'impact de cette demande sur la consommation mondiale de titane.

¹³ Sur-blindage fixé sur la structure du véhicule (« add-on armour » ou « appliqué »)

¹⁴ Pour plus d'information sur les techniques de fusion EBSM, voir la fiche de synthèse titane.

¹⁵ Procédé « LinFric » pour le soudage longitudinal par friction de tôle en titane épaisse (Shoulder Friction Stir Welding)

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	27/79

II.2.2 Domaine aéronautique

La consommation de titane pour les applications aéronautiques militaires est surtout développée aux USA. Les guerres en Afghanistan et en Irak ont considérablement relancé l’industrie militaire dans ce pays avec des dotations importantes au budget de la Défense.

⇒ USA

Des études spécifiques^{ix} de la consommation de titane dans les applications aéronautiques militaires américaines permettent de faire une estimation globale des besoins. L’avion de combat Joint Strike Fighter (JSF) est le principal grand programme militaire grand consommateur de titane dans les prochaines années. Il entre dans sa phase de production avec une montée en puissance entre 2008 et 2012. Le rythme de production devrait atteindre 143 avions/an au moins jusqu’en 2020¹⁶ pour honorer le carnet de commande qui totalise au minimum 2.600 avions¹⁷. Le producteur américain RTI a signé en mai 2007 un contrat long-terme d’approvisionnement avec le constructeur du JSF (Lockheed Martin Aeronautics) pour fournir en moyenne 3.600 tonnes/an de titane jusqu’en 2020.

Sur la base des prévisions de cadence de production des différents programmes en cours et à venir, nous estimons la consommation de titane pour les besoins des programmes aéronautiques militaires américains entre 4.000 et 5.000 tonnes/an jusqu’en 2017.

⇒ Europe occidentale

Pour l’Europe, les cadences de production des programmes d’avion de chasse et d’avions de transport amènent à une estimation en progression régulière de 400 tonnes en 2006 à environ 700 tonnes en 2010. Ce niveau de consommation devrait ensuite rester stable jusqu’en 2016.

⇒ Europe de l’Est

Concernant les pays d’Europe de l’Est et d’Asie continentale, très peu de données sur les consommations de titane sur les marchés de défense sont disponibles. On sait toutefois que la demande sur le marché intérieur russe a augmenté depuis 2003 pour répondre aux besoins des productions de SU27 et SU30 pour l’exportation vers la Chine et l’Inde. Six chasseurs Sukhoi seront également livrés à l’Indonésie entre 2008 et 2010. Le niveau de consommation de titane est estimé entre 100 et 200 tonnes/an.

¹⁶ Certaines sources font état de 4.000 commandes

¹⁷ Le programme américain bénéficie de la contribution financière et industrielle de 5 pays européens : Royaume-Uni, Italie, Pays-Bas, Norvège et Danemark.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	28/79

II.2.3 Domaine naval

Le titane est utilisé dans la marine comme matériau de structure (coque de sous-marins en particulier) et pour différentes pièces fonctionnelles comme : des éléments de propulsion (pompe hélice), des échangeurs thermiques (réfrigérant, condenseurs), des éléments de circuit d’eau de mer et des protections balistiques.

Malgré les nombreux atouts que présente le titane pour des applications navales militaire, le volume de consommation est modeste principalement en raison des niveaux de prix élevés et des contraintes d’approvisionnement. La consommation mondiale annuelle est estimée à environ 600 tonnes/an.

La seule application qui pourrait significativement faire augmenter les volumes de titane dans les applications navales militaires serait celle des coques de sous-marins grandes profondeurs¹⁸. De tels projets ne sont pas envisagés, pour l’instant.

II.3 Applications industrielles

Dans le secteur de l’industrie le titane est souvent en compétition avec d’autres solutions matériau¹⁹. Ceci explique la croissance relativement limitée de la consommation de titane sur la période 2003 – 2006 malgré le développement de la demande dans ces différents secteurs (voir Tableau 2).

Le potentiel de développement sur le secteur est malgré tout très important car chaque projet peut consommer plusieurs centaines de tonnes. Selon nos estimations, la consommation aurait pu être supérieure de 15 à 20% sur la période 2003 – 2006 (+4.000 à +6.000 t).

II.3.1 Chimie, Pétrochimie et secteurs associés

Nous avons regroupé dans cette section les applications industrielles du titane : chimie, pétrochimie, gaz, off-shore, industrie alimentaire etc.

Ce secteur bénéficie de la forte croissance de la demande en provenance de l’Asie, en particulier de la Chine et de l’Inde. L’augmentation du prix des énergies fossiles (pétrole, gaz) a également contribué à relancer des projets d’exploitation à travers le monde. Les conditions d’exploitation plus complexes induisent des challenges technologiques où le titane trouve, grâce à ces propriétés naturelles, des niches d’application (exploitation off-shore grande profondeur, conditions de pression et de température élevée).

Le titane est utilisé dans la fabrication d’équipements industriels pour l’extraction et la transformation des matières premières, les procédés de traitements chimiques, les

¹⁸ Comme les programmes soviétique de sous-marin d’attaque ALPHA et SIERRA II

¹⁹ Cupro-nickel, inox.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	29/79

échangeurs thermiques etc. Dans le domaine du transport, le titane est également utilisé pour le stockage et de l'acheminement de produits comme le gaz naturel liquide²⁰ (échangeurs thermiques). Dans ce secteur, les accords de fourniture entre pays producteurs et consommateurs induisent des besoins en équipements sur les sites de production, de stockage et le transport maritime (bateaux condenseurs).

Le titane est en général en compétition avec d'autres solutions matériau pour les applications de ce secteur (aciers inox, alliages base nickel). Les niveaux de prix et le manque de disponibilité matière pénalisent le titane face à ses concurrents. Dans ce contexte économique peu favorable, nous estimons la consommation totale à environ 17.500 tonnes en 2006. La consommation en titane sera encore probablement bridée dans les années à venir en raison de la prédominance de la demande du secteur aéronautique mais elle devrait continuer à croître avec les besoins liés à l'industrialisation de la Chine et de l'Inde. Les estimations de cette croissance sont de l'ordre de 3 à 5%/an pour les 5 prochaines années.

II.3.2 Énergie (production d'électricité)

Sur le secteur de l'énergie, la capacité mondiale de production d'électricité devrait être augmentée de 5.087 GW²¹ entre 2005 et 2030^x pour répondre à la croissance de la demande mondiale en électricité de 2.6%/an en moyenne sur cette période. En Chine, le rythme de mise en service de nouveaux équipements a été très soutenu jusqu'en 2005 avec une croissance de l'ordre de 50-70 GW/an. L'objectif du gouvernement chinois étant de tripler la capacité énergétique de 2002 (300 GW) à l'horizon 2020, ce pays devrait poursuivre son effort d'investissement en nouveaux moyens de production à un rythme de l'ordre de 40 GW/an. En Inde²², les programmes sont plus modestes puisqu'ils visent une augmentation de capacité de 100 GW à 300 GW entre 2006 et 2017. La baisse du rythme de croissance en Asie est compensée par le redémarrage depuis 2005 des programmes d'équipement en occident.

Aux USA, un grand programme de maintenance/remise à niveau des centrales au charbon a démarré et de nouvelles tranches nucléaires sont programmées jusqu'en 2015 (7 centrales en 2007 et 6 en 2008). Ces investissements importants sont stimulés par la mise en application du texte adopté par l'agence américaine de protection de l'environnement²³ (Clean Air Interstate Rule) qui impose une réduction drastique des émissions de gaz des centrales à charbon. En Europe, le programme EPR²⁴ de 3^{ième} génération sera lancé en 2008.

Avec un volume estimé à environ 6.000 tonnes en 2006, la consommation de titane sur ce secteur devrait progresser de l'ordre de 3%/an en moyenne jusqu'en 2020.

²⁰ LNG: Liquefied Natural Gas

²¹ Prend en compte la remise à niveau des installations existantes

²² Voir aussi les projets d'équipement de l'Inde avec la technologie OTEC (paragraphe II.3.4)

²³ EPA : Environmental Protection Agency

²⁴ European Pressurised water Reactor

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	30/79

II.3.3 Dessalement

Le marché du dessalement présente un potentiel de développement important pour le titane car les besoins en eau potable et en eau industrielle sont considérables en particulier au Moyen-Orient. Dans cette région du monde, les procédés²⁵ utilisés pour produire de l’eau sont des procédés thermiques qui, contrairement à la technique concurrente d’osmose inverse, utilisent du titane ou du cupronickel dans son processus d’évaporation tubulaire.

Avec une part de marché de l’ordre de 15% dans les procédés thermiques, la consommation de titane est estimée à environ 1.300 tonnes en 2006. Les prévisions de croissance de la demande en eau douce par procédé thermique étant de l’ordre de 16%/an sur la période 2006 – 2010, les estimations pour la consommation de titane sont du même ordre de grandeur avec un volume d’environ 2.300 tonnes en 2010.

II.3.4 Procédé OTEC

Le procédé OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) est une technique de production d’énergie basé sur l’exploitation les différences de température entre eaux profondes et eaux de surface. La société japonaise Xenexsys qui développe un ensemble de procédés industriels autour de cette technique^{xi} mène différents projets. Depuis 2003, un site d’expérimentation a démarré au Japon en partenariat avec l’IOES²⁶ de l’Université de Saga. Outre la production d’électricité (30 kW), les ingénieurs japonais ont développé une technique de dessalement (10 t/jour), de production et de stockage d’hydrogène, et d’extraction de lithium. La même année, un site de production de glaçon d’eau de mer de 10t/jour a été installé au Japon. D’autres projets sont également à l’étude pour exploiter les propriétés des eaux profondes pour développer la biomasse océanique et répondre ainsi globalement aux besoins des populations côtières en énergie, eau douce et nourriture. Compte tenu des contraintes techniques similaires à celles d’une centrale thermique eau de mer, le titane est le matériau le plus adapté pour les parties en contact avec l’eau salée. Le potentiel de consommation est très important puisqu’il peut atteindre 12.400 à 18.000 tonnes pour une seule centrale OTEC de capacité 1.000 MW. Des développements sont en cours en Inde avec le National Institute of Ocean Technology (NIOT).

Une usine pilote de dessalement construite sur la cote indienne produit actuellement (2007) 1.000 tonnes d’eau douce par jour. Les promoteurs du projet souhaitent décupler la capacité de dessalement dès 2008. Dans le cadre du même partenariat avec l’IOES et Xenexsys, l’Inde a construit une centrale énergétique pilote de 1 MW.

Les futurs projets de l’Inde sont très ambitieux puisque l’objectif est de construire 1.000 centrales électriques OTEC de capacité unitaire de 50 MW à travers le pays. Si l’Inde mène à terme ce programme, ce pays sera doté d’une capacité OTEC comparable à la capacité

²⁵ Procédés thermiques MSF (Multi Stage Flash Distillation) et MED (Multi Effect Distillation)

²⁶ Institut of Ocean Energy

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	31/79

des centrales nucléaires japonaise. Un tel programme pourrait prendre une trentaine d’année à se réaliser. Avec un rythme de construction de 1.700 MW/an, c’est entre 20 et 30.000 tonnes/an de titane qui serait consommé sur la période. Les conditions du marché à court et moyen termes ne sont pas compatibles avec une telle demande.

D’après les études de marché^{xii}, les sites d’implantation possible des centrales OTEC sont situés dans la zone intertropicale qui combine des eaux de surface de plus de 25°C et des fonds marins de plus de 1.000 mètres, ce qui assure un écart de température de 20°C minimum entre source froide et source tempérée (voir annexe III). Ainsi, de nombreuses îles du Pacifique et des Caraïbes sont également des sites de premier choix pour accueillir la technologie OTEC. Les îles Belau (archipel de la Micronésie) ont annoncé leur intention de remplacer leur parc de centrales à énergie fossile par des centrales OTEC dans les 10 ans à venir. Ce projet de 3.000 kW représente un besoin en titane de 37.200 à 54.000 tonnes sur 10 ans.

Nous présentons dans le paragraphe III une simulation de l’impact de cette demande sur la consommation mondiale de titane.

II.4 Biens de consommation, médical, architecture, naval & autres

II.4.1 Biens de consommation

Les applications les plus développées sont les suivantes :

- pièces pour véhicules à moteur (automobile, moto, camion)
- équipement sportif
- « casing » pour électronique nomade
- joaillerie, lunetterie, produits de luxe
- etc.

⇒ Automobiles, motocycles & camions

L’industrie des véhicules à moteur utilise encore modestement le titane en raison de son coût pour des applications du type : systèmes d’échappement, ressort de suspension, condenseur/refroidisseur etc. Toutefois, la pression règlementaire sur la protection de l’environnement joue en faveur de son utilisation, principalement en contribuant à l’allègement des véhicules et en limitant les effets sur l’environnement.

En Europe et aux USA, les débouchés industrielles récentes ne concernent que des applications de niche dans les voitures très haut de gamme et les véhicules de compétition. La plus récente est la Bugatti Veyron (groupe BMW) qui fait office de démonstrateur de haute

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	32/79

technologique avec plus de 40 kg de titane à bord (100 kg approvisionné). La consommation européenne était estimée en 2006 à environ 300 tonnes. Aux USA, les projets de développement dans l’industrie automobile. n’ont pas débouché en raison du prix élevé du titane. Le niveau de consommation y reste relativement stable à environ 300 tonnes/an en 2006.

C’est au Japon que les développements dans le secteur automobile et moto sont les plus avancés. En 2006, la consommation a été de 1.500 tonnes. Honda^{xiii} estime que si 1% des motos fabriquées au Japon étaient équipées de titane cela représenterait une consommation de l’ordre de 20 à 30.000 tonnes/an. Cet industriel explore de nombreuses voies pour baisser les coûts de production et de transformation. Sur la matière première, Honda économise en utilisant les déchets d’éponge²⁷ et recycle le scrap grâce à un four plasma modifié²⁸. Le gain sur les coûts de production est de 40%. Conjointement, des travaux de normalisation ont débouché sur l’adoption d’une spécification de produits bas coûts pour l’industrie des motocycles²⁹. Parmi les nouvelles applications prometteuses, Kobe Steel développe une technologie de pile à combustible pour le secteur automobile dont le séparateur entre molécules de gaz H₂ et O₂ utilise un feuillard de titane. Cette technologie devrait consommer, selon Kobe, 40 kg de titane par véhicule pour une demande de 500 unités en 2010 et 300.000 en 2020 (soit 12.000 tonnes).

⇒ **Autres secteurs : équipement sportifs, lunetterie, luxe etc.**

Ce marché est stable avec un volume global de l’ordre de 5.000 tonnes/an dans lequel la production d’équipement sportifs (en particulier : club de golf) est dominante (environ 3.000 à 3.500 tonnes/an) et principalement localisée en Asie. A elle seule, la Chine a consommé près de 2.800 tonnes/an sur ce segment de marché en 2006. Parmi les applications qui se sont développées ces dernières années, on compte les applications de « casing » pour les équipements électroniques nomades tels que les ordinateurs portables, les clefs USB, les téléphone portable et les appareils photo. La consommation devrait peu évoluer dans les années à venir.

II.4.2 Médical

Le titane est un métal biocompatible et résistant à la corrosion ce qui lui procure un avantage concurrentiel par rapport aux autres matériaux dans les applications médicales. Le vieillissement de la population dans les pays développés et le développement de la demande dans les pays émergents donnent des perspectives d’augmentation de la consommation de titane dans les années à venir. Dans le secteur des implants, les applications dentaires sont en forte croissance avec l’émergence de nouvelles technologies de titane poreux qui favorise la régénérescence des tissus grâce à la propriété de biocompatibilité du matériau. Ce segment de

²⁷ Qualité “off-grade”

²⁸ Plasma Progressive Casting Furnace

²⁹ Spécification JIS GR2 : « Wrought products for motorcycles »

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	33/79

marché est en croissance de 15%/an au niveau mondial mais son impact est limité sur la consommation de titane compte tenu de la faible masse unitaire des implants.

En 2006, le marché médical représentait environ 1.500 à 1.800 tonnes/an de titane. Il devrait poursuivre sa croissance sur un rythme de l'ordre de 2 à 3%/an sur les dix prochaines années.

II.4.3 Applications Architecturales

L'utilisation du titane dans les applications architecturales est très dépendant des conditions d'approvisionnement et en particulier des niveaux de prix. C'est au Japon que le titane est le plus utilisé avec 98 tonnes consommées en 2006 sur un marché mondial estimé à environ 300 tonnes/an.

Les perspectives d'évolution de l'offre et de la demande du marché mondial devraient maintenir ce segment de consommation à ce niveau faible. Les applications architecturales restent ainsi un segment de marché très sous-développé pour le titane.

II.4.4 Applications navales

Dans le secteur civil, les applications navales sont développées en Russie, en Chine et au Japon. Les niveaux de consommation en 2006 sont de 1.022 tonnes en Russie, de 298 tonnes en Chine et de 193 tonnes au Japon se qui donne un total mondial de l'ordre de 1.500 tonnes. Ce secteur ne présente pas de perspective d'évolution notable dans les années à venir car deux obstacles s'opposent à son développement : le prix du titane et l'absence de technologie de soudage automatisée et faible coût.

II.4.5 Autres...

Dans cette catégorie, nous regroupons les usages du titane dans des secteurs de l'industrie mal répertoriés ou très spécialisés comme celui de l'électronique. Un titane de très haute pureté est fabriqué spécifiquement pour cette industrie avec un volume de production de l'ordre de 350 tonnes/an. La demande est en croissance pour ce secteur mais l'impact sur l'offre devrait être nul dans la mesure où la filière de production est spécialisée et totalement découplée de la filière titane métal « traditionnel ».

Derrière les applications mal répertoriées se cachent les « petits utilisateurs » et micro-niches du marché. Ce segment de marché est en réalité très difficile à cerner car il est approvisionné par les distributeurs qui alimentent aussi les secteurs d'application principaux pour certains besoins spot. En Europe et au Japon, le réseau des distributeurs écoule chaque année entre 1.500 et 2.000 tonnes de titane. Au niveau mondial, le volume est estimé à environ 4.500 tonnes.

III SYNTHÈSE DE L’EVOLUTION DE LA DEMANDE MONDIALE

III.1 Scenarrio de référence

Nous présentons dans le graphe de la Figure 10 une synthèse de l’évolution de la demande mondiale de titane par secteur d’application. Cette simulation a été réalisée à partir des prévisions de consommations directement liées à des productions industrielles programmées telles que nous les avons présentées dans le chapitre II.

La courbe présentée ci-dessous constitue donc le scenarrio de référence pour l’évolution de la demande mondiale de titane. Nous présentons dans les deux paragraphes suivants les scenarii d’évolution possibles de cette demande dans le cas :

- de l’émergence du procédé OTEC (secteur « Applications industrielles ») ;
- de l’émergence de l’application « caisse de véhicule » (secteur « Application militaires »).

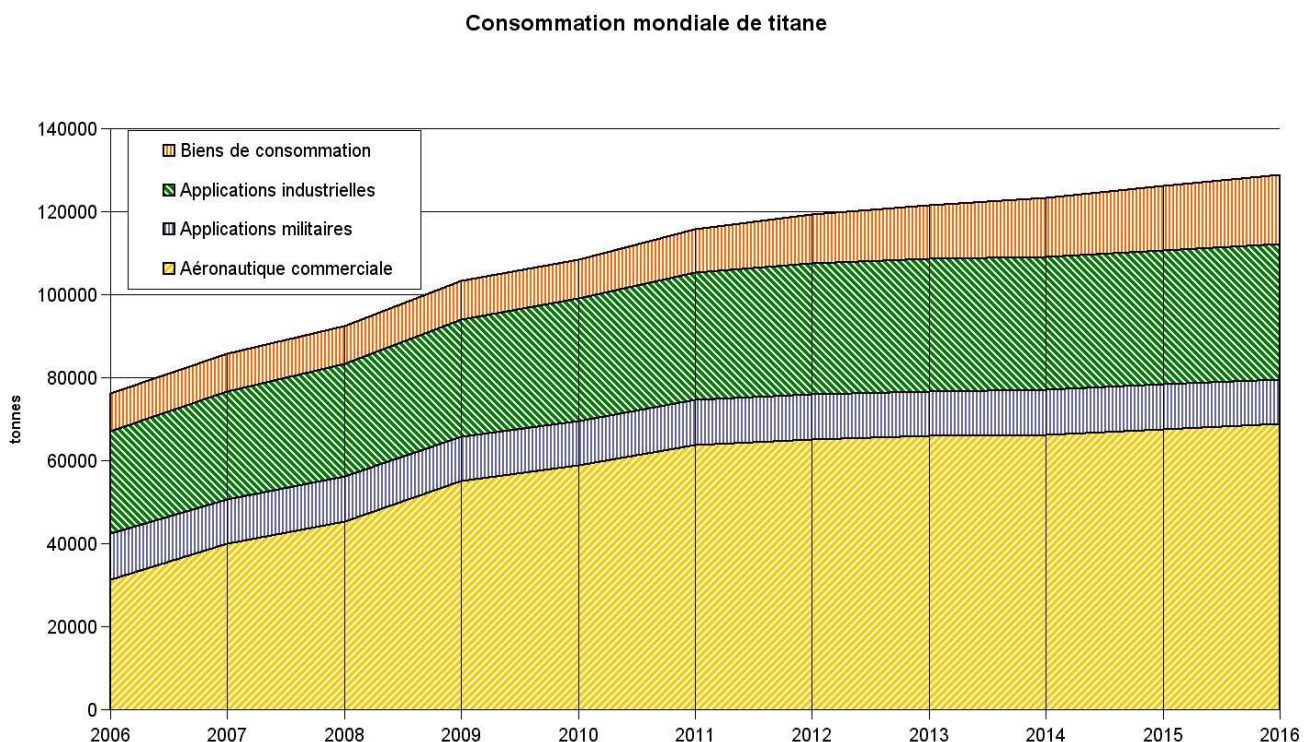


Figure 10: Estimation de l’évolution de la consommation mondiale de titane par secteur

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	35/79

III.2 Scenario d’émergence du procédé OTEC

Comme nous l’avons vu au paragraphe II.3.4 le procédé OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) est une technologie qui peut répondre aux besoins en énergie et en développement de ressources naturelles pour des pays émergents à forte densité de population comme l’Inde. L’augmentation inéluctable des besoins de ces populations et la nécessité de limiter l’impact sur l’environnement donnent à cette technologie « verte » un fort potentiel de développement. La société japonaise qui exploite ce procédé a déjà réalisé des usines pilotes de production d’énergie et de dessalement ce qui montre la maturité industrielle de cette approche. Les contraintes d’exploitation étant fortement liées à l’environnement marin en grande profondeur, le titane est particulièrement adapté pour de nombreux composants en contact avec l’eau de mer. Selon les estimations présentées dans le paragraphe II.3.4, la montée en puissance de la consommation en titane pour la technologie OTEC pourrait démarrer avant une dizaine d’année avec des niveaux de consommation annuels qui pourraient rapidement être de l’ordre de 20 à 30.000 tonnes/an.

De tels niveaux de consommation pour une nouvelle application ne sont pas compatibles avec l’offre actuelle et constituerait une source de déstabilisation du marché. Toutefois, en se plaçant dans la perspective à moyen terme, le fort potentiel de production qui prend forme en Chine et l’espoir de voir aboutir des technologies d’extraction de l’éponge « low-cost » (procédé JTS par exemple) pourraient faire émerger de nouvelles filières de production qui répondent aux besoins de ce nouveau marché.

La figure ci-dessous présente l’impact sur la demande mondiale de la montée en puissance à partir de 2014 de la consommation de titane pour le procédé OTEC.

Impact OTEC sur consommation mondiale

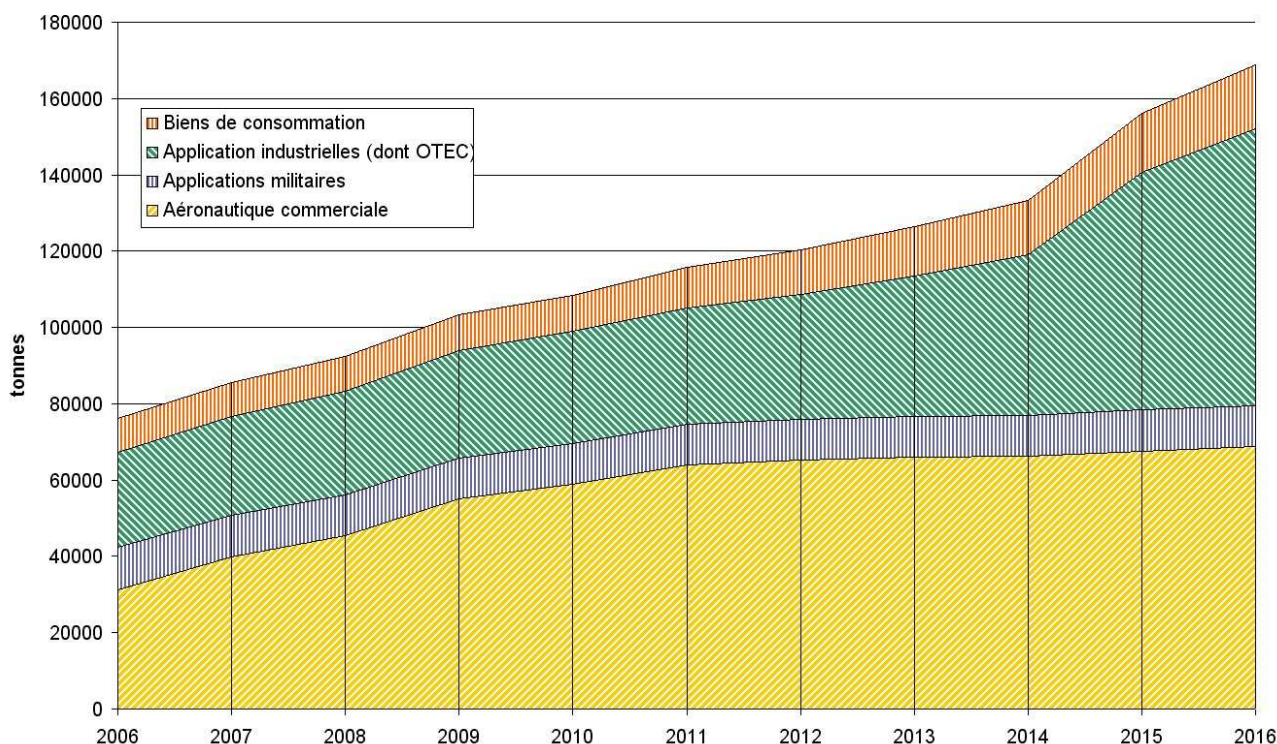


Figure 11: Impact du développement de la technologie OTEC sur la consommation mondiale de titane

III.3 Scénario d’émergence de l’application militaire “caisse de véhicule”

Le second scénario alternatif que nous présentons prend en compte les effets sur la consommation mondiale de l’utilisation du titane comme matériau de structure pour les véhicules militaires terrestres de nouvelle génération. Comme nous l’avons présenté au paragraphe II.2.1, le titane est un candidat sérieux pour les programmes futurs, en particulier aux USA, car ses performances intrinsèques spécifiques³⁰ et balistiques répondent aux objectifs de mobilité et de survivabilité dictés par les nouvelles formes de conflit. D’abord utilisé sous la forme de simples produits plats pour l’application « sur-blindage », le titane a ensuite passé avec succès toutes les étapes d’une industrialisation en grande série, en tant que matériau de structure, dans le cadre du programme de canon aérotransportable Howitzer. Bien que ce matériau soit en compétition avec d’autres solutions (les composites organiques et l’aluminium sont également envisagés) et que des difficultés technologiques subsistent en particulier pour le soudage en forte épaisseur, l’expérience acquise est suffisante pour envisager une utilisation à grande échelle comme celle des caisses de véhicule.

³⁰ Performances mécaniques rapportées à la densité du matériau

La figure ci-dessous simule l’impact de cette nouvelle application sur la demande mondiale. A échéance de 2016, le besoin additionnel pourrait représenter de l’ordre de 10 à 12% du marché total avec des perspectives de montée en puissance proportionnelle aux cadences de production des véhicules inconnues à ce jour. A raison de 10 à 15 tonnes de titane approvisionnées par véhicule, ce nouveau marché pourrait, à long terme (au-delà de 2020), relever la consommation pour les applications défense à un niveau comparable à celui de l’aéronautique commerciale.

Compte tenu de ces perspectives de volume de consommation et du niveau acceptable de prix du matériau pour une application militaire terrestre, le projet industriel nécessite la mise en place d’une filière de production de tôles titane « bas coût » spécifique par le biais de nouveaux investissements. Les développements actuellement en cours avec le procédé Armstrong et les techniques de laminage directe (voir paragraphe XI.2) sont menés dans cet objectif. En conséquence, il est probable que le risque de saturation des moyens de production des filières actuelles ne soit pas avéré. Si toutefois certaines pièces spécifiques devaient être produites par les filières « classiques » (pièces forgées par exemple), la demande additionnelle se reporterait en totalité sur les producteurs américains, seuls habilités à répondre aux appels d’offre pour des besoins défense (voir paragraphe suivant).

Impact développement militaire sur consommation mondiale

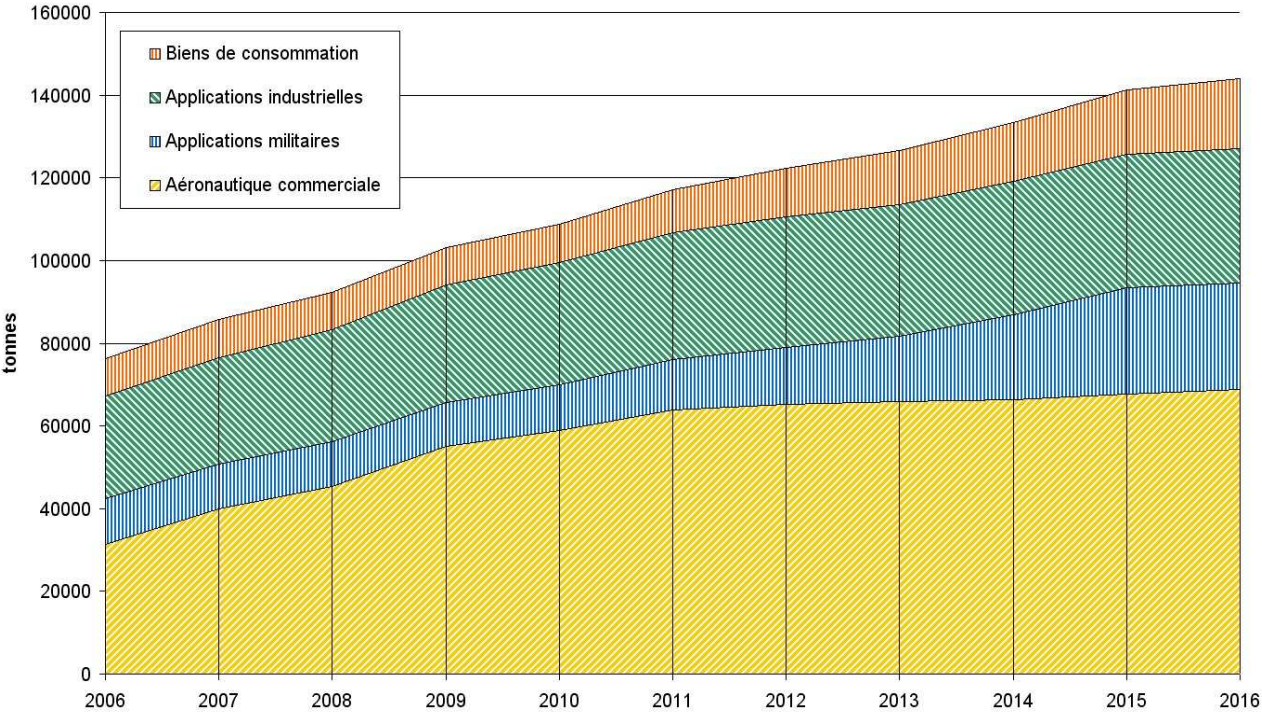


Figure 12: Impact des nouvelles applications militaires sur la consommation mondiale de titane

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	38/79

IV EVOLUTION DE LA DEMANDE INTERIEURE AUX USA

L'industrie du titane aux USA est très fortement liée au secteur aéronautique civil et militaire qui absorbe environ 75% de la production nationale. Le reste est consommé, par ordre de décroissance, dans les secteurs de l'industrie, des applications défense non-aéronautiques, du médical et des biens de consommation.

Le secteur militaire s'est particulièrement développé avec une diffusion des technologies titane vers les matériels des forces terrestres : blindages, canon aérotransportable. Malgré la pression de l'association aéronautique américaine AIA qui a engagé des démarche auprès du Congrès américain, l'amendement Berry reste en vigueur et garanti la préférence nationale aux fournisseurs d'équipements et de systèmes pour les besoins de la Défense.

Les perspectives de croissance de la demande ont stimulé l'ensemble de la filière américaine qui s'est mobilisée pour apporter une réponse à l'adéquation offre/demande sur le marché intérieur. Les producteurs et les transformateurs ont engagé des investissements massifs pour mettre à niveau les moyens industriels et structurer l'ensemble de la filière. Cette politique de filière conforte la position dominante des USA qui développe, par ailleurs, une approche de partenariat industriel avec les pays où les perspectives de vente à l'export sont les plus prometteuses. Cette approche permet d'alimenter les marchés de compensation et, lorsque c'est possible, de partager les risques et les investissements industriels. Avec la Russie, un accord important de partenariat a été passé entre Boeing et VSMPO pour mettre en service dès 2008 une usine de production de pièces pour avion (partie de train d'atterrissage, attaches d'aile) sur le site de Salda. Boeing a signé un contrat d'approvisionnement avec VSMPO qui couvrent 50% de ses besoins en titane jusqu'en 2009.

Le tableau présenté en annexe IV donne une synthèse de l'offre et de la demande sur le marché intérieur américain. La production de titane a dépassé les 36.000 tonnes en 2006. On constate au niveau des importations et des exportations (voir annexe V et annexe VI) la dépendance des USA pour l'approvisionnement d'éponge. Cette dépendance va se résorber dans les 2 à 3 ans à venir grâce à la montée en puissance des moyens de production de Timet et Allegheny. En 2006, le gouvernement américain a vendu les dernières 679 tonnes du stock stratégique³¹ d'éponge de titane.

V EVOLUTION DE LA DEMANDE INTERIEURE EN RUSSIE

VSMPO est le seul producteur de titane russe. Sa production a progressé en 2006 de +16% avec 24.000 tonnes (20.726 tonnes en 2005).

Avec les différents accords signés avec les grands groupes industriels européens et américains, le producteur russe destine près des 2/3 de sa production à l'exportation. Cette situation est la conséquence logique de la politique volontariste de ce géant du titane de

³¹ Defense National Stockpile Center

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	39/79

remettre en route la formidable machine industrielle de l’époque soviétique. En quelques années, VSMPO est devenu un acteur incontournable pour l’industrie occidentale (en particulier américaine) alors que son rôle dans la politique stratégique du gouvernement russe commence à prendre forme.

La politique de partenariat entre Boeing et VSMPO a abouti à la signature le 14 avril 2006 d’un accord pour la création d’une unité de production de pièces pour avion (partie de train d’atterrissage, attaches d’aile) sur le site de Salda, opérationnelle en 2008.

En 2007, après de longues négociations l’agence de vente d’armement russe ROSOBORONEXPORT a finalement concrétisé sa prise de participation dans le capital de VSMPO à hauteur de 41%. Il ne s’agit vraisemblablement que d’une première étape car, in fine, l’agence devrait également prendre le contrôle des 30% encore détenu par l’actuel Directeur Général de VSMPO. Bien que les conséquences de ce rachat soient encore difficiles à cerner en particulier au niveau des partenariats industriels avec les entreprises occidentales, il est clair que l’évènement s’inscrit dans une volonté du Kremlin de mobiliser les ressources nécessaires à la reconstruction d’un holding industriel aéronautique russe³². Dans la même logique, le gouvernement russe, via la banque Vnechtorgbank, a pris une participation de 5% dans le groupe EADS pour « favoriser une intégration de l’aéronautique russe avec les partenaires occidentaux » et « avoir accès aux technologies ». Enfin, l’annonce de l’ouverture du capital à des fonds privés occidentaux sous la forme d’une OPA est régulièrement annoncée et reportée. Cet élargissement de l’actionnariat ne remettra pas en cause le contrôle très majoritaire de l’agence russe. Une nouvelle loi est en préparation pour redéfinir les règles pour les prises de participation de capitaux étrangers dans les sociétés stratégiques russes.

Nous présentons dans la figure ci-dessous la répartition, par destination, de la consommation de titane pour les besoins du marché intérieur russe et de CEI :

en tonne	2006	%
Aéronautique (moteurs)	2.184	25%
Aéronautique (cellules)	1.560	35%
Applications navales	1.123	18%
Énergie	437	7%
Chimie, Industrie	187	3%
Métallurgie	187	3%
Autres	562	9%
Total	6.240	100%

Tableau 8: Production de titane de VSMPO pour les besoins du marché intérieur (source VSMPO)

³² OAK ou UAC (*United Aircraft-building Corporation*)

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	40/79

On constate le secteur aéronautique représente 60% de la demande sur le marché intérieur et que le second secteur est celui des applications navales. En comparaison, les secteurs de la chimie et de l’énergie sont très sous-développés alors qu’ils représentent le deuxième poste d’exportation pour VSMPO, derrière l’aéronautique (voir annexe VII)³³. Ces exportations sont principalement destinées aux USA (61%) et à l’Allemagne (20%). La prédominance du secteur aéronautique devrait prendre une part encore plus importante dans les prochaines années compte tenu des projets du Kremlin dans ce domaine.

VI EVOLUTION DE LA DEMANDE INTÉRIEURE EN CHINE

Le développement du marché du titane en Chine impressionne par son ampleur, tant du côté de l’offre que de celui de la demande. Comme nous le verrons dans le chapitre IX (voir Figure 17), la production d’éponge a commencé à croître significativement à partir de 2004 avec un taux de croissance de +100% par an en 2005 et 2006. Cette rapide accélération a permis de rattraper la courbe des besoins en produits titane qui, elle, avait démarré dès 2000 comme l’illustre la figure ci-dessous.

Compte tenu de l’utilisation du titane en Chine destinée majoritairement à des applications nécessitant un niveau de qualité courante (voir Tableau 9), la production nationale a permis de répondre assez rapidement à la majorité des besoins du marché intérieur. En conséquence, les échanges aux frontières se sont équilibrés dès 2006 avec autant de produits titane importés qu’exportés (4.682 tonnes et 4.610 tonnes respectivement). Le même équilibre a été atteint en 2006 sur l’éponge comme l’illustre la Figure 14.

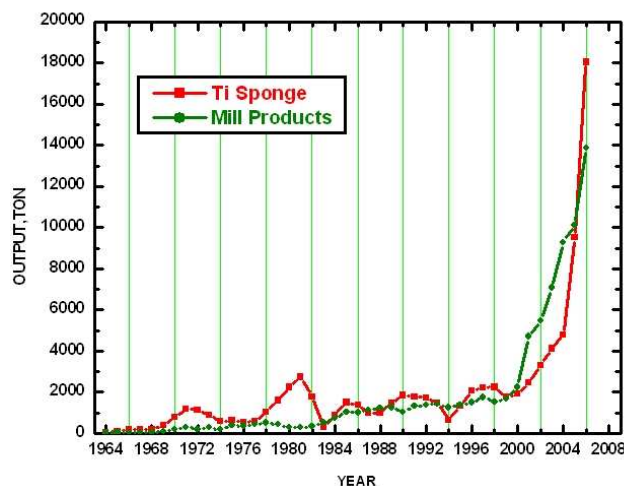


Figure 13: Évolution de la demande chinoise en titane (source xiv)

³³ VSMPO a pris le contrôle du premier producteur ukrainien de tubes non soudés CETAB Nikopol pour faire face à l’augmentation de la demande à l’export.

En parallèle des investissements massifs dans les capacités de production de lingots décrits dans le paragraphe X, la Chine a financé d’importants programmes³⁴ de recherche et développement pour la mise au point d’alliages couvrant une grande majorité de la gamme des alliages connus et pour développer les technologies de mise en œuvre.

Par cet effort considérable, la Chine ambitionne dès 2010 de détenir 1/3 de la capacité mondiale de production d’éponge et de produire ¼ de la production mondiale de produits titane.

		Chemistry	Sports	Aero space	Salt-making	Electricity generation	Ship-building	Metallurgy	Export
Amounts T	2003	3601	2371	1083	566	88	98	156	1108
	2004	5110	2279	1191	301	556	245	256	1310
	2005	3690	2785	2025	1812	187	160	680	2513
	2006	5337	2784	2025	580	348	295	280	4610

Tableau 9: Production de titane en Chine par secteur d’application (source xiv)

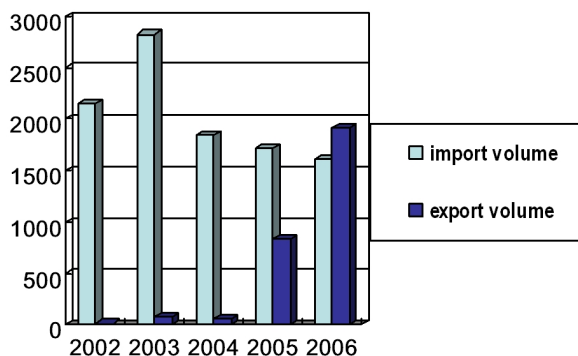


Figure 14: Exportation et Importation d’éponge en Chine (source xiv)

A plus long terme, un enjeu majeur pour ce pays consistera à développer son industrie nationale aéronautique et de Défense. Dans ce but, la Chine met en place de nombreux partenariats avec l’Europe, les USA et la Russie. Ainsi, partir de 2009, le constructeur européen Airbus y installera une chaîne d’assemblage des A320.

³⁴ Programme « 863 », programme « 973 », programme « Torch Plan », « Basic Research Program ».

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	42/79

VII EVOLUTION DE LA DEMANDE INTÉRIEURE AU JAPON

Le Japon a conservé une activité de recherche et développement très soutenue dans le domaine du titane. Cette activité est relayée par l’association titane japonaise³⁵ qui coordonne et anime un réseau dynamique de scientifiques, d’industriels et de représentants des pouvoirs publics. Les travaux portent sur la mise au point de nouveaux alliages pour les marchés émergents, la baisse des coûts de production, les nouvelles méthodes d’extraction etc. Les secteurs qui présentent le plus fort potentiel de développement sont :

- Les biens de consommation : pots d’échappement moto, boîtiers pour électronique nomade etc.
- Les nouvelles méthodes de production d’énergie : pile à combustible, technologie OTEC (voir II.3.4) etc.
- Les applications médicales : implants, prothèses etc.

Ainsi, le Japon joue souvent un rôle précurseur dans l’industrialisation de nouvelles applications. En conséquence, contrairement aux USA et à la Russie, le marché intérieur japonais ne consacre que 6% de sa production au secteur aéronautique (voir Tableau 10).

en tonne	2003	2004	2005	2006
Application industrielles	2.607	3.716	4.214	4.093
Aéronautique	491	409	603	592
Automobile/moto	767	1.098	1.382	1.503
Application navales	149	145	280	193
Architecture	166	36	26	98
Biens de consommation	1.078	1.008	1.135	1.192
Distributeurs	1.257	1.733	2.011	1.475
Autres	297	428	435	431
TOTAL Marché intérieur	6.812	8.573	10.086	9.577
Exportation produits titane	7.026	8.814	8.061	7.740
TOTAL produits titane Japon	13.838	17.387	18.147	17.317
TOTAL production lingot titane Japon	13.624	18.622	20.925	24.241
TOTAL production éponge titane Japon	18.923	23.110	30.786	37.809

Tableau 10: Production de titane au Japon

³⁵ Japan Titanium Society – JTS

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	43/79

VIII EVOLUTION DE LA DEMANDE INTÉRIEURE EN EUROPE

L'évolution de la demande intérieure européenne est présentée dans le Tableau 11.

en tonne	2004	2005	2006
Applications industrielles	8.500	8.900	9.400
Aéronautique commerciale	7.100	7.500	7.900
Application militaires	800	1.100	1.300
Biens de consommation	1.200	1.300	1.300
TOTAL Europe	17.600	18.800	19.900

Tableau 11: Estimation de la consommation de titane en Europe

Dans le secteur industriel, les applications qui ont progressé sont : les plaques pour échangeurs thermiques, le dessalement, le médical et certains secteurs des procédés chimiques. Dans biens de consommation, l'industrie automobile allemande fait office de précurseur avec quelques applications sur véhicules haut de gamme tandis que les autres constructeurs réservent le titane pour des besoins de niche pour les engins de compétition.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	44/79

Deuxième Partie : Évolution de l'offre

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	45/79

DEUXIEME PARTIE: EVOLUTION DE L’OFFRE

CHAPITRE IX

Résumé : Le goulot d’étranglement identifié en 2003 au niveau des capacités de production d’éponge se résorbe avec les investissements en cours aux USA, au Japon, en Russie et surtout en Chine. Sur-capacitaire à partir de 2009, la capacité de production d’éponge atteindra les 300.000 tonnes en 2012 avec un tiers des usines localisées en Chine. Concernant les méthodes de production, aucun nouveau procédé de production d’éponge n’est suffisamment mature pour supplanter la technologie Kroll dans les 10 ans à venir. Les procédés Armstrong (USA) et JTS (Japon) sont, après le procédé FFC, les deux nouveaux candidats à une phase de pré-industrialisation. Au niveau des matières premières, on observe une tendance à l’intégration verticale en amont de la filière de production qui traduit un besoin des producteurs de lingot de sécuriser les sources d’approvisionnement en éponge, voire même en minerai. En aval de la filière, le rythme d’investissement en nouveau moyen de fusion de lingot est actuellement insuffisant pour absorber l’augmentation de la demande en produits titane.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	46/79

CHAPITRE IX

IX EPONGE DE TITANE

IX.1 Évolution de la production et des capacités de production

Nous présentons dans le Tableau 12 une synthèse de l'évolution des capacités mondiales de production d'éponge³⁶ de titane entre 2002 et 2006. Identifiés comme le principal goulot d'étranglement de la filière industrielle, les moyens de production d'éponge de titane ont été augmentés de près de 50% en 4 ans. Cette augmentation est le premier signe fort d'une nouvelle phase de développement de l'industrie du titane car les coûts d'investissement sont considérables. Ils sont de l'ordre de 200 à 400 millions de \$ pour des tranches de production de 10.000 tonnes selon qu'il s'agisse de «*greenfield*³⁷» ou d'extension de moyens de production bénéficiant déjà d'infrastructures. De plus, s'ajoutent à ce coût élevé des contraintes d'ordre réglementaires et environnementales qui limitent le développement de ces industries dangereuses et polluantes dans les pays industrialisés.

Malgré cela, le Japon et les USA ont été les premiers à investir dans de nouveaux moyens de production. Ce choix stratégique marque une volonté de ces pays de maîtriser et de sécuriser l'amont de la filière alors que, par ailleurs, les perspectives de croissance à moyen terme (2012) des capacités de production mondiales se situent entre 200 et 250% d'augmentation (voir Figure 15). Le fait marquant de cette projection à moyen terme est la concrétisation d'une capacité de production chinoise marquée par deux caractéristiques principales : une démultiplication anarchique du nombre de site de production (plus d'une vingtaine de projets) et une stratégie de croissance axée sur la quantité plus que sur la qualité. Ainsi, l'éponge chinoise n'est pas qualifiée pour les applications aéronautiques.

Dans l'ombre de la Chine, l'Inde devrait devenir un nouveau pays producteur d'éponge dès 2007 avec une production modeste mais soutenue par une démarche gouvernementale de développement d'une industrie stratégique nationale. L'émergence de ces nouvelles capacités est accompagnée par la Russie qui cherche à sécuriser ses sources d'approvisionnement en minerais en échange de son savoir-faire technologique dans la production de titane. Ainsi, le producteur russe VSMPO-AVISMA a conclu une JV avec un producteur de TiO₂ de la région d'Orissa qui lui fournira 30.000 tonnes/an de minerai. En contrepartie, des négociations sont en cours au niveau gouvernemental pour aider au démarrage de sites de production d'éponge en Inde. Avec la Chine, la société russe Aricom s'est rapprochée du producteur d'aluminium nationalisé chinois Chinalco pour démarrer

³⁶ L'éponge de titane est la matière première de la filière industrielle. L'aspect poreux qui lui doit son nom est le résultat d'une succession de transformations chimiques mise en œuvre dans le procédé d'extraction dont le plus courant est appelé «*procédé Kroll*».

³⁷ Nouveau site de production sur terrain vierge

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	47/79

l’exploitation d’un gisement de titane dans les régions orientales de la Russie et envisage la création d’une usine de production d’éponge dans la zone frontalière avec la Chine.

En ce qui concerne la production d’éponge, la période 2003 – 2006 a été marquée par une croissance de 60% après trois années de stagnation au niveau des volumes de 2001 marquée par les crises internationales liées aux actes de terrorismes et aux pandémies (voir Figure 16). Le détail par producteurs présenté en Figure 17 révèle que ce sont surtout les USA et le Japon qui ont été touchés par les crises internationales et que la baisse de leur production a été globalement compensée par une croissance régulière de la production russe.

En tonne		2002		2006	
		Capacité	Production	Capacités	Production
	USA	8.600	6.250³⁸	12.400	9.000³⁹
TIMET	8.600		9.000		
ALLEGHENY	-		3.400		
	RUSSIE	26.000	22.700	32.000	31.000
VSMPO-AVISMA					
	JAPON	28.800	25.000	39.000	37.800
SUMITOMO SITIX	18.000		24.000		
TOHO	10.800		15.000		
	KAZAKHSTAN	25.000	14.100	25.000	23.000
UKTM					
	UKRAINE	6.500	6.000	8.000	7.000
ZTMK ⁴⁰					
	CHINE⁴¹	6.900	3.900	30.000	19.700
ZUNYI Titanium	6.000		14.000		10.200
Autres	900		16.000		9.5000
TOTAL MONDIAL		99.800	77.950	146.400	127.500
<i>dont qualité aéronautique</i>		<i>86.400</i>	<i>68.050</i>	<i>108.400</i>	<i>100.800</i>

Tableau 12: Production effective et capacité mondiale de production d’éponge de titane

³⁸ Estimation: les données officielles de production d’éponge ne sont pas publiées aux USA.

³⁹ Estimation: les données officielles de production d’éponge ne sont pas publiées aux USA.

⁴⁰ L’éponge ukrainienne n’est pas qualifiée pour les applications aéronautiques

⁴¹ L’éponge chinoise n’est, pour l’instant, pas qualifiée pour les applications aéronautiques



Figure 15: Capacités mondiales de production d'éponge de titane par région en 2012

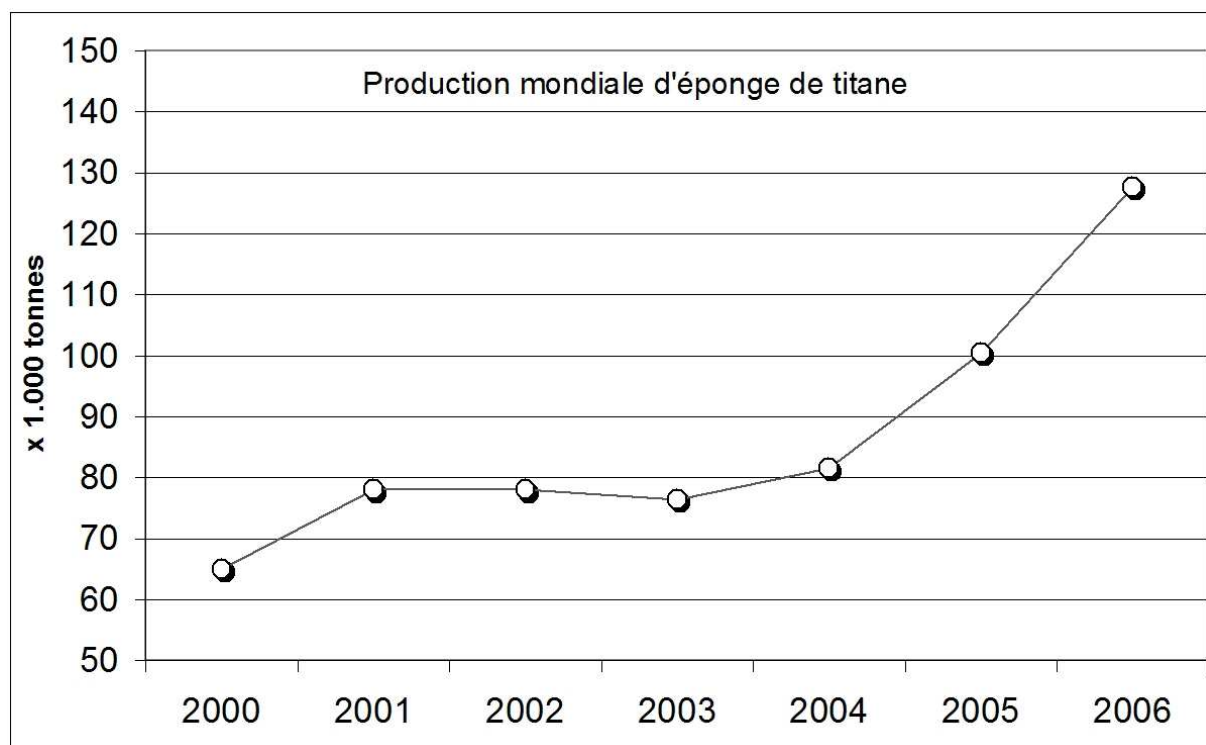


Figure 16: Évolution de la production mondiale d'éponge (2000-2006)

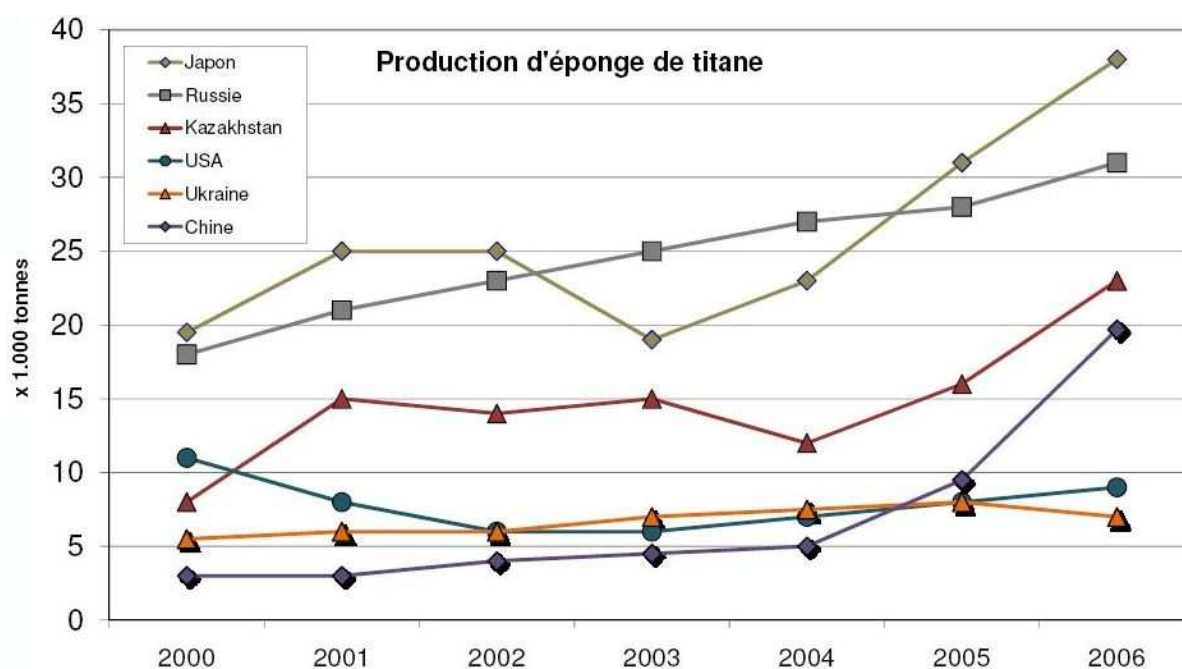


Figure 17: Évolution de la production d'éponge de titane par pays (2000-2006)

⇒ USA

Le groupe américain **Allegheny Technologies (ATI)** a redémarré en 2004 une nouvelle usine de production d'éponge sur le site de l'ancienne usine d'Oremet – Wah Chang (Albany, Oregon) fermée en 2001. La capacité de 3.400 tonnes/an opérationnelle fin 2006 a été poussée à 5.000 tonnes/an au 1er semestre 2007 puis à 10.000 tonnes/an au 3ième trimestre 2007. Le groupe américain a également annoncé la construction d'une nouvelle unité de production d'éponge à Rowley (Utah) de capacité 10.000 t/an opérationnel au 4ième trimestre 2009. Ainsi, ATI sera doté dans 2 ans d'une capacité de production d'éponge intégrée verticalement d'au moins **20.000 tonnes/an**.

Resté seul producteur d'éponge sur le territoire américain entre 2001 et 2004, **Titanium Metals Corps (TIMET)** a également fait le choix d'investir sur son site d'Henderson en poussant la capacité de l'usine actuelle de 9.000 tonnes/an (fin 2006) à 12.600 tonnes/an courant 2007 et en lançant la construction d'une nouvelle usine dotant le groupe de +10.000 tonnes/an fin 2009 à +20.000 tonnes à l'horizon 2012 en fonction des besoins. TIMET totaliserait ainsi **32.600 tonnes/an**.

RTI (USA) est le seul transformateur américain de titane qui ne possède pas de moyen de production d'éponge intégré. Compte tenu de l'évolution de l'offre et du resserrement des sources possibles d'approvisionnement en éponge de qualité aéronautique, il

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	50/79

est probable que RTI fasse un choix stratégique, dans un avenir proche, lui permettant de sécuriser ses besoins en matières premières soit en investissant dans une usine d'éponge, soit en opérant un rapprochement avec d'autres opérateurs du marché. En attendant, il a assuré 50% de ses besoins en éponge jusqu'en 2012 grâce à la prolongation de ses contrats d'approvisionnement avec les japonais Sumitomo et Toho. Par ailleurs, les besoins en matière première pour honorer le contrat de fournitures de pièces pour Airbus seront couverts par le client lui-même. Airbus a en effet opté pour une stratégie diversifiée de sécurisation d'approvisionnement en incluant une politique de *sourcing* sur l'éponge kazakhe, seule source de qualité aéronautique non intégrée verticalement.

⇒ Japon

Au Japon, le premier producteur d'éponge, **Sumitomo Sitix**, a augmenté sa capacité de production de 18.000 à 24.000 tonnes/an entre 2003 et 2006. En 2006, le groupe japonais a démarré la construction d'une nouvelle usine à Amagaseki produisant 8.000 tonnes/an d'éponge dès 2007. Cette usine accueillera courant 2009 une nouvelle tranche de +4.000 tonnes/an qui portera la capacité totale de ce producteur à **38.000 tonnes/an**.

Le second producteur japonais **Toho** a augmenté progressivement ses capacités de production sur son site de Chigasaki de 10.800 tonnes/an en 2003 à 15.000 tonnes/an fin 2006 et enfin 16.000 tonnes/an courant 2007. En prévision de l'augmentation de la demande, ce producteur inaugurera en 2009 une nouvelle usine à Kitakyushu dont la capacité initiale sera de 12.000 tonnes/an. Les deux usines pourront recevoir de nouvelles tranches de +6.000 tonnes/an (Chigasaki) et +12.000 tonnes/an (Kitayushu) selon l'évolution des besoins. Ainsi la capacité totale de production de Toho se situera au minimum à **28.000 tonnes/an** en 2010 et pourrait être portée à 46.000 tonnes.

Ces augmentations sont motivées par la très forte demande sur le marché intérieur et pour l'export. En 2006, les japonais ont produit 37.809 tonnes d'éponge pour une capacité théorique de 39.000 tonnes. Environ un tiers de cette production a été exportée principalement vers les USA (8.145 tonnes) et le Royaume-Uni (2.549 tonnes). Compte tenu de l'évolution de la filière titane (en particulier l'intégration verticale du producteur d'éponge kazakh UKTM), le Japon sera à partir de 2010 le seul pays potentiellement exportateur d'éponge de titane de qualité aéronautique. A un horizon plus lointain, le marché pourrait compter également sur de l'éponge d'origine chinoise si les efforts engagés pour améliorer la qualité des produits se poursuivent.

⇒ Chine

La Chine présente le plus fort taux de croissance des moyens de production d'éponge avec le démarrage d'au moins 5 nouveaux sites dans l'année 2006 qui viennent s'ajouter aux deux opérateurs historiques Zunyi et Fushun.

Avec une capacité de l'ordre de **30.000 tonnes/an**, ce pays a donc atteint le deuxième rang mondial derrière la Japon et a niveau égal avec la Russie. Certaines sources^{xiv},

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	51/79

font même état d'une capacité de 55.000 tonnes/an. Toutefois, si l'on considère la production effective (voir Tableau 12), on constate que l'éponge chinoise ne représente que 15% du marché mondial et que cette éponge ne peut, pour l'instant, prétendre à une utilisation pour les applications aéronautiques. Cet écart entre capacité théorique et production effective s'explique par le fait que les nouveaux sites ne sont pas encore totalement opérationnels. Le taux de productivité moyen des nouveaux sites de production est inférieur à 40%.

Dès 2007, la productivité devrait considérablement s'améliorer puisque les estimations du premier trimestre 2007 dépassent la moitié de la totalité de la production de 2006 avec plus de 10.000 tonnes. A ce rythme, la part de la Chine dans la production mondiale pourrait atteindre 25% dès 2007.

Concernant l'organisation industrielle, la création de nouveaux sites de production d'éponge est en général liée à une activité préexistante ou émergente d'exploitation de gisements riches en TiO₂ qui sont nombreux en Chine. On est donc, en général, dans une logique de valorisation de matières premières exploitées par des entreprises minières sans liens directs avec des industriels producteurs de lingots.

L'exception concerne Fushun qui a été racheté par le groupe Chinalco. Ce rachat s'inscrit dans une stratégie de sécurisation d'une source d'approvisionnement d'éponge pour le producteur-transformateur Baoti qui devient donc une filière intégré verticalement dans le groupe Chinalco.

⇒ **Ukraine**

Le producteur ukrainien ZTMK passera en 2010 d'une capacité de production d'éponge de 8.000 tonnes/an à 10 ou 11.000 tonnes/an. Cet investissement pourrait s'inscrire dans un projet de d'intégration verticale avec trois partenaires industriels ukrainiens : SumyKhimProm, Krymsky et VGOK. Rappelons que l'éponge ukrainienne n'est pas qualifiée pour les applications aéronautiques.

⇒ **Roumanie**

Le producteur de lingot roumain ZIROM envisage de mettre à niveau une ligne de production d'éponge de 2.000 t/an dont l'investissement de 70 M\$ en 2000 n'aurait jamais débouché sur une production opérationnelle. La concrétisation ou non de ce projet dépendra de l'issue des négociations en cours pour l'ouverture du capital de la société à des fonds privés et des orientations stratégiques des repreneurs.

⇒ **Russie**

Le producteur d'éponge russe AVISMA, après une première étape de rachat de 41% de son capital par VSMPO a finalement fusionné en 2004 avec ce dernier pour former le groupe intégré verticalement **VSMPO – AVISMA**. Ce géant russe a, comme ses compétiteurs américains et japonais, engagé un politique d'investissement sur ses moyens de production

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	52/79

d'éponge en remettant à niveau des moyens préexistants⁴². Dès 2006, le groupe russe a augmenté sa capacité de 26.000 à 32.000 t/an. Selon les annonces faites, VSMPO - AVISMA prévoit de poursuivre ses investissements pour atteindre une capacité totale opérationnelle de 44.000 tonnes/an en 2010 et de **56.000 tonnes/an** en 2012.

⇒ Kazakhstan

Le producteur Kazakh **UKTM** est le seul producteur d'éponge qui n'envisage pas d'augmenter ses capacités de production dans un avenir proche. Sa capacité est de **25.000 tonnes/an**. Du fait de l'évolution de l'offre et de la demande et en particulier de la tendance vers l'intégration verticale des principaux producteurs de titane, UKTM a fait le choix de se doter d'une capacité de fusion de lingot à l'horizon 2009 (voir chapitre X). A partir de 2010, le producteur kazakh ne vendra plus son éponge sur le marché international ce qui aura pour conséquence d'appauvrir considérablement l'offre en matière première de qualité pour les applications aéronautiques.

⇒ Inde

L'Inde devrait rentrer en 2007 dans le cercle des Nations productrices d'éponge avec l'ouverture du site de production d'éponge KMML (Kerala Minerals and Metals Ltd). Ce producteur verrait sa capacité de traitement de TiO₂ passer de 40 000 t à 60 000 t. La capacité de production annoncée est de 500 t/an et sera opérationnelle fin 2007 avec une possibilité d'extension à 1000 t/an. L'usine est financée par ISRO (Indian Space Research Organisation) pour les besoins de l'industrie nationale dans le domaine aérospatiale (développements conjoint avec EADS Astrium). Une autre usine d'éponge devrait voir le jour à Sriramchandrapur (district de Ganjam, état d'Orissa) avec une capacité de 5.000 tonnes/an. Ce projet a été soutenu d'un point de vue technique par le gouvernement russe via les sociétés FGUP Giridmet et JSC Technochim Holding. Outre l'éponge, le site produira également 20.000 t/an de FeTi.

IX.2 Perspectives 2012

Le cumul des augmentations de capacité de production d'éponge de titane annoncées de part le monde amène à une progression de l'ordre de 200 à 250% par rapport au niveau de 146.400 tonnes/an de 2006 (voir Figure 15). Les niveaux atteints seront alors de l'ordre de **300.000 à 350.000 tonnes/an**. Ces estimations sont basées sur les annonces officielles publiées à ce jour et peuvent encore évoluer.

La plus grande incertitude concerne la capacité de production chinoise car les industriels qui investissent sont principalement stimulés par les niveaux de prix élevés de l'éponge de titane et la forte demande sur le marché intérieur. Or, pendant cette phase de forte croissance de l'offre, la régulation naturelle du marché n'est pas encore effective et les prix, dé-corrélé de ceux du marché international, subissent des fluctuations imprévisibles (voir

⁴² Moyens de production datant de la période soviétique

paragraphe I). En conséquence, certains projets de démarrage de nouveaux sites peuvent être retardé ou remis en question.

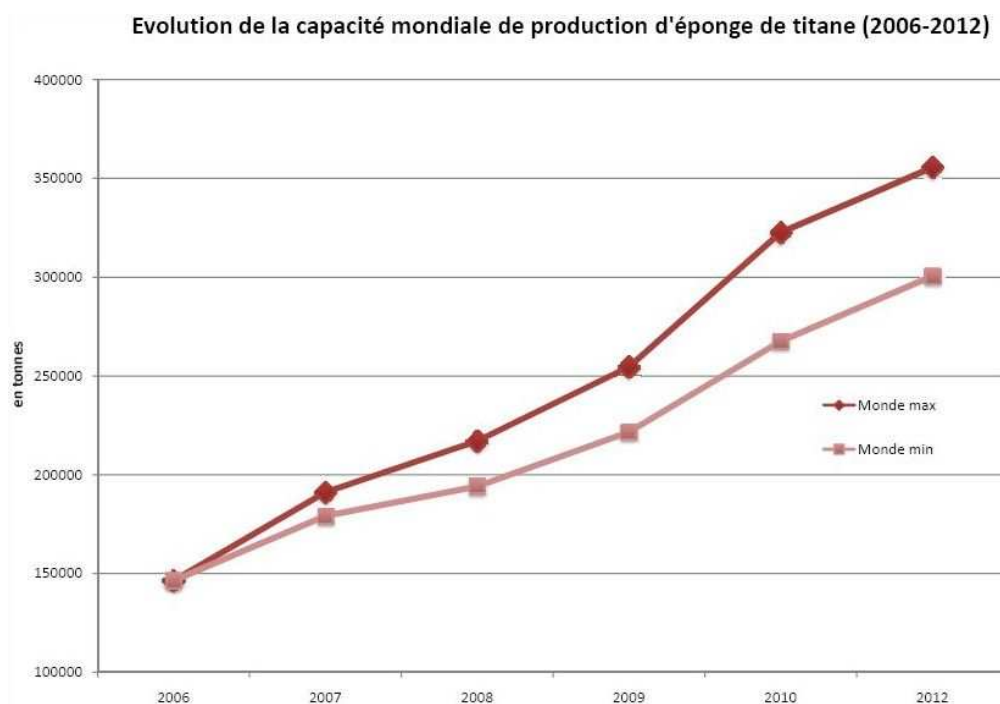


Figure 18: Perspectives d'évolution de la production d'éponge de titane (2006 – 2012)

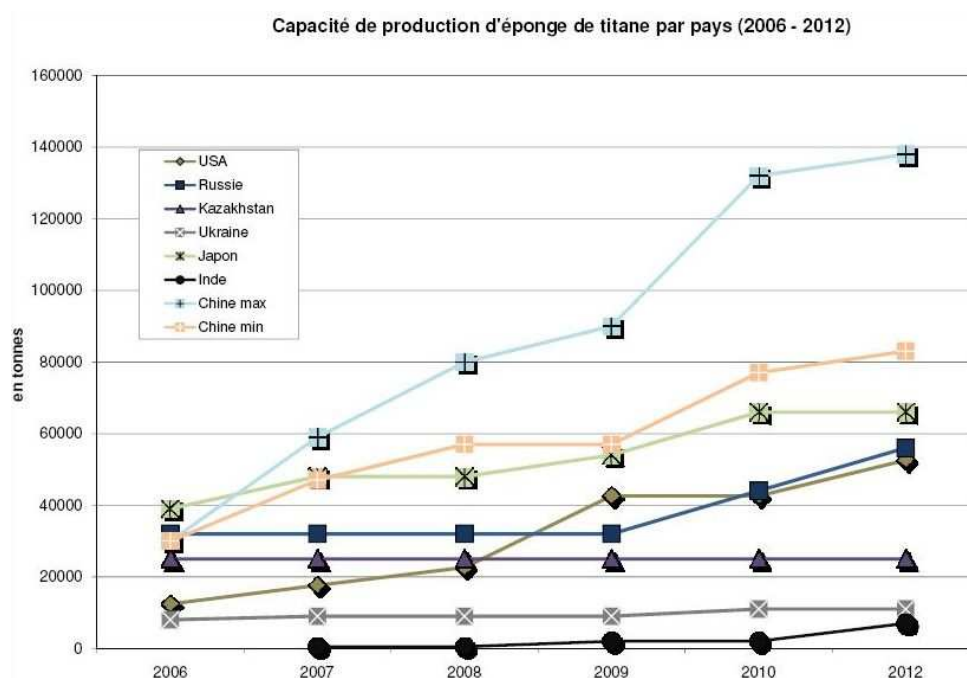


Figure 19: Perspectives d'évolution de la production d'éponge de titane par pays (2006 – 2012)

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	54/79

X LINGOTS DE TITANE

Selon notre estimation, la capacité mondiale totale de fusion de lingot serait de l’ordre de 260.000 tonnes/an. Ce chiffre correspondrait à la capacité maximum de production de lingot si tous les lingots étaient produits par simple fusion. Or la plupart des lingots fondus par la technologie classique VAR⁴³ subissent deux voire trois refusions selon la qualité recherchée et la nature de la matière (titane pur, alliages etc.). Les lingots produits avec les technologies à foyers froid (EB, PAM) subissent en général une re-fusion VAR tandis que ceux produits par les technologies de fusion par induction (ISM) ne sont en général pas refondu.

Le cumul des capacités de fusion des fours en opération dans le monde donnent donc une capacité en « tonnes liquides » qui correspond au volume de lingot maximum que l’on pourrait produire si tous les lingots étaient fabriqués par simple fusion. Cette quantité « théorique » doit donc être pondérée pour tenir compte de l’utilisation des fours pour de la re-fusion.

<i>capacités (tonnes)</i>	2006	2007	2008	2009	2010	2012
USA	105 950	109 950	139 810	139 810	139 810	139 810
Russie	67 000	67 000	67 000	67 000	67 000	67 000
Kazakhstan	0	0	0	12 000	12 000	12 000
Ukraine	9 600	9 600	9 600	9 600	9 600	9 600
Roumanie	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Japon	28 300	28 300	41 000	41 000	41 000	41 000
Europe	6 500	6 500	6 500	6 500	6 500	6 500
Inde	250	250	250	250	250	250
Chine	40 600	45 600	57 600	57 600	65 600	65 600
Total (tonnes liquides)	259 200	268 200	322 760	334 760	342 760	342 760

Tableau 13: Perspectives d’augmentation de la capacité mondiale de production de lingot (en tonnes liquides).

⁴³ Le lecteur trouvera dans la fiche de synthèse titane une description des technologies de fusion VAR, EB, PAM, ISM etc.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	55/79

<i>Production en tonnes</i>	2005	2006
USA		
Production de Lingot USA (USGS)	48 100	53 100
Production de 1/2 produits USA (USGS)	31 000	36 100
RUSSIE		
Estimation production de Lingot Russie	27 000	31 600
Estimation production de 1/2 produits Russie	15 380	18 480
JAPON		
Production de Lingot Japon (JTS)	20 925	24 241
Production Mill Products Japon (JTS)	18 147	17 317
EUROPE		
Estimation de la production Europe	4 723	6 000
INDE		
Estimation de la production Inde	100	100
CHINE		
Production de lingot Chine	16 230	22 120
Production de 1/2 produits Chine	8 188	13 879
AUTRES		
Ukraine, Roumanie etc.	2 500	2 500
TOTAL MONDE lingot (production)	119 578	139 661
TOTAL MONDE 1/2 Produits (production)	80 038	94 376

Tableau 14: Estimation de la production mondiale : lingots et demi-produits (2005-2006)

⇒ USA

Sur le sol américain, les producteurs et transformateurs vont mettre en service à court terme de nouvelles capacités de fabrication de lingot.

Timet a annoncé le démarrage d'un nouveau four EB opérationnel début 2008 de capacité 8.500 t/an. Ce nouveau four augmente de +54% la capacité EB du premier producteur américain.

Le groupe **Allegheny** se dote d'un nouveau four VAR qui doit être opérationnel mi-2007 ainsi qu'un 3ième four PAM destiné aux pièces tournantes aéronautiques. Le producteur américain a déclaré que l'infrastructure prévoyait l'emplacement pour un 4ième four dont l'investissement est actuellement à l'étude.

⇒ Japon

Au Japon, le groupe intégré verticalement **Toho** augmentera en avril 2008 sa capacité de production de lingot de 9.000 à **19.000 t/an** dans l'usine de Kitayushu. Cet investissement met à niveau les moyens de fusion du groupe japonais pour suivre l'augmentation de capacité de production d'éponge évoqué au paragraphe IX.1.

De son côté, **Kobe Steel** doit augmenter en janvier 2008 sa capacité de fusion VAR de 30 à 40%. Notre estimation de la capacité est de l'ordre de 11 à **12.000 tonnes/an** (capacité

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	56/79

actuelle évaluée à 9.000 tonnes/an). Ces fours VAR installés dans une nouvelle usine à Takasago sont adaptés au recyclage du scrap. Kobe va également augmenter de 30% ses moyens de fabrication et de parachèvement de tube roulés-soudés pour répondre à la demande dans le secteur « industrie ». Une nouvelle ligne de production a été inaugurée à l'usine de Shimonoseki en Mai 2007 et l'extension de la ligne de traitement-décapage de tôles titane de Kakogawa a été finalisée fin 2006.

Il est probable que **Sumitomo** augmente également sa capacité de fusion en 2007 ou 2008 afin de suivre l'augmentation de ses moyens de production d'éponge.

⇒ **Kazakhstan**

Le producteur d'éponge kazakh UKTM est le seul producteur d'éponge historique non intégré verticalement. Son principal actionnaire, la société belge Specialty Metals, a annoncé la création d'une capacité de production de lingot de titane (fours VAR) de **12.000 tonnes/an** qui sera opérationnel à partir de 2009. Une capacité additionnelle de 3.000 tonnes/an sera également mise en service pour la production de superalliages.

En conséquence, cette première étape d'intégration verticale marquera dès 2009 la fin de la fourniture d'éponge sur le marché international pour UKTM laissant ainsi aux japonais Toho et Sumitomo le rôle de derniers fournisseurs d'éponge de qualité aéronautique.

⇒ **Roumanie**

L'usine de production de lingot ZIROM dispose d'un four EB et de deux fours VAR. Une joint-venture a été créée à l'initiative de la société française Aero Metals & Alloys (AeroRom) pour exploiter une partie de la production dans le cadre d'un projet de revalorisation des scraps de titane. Avec l'accord du gouvernement roumain, ZIROM a, par ailleurs, engagé une démarche d'ouverture de son capital aux investisseurs privés.

⇒ **Chine**

Le tissu industriel chinois de la filière titane poursuit son développement en conformité avec la politique gouvernementale de voir émerger des « champions nationaux ». Il est vrai que l'essentiel des moyens de production chinois était concentrés jusqu'en 2005 sur les trois opérateurs historiques (Baoji (maintenant Baoti), Baosteel et Shenyang Nonferrous) et que le reste des moyens de fusion était diluée dans un réseau disparate de petits producteurs opérant un parc de 80 fours VAR de très petite capacité (~1 t/an). Selon les chiffres présentés à la 11^{ème} Conférence mondiale du titane en juin 2007 (voir référence xiv), la capacité de production de lingot chinoise serait maintenant de **40.600 tonnes/an** alors que l'estimation précédente faite en 2005^{xv} était de 24.600 t/an.

Dès 2006, les trois producteurs cités ci-dessus ont été rejoints par quatre autres producteurs-transformateurs de lingot. De nombreux projets sont en cours dans toutes les composantes de la filière de transformation : fusion, laminage, forge, fonderie, extrusion etc. Ainsi, en 2007, un nouveau producteur issu de l'association entre **Pangang (Panzhuhua Iron**

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	57/79

& steel) et **Sichuan Changcheng Special Steel** entrera en opération. Il offrira une nouvelle capacité de production de lingot et de demi-produits respectivement de **13.000 t/an** et de **10.000 t/an** à échéance 2010. Le projet devrait déboucher sur une première capacité opérationnelle en 2007 de 5.000 t/an de lingot et de 3.000 t/an de demi-produits. Pour comparaison, le volume de production de Baoji en 2005 était de 2.200 tonnes.

Baoti a doublé sa capacité de fusion VAR en 2006 en la portant à 12.000 tonnes/an et poursuivra son développement en la portant à **24.000 tonnes/an** en 2008 en se dotant un nouveau four VAR de 10t et d'un four EB de 2.400 kW. Ce four EB sera le premier four à foyer froid opérant en Chine. Baoti s'équipera également en 2006 d'une forge rapide de 2.500t pour transformer les lingots.

De son côté **Baosteel** a mis en service courant 2006 un quatrième four VAR portant sa capacité totale à **5.000 tonnes/an** et une forge rapide de 4.500 t.

XI NOUVEAUX PROCÉDÉS DE PRODUCTION DE TITANE

XI.1 Procédé FFC

Le procédé FFC inventé en 1997 par D. Fray, G.Z. Chen et T. Farthing de l'Université anglaise de Cambridge semblait à l'échelle de laboratoire l'un des plus prometteur de tous les procédés étudiés pour remplacer le procédé Kroll.

Il semble aujourd'hui que les études menées principalement en Europe et aux USA n'ont pas permis de passer avec succès le cap de la production industrielle, malgré les résultats très encourageants obtenus en laboratoire sur de petites quantités.

En particulier, le programme de la DARPA⁴⁴ initié en 2003 (DARPA Initiative in Titanium) et piloté par Timet s'est achevé en 2007 et n'a pas donné lieu à une suite pour la partie concernant le procédé FFC. Bien qu'aucune diffusion publique n'ait été faite sur des résultats de l'étude, il semblerait que les causes de l'échec résident dans la grande complexité des réactions chimiques mises en œuvre dans le procédé et le faible niveau de rendement atteint. A notre connaissance, il n'y a plus de travaux en cours aux USA sur ce procédé.

En Europe, QinetiQ a également fait le choix de ce désengager du procédé avec cependant des motivations d'ordre plus économique que technique. Ainsi, l'organisme anglais a vendu à la société METALYSIS (South Yorkshire, UK) le droit d'exploiter le procédé pour l'extraction de tous les métaux et alliages à l'exception de ceux contenant plus de 40% de titane (voir annexe VIII). Concernant les alliages qui rentrent dans cette dernière catégorie, les droits étaient détenus et exploités par la société British Titanium (BTi).

En juin 2005, la société BTi a annoncé la création de la société de statut norvégien « Norsk Titanium AS » issue d'une joint-venture avec le producteur d'aluminium Norsk

⁴⁴ Defence Advanced Research Projects Agency (USA)

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	58/79

Hydro et en partenariat avec la société SCATEC AS. Les travaux de développement du procédé FFC semblent ainsi se poursuivre au Centre de Recherche de Heroya au sud d’Oslo.

Plus récemment en septembre 2006, METALYSIS a annoncé l’acquisition du procédé Polar développé par BHP Billiton et la création d’une joint-venture appelé « Metalysis Titanium Inc. » avec cette même société.

XI.2 Procédé Armstrong

Le procédé Armstrong est l’un des nombreux développements actuellement en cours dans le domaine des techniques de production alternative au procédé Kroll. C’est, à ce jour, la seule nouvelle méthode de production de titane, alternative au procédé Kroll, qui soit mené jusqu’à une phase de développement industriel.

Le principe d’obtention de la poudre, mis au point par la société International Titanium Powder (ITP) et financé par la DARPA, consiste à circuler des vapeurs de $TiCl_4$ dans un réacteur contenant un bain de sodium (voir Figure 20). En contrôlant l’adjonction de composés chlorés de type $AlCl_3$ et VCl_4 on peut obtenir directement des poudres pré-alliées. Plus généralement, le procédé permet également de produire en continu nombre de métaux pouvant se présenter sous la forme d’halogénures volatiles.

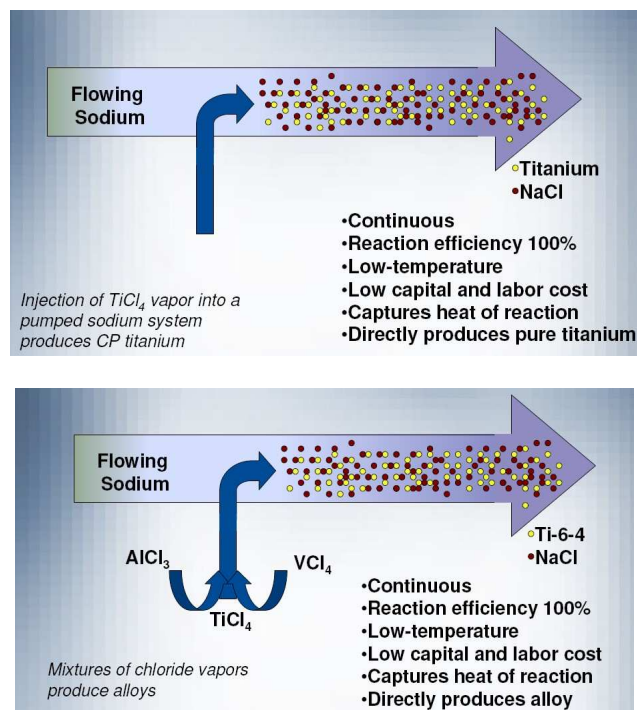


Figure 20: Principe d’obtention de titane pur (en haut) et d’alliage de titane (en bas) par le procédé Armstrong (source : ITP)

<p align="center">Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme</p>	<p align="center">Page</p>
	<p align="center">59/79</p>

Le prix cible des poudres de titane pur obtenues par ce procédé est de l'ordre de 5 à 6 \$/kg. Si la commercialisation se fait réellement à un tel niveau de prix et si la qualité de la matière est satisfaisante, le procédé présente en effet une solution alternative très compétitive par rapport aux techniques actuelles de production de poudre de titane.

En marge du procédé Armstrong, les scientifiques de la société ITP ont également étudié diverses techniques visant à modifier la morphologie des poudres (en particulier la sphéroïdisation) et à mélanger différentes nature de poudres entre elles (mécano-fusion, «Opposed Jet Milling» etc.). Les poudres obtenues présentent en effet une morphologie irrégulière (voir Figure 21) qui peut poser problème si l'on souhaite l'utiliser pour les techniques de déposition directe de poudre par faisceau d'énergie (laser, EB) ou d'autres méthodes classiques de métallurgie des poudres.



Figure 21: Morphologie des poudres Armstrong à l'état brut et après sphéroïdisation (source : ITP)

Compte tenu du surcoût que doit représenter ce post-traitement, la logique de développement des applications de la poudre Armstrong pousse la société américaine à développer des technologies alternatives aux filières classiques de mise en forme afin de rester dans une approche « bas coût ». Ainsi, ITP a initié de nombreuses coopérations avec les industriels américains dans les domaines aéronautiques, navals et terrestres pour mettre au point de telles techniques. Des développements sont en cours aux USA et au Royaume-Uni en particulier sur les techniques de consolidation directe de poudre qui permettent, par exemple, de produire des plaques de titane en une seule étape par compaction/laminage (voir Figure 22), d'extruder à chaud des compacts de poudres obtenus à froid (voir Figure 23) ou encore d'extruder directement et en continu des préformes à chaud (voir).



Figure 22: Technique de laminage directe de poudre Armstrong (source : Imperial College)

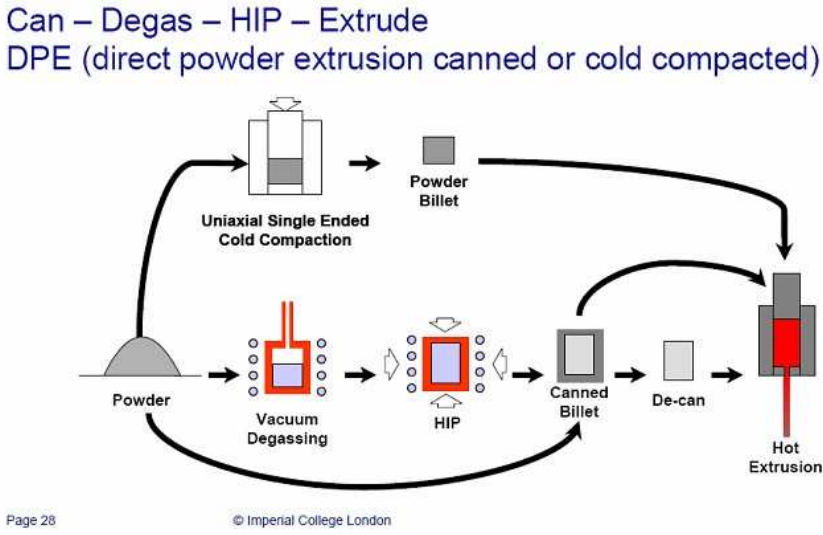
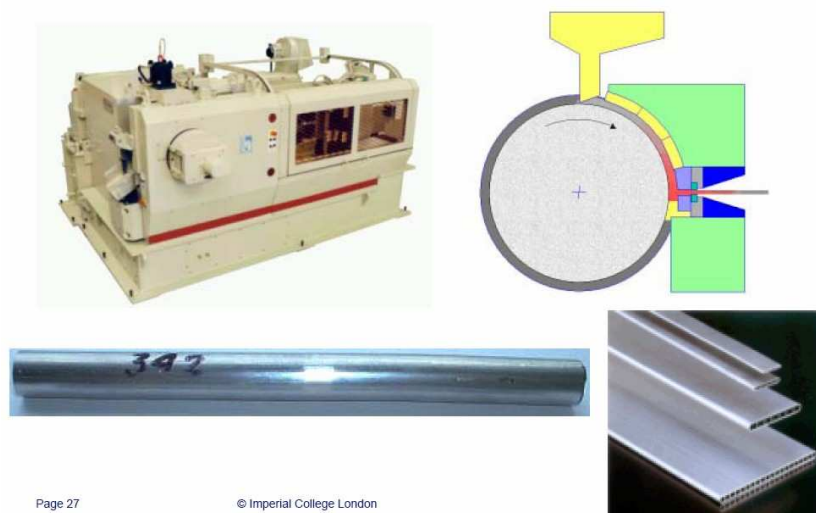


Figure 23: Technique d’extrusion à chaud de poudre Armstrong (source: Imperial College)

Selon le programme de développement de la société ITP, l’objectif est de rendre pleinement opérationnel le nouveau site de production d’Ottawa (Illinois, USA) qui doit notablement augmenter, avec ses 3.000 tonnes/an, la capacité de production du site de R&D de Lockport (Illinois, USA) qui est limitée à 5 tonnes/an. A partir de mi-2009, la société ambitionne de mettre en service une nouvelle usine qui porterait à environ 22.000 tonnes/an sa capacité totale de production. Par ailleurs, des négociations seraient en cours pour démarrer d’autres sites au Canada et au Moyen-Orient.

Continuous Extrusion - Conform™



Page 27

© Imperial College London

Figure 24: Extrusion continue et à chaud directement à partir de poudre (source : Imperial College)

XI.3 Procédé JTS ou « conversion directe »

Au Japon, des recherches ont été menées en association avec différents industriels, dont les deux producteurs d'éponge Toho et Sumitomo, pour étudier la possibilité de produire du titane par un procédé continu de réduction de $TiCl_4$ par du calcium. Ces travaux financés par le Ministère de l'Industrie japonais ont été pilotés par l'association titane japonaise (Japan Titanium Society) qui a donné son nom au procédé.

Ce procédé illustré en Figure 25, fonctionne en boucle fermée. Il utilise du $TiCl_4$ issu du procédé classique de chloration tel qu'on peut le trouver dans le procédé Kroll. Le $TiCl_4$ est injecté dans un réacteur et réduit en particules de titane dans un bain de calcium qui se recombine avec le chlore et est recyclé dans une cellule d'électrolyse fonctionnant en boucle fermée avec le réacteur. Les particules de titane sont entraînées en aval du réacteur et fondues par l'action d'un plasma ce qui permet d'isoler le titane du bain de $CaCl_2$.

Le principe n'est pas très éloigné du procédé Kroll si ce n'est que le magnésium est remplacé par le calcium dans la réaction de réduction. Le progrès le plus important réside dans le fait que le processus de réduction est continu et qu'il permet de supprimer l'étape de récupération du titane telle qu'elle apparaît dans la technologie par batch du procédé conventionnel. De ce fait, les japonais estiment que le gain sur les coûts de production est de l'ordre de 30%.

La première ligne de production industrielle devrait être opérationnelle en 2010. Les industriels japonais n'ont pas donné de précision sur les niveaux de qualité du titane issu de ce

procédé mais il semble être plutôt destiné aux applications ne nécessitant pas des matières de qualité supérieure.

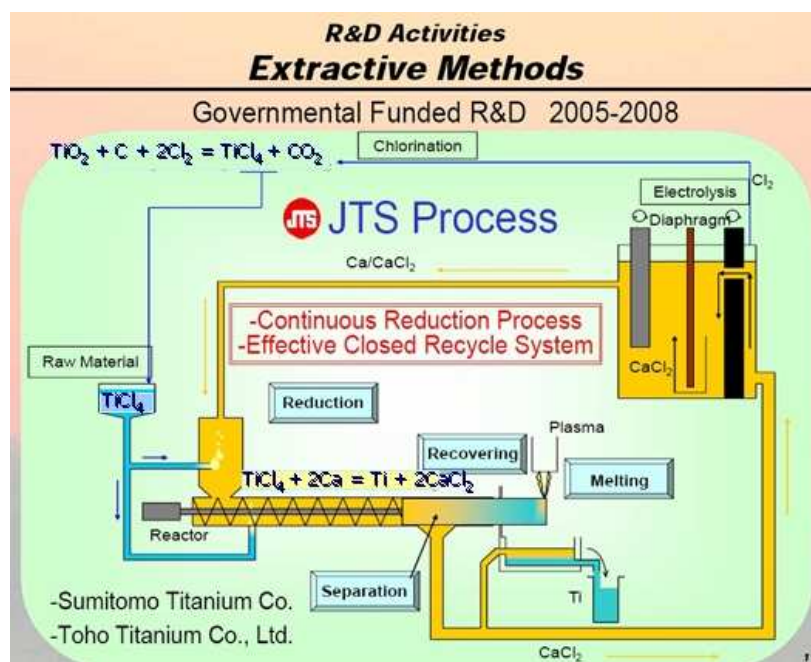


Figure 25: Principe du procédé JTS ou “conversion directe”

XI.4 Procédé DuPont de Nemours et Honeywell Electronic Materials

Les deux sociétés américaines ont développé en commun un nouveau procédé pour produire de la poudre de titane de très haute pureté sous le nom «DuPont Titanium Metal Powder ». La production est réalisée dans l’usine Honeywell de Salt Lake City (Utah) et commercialisé par DuPont depuis Octobre 2006 en deux granulométries : 60 et 100 µm. Bien que Honeywell Electronic Materials soit principalement intéressé par les applications électroniques de ces poudres⁴⁵, il semblerait que le produit soit destiné à d’autres secteurs industriels comme l’aéronautique. Aucune information n’est donnée sur les particularités de ce nouveau procédé. La capacité de production annoncée est de 140 tonnes/an.

⁴⁵ Alta est le producteur américain d’éponge de titane pour les applications électroniques (350 tonnes/an). Il fait partie du groupe Honeywell Electronic Materials

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	63/79

XII FERROTITANE

XII.1 Production

Le Tableau 15 donne une estimation de la production mondiale de ferrotitane.

<i>titane contenu (tonnes)</i>	2003	2004	2005	2006
FeTi70%	40 à 45.000	50 à 55.000	50 à 55.000	45 à 55.000
FeTi30%	10 à 15.000	10 à 15.000	15 à 20.000	20 à 25.000
Total FeTi	50 à 60.000	60 à 75.000	65 à 75.000	65 à 80.000

Tableau 15: Estimation de la production de ferrotitane 70% et 30%

Rappelons⁴⁶ que le ferrotitane est un produit métallurgique considéré comme un consommable dont la teneur en titane est de l'ordre de 30 à 40% (FeTi30%) pour les qualités obtenues directement par aluminothermie de minerais riches en titane (ilmenite, rutil). Par adjonction de scrap ou d'éponge de titane, le produit peut être enrichi pour atteindre environ 70% de titane contenu. Les deux qualités de ferrotitane peuvent être utilisées, de même que le scrap et l'éponge de titane, comme additif dans l'industrie sidérurgique, en particulier pour la production d'aciers bas carbone, ainsi que dans la production d'alliages non-ferreux.

Depuis 2003, l'offre en ferrotitane s'est adaptée à une brusque augmentation de la demande, d'abord dans l'acier puis dans le titane. Ce point est traité en détail dans le paragraphe consacré à l'étude de l'évolution des prix du marché (paragraphe I). La principale conséquence au niveau de l'offre est une diversification des produits avec une remontée de la production de FeTi30% au détriment du FeTi70%.

Les données chiffrées sur les capacités de production de fabricant de ferrotitane sont très peu nombreuses. Les principaux producteurs de ferrotitane 70% sont situés en Russie, au Royaume-Uni, aux USA et en Chine.

Les informations sur les producteurs de ferrotitane 30 – 40% (FeTi30%) sont encore plus limitées. Les moyens de production sont relativement simple ce qui explique que la plupart des exploitations se situe dans des pays faiblement industrialisés ou émergents qui bénéficient d'un sous-sol riche en gisements comme le Brésil, la Chine, l'Inde, l'Ukraine, l'Arménie etc.

⁴⁶ Le lecteur trouvera dans la fiche de synthèse titane des informations complémentaires sur le ferrotitane.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	64/79

⇒ **Russie**

En Russie, les deux principaux producteurs de ferrotitane sont VSMPO-Avisma (capacité de production : environ 12 à 15.000 tonnes/an) et Kluchevsky Ferro-Alloy Plant (KZF – capacité de production : environ 8.000 tonnes/an). Il en existerait une quinzaine d'autre dans le pays avec des capacités de production beaucoup plus modestes. Le ferrotitane serait fabriqué à partir du recyclage de pièces réformées d'origines diverses : chimie, militaire etc. La capacité de production totale peut être estimée à environ 40.000 tonnes/an.

La Russie ne dispose pas des ressources en gisement lui permettant un approvisionnement suffisant pour ses besoins en titane. Elle se tourne vers ses pays voisins proche comme l'Ukraine pour reconstituer les filières amont de matières premières telles qu'elles existaient à l'époque soviétique. Ainsi le producteur ukrainien VGOK a signé un accord pour approvisionner en minerai de titane le fabricant russe de FeTi30% KZF. L'accord porte sur une durée de 3 ans et concerne un volume annuel de 25.000 tonnes.

En 2006, KZF a produit 7.500 tonnes de ferrotitane dont 4.000 tonnes ont été exportées. A titre de comparaison, VSMPO a produit 6.800 tonnes de ferrotitane en 2006.

⇒ **Royaume – Uni**

Au Royaume-Uni, les deux principaux producteurs sont London & Scandinavian Metallurgical Co Ltd (capacité de production: environ 25.000 tonnes/an) et Metals & Alloys Titanium Products. Les producteurs anglais, centrés sur la production de FeTi70%, on considérablement souffert de la pénurie de scrap dès la reprise de la demande sur le marché du titane en 2004. Ils ont dû ralentir leur production alors que la demande était très forte dans le secteur de la sidérurgie, laissant ainsi la place aux producteurs de FeTi70% de Russie et d'Ukraine, puis aux producteurs de FeTi30% lorsque ceux-ci ont commencé à investir le marché.

⇒ **Chine**

Bien que les données officielles ne soient pas disponibles au moment de la rédaction de ce document, la capacité de production chinoise de ferrotitane a considérablement augmenté en 2005 et 2006. Elle peut être estimée à environ 30.000 tonnes/an.

Les exportations sont passées de 3.800 tonnes en 2005 à plus de 10.000 tonnes en 2006. Afin de limiter ces exportations et de privilégier le marché intérieur, la Chine a instauré des licences d'exportation sur un grand nombre de métaux dont le titane et les ferrotitanes sans toutefois imposer de quota pour l'instant. La taxe d'exportation de 10% instaurée début 2007 a été augmentée six mois plus tard (juin) à 15% et devrait passer à 20% courant 2008.

Parmi les producteurs, on compte en particulier^{xvi} : Baoti Titanium Industry, Donggang Honwei Boronalloy, Hebei Jindu Ferroalloy Group, Jinzhou Ding Great Metals, Liaoning Metallurgical Import & Export, Metalink International, MME Resources, Nanchuan

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	65/79

Minerals Group, Ruiqi United Metals (Beijing), Shanghai Shenjia Ferro-Alloys, Sing Horn Enterprise, Sunstone International Industry & Trade etc.

⇒ USA

Aux USA, les deux producteurs Galt Alloys et Global Titanium totalisent une capacité de production de l'ordre de 6.000 tonnes/an. Les données sur leurs productions ne sont pas publiées. D'après les statistiques de l'USGS^{xvii}, la consommation de titane pour l'industrie sidérurgique et pour la production d'alliages aux USA se situerait à environ 11.000 tonnes/an tandis que les importations et les exportations se situaient respectivement à 7.100 et 2.300 tonnes en 2006. On en déduit une estimation de la production américaine de FeTi70% d'environ 6.000 tonnes.

XII.2 Consommation en scrap de titane

A partir de la production de FeTi70% on peut remonter à une estimation de la quantité de scrap nécessaire en considérant qu'il faut^{xviii} 7.900 tonnes de scrap pour produire 10.000 tonnes de FeTi70%. Le Tableau 16 donne une estimation du scrap consommé dans la production de FeTi70% entre 2003 et 2006.

(tonnes)	2003	2004	2005	2006
FeTi70%	40 à 45.000	50 à 55.000	50 à 55.000	45 à 55.000
Scrap consommé	31 à 35.500	39 à 43.500	39 à 43.500	35 à 43.500

Tableau 16: Estimation de la consommation de scrap pour la production de FeTi70%

XII.3 Nouvelles méthodes de production

La production de ferrotitane 70% est soumise aux aléas des conditions d'approvisionnement en scrap de titane. Selon certaines sources^{xix}, le coût du procédé lui-même est relativement modeste (de l'ordre de 0.5 \$/kg). C'est donc la disponibilité et le prix du scrap qui sont les principaux facteurs pouvant faire évoluer les coûts de production. C'est pourquoi des études sont menées en Russie, en Inde et en Chine pour mettre au point de nouvelles méthodes de production de FeTi70% directement à partir du minerai. Ainsi, la société CITIC Metal Co. basée en Chine a même démarré la production et la commercialisation d'un produit fabriqué par aluminothermie de rutile. Sa capacité serait de l'ordre de 5.000 tonnes/an.

Ces nouveaux produits semblent ne pas répondre encore totalement aux besoins de l'industrie sidérurgique (problèmes de friabilité par exemple). Par ailleurs, les normes existantes ne sont pas encore adaptées à des produits issus de ces nouvelles techniques.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	66/79

CONCLUSION

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	67/79

XIII CONCLUSION

Les prévisions de croissance de la demande en titane donnent une perspective de doublement du marché entre 2006 et 2012 avec un volume global d’environ 120.000 tonnes. Composante importante de cette demande (environ 50%), le secteur aéronautique joue un rôle fondamental sur ce marché en donnant une part de plus en plus importante au titane dans les avions de nouvelle génération : A380, A350 et B787. Actuellement dominé par les industries européennes et américaines, ce segment de marché sera progressivement investi par la Russie qui relance son industrie aéronautique et de défense, puis par la Chine (2020).

Des niches à forte valeur ajoutées comme le médical, le luxe, la lunetterie, le sport etc. poursuivent leur développement en raison de la faible élasticité de la demande sur les prix et de l’excellent positionnement du titane en termes de notoriété produit.

Dans les autres secteurs, des technologies émergentes dans le domaine de l’énergie (piles à combustibles, procédé OTEC⁴⁷) pourront constituer de nouvelles débouchées pour le titane qui représentent, à termes, plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an. Les besoins des pays émergents et la pression réglementaire environnementale pourraient accélérer l’industrialisation de ces technologies avant une dizaine d’année.

Dans le secteur de la défense, le titane est envisagé comme matériau de structure pour les véhicules aérotransportables car il combine parfaitement les propriétés structurales et antibalistiques.

Du côté de l’offre, le goulot d’étranglement identifié en 2003 au niveau des capacités de production d’éponge se résorbe avec les investissements en cours aux USA, au Japon, en Russie et surtout en Chine. Sur-capacitaire à partir de 2009, la capacité de production d’éponge atteindra les 300.000 tonnes en 2012 avec un tiers des usines localisées en Chine.

Concernant les méthodes de production, aucun nouveau procédé de production d’éponge n’est suffisamment mature pour supplanter la technologie Kroll dans les 10 ans à venir. Les procédés Armstrong (USA) et JTS (Japon) sont, après le procédé FFC, les deux nouveaux candidats à une phase de pré-industrialisation.

Au niveau des matières premières, on observe une tendance à l’intégration verticale en amont de la filière de production qui traduit un besoin des producteurs de lingot de

⁴⁷ Ocean Thermal Energy Conversion : technique de production d’énergie en exploitant les différences de température entre les eaux profondes et les eaux de surface.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	68/79

sécuriser les sources d'approvisionnement en éponge, voire même en minerai. Après le début d'intégration verticale d'UKTM en 2009, la seule source d'éponge de qualité aéronautique disponible sur le marché sera le japonais Sumitomo.

Dans les années à venir, outre les éventuelles crises internationales, le marché du titane sera confronté, comme toutes les activités industrielles, à l'élévation du prix de l'énergie dont l'impact sur les coûts de production reste à déterminer sur le moyen et le long terme. Concernant les matières premières, la prise de conscience des pays producteurs de l'importance stratégique de leurs ressources naturelles fait peser le risque d'une augmentation des taxes d'exportation voire l'instauration de licences d'exportation ou la mise en place de quotas.

Le ferrotitane 70% qui continuera de bénéficier de ferroscrap en abondance devrait voir son prix tiré vers le bas avec l'effet conjugué de la concurrence avec la nuance à 30%. Le risque principal qui pèse sur ces matières premières est celui de l'élévation des taxes d'exportation voire d'interdiction d'export.

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	69/79

ANNEXES

ANNEXE I: CONCURRENCE SUR LE SEGMENT DES AVIONS DE MOINS DE 100 SIEGES

ANNEXE II : PRODUCTION D'AVIONS EN CEI

ANNEXE III : TECHNOLOGIE OTEC

ANNEXE IV : OFFRE ET DEMANDE SUR LE MARCHE INTERIEUR AMERICAIN

ANNEXE V : IMPORTATION USA

ANNEXE VI : EXPORTATION USA

ANNEXE VII : PRODUCTION DE VSMPO (RUSSIE)

ANNEXE VIII : LISTE DES METAUX OBTENUS PAR LE PROCEDE FFC

<p align="center">Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme</p>	<p align="center">Page</p>
	<p align="center">70/79</p>

ANNEXE I : CONCURRENCE SUR LE SEGMENT DES AVIONS DE MOINS DE 100 SIEGES

<i>Jets 30-60 Seats</i>
ERJ-135, -140, -145
CRJ100, 200, 440
328Jet
YAK-40

<i>Jets 61-90 Seats</i>
EMBRAER 170, 175
CRJ701, 705, 900
An-148
TU-134
BAE 146-100, -200
AVRO-RJ70, -RJ85
FOKKER F26, F70
DC-9-10, 20

<i>Jets 91-120 Seats</i>
EMBRAER 190, 195
A318
B737-600
B717, 727-100, 737-100, -200, -500
Superjet 100
ARJ-21
FOKKER F100
BAE 146-300, AVRO-RJ100
DC-9-30, -40, MD-87
YAK-42
BAC 111

D’après Embraer (source : n° vii)

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	71/79

ANNEXE II : PRODUCTION D'AVIONS EN CEI

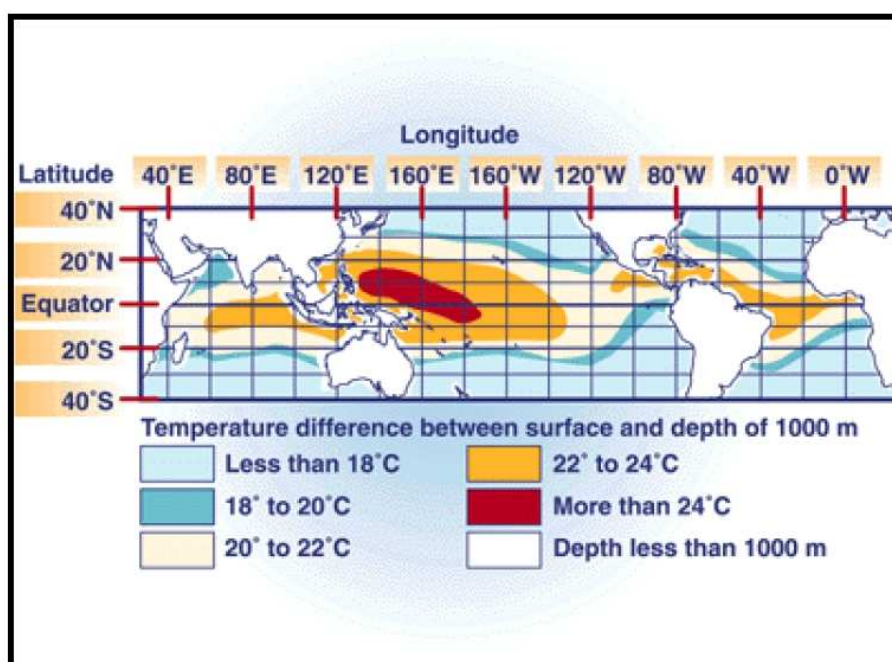
Expected Production of Aircrafts in CIS

Type	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
IL-96	3	3	3	3	3	15
IL-476			5	10	10	25
TU-204/214	8	12	20	22	22	84
TU-334	6	30	60	70	70	236
AN-148	8	16	34	34	34	126
AN-140	6	6	10	15	20	57
TOTAL	31	67	132	154	159	543

O.O. Leder, A.N. Stroshkov: Proc. Int. Conf. "Titan 2007 in CIS".

D'après O.M. Ivasishin (Association « Titan », CIS) ^{xx}

ANNEXE III : TECHNOLOGIE OTEC



Répartition de la différence de température entre les eaux de surface et de profondeur

Figure 26: Zone d'implantation possible des centrales OTEC – zone intertropicale se situant entre 20°N et 20°S de latitude assurant une différence de température d'au moins 20°C entre les eaux de surface et les eaux en profondeur (1.000 mètres).

ANNEXE IV : OFFRE ET DEMANDE SUR LE MARCHE INTERIEUR AMERICAIN

TABLE 1
COMPONENTS OF U.S. TITANIUM METAL SUPPLY AND DEMAND¹

(Metric tons)

	2006					2007
	First quarter	Second quarter	Third quarter	Fourth quarter	Year to date	First quarter
Production:						
Sponge	W	W	W	W	W	W
Ingot	12,900	13,300	13,900	13,000 [†]	53,100 [†]	14,900
Mill products	9,010	8,850	8,900	9,300 [†]	36,100 [†]	9,300
Exports:						
Waste and scrap	2,360	3,500	2,610	2,350 [†]	10,800 [†]	4,650
Sponge	285	377	343	376 [†]	1,380 [†]	455
Ingot	518	527	463	565 [†]	2,070 [†]	713
Other unwrought	208	216	222	309 [†]	956 [†]	176
Bar, rod, profiles, wire	832	867	946	1,020 [†]	3,670 [†]	810
Billet	311	325	247	321 [†]	1,200 [†]	713
Bloom, sheet bar, slab	127	178	90	136 [†]	532 [†]	87
Other wrought	1,780	2,080	2,020	2,020 [†]	7,900 [†]	1,950
Total	6,420	8,070	6,930	7,100 [†]	28,500 [†]	9,560
Imports:						
Waste and scrap	2,990	3,320	3,480	3,030 [†]	12,800 [†]	3,610
Sponge [‡]	5,440	6,920	6,290	5,770 [†]	24,400 [†]	5,270
Ingot	831	1,130	708	474 [†]	3,140 [†]	440
Powder	10	78	36	27 [†]	152 [†]	64
Other unwrought	383	470	447	218 [†]	1,520 [†]	37
Wrought	1,090	1,270	1,250	1,250 [†]	4,860 [†]	1,100
Other articles of titanium	113 [†]	129	117	144 [†]	501 [†]	96
Total	10,900	13,300	12,300	10,900 [†]	47,400 [†]	10,600
Stocks, end of period:						
Sponge, industry	5,210	6,520	7,960 [†]	8,240 [†]	XX	7,850
Scrap	8,740	8,000	8,890 [†]	8,940 [†]	XX	10,400
Ingot	3,470	3,810	4,750 [†]	4,330 [†]	XX	5,220
Consumption:						
Sponge	8,380	6,370	6,420 [†]	7,220 [†]	28,400 [†]	8,270
Scrap	7,950	6,460	5,430 [†]	5,180 [†]	25,000 [†]	5,800
Ingot	11,200	11,100	12,400 [†]	10,400 [†]	45,100 [†]	11,100
Shipments:						
Ingot (net shipments)	2,710	2,890	2,150	2,710 [†]	10,500 [†]	2,870
Mill products (net shipments):						
Forging and extrusion billet	2,300	3,100	3,140	3,220 [†]	11,800 [†]	2,970
Plate, sheet, strip	3,060	3,030	2,850	3,270 [†]	12,200 [†]	3,650
Bar, rod, fastener stock, wire	1,380	1,300	1,500	W	4,180	1,290
Other [‡]	173	182	160 [†]	1,580 [†]	2,090	168
Total	6,910	7,610	7,650 [†]	8,070 [†]	30,200 [†]	8,080
Castings	213	218	W	W	431 [†]	238
Receipts, scrap:						
Home	6,690	2,910	2,020 [†]	1,880 [†]	13,500 [†]	3,350
Purchased	3,470	6,170	5,500 [†]	4,250 [†]	19,400 [†]	4,970
Total	10,200	9,080	7,510 [†]	6,130 [†]	32,900 [†]	8,330

[†]Revised. NA Not available. W Withheld to avoid disclosing company proprietary data. XX Not applicable.

[‡]Data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown.

[‡]Estimated by the U.S. Geological Survey.

[‡]Data for pipe and tube and other have been combined to avoid disclosing company proprietary data.

Source : USGS (référence^{xxi})

ANNEXE V : IMPORTATION USA

TABLE 3
U.S. IMPORTS FOR CONSUMPTION OF TITANIUM METAL¹

(Metric tons)

	2006					2007
	First quarter	Second quarter	Third quarter	Fourth quarter	Year to date	First quarter
Waste and scrap:						
Belgium	149	56	33	11	250	18
Canada	229	151	137	147 ^r	664 ^r	168
China	107	163	176	150	596	172
France	315	358	320	355 ^r	1,350 ^r	412
Germany	513	443	697	421 ^r	2,070 ^r	452
Israel	92	70	52	112 ^r	325 ^r	50
Japan	519	637	626	541 ^r	2,320 ^r	584
Taiwan	169	76	265	147 ^r	657 ^r	429
United Kingdom	509	642	443	567 ^r	2,160 ^r	779
Other	392 ^r	724 ^r	730 ^r	578 ^r	2,420 ^r	547
Total	2,990	3,320	3,480	3,030^r	12,800^r	3,610
Unwrought:						
Sponge:						
Japan	1,870	2,060	2,100	2,040 ^r	8,070 ^r	1,880
Kazakhstan ^e	2,840	3,560	3,000	3,050	12,500	2,550
Russia	140	733	605	87 ^r	1,570 ^r	277
Ukraine	436	405	492	317	1,650	326
Other ²	154	158	96	282 ^r	690 ^r	235
Total	5,440	6,920	6,290	5,770^r	24,400^r	5,270
Ingot:						
Belgium	--	34	--	--	34	--
France	11	--	--	28	39	--
Germany	108	180	74	193 ^r	555 ^r	169
Russia	690	892	607	235 ^r	2,430 ^r	271
Other	22	20 ^r	27	18	86 ^r	--
Total	831	1,130	708	474	3,140	440
Powder	10	78	36	27 ^r	152 ^r	64
Other	383	470	447	218 ^r	1,520 ^r	37
Wrought:						
Bar, rod, profiles, wire	320	275	347	329 ^r	1,270 ^r	354
Billet	144	105	110	135 ^r	494 ^r	77
Bloom, sheet bar, slab	276	530	431	345 ^r	1,580	29
Plate, sheet, strip, foil	256	261	284	390 ^r	1,190 ^r	531
Tube and pipe	37	33	25	33 ^r	128 ^r	34
Other	56	63	54	21 ^r	194 ^r	79
Total	1,090	1,270	1,250	1,250^r	4,860^r	1,100
Other articles of titanium:						
Castings	4	4	15	8 ^r	31 ^r	2
Other	107	125	102	136 ^r	470 ^r	94
Ferrotitanium and ferrosilicon titanium	1,690	2,140	1,750	1,500^r	7,080^r	1,670

^eEstimated. ^rRevised. -- Zero.

¹Data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown.

²All or part of these data have been referred to the U.S. Census Bureau for verification.

Source: U.S. Census Bureau.

Source : USGS (référence ^{xxii})

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	75/79

ANNEXE VI : EXPORTATION USA

TABLE 2
U.S. EXPORTS OF TITANIUM PRODUCTS¹

(Metric tons)

	2006					2007
	First quarter	Second quarter	Third quarter	Fourth quarter ^f	Year to date ^f	First quarter
Metal:						
Waste and scrap	2,360	3,500	2,610	2,350	10,800	4,650
Unwrought:²						
Sponge	285	377	343	376	1,380	455
Ingot	518	527	463	565	2,070	713
Other unwrought	208	216	222	309	956	176
Wrought:						
Bar, rod, profiles, wire	832	867	946	1,020	3,670	810
Billet	311	325	247	321	1,200	713
Bloom, sheet bar, slab	127	178	90	136	532	87
Other	1,780	2,080	2,020	2,020	7,900	1,950
Ferrotitanium and ferrosilicon titanium	538	486	479	819	2,320	517
Ores and concentrates	3,340	13,400	8,640	7,420	32,800	1,520
Pigment:						
80% or more titanium dioxide	97,300	130,000	151,000	134,000	513,000	120,000
Other titanium dioxide	9,600	13,700	15,200	18,600	57,100	22,400
Unfinished titanium dioxide ²	3,190	3,540	2,500	1,580	10,800	2,490

^fRevised.

¹Data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown.

²Unmixed and not surface treated.

Source: U.S. Census Bureau.

Source : USGS (référence ^{xxiii})

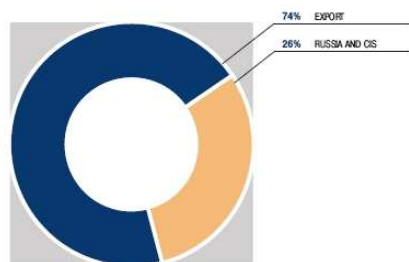
ANNEXE VII : PRODUCTION DE VSMPO (RUSSIE)

SHIPMENTS OF TITANIUM PRODUCTS BY APPLICATION
(domestic and export)

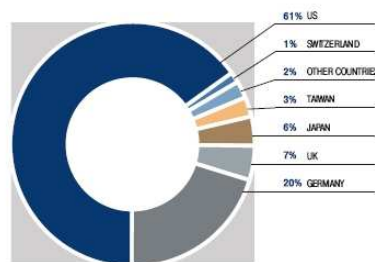
APPLICATION	2005		2006	
	MT	% OF SHIPMENTS	MT	% OF SHIPMENTS
Aircraft	8 520	41.1	10 187	42.4
Aircraft engines	3 040	14.7	4 487	18.7
Total aerospace	11 560	55.8	14 674	61.1
Chemical processing, oil and gas, power engineering	4 740	22.9	5 323	22.2
Shipbuilding	1 260	6.1	987	4.1
Sporting goods	1 800	8.7	1 364	5.7
Medical applications	880	4.2	431	1.8
Other applications	486	2.3	1 221	5.1
Total shipments	20 726	100%	24 000	100%

Tableau 17: Production totale de VSMPO par segment d’application (source VSMPO^{xxiv})

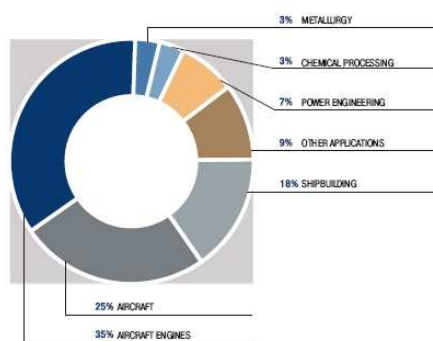
SHIPMENTS OF TITANIUM PRODUCTS IN 2006



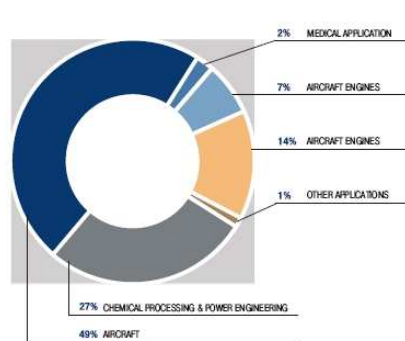
EXPORT SHIPMENTS OF TITANIUM PRODUCTS BY COUNTRY



DOMESTIC (RUSSIA AND CIS) SHIPMENTS OF TITANIUM PRODUCTS BY APPLICATION



EXPORT SHIPMENTS OF TITANIUM PRODUCTS BY APPLICATION



Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d'approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	77/79

Figure 27: Production de VSMPO à l'export et pour le marché intérieur

ANNEXE VIII : LISTE DES METAUX OBTENUS PAR LE PROCÉDE FFC

1												2																							
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	La	58	Hf	59	Ta	60	W	61	Re	62	Os	63	Ir	64	Pt	65	Au	66	Hg	67	Tl	68	Pb	69	Bi	70	Po	71	At	72	Rn
87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Rf	91	Db	92	Sg	93	Bh	94	Hs	95	Mt	96	Uun	97	Uuu	98	Uub												
		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						
		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						

Suitable
 Successfully made
 Successfully scaled up to kg quantities

Source : société METALYSIS

Le marché du titane métal : comment bâtir une stratégie d’approvisionnement à court, moyen et long terme	Page
	79/79

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ⁱ TMS 2007, 136th annual meeting, Ti session summary, EHK Technologies, February 26-29, 2007.
- ⁱⁱ Summary of emerging titanium cost reduction technologies, EHK Technologies, January 2004.
- ⁱⁱⁱ Metal Pages, Sponge price free market (historic), www.metal-pages.com.
- ^{iv} Analysis on ferroalloys production & sales in 2005 and 2006 forecast, Xie Xinmin, Chairman of China ferroalloy industry association, 2006.
- ^v Current market outlook 2007, the Boeing Commercial Airplanes, Randy Tinseth, June 2007.
- ^{vi} Global market forecast 2006-2025, Airbus S.A.S, novembre 2006
- ^{vii} Embraer Market Outlook, 2006-2026.
- ^{viii} Bombardier Aéropatiale, Prévision de marché pour les avions commerciaux 2007-2026.
- ^{ix} China’s Impact on Metals Prices in Defense Aerospace, published by Office of Deputy Under Secretary of Defense (ODUSD), December 2005, www.acq.osd.mil/ip.
- ^x World Energy Outlook 2006, chapitre 6, International Energy Agency, 2006.
- ^{xi} Voir www.xenesys.com.
- ^{xii} OTEC Océanothermie, David Levrat, rapport ingénieur ENSEEIHT 2003, juin 2004 révisée octobre 2004.
- ^{xiii} Recent titanium application for motorcycle, E. Sato et al., Proc. of the Ti-2007 11th World Conference on Titanium, Kyoto Japan, 3-7 June 2007.
- ^{xiv} Review of titanium industry in China, Zhou Lian, Proc. of the Ti-2007 11th World Conference on Titanium, Kyoto Japan, 3-7 June 2007.
- ^{xv} Titanium in China 2005, EKHTechnologies-ITA publication, Ed Kraft, March 2006.
- ^{xvi} Chinese Metals, Steel & Minerals Directory, Metal Bulletin Directories, 1st edition, 2005.
- ^{xvii} USGS Mineral Industry Survey, 2005 Minerals Yearbook, J. Gambogi, www.mineral.usgs.gov, February 2007.
- ^{xviii} Titanium scrap market overview, Ed Newman and al., Proc. of 21st annual International Titanium Association Application Conference, oct 1- 3, 2006.
- ^{xix} Factors of price growth for FeTi 70 in the world market, forecast for 2005, D.E.Rozhkov et al., Titan, n°2 (17) 2005.
- ^{xx} Current Status of Titanium Production, Research and Application in CIS, O.M. Ivasishin et al., Proc. of the Ti-2007 11th World Conference on Titanium, Kyoto Japan, 3-7 June 2007.
- ^{xxi} USGS Mineral Industry Survey, 2005 Minerals Yearbook, J. Gambogi, www.mineral.usgs.gov, February 2007.
- ^{xxii} USGS Mineral Industry Survey, 2005 Minerals Yearbook, J. Gambogi, www.mineral.usgs.gov, February 2007.
- ^{xxiii} USGS Mineral Industry Survey, 2005 Minerals Yearbook, J. Gambogi, www.mineral.usgs.gov, February 2007.
- ^{xxiv} VSMPO 2006 Annual report