

Réserves et ressources sur Terre

Abondance

Réserve

Les terres-rares sont plus abondantes qu'on ne le pense.

Les trois plus abondantes:

- Nd → 20 ppm (20mg/kg)
- Ce → 43ppm
- Ln → 20ppm



Principales réserves : Chine, Brésil, Russie

Utilisation du néodyme en 2020 :
Monde : 44g/hab

USA : 160g/hab

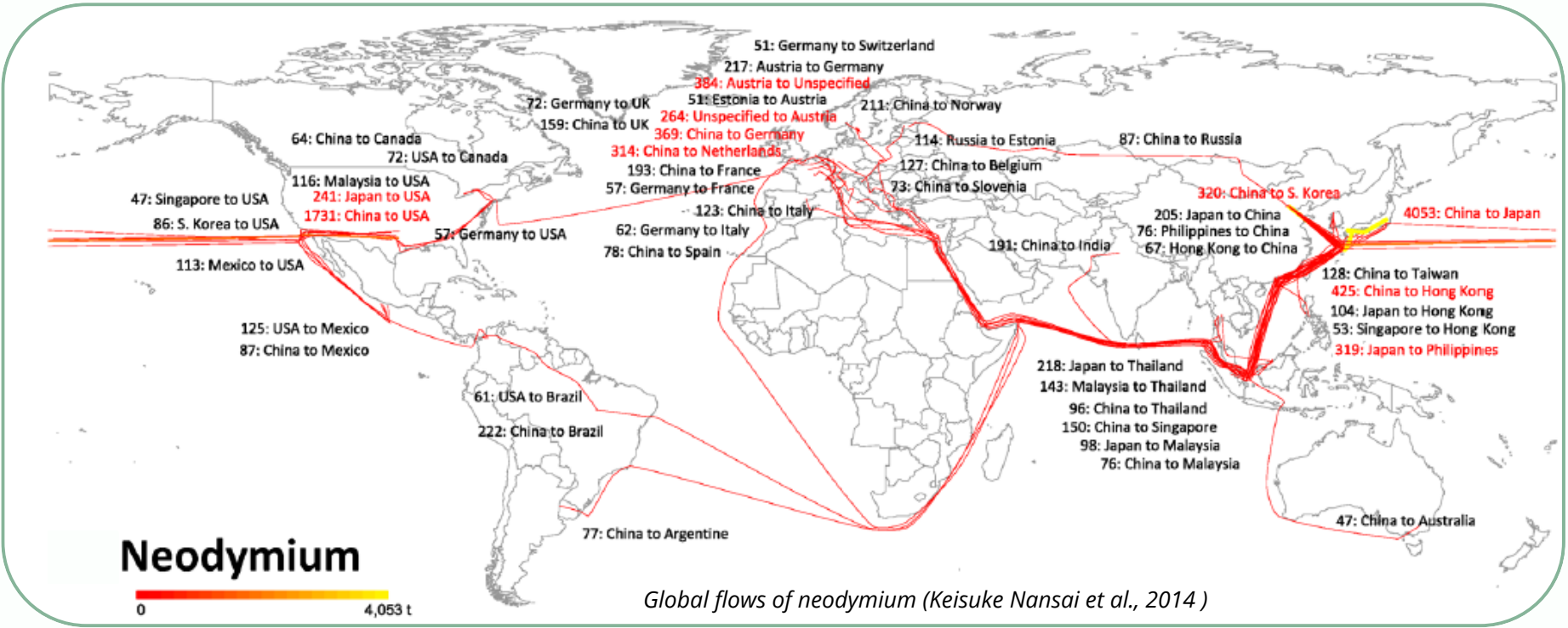
UE : 140g/hab

Japon : 150g/hab

Chine : 52g/hab

12 540 t minés de néodyme en 2005

79 500 t de néodyme-fer-bore minés en 2014



Du gisement au produit fini

Présent dans des minéraux accessoires (allonite, monazite, apatite)



Extraction des terres rares

Séparation par poids moléculaire
Séparation magnétique
Séparation par ajout de solvant

Traitement

Lixivation

Raffinage

Extraction par solvant

Métallurgie

Passage d'oxyde à métal

Produits

Alliages magnétiques
Aimants permanents
smartphones
électroménager
éoliennes
...

Altération naturelle (surtout pour apatite)

Piégeage du Nd dans le sol

Nd transporté dans les cours d'eau

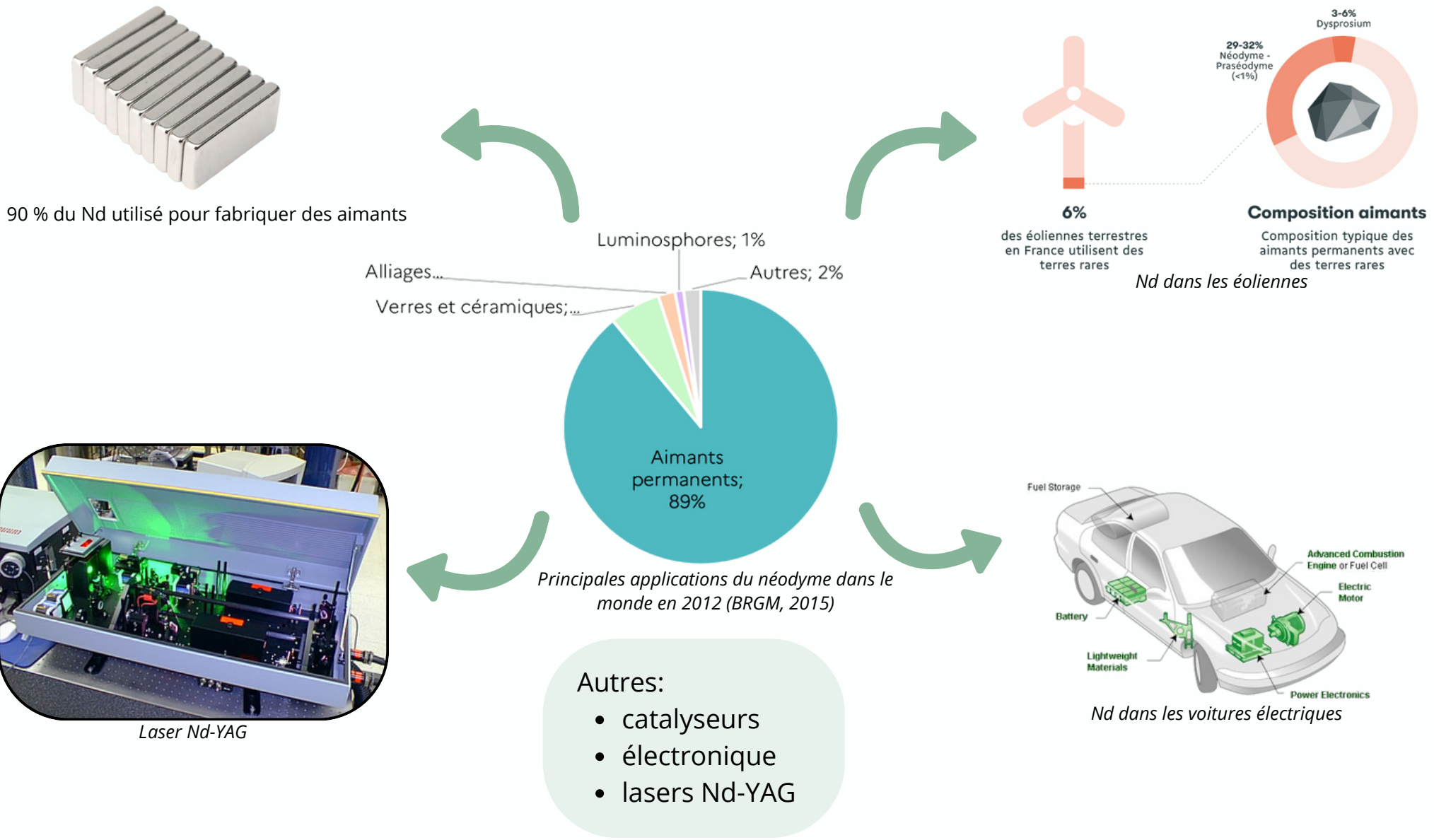
Nd piégé dans les estuaires à 90%



Pensé et réalisé par les étudiants Néodyme du PIM Élément-Terre 2026

Usages et services principaux

Nd : grande force moyenne, faible coût, forte capacité électrique



Fin de vie

Evacuation des déchets

Enfouissement ou stockage du Néodyme en fin de vie



© Direction général du Trésor, pôle développement durable de Tokyo, 2019

Peut-on recycler le Néodyme ?

recyclage limité car couteux et perte d'efficacité du Nd une fois recyclé

Exemple de recyclage du Néodyme dans les disques durs

Démontage manuel
Economie de consommation énergétique de 88 %

Broyage
Economie de consommation énergétique de 58 %

Exemple du recyclage des aimants

- Désassemblage manuel
- Séparation magnétique
- Réutilisation des aimants

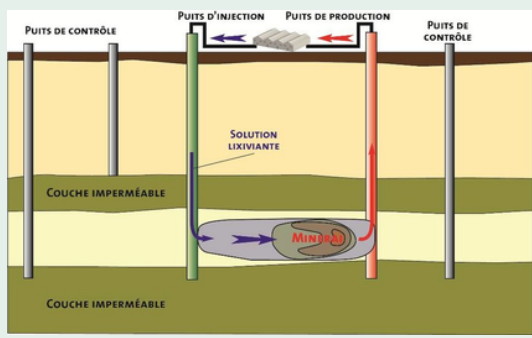
Dans les déchets électroniques moins d'1 % du Nd est recyclé



Pensé et réalisé par les étudiants Néodyme du PIM Elément-Terre 2026

Impacts environnementaux

Lixiviation à l'acide sulfurique



Eaux usées acides stockées
dans des barrages



Lac d'acide Boatou en Chine

Certains barrages peuvent céder



Rupture du barrage de Brumadinho au Brésil

L'extraction des terres rares
nécessite beaucoup d'eau

Eau = facteur limitant pour l'extraction

Impacts sanitaires

1 t de terres rares

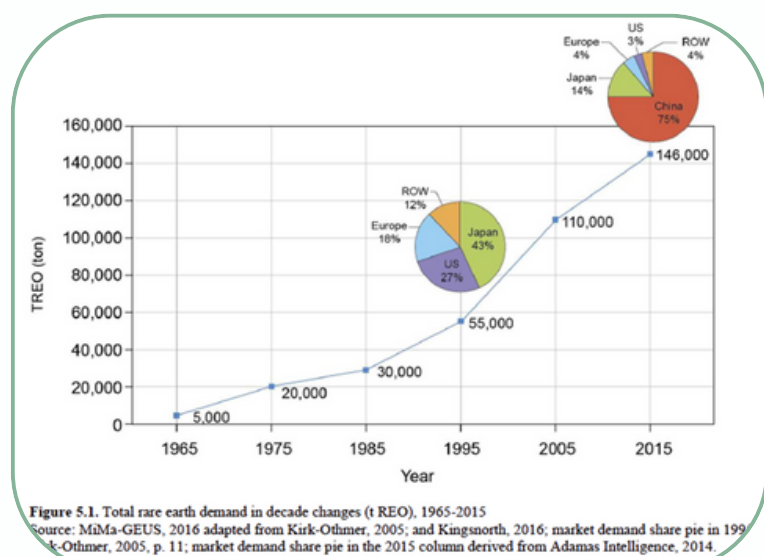
2000 t de déchets dont 1 à 1,4 t de
déchets radioactifs



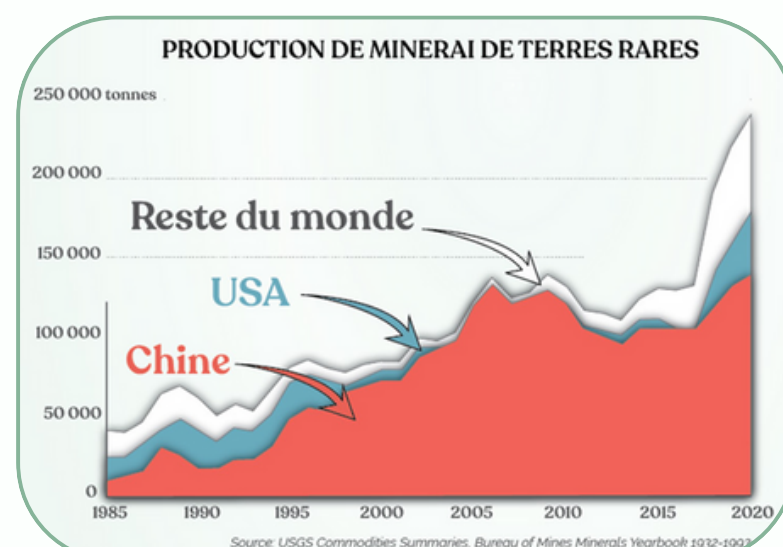
66 décès par cancer lié à l'industrie
des terres rares entre 1993 et 2005

Champs impropres à la culture et
baisse du rendement

Impacts socio-économiques



Hausse de la demande en terres rares
exponentielle entre 1965 et 2015



Hausse de la production en de minerai de terres rares
La Chine détient le quasi monopole sur la production

Embargo possible de la Chine (en 2011 les prix de néodyme ont explosés suite à un embargo de la Chine)
En 2015, le marché mondial de terre rares est estimé entre 2 et 4 milliards de dollars



Induit des tensions pour la recherche de nouvelles ressources pour les autres pays tel que les Etats Unis et l'Europe
Au niveau Européen taxation de 15% sur les exportations chinoises
Conflits et tensions pour les ressources disponibles visibles en Ukraine, Groenland, Myanmar



Exploitations minières illégales

Conditions de travail non contrôlées et
dangereuses pour la santé

Fort conflit avec les populations locales
Pressions sur l'exploitation de l'eau
environnante

Pensé et réalisé par les étudiants Néodyme du PIM Elément-Terre 2026

Futur : Quels scénarios possibles ?

SSP = scénarios climatiques développés dans le cadre du sixième rapport du GIEC en 2023



Nécessité de modéliser les ressources disponibles dans le futur pour prévoir les tensions possibles

Hausse de la demande en terres rares entre 2023 et 2040 de 16 %.
Pour faire 1kg de Néodyme il faut miner 200kg de minerais.



Scénario technologies vertes



SSP1 Développement durable, développement avec un respect des limites environnementales, avec un index de développement basé sur la santé



Figure 2 : Projet SUSMAGPRO, Creating a European Circular Economy of Rare Earth Magnets, mis à jour en sept 2024

Scénario d'un futur proche : Projet Européen SUSMAGPRO

Objectif : Produire un aimant RE sur quatre en Europe à partir de matériaux recyclés d'ici 2027

Très forte pression sur le Néodyme avec une production annuelle insuffisante

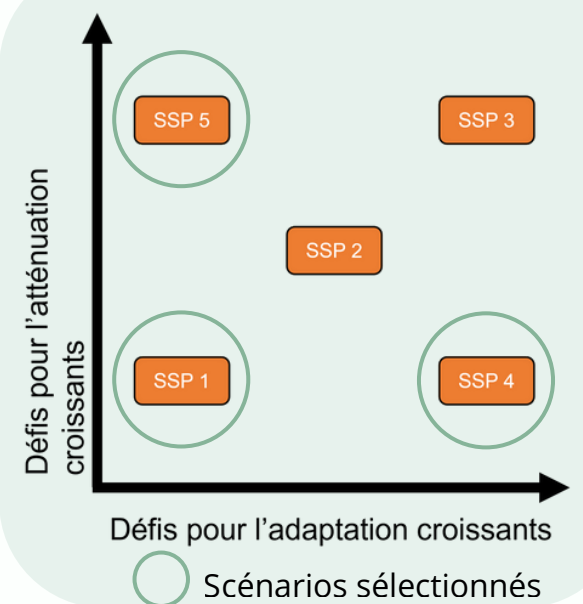


Figure 1 : L'espace d'incertitude, et les cinq scénarios-types., Drias les futurs des climats

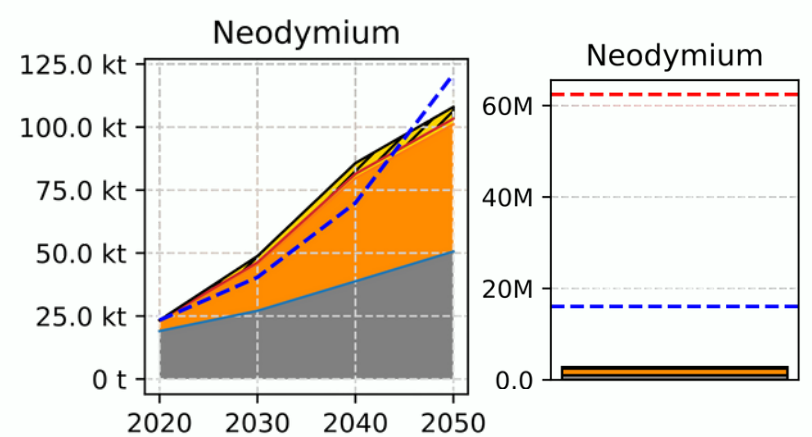


Figure 3.a: Scénario SSP1

Figure 3.b: Scénario SSP1

Demande annuelle de Nd en tonnes par an de 2020 à 2050 nécessaire à la transition énergétique

Scénario des inégalités



SSP4 Inégalités, développement technologique uniquement dans les régions riches, et exploitation des ressources dans les pays en développement

Demande très concentrée dans certaines régions, demande globale légèrement inférieure au SSP5

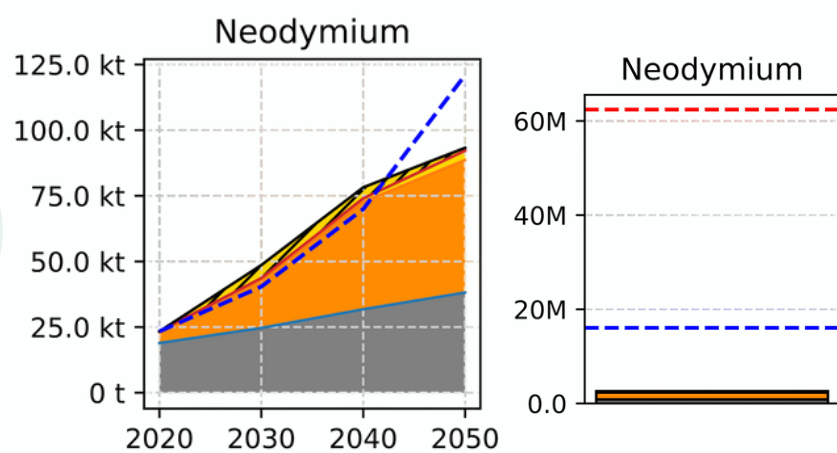


Figure 3.c: Scénario SSP4

Figure 3.d: Scénario SSP4

Business as usual



SSP 5 développement conventionnel, progrès technologique avant tout, utilisation d'énergies fossiles

Plus de flexibilité car utilisation d'énergies fossiles mais pression très importante sur le néodyme car augmentation globale de la production

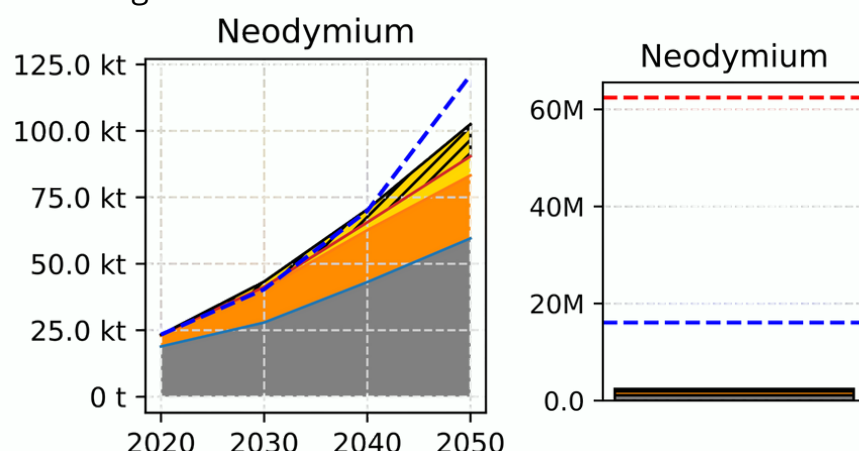


Figure 3.e: Scénario SSP5

Figure 3.f: Scénario SSP5

Figure 3.a, 3.c, 3.e: Consommation future et production potentielle de métal en t/an

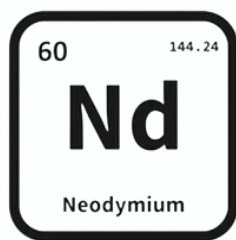
Légende des graphiques de la demande en Néodyme entre 2020 et 2050

- Potential production (historic)
- Potential production (IEA)
- ▨ Decreased Demand
- ▨ Increased Demand
- ▨ Energy Sector Demand
- ▨ Other Transition Demand
- ▨ Other Sector Demand (literature)
- ▨ Other Sector Demand (GDP growth)

Figure 3.b, 3.d, 3.f: Consommation cumulée de métaux en 2050 en tonnes

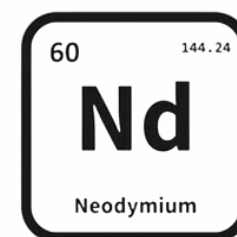
- Resources
- Reserves

Pensé et réalisé par les étudiants Néodyme du PIM Élément-Terre 2026



Trombinoscope de la team Néodyme

(The best of course)



Gaëlle DURAND

Sciences des Données
Océanographiques



Killian MARTIN--BOUTMY

Chimie de
l'Environnement marin



Alix DURAND

Chimie de
l'Environnement marin



Maya COEURJOLY

Expertise et Gestion de
l'Environnement Littoral



Nina BRIENS

Chimie de
l'Environnement marin



Flavian SANTINI

Chimie de
l'Environnement marin



Nicolas BERTHELOT

Géosciences marines



Flavie GOURDON

Géophysiques marine