

Besoin en terres rares dans le secteur de l'énergie et focus sur le néodyme

GDR VERRE

Atelier « Terres Rares »

Nice, 10 & 11 septembre 2012

Marie-Marguerite QUEMERE, EDF R&D



Une prise de conscience récente des risques

France

- Comité pour les Métaux Stratégiques (COMES).
- Etude de l'ADEME. sur le potentiel de recyclage.
- Action du BRGM et de l'IFREMER.
- Audition publique par l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques.

Europe

Projet POLINARES.

Etude de la commission européenne sur les matières premières.

Etude du JRC

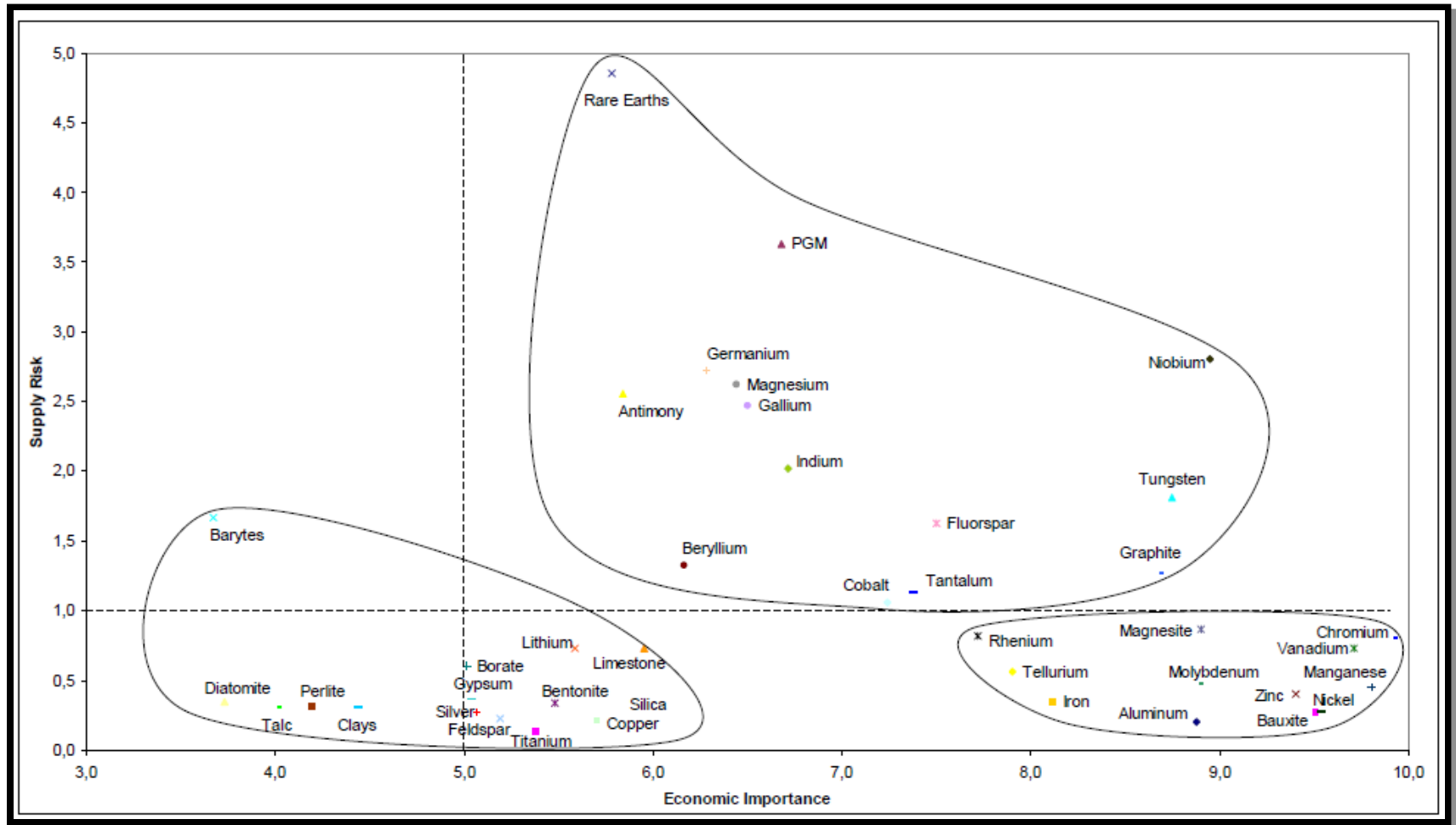
Monde

OMC en charge de traiter des différends.

PNUE: création d'un panel international pour la gestion durable des ressources de métaux primaires.

Etude du DOE aux Etats-Unis sur les matériaux stratégiques et critiques.

2010 – Etude de la Commission européenne : « Critical raw materials for the EU »



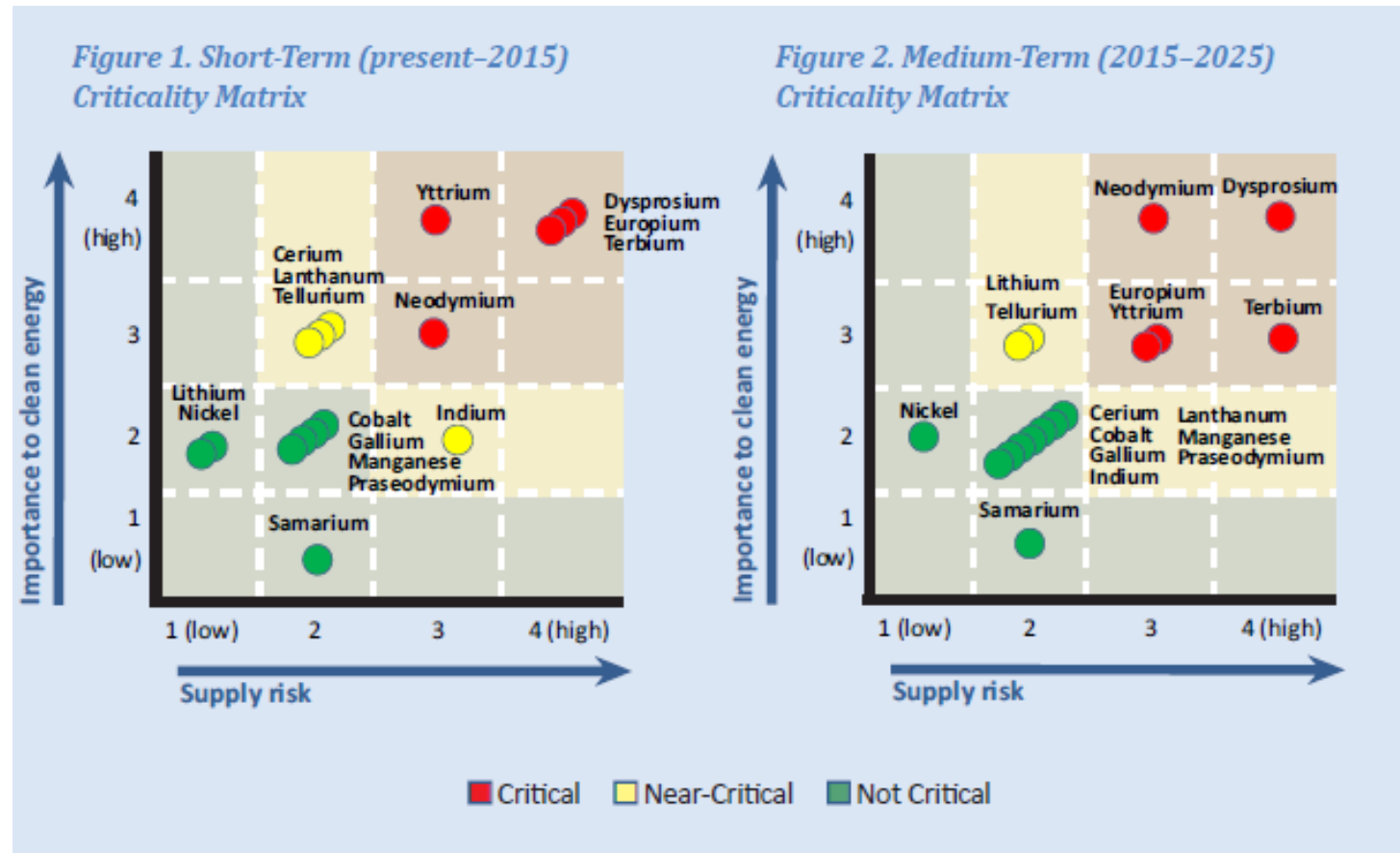
(Source: Critical raw materials for the EU,
2010)

2011 – Etude du DOE (Department of Energy US) : « Critical materials strategy »

Table 1. Materials in Clean Energy Technologies and Components

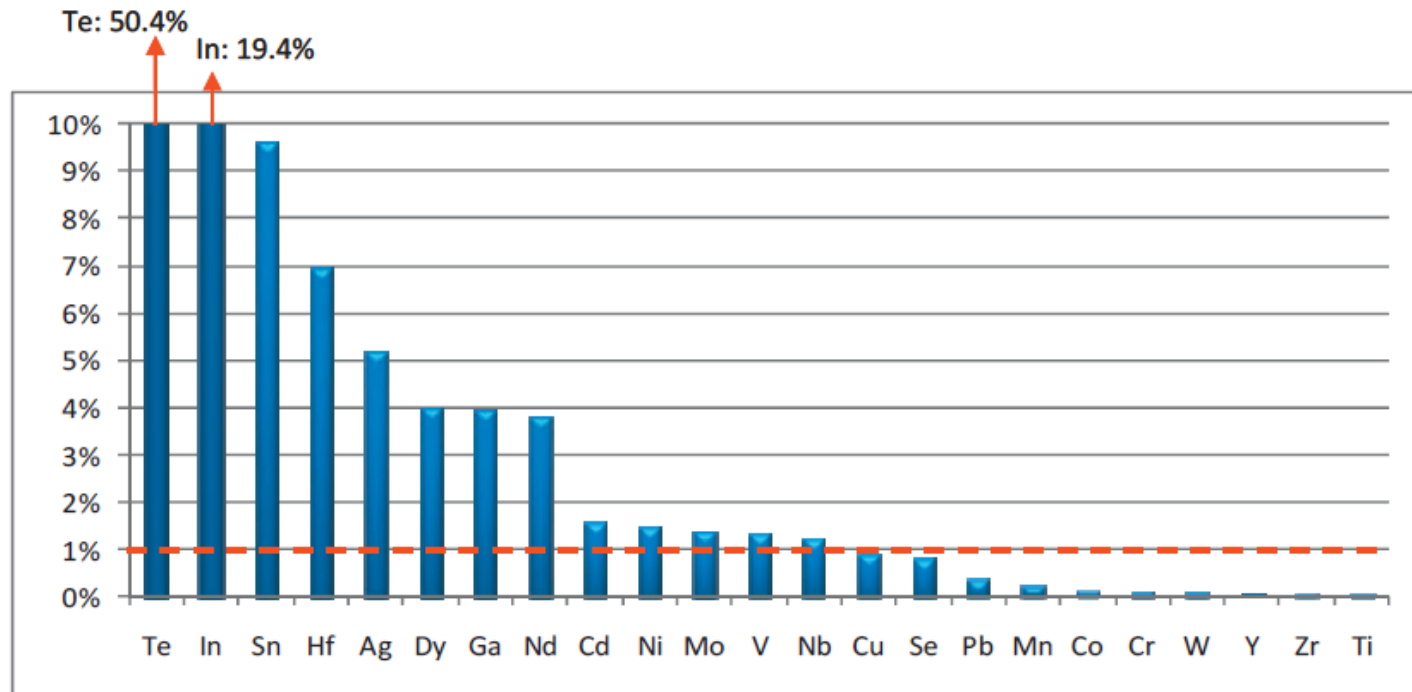
	Photovoltaic Films	Wind Turbines	Vehicles		Lighting
MATERIAL	Coatings	Magnets	Magnets	Batteries	Phosphors
Rare Earth Elements	Lanthanum			●	●
	Cerium			●	●
	Praseodymium		●	●	●
	Neodymium		●	●	●
	Europium				●
	Terbium				●
	Dysprosium		●	●	
	Yttrium				●
Indium	●				
Gallium	●				
Tellurium	●				
Cobalt				●	
Lithium				●	
Manganese				●	
Nickel				●	

2011 – Etude du DOE (Department of Energy US) : « Critical materials strategy »



2011 – Etude européenne (JRC) : « Critical metals in strategic energy technologies »

Figure 1: Metals Requirements of SET-Plan in 2030 as % of 2010 World Supply



Key: Te=tellurium, In=indium, Sn=tin, Hf=hafnium, Ag=silver, Dy=dysprosium, Ga=gallium, Nd=neodymium, Cd=cadmium, Ni=nickel, Mo=molybdenum, V=vanadium, Nb=niobium, Cu=copper, Se=selenium, Pb=lead, Mn=manganese, Co=cobalt, Cr=chromium, W=tungsten, Y=yttrium, Zr=zinc and Ti=titanium

SET-Plan : Strategic Energy Technology Plan

2011 – Etude européenne (JRC) : « Critical metals in strategic energy technologies »

Table 1: Summary of Bottleneck Analysis

Metal	Market Factors		Political Factors		Overall risk
	Likelihood of rapid demand growth	Limitations to expanding production capacity	Concentration of supply	Political risk	
Dysprosium	High	High	High	High	High
Neodymium	High	Medium	High	High	
Tellurium	High	High	Low	Medium	
Gallium	High	Medium	Medium	Medium	
Indium	Medium	High	Medium	Medium	
Niobium	High	Low	High	Medium	Medium
Vanadium	High	Low	Medium	High	
Tin	Low	Medium	Medium	High	
Selenium	Medium	Medium	Medium	Low	
Silver	Low	Medium	Low	High	Low
Molybdenum	Medium	Low	Medium	Medium	
Hafnium	Low	Medium	Medium	Low	
Nickel	Medium	Low	Low	Medium	
Cadmium	Low	Low	Low	Medium	

Source: Chapter 5

Terres rares – Offre/Demande

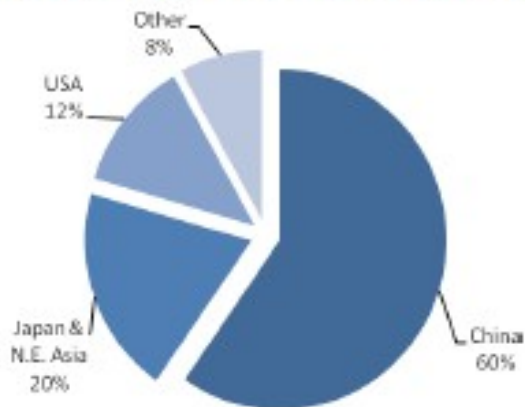
Table 4. Rare Earth Mine Production 2009

China	120 000
India	2 700
Brazil	650
Malaysia	380
CIS	NA
Others	NA
Total (rounded)	124 000

Source : Rare Earths and Clean Energy : Analyzing China's Upper Hand, note de l'IFRI, sept 2010.

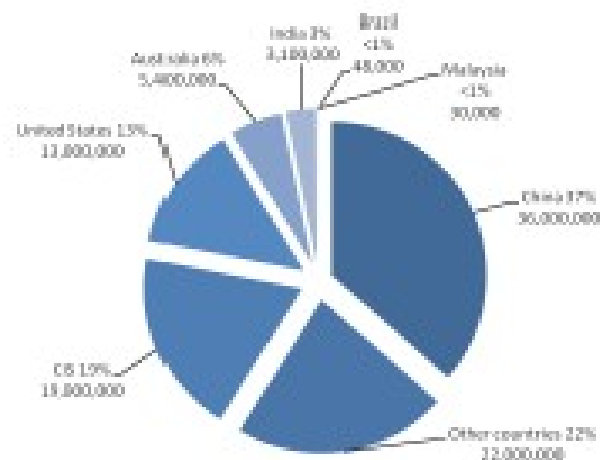
Source: USGS, Rare Earths Mineral Commodity Summary, 2010

Figure 1. Estimated Global Consumption of REO 2008



Source: IMCOA and Roskill presentation, "Rare Earths – A Golden Future or Overhyped?", April 2010.

Figure 2. Proven, Recoverable Reserves of Rare Earth Elements 2009 (tons of REO)



Source: USGS, Rare Earths Mineral Commodity Summary, 2010

Terres rares – Offre/Demande

Source : Rare Earths and Clean Energy :
Analyzing China's Upper Hand,
note de l'IFRI, sept 2010.

Table 2. Global Demand Forecast for REO by Application
(by percentage as a function of weight)

Application	2010 (%)	2014 (%)	Projected annual growth rate (%)
Magnets	24	28	12
Fluid Cracking Catalysts	16	14	4
Polishing Powder	15	15	8
Battery Alloy	12	16	15
Metallurgy excl. Battery	9	7	2
Glass Additive	8	5	-1
Auto Catalysts	7	7	8
Phosphors	6	6	8
Ceramics	1	1	4
Others	3	2	2
Total tonnage	135 000	182 000	8

Source: Lynas Corporation Ltd., presentation, International Minor Metals Conference, 27 April 2010, London.

Terres rares – Offre/Demande

Source : Rare Earths and Clean Energy :
Analyzing China's Upper Hand,
note de l'IFRI, sept 2010.

Table 3. Forecast of Demand-Supply of Rare Earths in 2014 (+/- 15%)

Element	Demand REO (tons)	Supply REO (tons)	Balance	Balance as % of Demand
Lanthanum	51 050	54 750	3 700	7.25
Cerium	65 750	81 750	16 000	24.33
Praseodymium	7 900	10 000	2 100	26.58
Neodymium	34 900	33 000	-1 900	-5.44
Samarium	1 390	4 000	2 610	187.77
Europium	840	850	10	1.19
Gadolinium	2 300	3 000	700	30.43
Terbium	590	350	-240	-40.68
Dysprosium	2 040	1 750	-290	-14.22
Erbium	940	1 000	60	6.38
Yttrium	12 100	11 750	-350	-2.89
Ho-Tm-Yb-Lu	200	1 300	1 100	550.00
Total	180 000	203 500	23 500	13.06

Note: These projections tend to be at the lower end of the scale, but are considered more credible because they have been done by an independent consultancy, the Industrial Minerals Company of Australia (IMCOA). The Lynas Corporation, a prospective Australian rare earths producer, has projected that global supply will be limited to between 155,000 and 175,000 tons in 2014 depending on production from mines in southern China, which are particularly rich in heavy rare earths. Lynas projects additional, severe supply shortages in Lanthanum (19-27%) and Praseodymium (36-43%) and calculates more severe shortages in Neodymium (20-30%), Europium (9-30%), Terbium (33-56%), Dysprosium (12-48%), and Yttrium (from surplus to 30% deficit).

Source: Oakdene Hollins, Lanthanide Resources and Alternatives, May 2010, p.39, (Data from IMCOA)

Néodyme - Etude EDF R&D 2011

- ▶ Elaborer des scénarios de consommation du néodyme de 2010 à 2050, avec et sans recyclage.
- ▶ Pour les usages « Energie », scénario de développement considéré : Scénario BLUE MAP de l'Agence Internationale de l'Energie, division par 2 des **émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie à l'horizon 2050 par rapport aux** niveaux 2007.
- ▶ Pour les usages hors énergie, évolution de la demande de 3,1 % (taux de croissance du scénario Blue Map).
- ▶ Les applications décrites :
 - Eoliennes
 - Véhicules à moteur électrique
 - Les batteries Nickel-Métal-Hydrure (NiMH) dans les véhicules hybrides
 - Les batteries Nickel-Métal-Hydrure (NiMH) pour les autres usages (ordinateurs portables, téléphones)
 - Appareils optiques, Appareils audio, IRM
 - Les disques durs (HDD)
 - Autres

Néodyme - Etude EDF R&D 2011

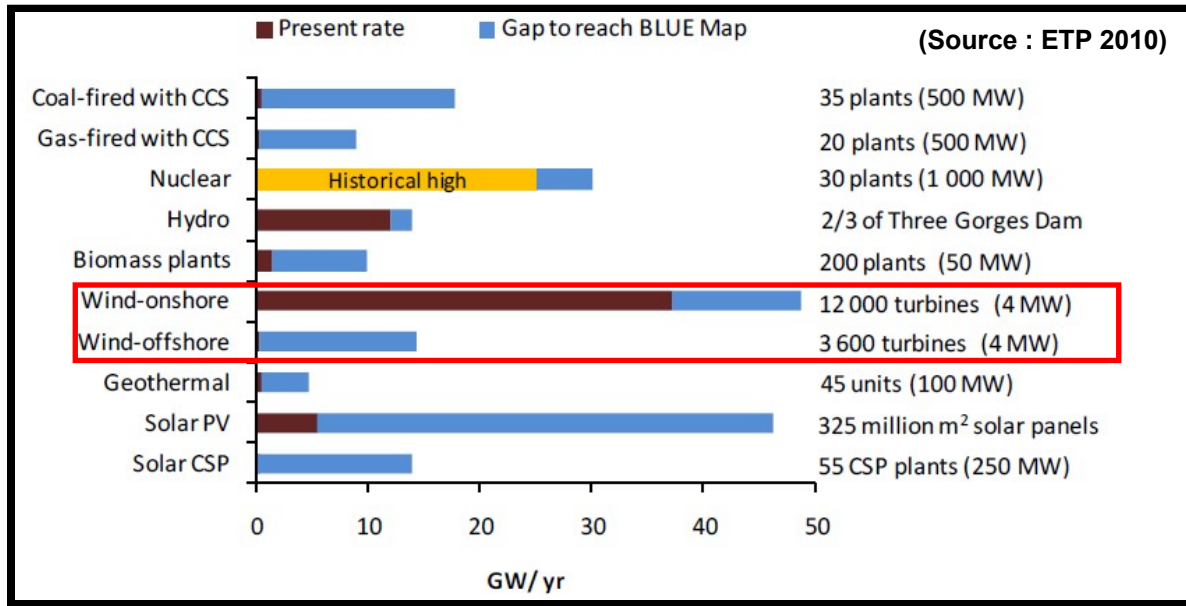
❖ Eoliennes

➤ Eoliennes offshore

- Installation de 14GW/an jusqu'à 2050 (BLUE MAP)
- 100% avec aimant au néodyme

➤ Eoliennes onshore

- Installation de 48GW/an jusqu'à 2050 (BLUE MAP)

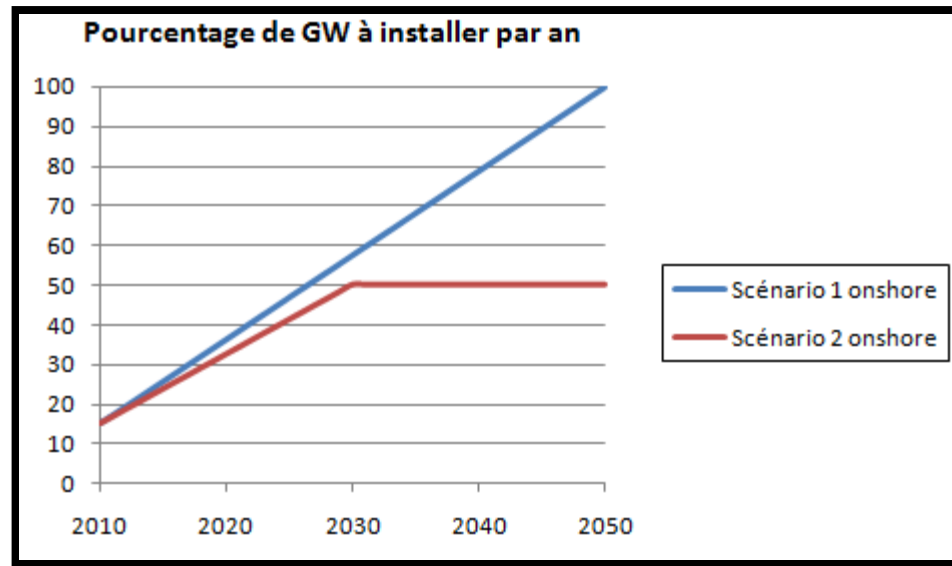


Néodyme - Etude EDF R&D 2011

❖ Eoliennes

Il existe deux technologies d'éolienne :

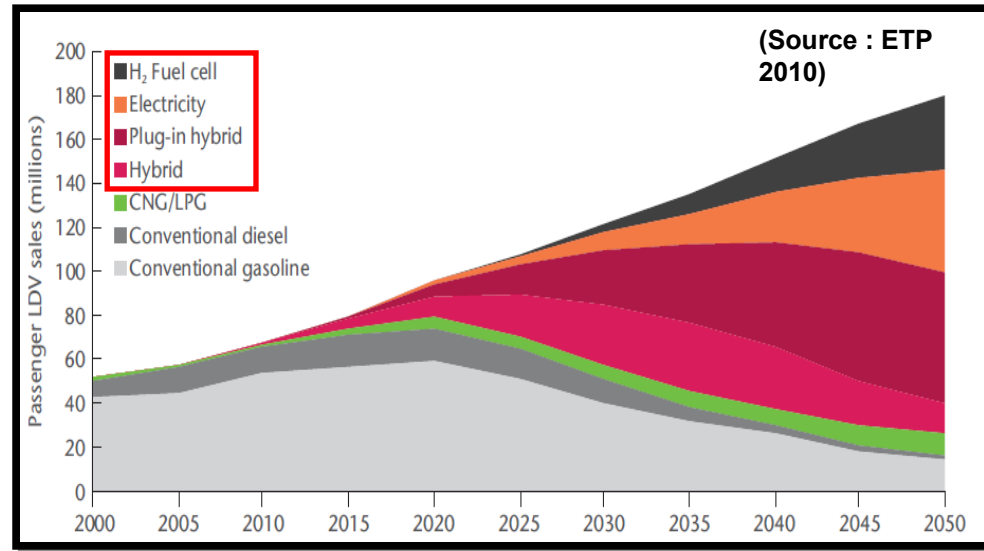
- Avec aimant permanent au Nd.
- Avec supraconducteurs à hautes températures (avec yttrium)



En 2010, 15% de la capacité d'énergie éolienne (GW) générée par des éoliennes avec aimant au Nd. (Source : Oko-Institut e.V., 2010)

Néodyme - Etude EDF R&D 2011

❖ Véhicules



➤ Hypothèse :

Les véhicules avec moteur électrique peuvent contenir des aimants au Nd.

➤ Deux types de motorisation en compétition :

Moteur à aimant au néodyme

Moteur à rotor bobiné, sans terres rares

➤ Pour notre étude : 0, 50 et 100% de ventes de véhicules avec du Nd

Néodyme - Etude EDF R&D 2011

Les 3 scénarios de demande à l'horizon 2050:

Demande minimale

Scénario S2 onshore.

Scénario offshore.

0% de vente de véhicule à moteur électrique.

Scénario bas NiMH.

Scénario app. optiques.

Scénario app. audio.

Scénario app. IRM.

Scénario S2 HDD.

Scénario « AUTRES ».

Demande probable

Scénario S2 onshore.

Scénario offshore.

50% de vente de véhicule à moteur électrique.

Scénario bas NiMH.

Scénario app. optiques.

Scénario app. audio.

Scénario app. IRM.

Scénario S2 HDD.

Scénario « AUTRES ».

Demande maximale

Scénario S1 onshore.

Scénario offshore.

100% de vente de véhicule à moteur électrique.

Scénario haut NiMH.

Scénario app. optiques.

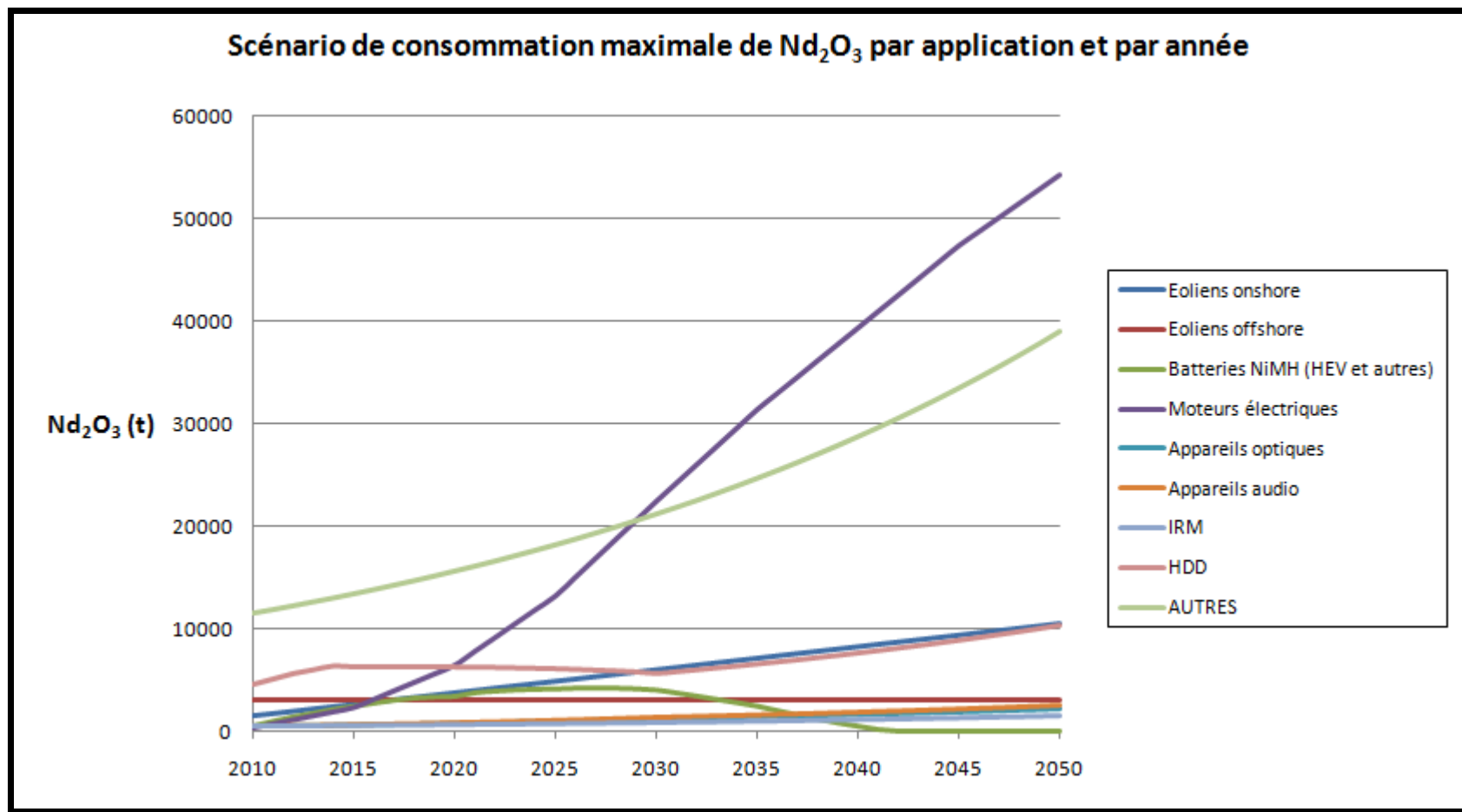
Scénario app. audio.

Scénario app. IRM.

Scénario S1 HDD.

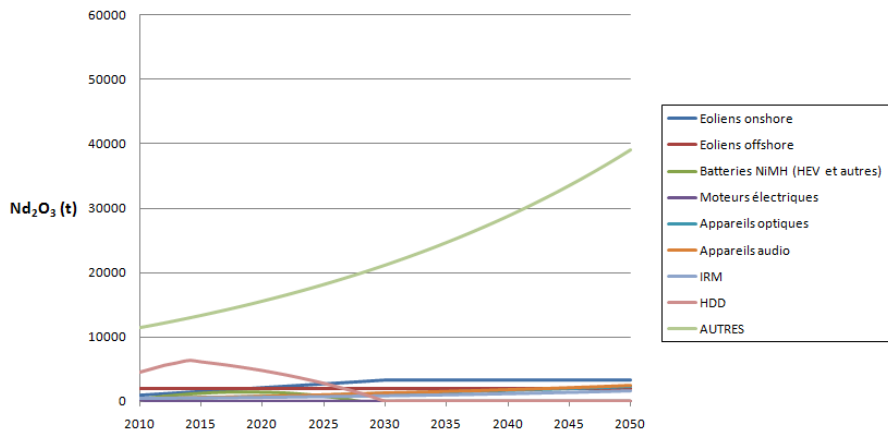
Scénario « AUTRES ».

Néodyme - Etude EDF R&D 2011

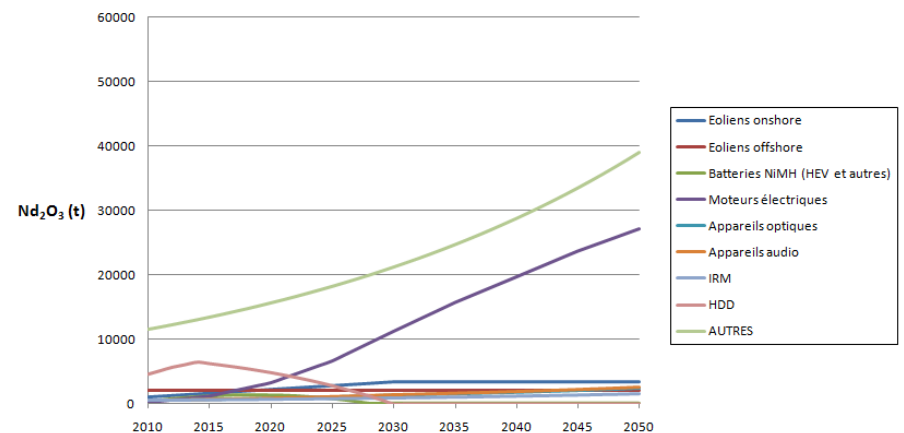


Néodyme - Etude EDF R&D 2011

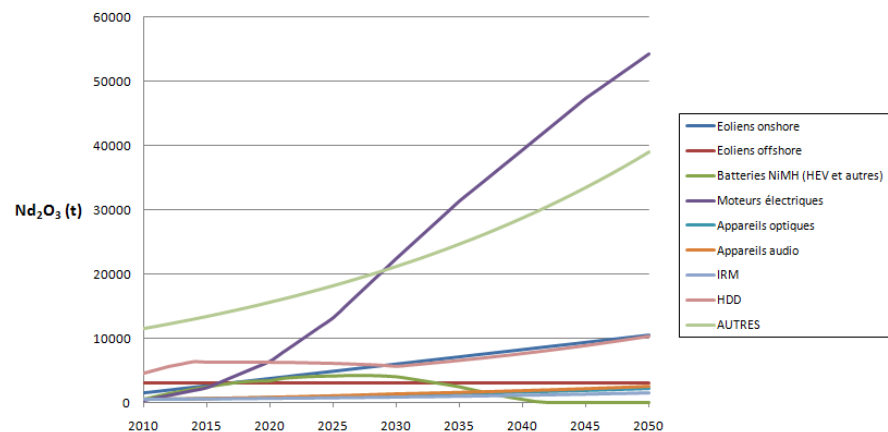
Scénario de consommation minimale de Nd_2O_3 par application et par année



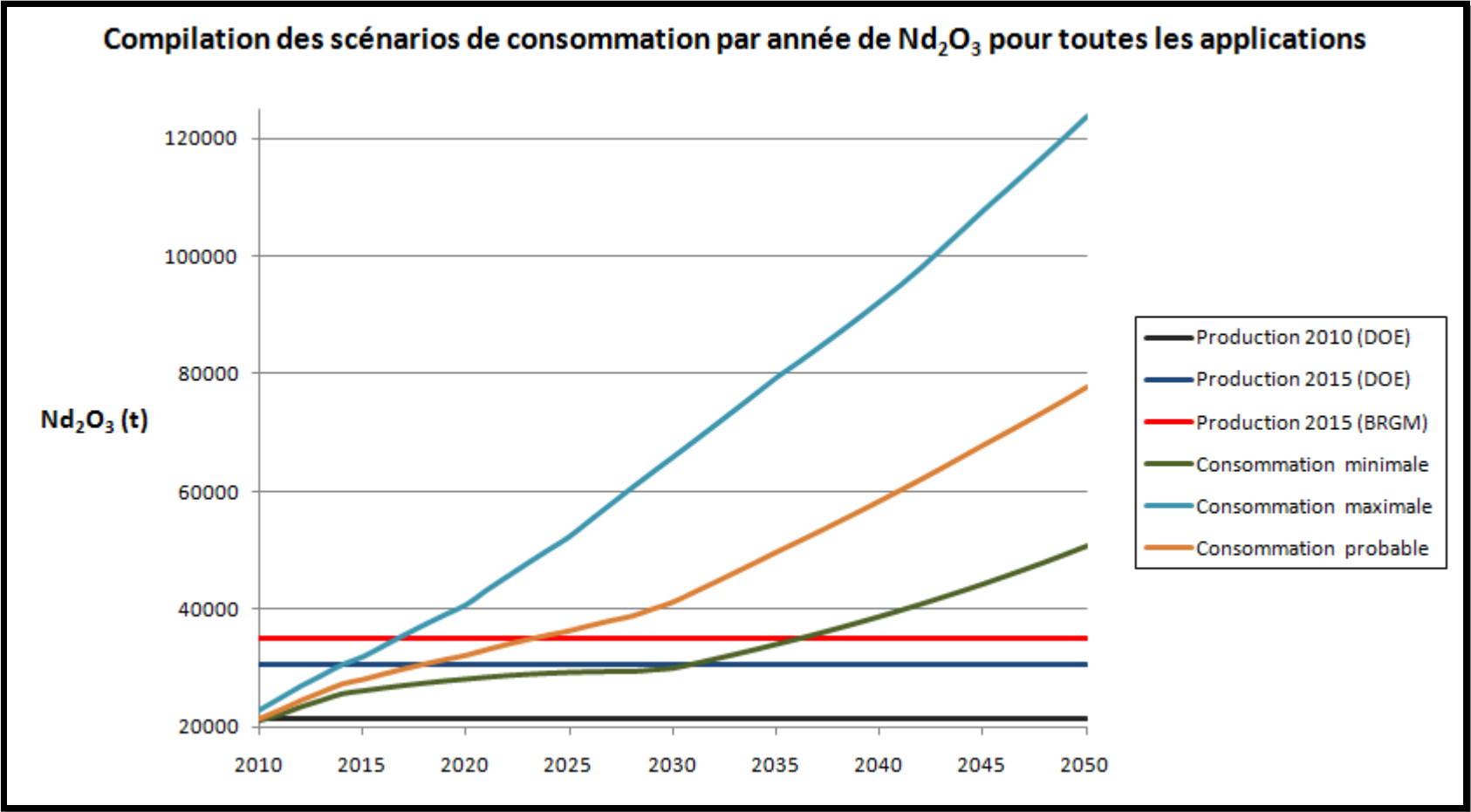
Scénario de consommation « probable » de Nd_2O_3 par application et par année



Scénario de consommation maximale de Nd_2O_3 par application et par année



Néodyme - Etude EDF R&D 2011



Néodyme - Etude EDF R&D 2011

Avec recyclage

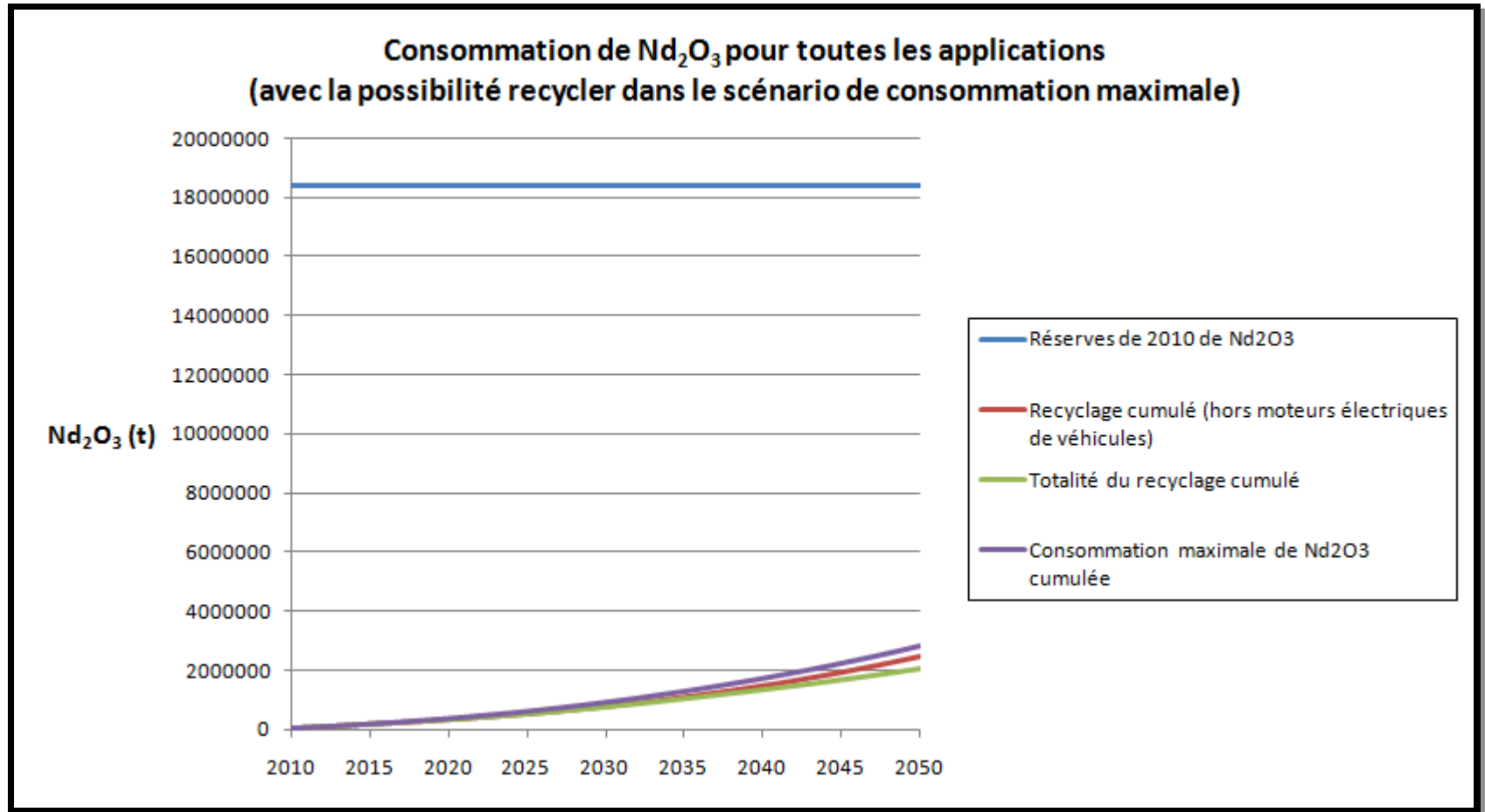
- Actuellement, taux de recyclage <1% (PNUE, 2011).

- Mise en place de procédés de recyclage:
 - Rhodia et Umicore_Batteries NiMH_fin 2011.
 - Groupe Hitachi_HDD_2013.
 - ADEME_filière de récupération des aimants dans les IRM.
 - Université de Tokyo_Moteurs électriques de véhicules_Développement.

- Elaboration de 2 scénarios avec recyclage:
 - Batterie+HDD+IRM.
 - Batterie+HDD+IRM+ moteurs électriques de véhicules.

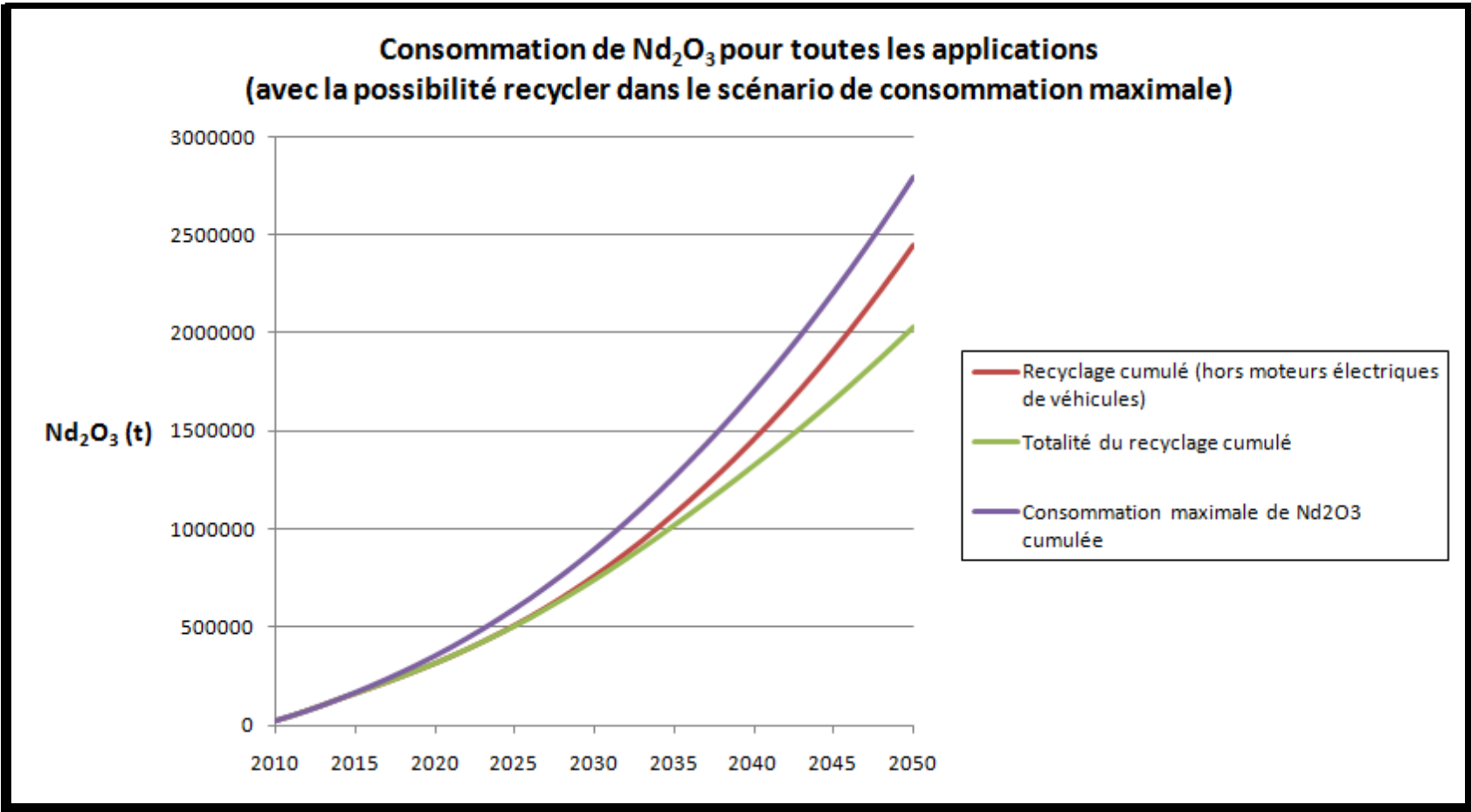
Néodyme - Etude EDF R&D 2011

3- Résultats obtenus avec recyclage



Néodyme - Etude EDF R&D 2011

3- Résultats obtenus avec recyclage



Néodyme - Etude EDF R&D 2011

Conclusions et Perspectives

- En théorie, pas de risque de pénurie du néodyme d'ici à 2050, en comparant demande et réserves.
- Mais problème de disponibilité, avec un horizon très dépendant des hypothèses considérées (2014-2031, selon les scénarios).
- Des solutions en cours de mise en place pour faire face au problème d'approvisionnement:
 - Entrée en production des mines hors de la Chine.
 - Développement des filières de recyclage.
- Perspectives:
 - Mieux connaître les applications « AUTRES ».... Dont celles dans le secteur verrier.