



Circularité du titane dans l'UE : *Statu quo* et potentiel

Alejandro Buesa
Économiste, DG JRC – Centre for Advanced Studies

Les points de vue exprimés dans cette présentation ne représentent pas forcément ceux de la Commission Européenne

JTT France Titane
Lyon, 10 octobre 2023

Le projet BounCE4ward

Le **JRC (Centre Commun de Recherche)** de la Commission Européenne est la Direction Générale chargée de fournir des analyses scientifiques indépendantes en support de l'élaboration des politiques européennes. Le JRC compte 6 sièges dont Bruxelles, Ispra (IT), Séville (ES), Petten (NL), Karlsruhe (DE) et Geel (BE).

Au sein du JRC, le **Centre for Advanced Studies (CAS)** promeut la recherche dans des sujets qui deviendront pertinents pour l'élaboration des politiques pour le moyen terme (3-5 ans).

Le projet **BounCE4ward** porte sur l'identification et l'analyse des chaînes d'approvisionnement de l'UE où ...
... le potentiel de circularité (*réduction, réutilisation, recyclage*) est élevé
... et les enjeux d'autonomie stratégique sont plus nombreux..

Notre analyse considère les aspects techniques, économiques et géopolitiques utilisant des méthodes aussi bien qualitatives que quantitatives.



Paola Albizzati

Analyse du cycle de vie et de l'empreinte environnementale



Brian Baldassarre

Design circulaire de produits



Alejandro Buesa

Analyse économique



Gosia Jakimow

Géopolitique et stratégie



Le projet BounCE4ward

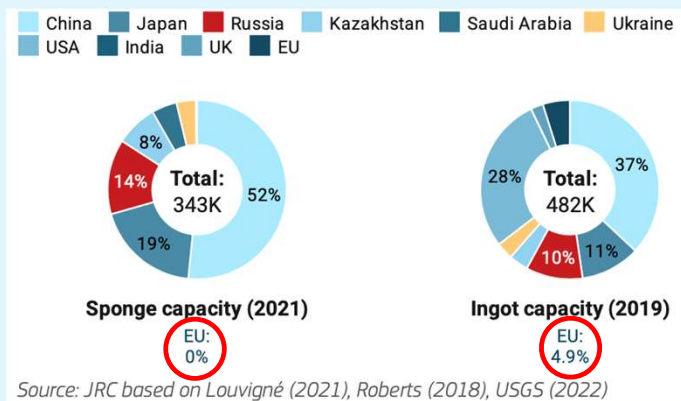
Lignes de recherche

- # 1 : Analyse des publications officielles des institutions européennes en économie circulaire
- # 2 : Analyse de la R&I en économie circulaire pour les technologies stratégiques et les matériaux critiques
- # 3 : **Statu quo et potentiel de la circularité du titane dans l'UE**
- # 4 : Analyse de la circularité des panneaux photovoltaïques (flux commerciaux, géopolitique et *business* circulaires)
- # 5 : Analyse de la circularité des aimants permanents (l'industrie et politique dans l'UE et en Chine)
- # 6 : Circularité de l'hydrogène
- # 7 : Analyse de la circularité de l'aluminium avec un accent sur les stratégies de réduction des émissions de carbone

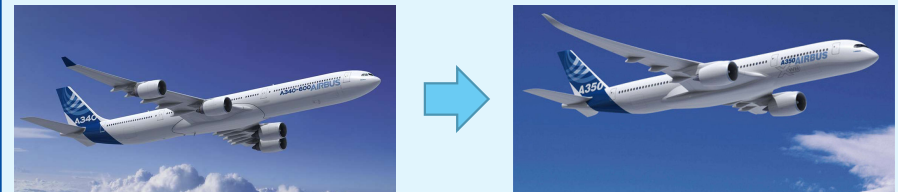
Circularité du titane dans l'UE : *Statu quo* et potentiel

Le titane métal dans l'UE

L'UE manque de capacité de production ...



... en même temps, le titane devient de plus en plus important pour le secteur aéronautique



Old-gen (A340-600):
7% Ti dans les
aérostructures

New-gen (A350 XWB):
15% Ti dans les
aérostructures

La fabrication de pièces aéro et le démantèlement d'avions en fin de vie dans l'UE génèrent du **scrap de Ti** qui peut être réutilisé dans la production primaire de metal

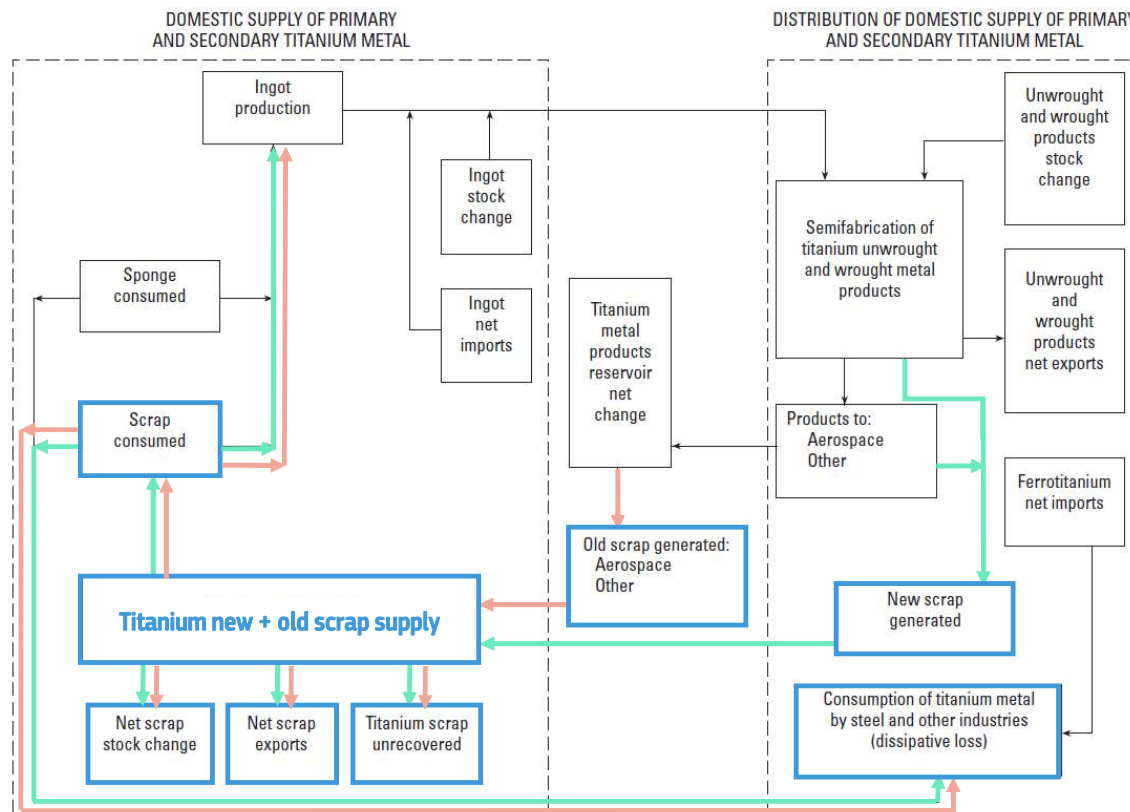
Ainsi, comprendre les flux de scrap est fondamental pour évaluer la circularité de façon précise !

La position extérieure de l'UE en bref

1. Près de la moitié (en masse) des flux de commerce pour les produits en titane sont intra-UE, ce qui laisse présager un **marché intérieur robuste**
2. L'UE est un **importateur net de produits en titane métal**, avec un rapport importations/exportations de 2:1 en masse et de 3:1 en valeur.
3. La plus grande part des importations hors-UE sont **sous forme brute** (éponge).
4. Les **importations hors-UE sont diversifiées du point de vue géographique** : États-Unis (34%), Russie (16%), Chine (15%), Royaume-Uni (12%), Japon (11%)...
5. **Asymétrie notable entre le contenu des importations et des exportations hors-UE** : le *scrap* représente 16 % de la masse (2,6 % de la valeur) des importations, contre 68 % (19 %) des exportations.

Pourquoi l'UE exporte-t-elle autant de *scrap* à l'étranger ? **Accords de rachat (*buyback agreements*)**

Comprendre les flux de *scrap* de titane



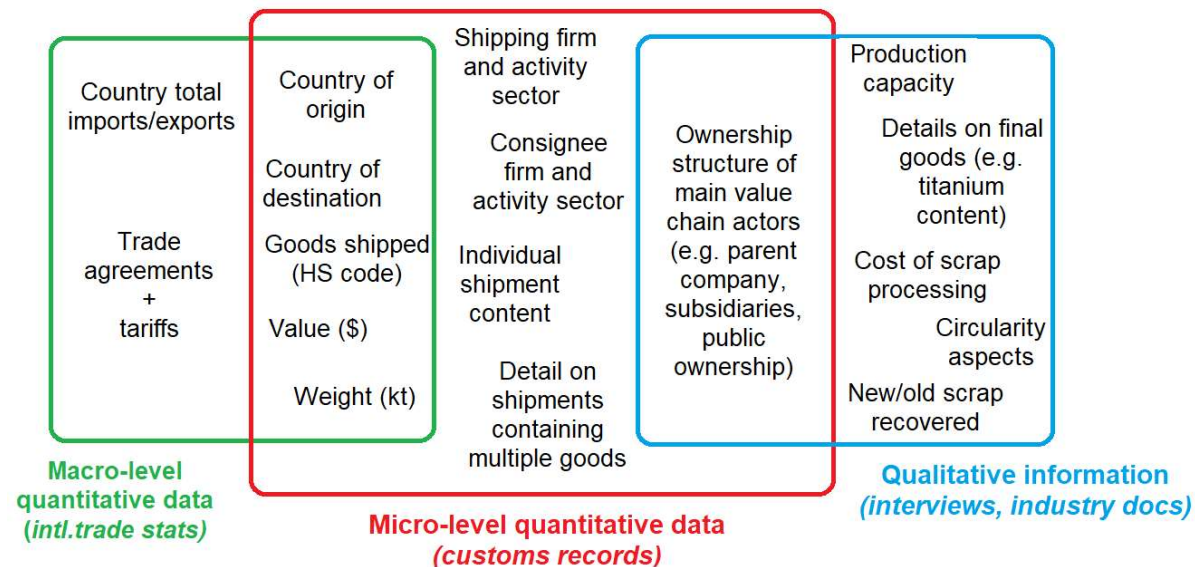
Source: Adapté de Goonan (2004), *Titanium Recycling in the United States*, USGS.

Les informations sur les flux de *scrap* de **production** et de **fin de vie (EoL)** sont également rares et éparpillées dans plusieurs sources, donnant lieu à de nombreuses lacunes :

- % de scrap dans la production primaire de Ti ?
- % de scrap EoL dans la production de lingot ?
- % de Ti d'aéronefs EoL réutilisé ?
- % de Ti d'aéronefs dans le scrap EoL ?
- % de scrap EoL déclassée vers la sidérurgie (FeTi) ?
- % de scrap provenant de filières non-aéronautiques ?
- % de scrap en hibernation ou non récupéré ?

Comprendre les flux de *scrap* de titane

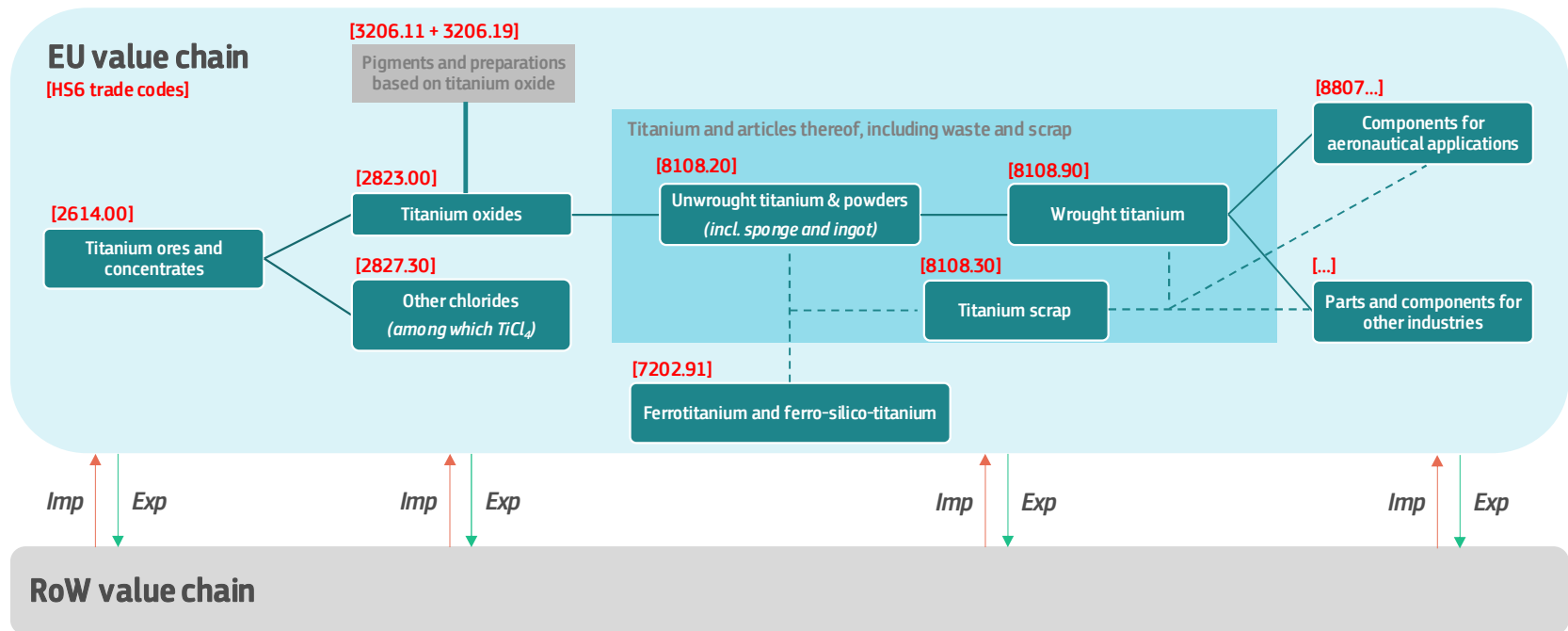
Nous combinons et consolidons trois sources de données ...



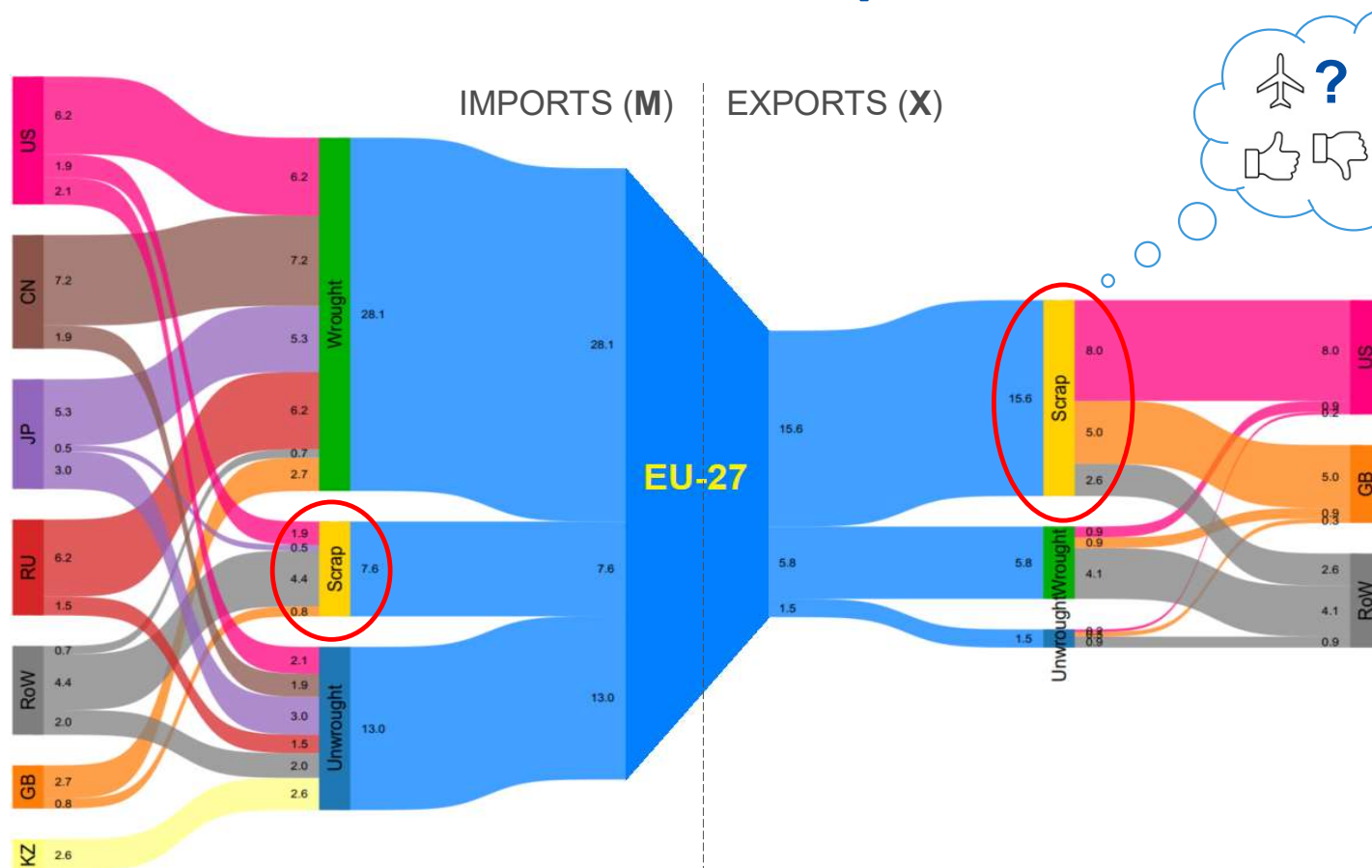
... afin de concevoir des scénarios de circularité pour le titane à très haute définition

Les données macroéconomiques

Les statistiques de production et commerce international fournissent une vision statique et agrégée de la chaîne de valeur



Les données macroéconomiques



Flux hors-UE de produits de titane en 2021 (masse, kt)

Source: Eurostat.

Les données micro

En parallèle, les agences douanières récoltent des informations détaillées sur les expéditions individuelles

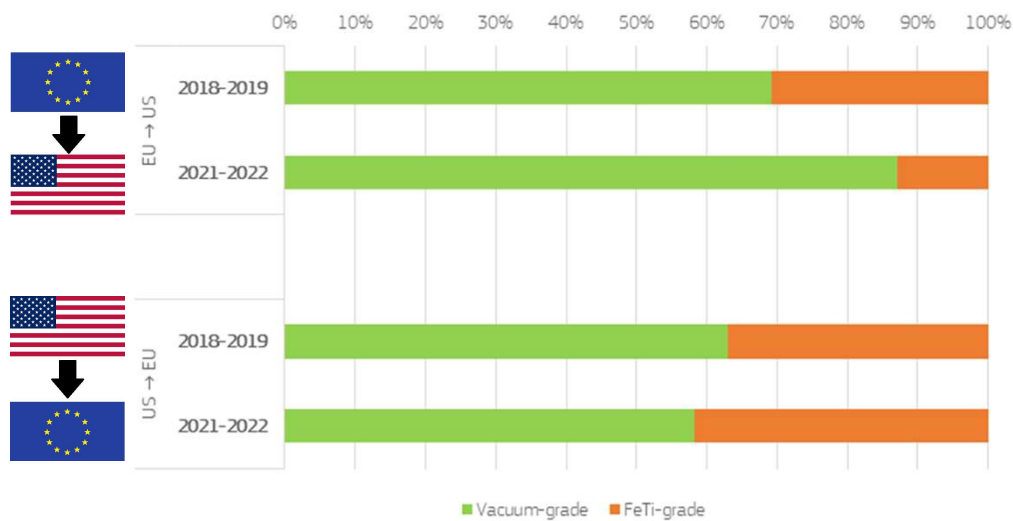
Exemple fictif de connaissance (bill of lading) pour un chargement de scrap de titane

Date	April 14, 2019		
Shipper		Consignee	
Name	Aircraft Operations SA	Name	Metals Processing Inc.
Country of origin	France	Country of origin	United States
Industry	Aerospace and Defence	Industry	Metallurgy and Mining
SIC code	1234.56	SIC code	7890.12
Parent company	Aircraft Group SA	Parent company	Metals Processing Inc.
Shipment			
Country of origin	France		
Country of destination	United States		
Port of lading	Le Havre (FR)		
Port of unloading	Newark (US)		
HS6 codes	8108.30 (Titanium waste and scrap)		
Description	Titanium grade 5 solids for remelting purposes		
Volume (TEU)	3		
Weight (kg)	9854		
Value (\$)	25200		

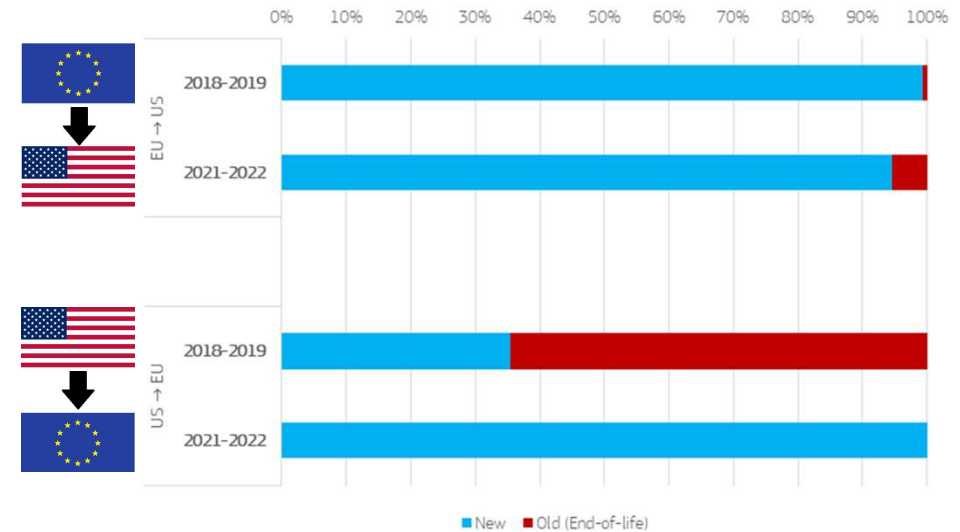
Agrégation des sources, désagrégation des flux

Nous combinons les sources quantitatives afin de pouvoir désagréger les flux de *scrap* de titane en termes d'origine sectorielle, d'étape de production ou de qualité

Disaggregation of titanium scrap flows, by scrap grade



Disaggregation of titanium scrap flows, by scrap type



Données qualitatives

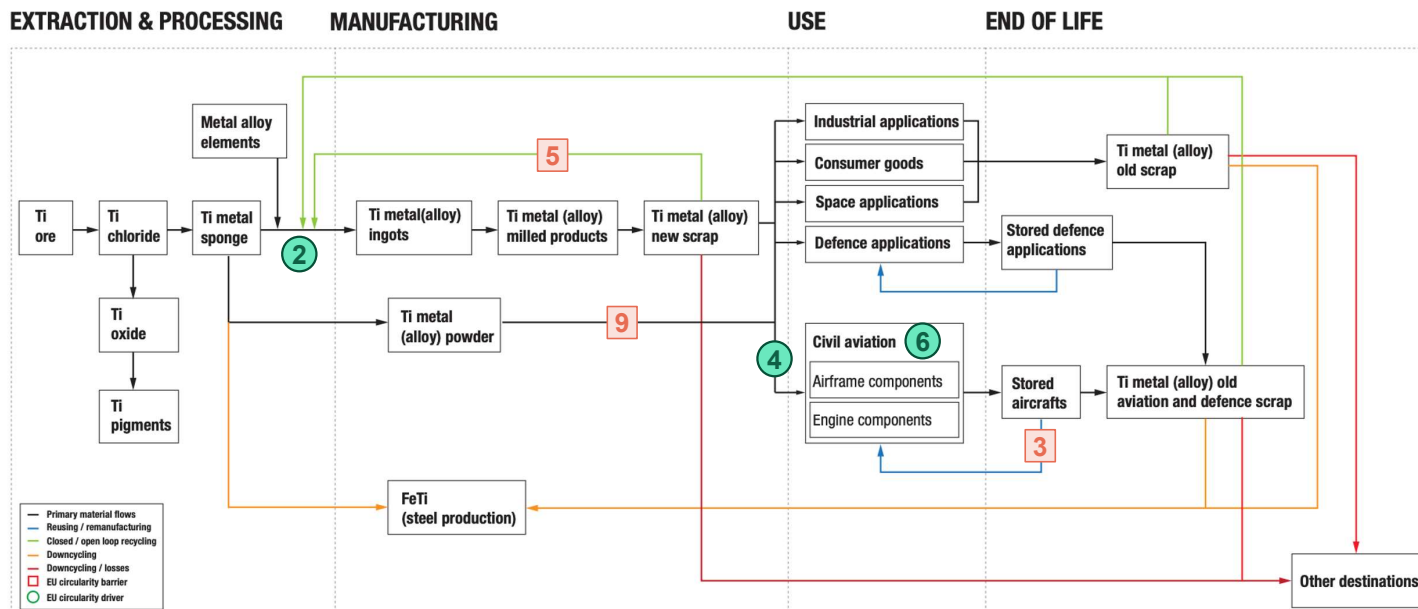
Consultation multipartite (2T 2022 – 1T 2023)

Ref.	Stakeholder	Position	No. of interviews	Function(s)
[A]	Raw material trading company 1	EU	1 with 2 respondents	Top management; Commercial
[B]	Raw material trading company 2	Non-EU	1 with 1 respondent	Top management
[C]	Wrought titanium supplier/recycler 1	Non-EU	1 with 1 respondent	Top management
[D]	Wrought titanium supplier/recycler 2	Non-EU	1 with 1 respondent	R&D
[E]	Wrought titanium supplier/recycler 3	EU	1 with 2 respondents	Commercial, Engineering
[F]	Aviation/defence components manufacturer 1	EU	1 with 1 respondent	Engineering
[G]	Aviation/defence components manufacturer 2	Non-EU	2 with 2 respondents	Engineering, Sustainability
[H]	Aviation/defence equipment manufacturer 1	EU	4 with 9 respondents	Management, Engineering, R&D, External relations, Operations, Sustainability
[I]	Aviation/defence equipment manufacturer 2	EU	2 with 2 respondents	Engineering, Commercial
[L]	Defence equipment manufacturer	EU	1 with 1 respondent	Engineering
[M]	Aircraft maintenance/dismantler 1	EU	1 with 1 respondent	Top management
[N]	Aircraft maintenance/dismantler 2	EU	1 with 1 respondent	Operations
[O]	Metal recycler	EU	1 with 1 respondent	Commercial
[P]	Industry association 1	Non-EU	1 with 2 respondents	Top management
[Q]	Industry association 2	EU	2 with 3 respondents	Management, Engineering
[R]	Independent expert	EU	2 with 1 respondent	N/A
[S]	Government agency 1	EU	5 with 1 respondent	Public officer
[T]	Government agency 2	EU	5 with 3 respondents	Public officers
[U]	Research institute	EU	1 with 1 respondent	Research director

Rapports, littérature scientifique...

Titanium metal value chain	Sectoral distribution of titanium metal consumption in Europe (2019)	Commercial aerospace: 70% Industrial applications: 26% Consumption goods: 1%	Defence: 3%	
	Percentage of aeronautical-grade sponge in global production (2021)	43%		
	Percentage of aeronautical-grade ingot in global production (2019)	54%		
	Global titanium scrap availability forecast	Index for 2021-2025: 1.00 - 1.35 - 1.40 - 1.60 - 1.85		
Titanium scrap	Share of titanium scrap (new+old) downcycled to FeTi production	27%		
	Share of world titanium scrap eligible for recycling (remelting)	54% - 56%		
	EoL scrap from aircraft w.r.t. new scrap in ingot production	Negligible (interviews) 25% (literature)		
	Scrap flow between aeronautical sector and other activities	Negligible		
	Consumption areas of titanium scrap in the US (2017)	84% Ti industry and superalloy (recyclable) 14% Steel industry (downcycled) Other 2%		
	Destination of scrap in the different value chain stages	- New scrap (manufacturing of milled products from ingot): 60% recyclable, 16% downcycled, 24% lost - New scrap (manufacturing of parts from milled products): 61% recyclable, 18% downcycled, 21% lost - Old scrap (end-of-life): 40% recyclable, 46% downcycled, 15% lost		
Civil aviation	Titanium alloy content in commercial aircraft, by model	A320: 3% (struct), 7.2% (total) A330: 15% (struct), 14% (total) A330-340: 7% (struct), 36% (engine)	B747: 3-4% (total, old), 5% (struct) B777: 8.5% (1994) B787: 18% (struct), 15% (total)	
	Weight distribution in a commercial aircraft, by assembly:	Fuselage: 30-35% vs 21% Landing gear: 5-10% vs 10% Avionics and systems: 5-10% vs 8% Furnishings: vs 14%	Wings: 20-25% vs 27% Tail section: 10-15% vs 3.6% Engine: 15-20% vs 17%	
	Titanium alloy content in aircraft engines (% of total weight)	20 - 30%		
	Share of engines in total titanium alloy parts in commercial aircraft	60-70% (interview) 20-42% (computed from other sources)		
Defence	Titanium scrap: Recyclable-to-loss ratio	New scrap (Manufacture of wrought products from ingot): 5:1 New scrap (Manufacture of aero parts from wrought products): 2:1 Old scrap (end-of-life): 1:5		
	Share of defence applications in the EU aeronautical sector	5%		
	Titanium alloy content in airframe of combat aircraft, by date of entry into service (% of total weight)	4 th and 4.5 th generation: F15 (1976): 10% F16 (1978): 7% F18 (1983, 1983 super hornet): 12% Eurofighter Typhoon (2005): 7%	5 th generation: F22 (2005): 39% F35 (2015): 20% Su-57 (2020): 19%	

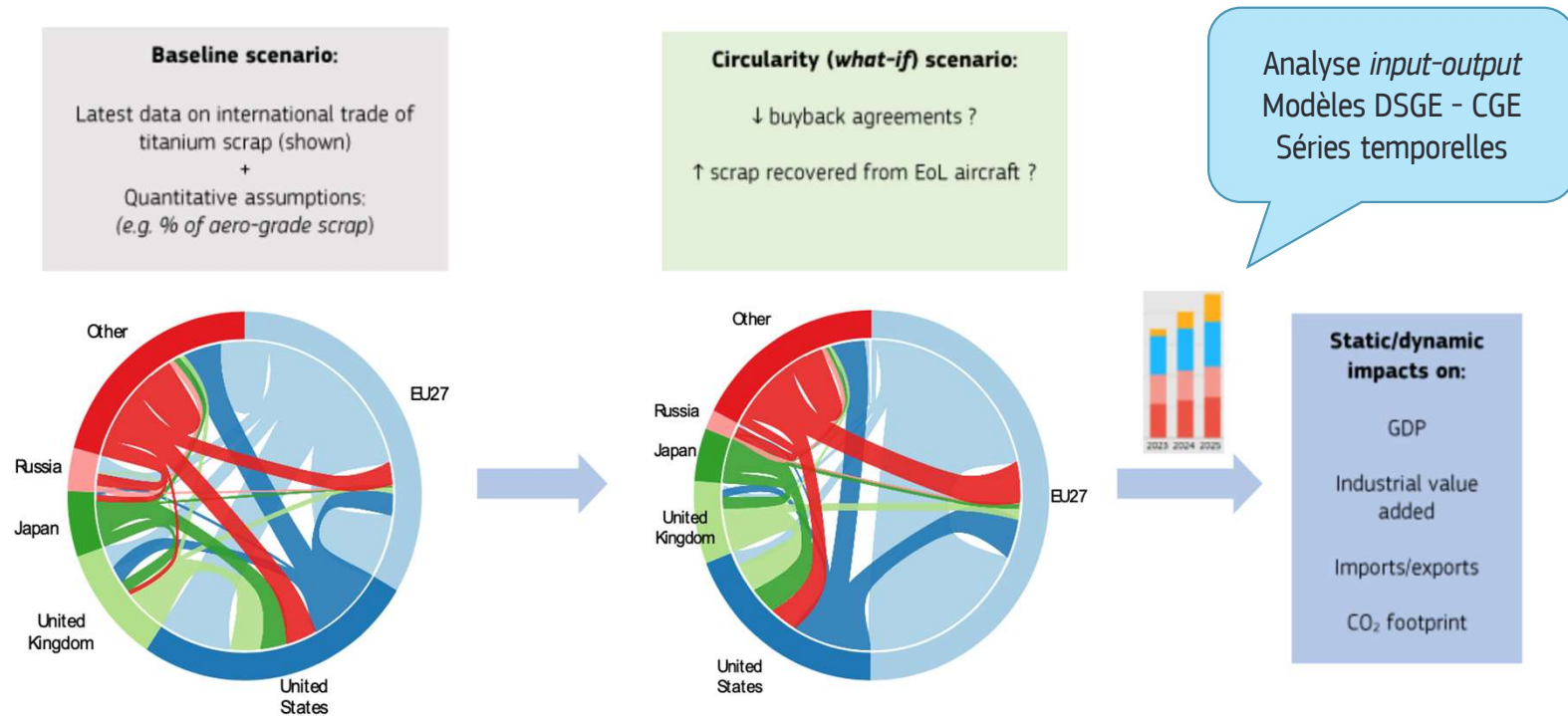
Données qualitatives : barrières et moteurs de circularité



Barrières à la circularité		
# 3	Régulatoire	Les normes de recertification empêchent la réutilisation de pièces aéro en titane à durée de vie limitée (LLP)
# 5	Économique	Programmes de rachat de scrap mis en place par les fournisseurs de titane brut
# 9	Technique	L' éco-conception de pièces implique un compromis avec d'autres besoins

Moteurs de la circularité		
# 2	Régulatoire	Classification du titane en tant que matière première critique
# 4	Économique	L' augmentation de la masse Ti dans les nouveaux avions crée une opportunité de marché pour le recyclage du scrap EoL
# 6	Technique	Les entreprises expérimentent de nouvelles technologies pour réduire la demande de titane

Analyse des scénarios de circularité



Scénarios 1 et 2

Rappel: Scénarios théoriques et fictifs qui ne représentent aucune intention de la part de la CE !

Scénario 1 :

Réduction du buyback de scrap avec des pays tiers

Phase 1

-100% exportations (X) de scrap de production aéro aux États-Unis

Phase 2

-100% importations (M) de scrap de production aéro depuis les États-Unis

Phase 3

Réduire les importations (M) de titane brut de qualité aéro pour produire du lingot en le substituant par le scrap retenu en Europe

- Scrap ratio 60% : Production lingot UE 11 kt, ↓M lingot
- Scrap ratio 80% : Production lingot UE 8.2 kt, ↓M lingot et éponge

Phase 4

Augmentation de la capacité productive dans les produits de titane: valeur ajoutée (de +75% à +100 %)

Scénario 2 :

Augmentation du scrap de fin de vie récupéré des avions démantelés

2.a: Base

- Valorisation des volumes actuels de scrap aéro de fin de vie récoltés intra-EU (ex moteurs)
- 40% du total éligible pour refondre : +0.24 kt disponibles
- Facile à absorber par le tissu productif actuel
- Réduction des importations : lingot (US) ou éponge (RU)

2.b: Optimiste

- Volumes de scrap aéro EoL augmentés :
- 75% du scrap éligible pour refondre : +1.3 kt disponibles
- Réduction des importations plus prononcée
- Activité accrue des services de recyclage

Modélisation

- L'impact potentiel des 2 scénarios est évalué à l'aide des tableaux inter-pays de l'UE sur les approvisionnements, les utilisations et les entrées-sorties, également appelés **FIGARO** ('*Full International and Global Accounts for Research in Input-Output analysis*').
- Les tableaux reflètent les interdépendances mondiales des industries et des économies nationales.
- Depuis 2022, les tableaux FIGARO sont classés comme **statistiques officielles et produits annuellement par Eurostat**, reliant les données nationales sur l'offre, l'utilisation et les entrées-sorties aux agrégats des comptes nationaux et au commerce international.
- Informations détaillées pour 64 industries. Toutefois, **cette résolution est trop faible** pour évaluer nos scénarios.
 - **FIGARO-E3** (expérimentale) : **étend la couverture à 213 produits + 176 industries** ; introduit l'emploi, l'énergie et les résultats environnementaux.
 - Cette base de données sert de **point de départ à un modèle spécifique** pour les flux de produits en titane.

Résultats préliminaires

	Phase 1 (-X scrap)	Phase 2 (-M scrap)	Phase 3 (-M titane brut)	Phase 4 (+capacité productive)
Scénario 1: Réduction des <i>buyback</i>	--	+	+	+++

Scénario 2 (base): Valorisation du <i>scrap</i> de fin de vie	+
---	---

Scénario 2 (optimiste): Valorisation du <i>scrap</i> de fin de vie	++
--	----

... Restent encore à analyser les dimensions énergétique et environnementale

Conclusions

- À présent, il existe une situation inextricable entre le manque de capacité de production de titane métal dans l'UE et la perte d'autonomie stratégique due aux exportations de *scrap*.
- Comprendre les flux de *scrap* en haute définition est fondamental pour déterminer le potentiel de circularité de la chaîne d'approvisionnement du titane en Europe.
- La combinaison de différentes sources, aussi bien quantitatives que qualitatives, peut résoudre les lacunes d'information existantes
- Néanmoins, cette combinaison sera utile dans la mesure où les parties prenantes dans la chaîne de valeur y participent, fournissant tant leur perspective que les données spécifiques à leur disposition
- Nos résultats préliminaires suggèrent que l'effet d'une rétention accrue de *scrap* dans l'UE serait nettement positif en termes de valeur ajoutée **si** celle-ci s'accompagne d'une augmentation de la capacité industrielle.
- Quant au *scrap* aéronautique de fin de vie, sa valorisation devient significative en termes d'autonomie stratégique uniquement si menée à plus grande échelle

Divulgation des résultats

Présentations :

- IRTC Feb' 23 (Lille) , France Titane Oct' 23 (Lyon)

Publications :

- **Qualitative** : “Barriers & drivers to critical raw material circularity in the EU: the Ti metal supply chain in civil aviation & defence”
(Soumis à *Ecological Economics*)
- **Analytique** : “Data-rich circularity scenarios for strategic autonomy in the EU: Titanium metal in the aeronautical sector”
(Soumis au *Journal of Industrial Ecology*)
- **Géopolitique** : “The battle for (green) raw materials: European Open Strategic Autonomy & geopolitics of circularity in the Ti value chain”
(Soumis à *International Affairs*)
- **Rapport de la Commission Européenne** (*JRC Science for Policy Report*)
(prévu début 2024)