

Les ressources non énergétiques : un frein aux transitions énergétiques ?

Mercredi 23 janvier 2019

POUR UNE APPROCHE GLOBALE DE LA CRITICITÉ, DU GÉOLOGIQUE AU GÉOPOLITIQUE

QUELQUES EXEMPLES DE MARCHÉS DE MATIÈRES PREMIÈRES

Dr. Emmanuel HACHE (et toute l'équipe GENERATE : C. Bonnet, S. Carcanague,
G-S. Seck et M. Simoën)

Projet GENERATE (Géopolitique des Energies Renouvelables et Analyse Prospective de la
Transition Énergétique) AAPG 2017-Projet 2017-2019



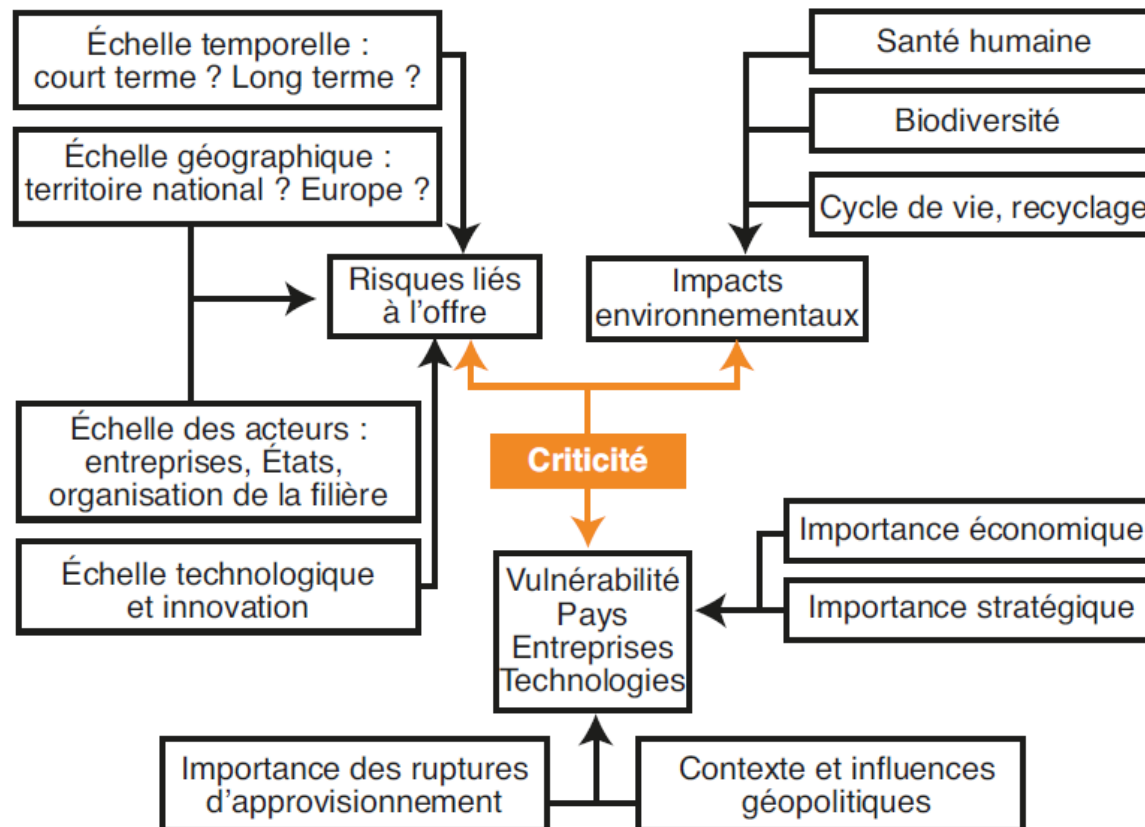
PLAN

- ✓ **Le concept de criticité en questions**
- ✓ **Modélisation de la criticité**
 - ✓ **Le lithium dans le contexte d'électrification mondiale**
 - ✓ **Le cuivre**
 - ✓ **Le ciment**
- ✓ **Éléments de conclusion**

CRITICITÉ

La criticité : une approche basée sur une évaluation des risques liés à l'extraction, la production, l'utilisation ou la gestion de fin de vie d'une matière première (Graedel et Nuss, 2014)

- Nombre d'études se focalisent sur des champs disciplinaires différenciés (économie, environnement, etc.) et utilisent des indicateurs variés de mesures de criticité



Une myriade de risques

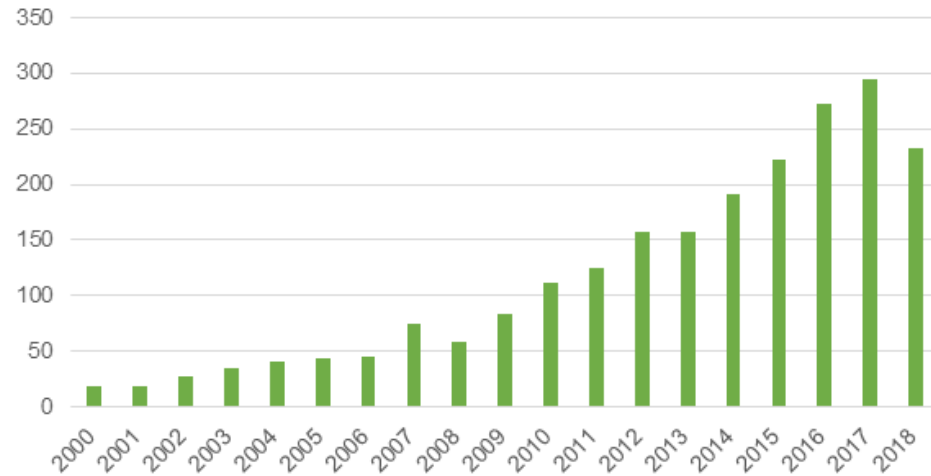
- **Risque géopolitique** (cas des terres rares dont une large partie est concentrée dans les mains de quelques acteurs);
- **Risque économique** (embargo, politiques de restrictions ou de préférences pour certains acteurs, rétorsions commerciales, manipulation de marché, etc.);
- **Risque lié à la production** (sous-investissement, production jointe, etc.);
- **Risque environnemental ou social** (émissions de polluants liés à la production, conséquences sanitaires, destruction de paysage, etc.).

Source : auteurs, tiré de Helbig et al., 2016

DE NOMBREUSES PUBLICATIONS

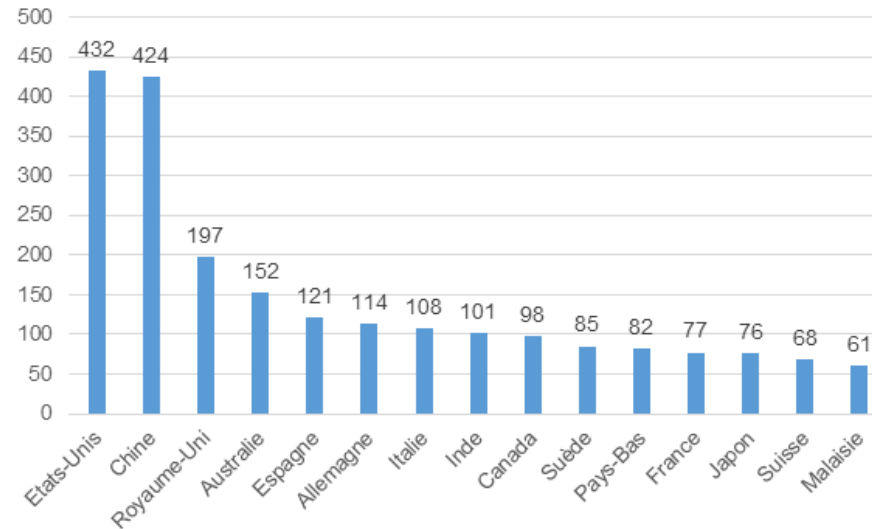


Nombre de publications sur la criticité (Jusqu'en juin 2018)

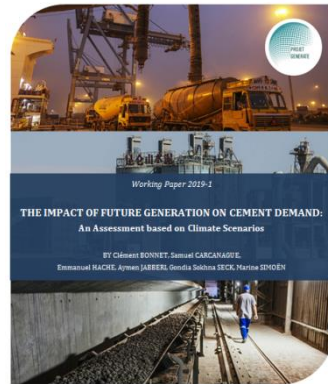


Source : Intellixir

Nombre de publications par pays



Source : Intellixir

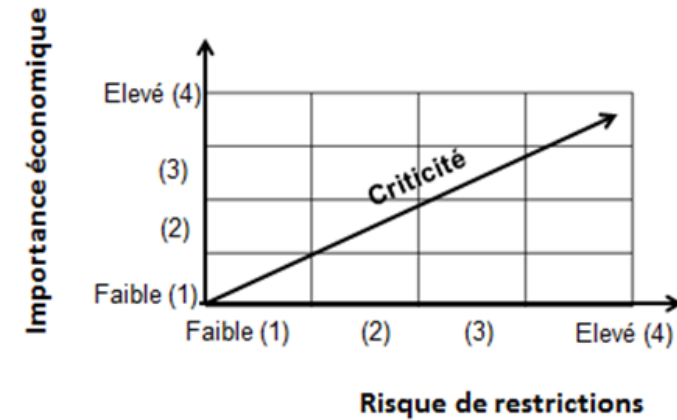


L'ABSENCE DE CADRE MÉTHODOLOGIQUE HOMOGENE

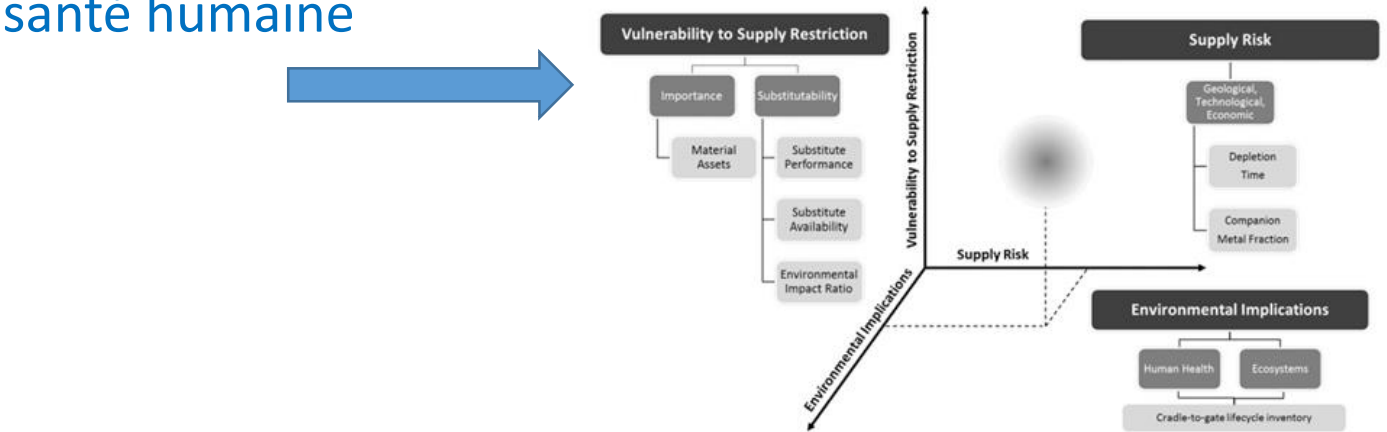
- Le point de départ de toute étude de criticité est de savoir **de quel point de vue** l'on cherche à se placer pour déterminer si une matière première peut s'avérer ou non critique.
- La première considération à prendre en compte est **d'ordre géographique**. L'évaluation de la criticité dépend en effet de l'échelle que l'on adopte, si elle est mondiale, régionale ou nationale.
- La deuxième considération est celle de **la nature de l'entité consommatrice** de la matière première. Au sens large, il peut s'agir de **l'économie** dans sa totalité. De manière plus restreinte, il sera question **d'une industrie, d'une entreprise, voire d'une technologie**.
- La troisième considération est **temporelle**. En effet, le progrès technique, les processus de production et la mise sur le marché de nouveaux produits engendrent, dans le temps, des variations d'entrées et de sorties de différents matériaux sur les marchés internationaux et nationaux.

LES MATRICES ET LES INDICATEURS DE CRITICITÉ

- Risques sur l'offre de matière première et importance économique et technique
- Ajout des conséquences environnementales liées à la production de la matière première sur la base des inventaires d'analyses de cycles de vie, les impacts sur les écosystèmes et sur la santé humaine



Indicateurs de vulnérabilité économique	Indicateur de risque sur l'offre
Existence d'un substitut (Qualitatif)	Concentration de la production par pays (HHI)
Valeur des produits affectés (en % du PIB)	Gouvernance (Qualitatif ou Index de gouvernance)
Ratio de demande future sur l'offre (Qualitatif)	Temps de déplétion des ressources (années)
Valeur des matériaux utilisés (en % du PIB)	Dépendance aux coproduits (en %)
Importance de l'utilisation (en % de la population, en % du PIB)	Concentration d'entreprises minières (HHI)
Dépendance aux importations (en %)	Croissance de la demande (Qualitatif ou ratio)
Importance stratégique (Qualitatif)	Dépendance aux importations (en %, en valeur)
Capacité à innover (Qualitatif)	Potentiel de recyclage (en volume)
Variation des importations (en %)	Existence d'un substitut (Qualitatif)
Concentration des entreprises productrices (HHI)	Volatilité des prix des matières premières (en \$)
Volume de consommation (en volume)	Dépenses d'exploration (en \$)
Variation de la production minière (en %)	Coûts d'extraction (en \$)
Recyclabilité du produit (Qualitatif)	Équilibre du marché (en volume)
	Taux d'utilisation de la capacité minière, capacité de raffinage (en %)
	Existence d'un marché financier
	Investissement dans le secteur minier (en \$)
	Vulnérabilité au changement climatique (Qualitatif)
	Existence de pénurie temporaire (Qualitatif)
	Risque stratégique (embargo) (Qualitatif)
	Présence dans la croûte terrestre

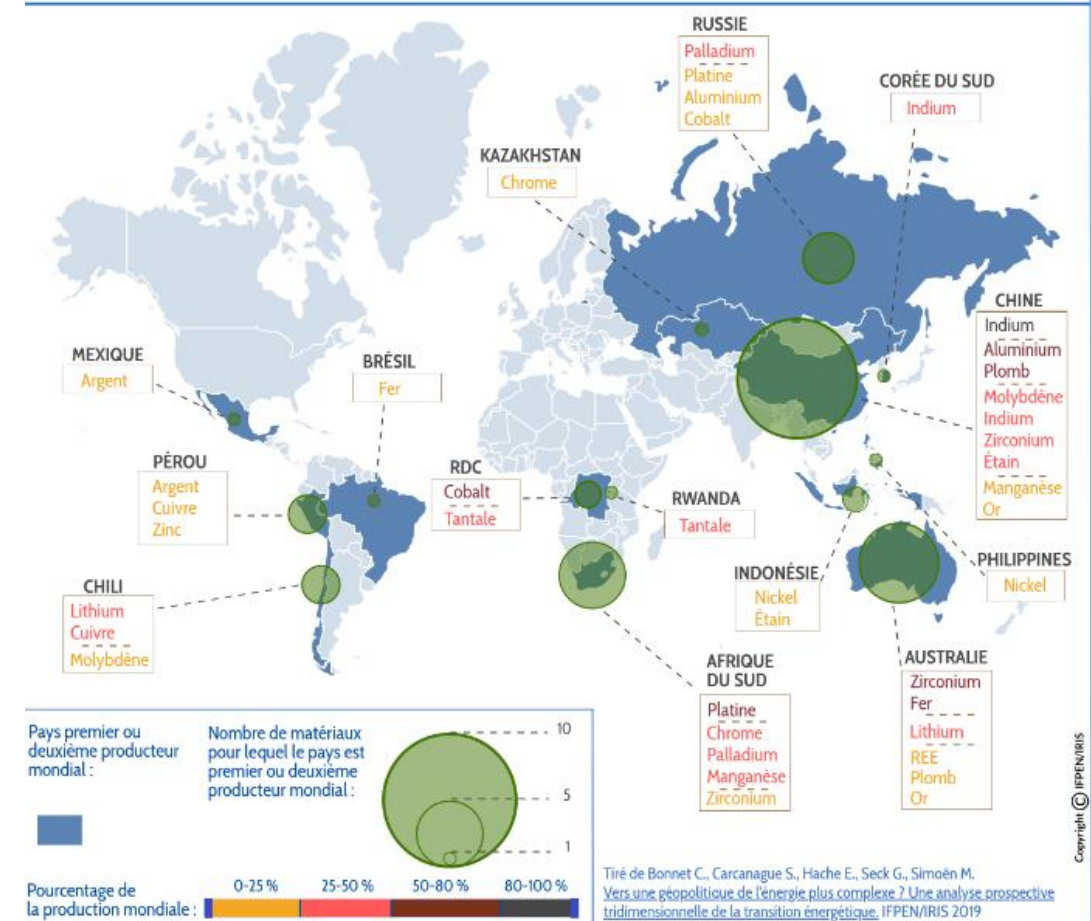


Indicateurs de criticité : nombreux sont qualitatifs

LA DIMENSION GÉOPOLITIQUE

- Une dernière lacune dans la méthodologie existante sur la criticité réside dans l'appréhension de la dimension géopolitique, comprise comme l'étude des rapports de force internationaux
- Elle est généralement incluse dans l'évaluation du risque d'approvisionnement à travers divers indicateurs :
 - La concentration de la production (basée sur le HHI)
 - Statique et non à vocation prospective
 - Nécessite une connaissance parfaite des informations sur les parts de marché et sur le nombre de firmes
 - Prise en compte des participations croisées
 - Prise en compte des situations nationales

Premiers et deuxièmes producteurs de matériaux (en % de la production mondiale) pour les principales technologies bas carbone en 2018



LA DIMENSION GÉOPOLITIQUE

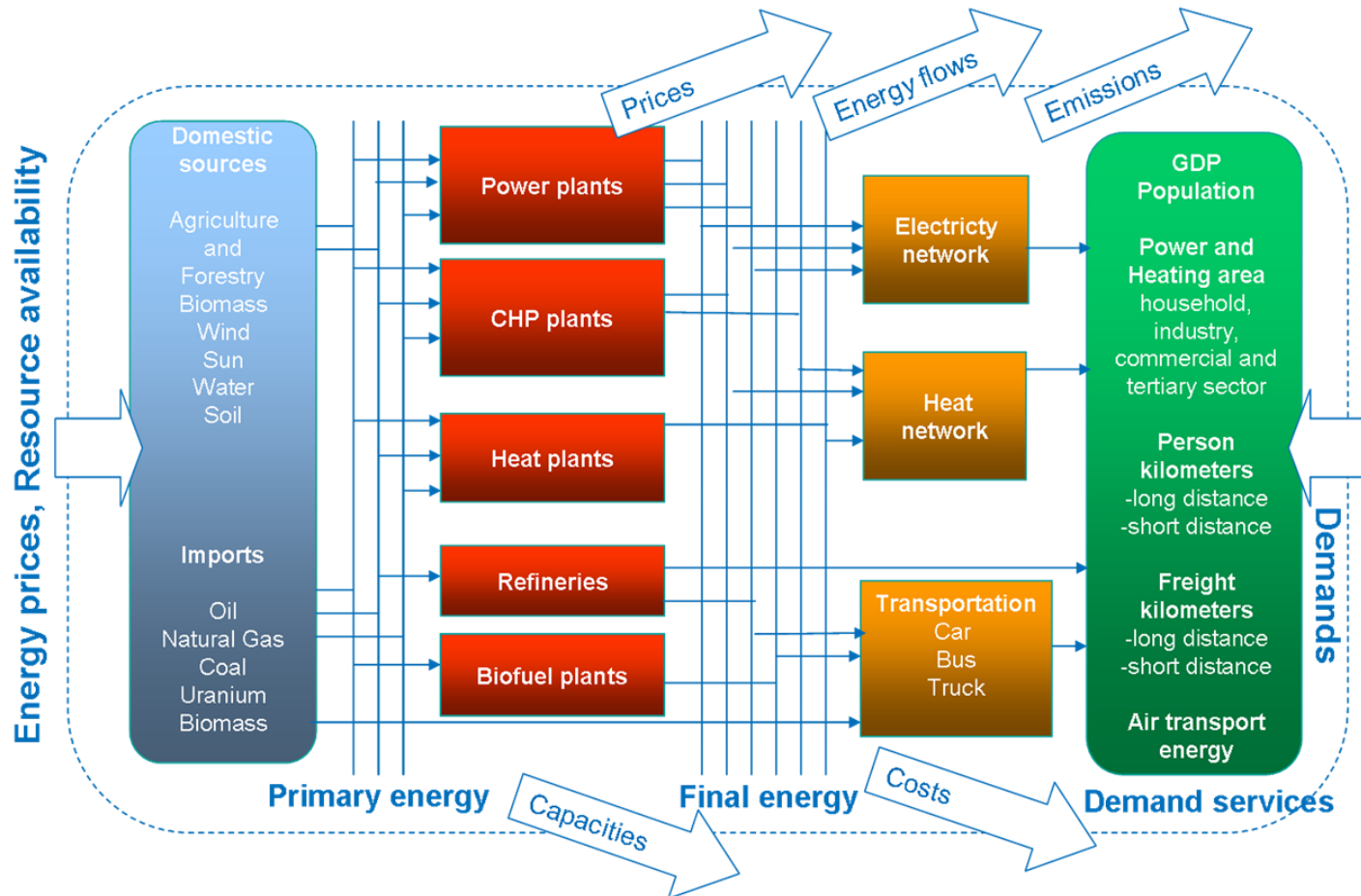
La **stabilité politique**, évaluée la plupart du temps à l'aide du *World Governance Index*

- Le concept de stabilité politique demeure relativement flou et soumis à toute sorte de biais, et la relation entre **bonne gouvernance et stabilité politique n'est pas tout à fait linéaire**, la relation causale entre instabilité politique et risques d'approvisionnement mériterait de plus amples recherches empiriques
- Si l'on observe les causes de perturbation dans la chaîne d'approvisionnement de 22 métaux depuis 1967, seuls 3 % relèvent de l'instabilité politique, comprise comme « conflit domestique et attaques par des groupes antisociaux »
- La stabilité politique est un indicateur constamment mobilisé dans les études de criticité, sans être pourtant tout à fait opérant ; **il cache en réalité une lacune analytique en matière géopolitique.**

DES APPORTS DE LA MODÉLISATION PROSPECTIVE DANS LES ÉTUDES SUR LA CRITICITÉ DES RESSOURCES

Les modèles prospectifs invitent les différents acteurs à :

- Comprendre les relations causales entre les différents facteurs ;
- Optimiser le système ;
- Interroger le nombre d'acteurs et les coûts afférents dans la filière ;
- Exploiter le potentiel de rupture d'une économie ;
- Explorer différentes trajectoires possibles construites sur la base de scénarios ;
- Comprendre la structure future des échanges ;
- Affiner la compréhension géopolitique des relations économiques futures.



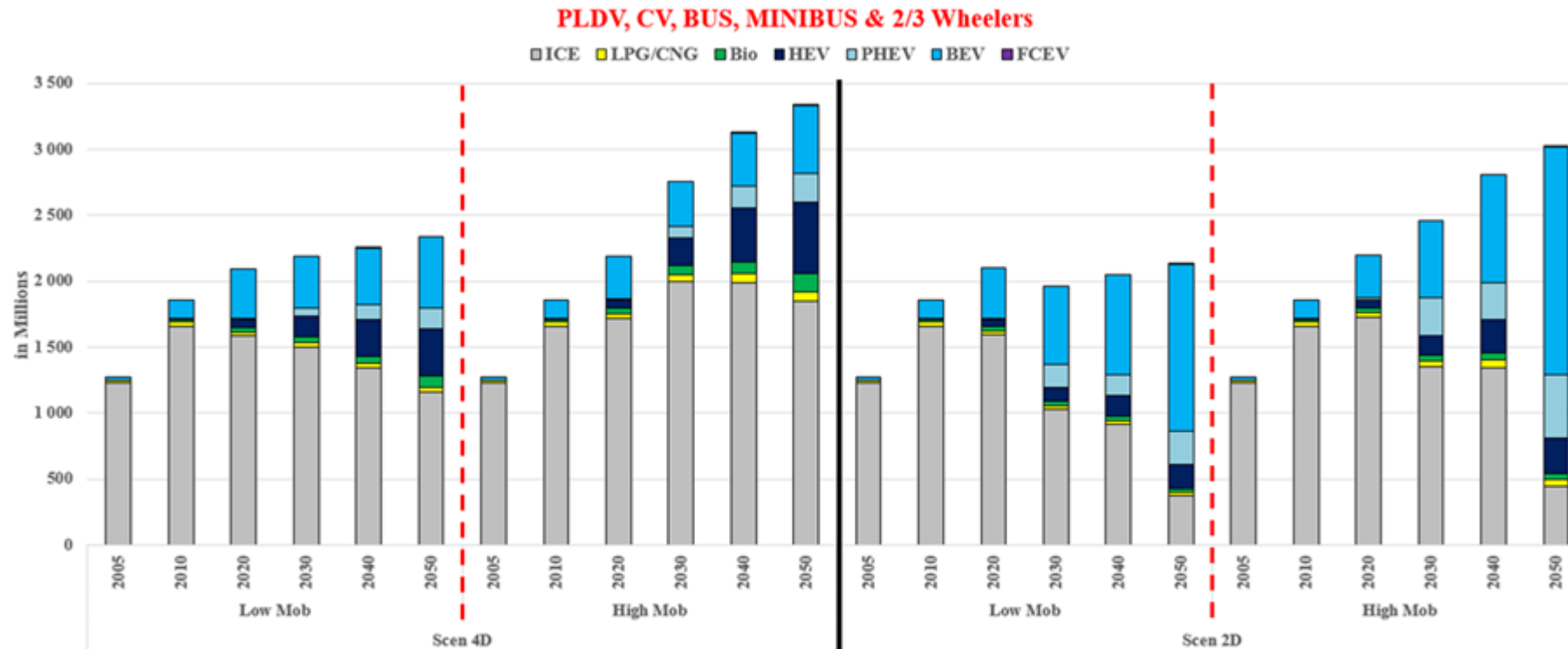
Le modèle TIMES

- **Les questions principales**
 - Changement climatique
 - Sécurité d'approvisionnement
 - **Diversité de modèles**
 - Secteurs et géographie
 - Concepts économiques
 - Résolution...
 - **Identifier des options de substitutions, des leviers**
 - Anticiper des futurs réalisables
 - Adéquation ressources – filières – services à des objectifs donnés
- ⇒ **Allocation de ressources rares (y.c. environnement)**
- **Quantifier pour expliquer et non pour prédire**

MODÉLISATION PROSPECTIVE : CAS DU LITHIUM ET DU CUIVRE



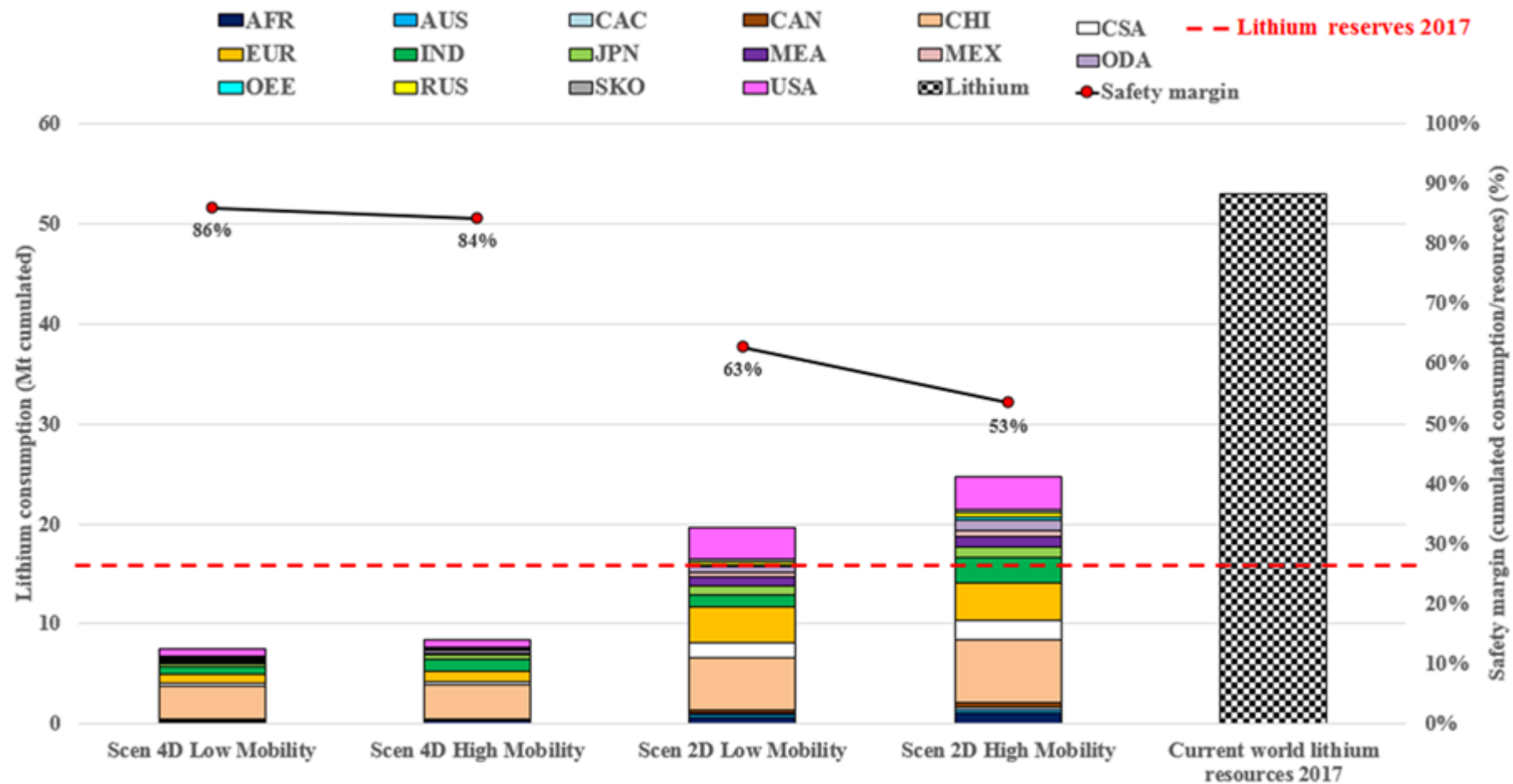
EVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE MONDIAL (2005-2050)



ICE: Internal combustion engine; HEV: Full hybrid vehicle; PHEV: Plug-in hybrid vehicle;
 BEV: Battery-powered electric vehicle; FCEV: Fuel cell electric vehicle

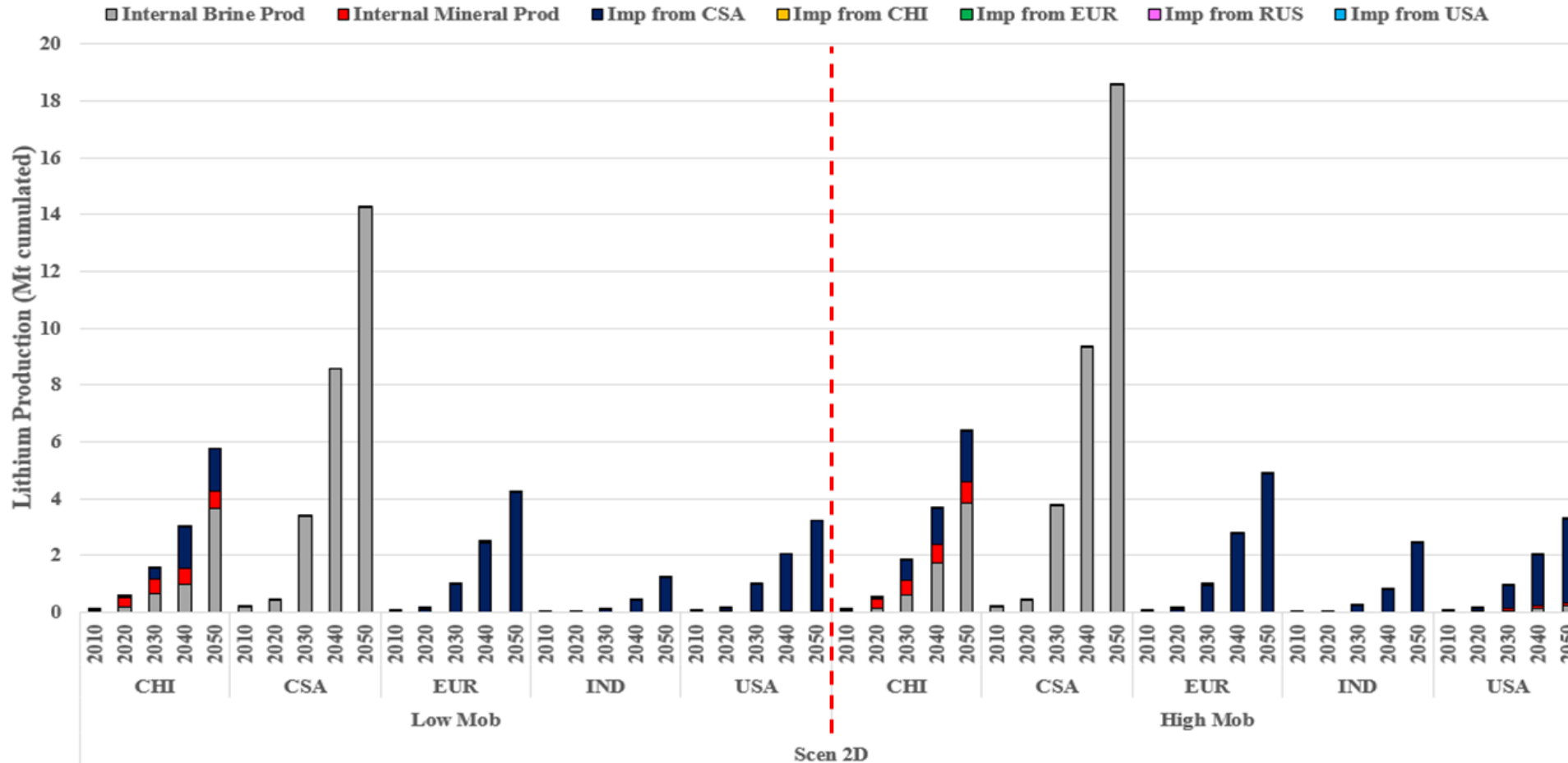
IMPACT DE L'ÉLECTRIFICATION SUR LA DEMANDE EN LITHIUM

Comparison between the cumulated lithium consumption (2005-2050) and the world lithium resources in 2017



LES CONSÉQUENCES EN MATIÈRE D'ÉCHANGES EN 2050

Lithium consumption by region, internal production and imports in four major regions: China (CHI), Central and South America (CSA), India (IND), Europe (EUR)



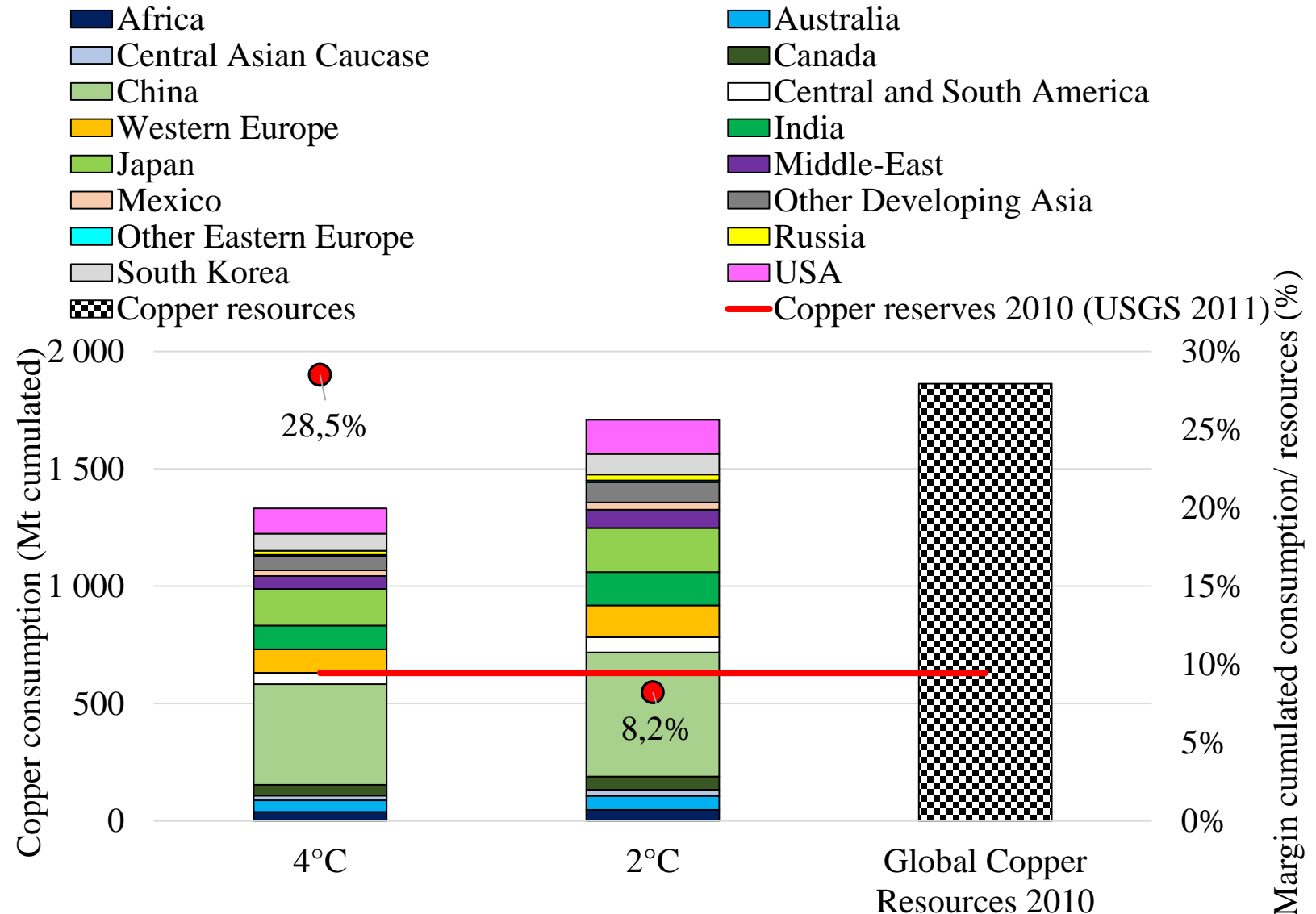
CRITICITÉ OU VULNÉRABILITÉ SUR LE MARCHÉ DU LITHIUM ?

- Les stratégies nationales des pays producteurs (Triangle du lithium), des pays consommateurs (États-Unis, Europe, etc.), des oubliés (Russie), des possibles émergents et de leur conséquences géopolitiques
- La stratégie chinoise
- Les délais de mise en production et la surestimation des capacités de production (Délais de mise en production longs)
- Les risques environnementaux (besoin en eau, pollution des eaux) et météorologiques (inondations des salars, exploitation de sites naturels, etc.) et leurs plus ou moins grandes prises en compte sont autant d'éléments qui peuvent également déplacer la courbe d'offre
- La structure oligopolistique du marché (Big 5)

IMPACT DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE SUR LE CUIVRE

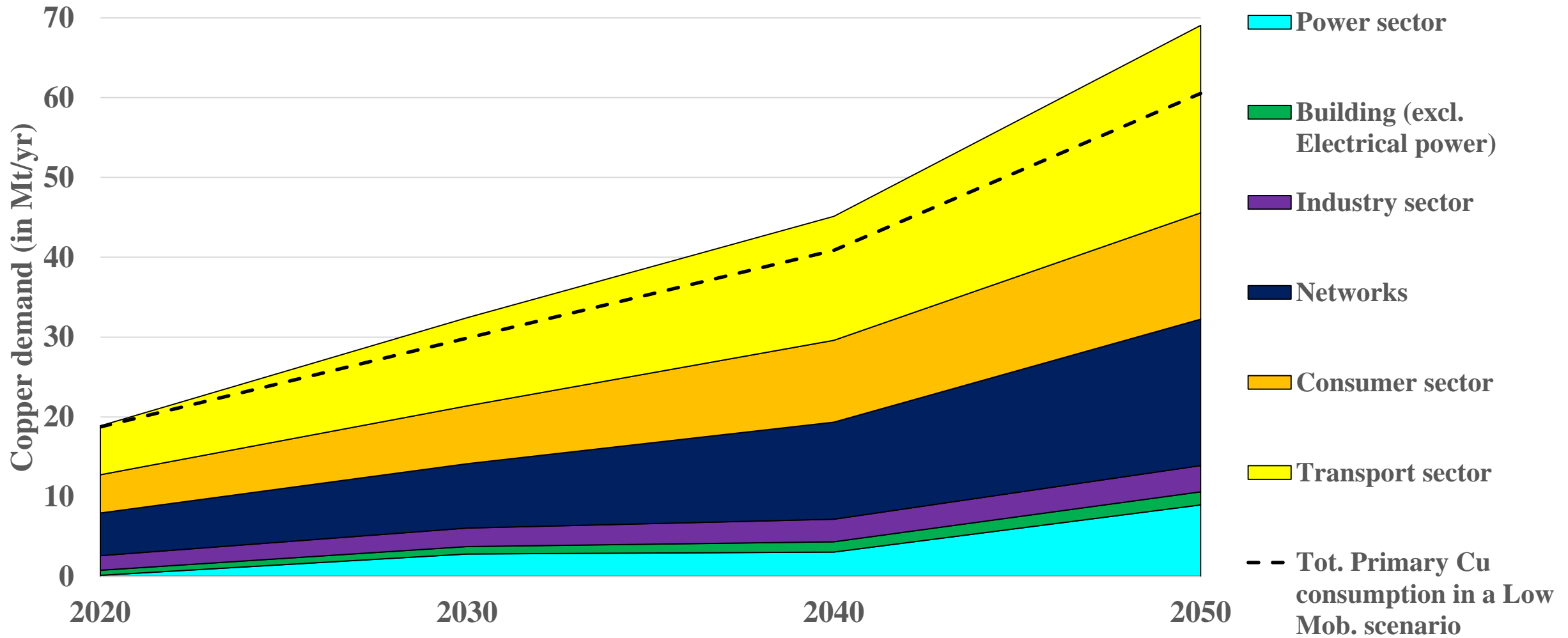
RESULTS

- Les réserves de cuivre doivent être multipliées par 2,7 entre 2010 et 2050 dans un scénario 2°C
- Elles ont été multipliées par 2,25 entre 1996 et 2015)
- Mais :
 - Réalités environnementales (guerre de l'eau)
 - Concurrence des usages
 - Structure du marché et poids des stratégies nationales
- Prise en compte des possibles politiques publiques



L'IMPACT DES POLITIQUES PUBLIQUES

RESULTS



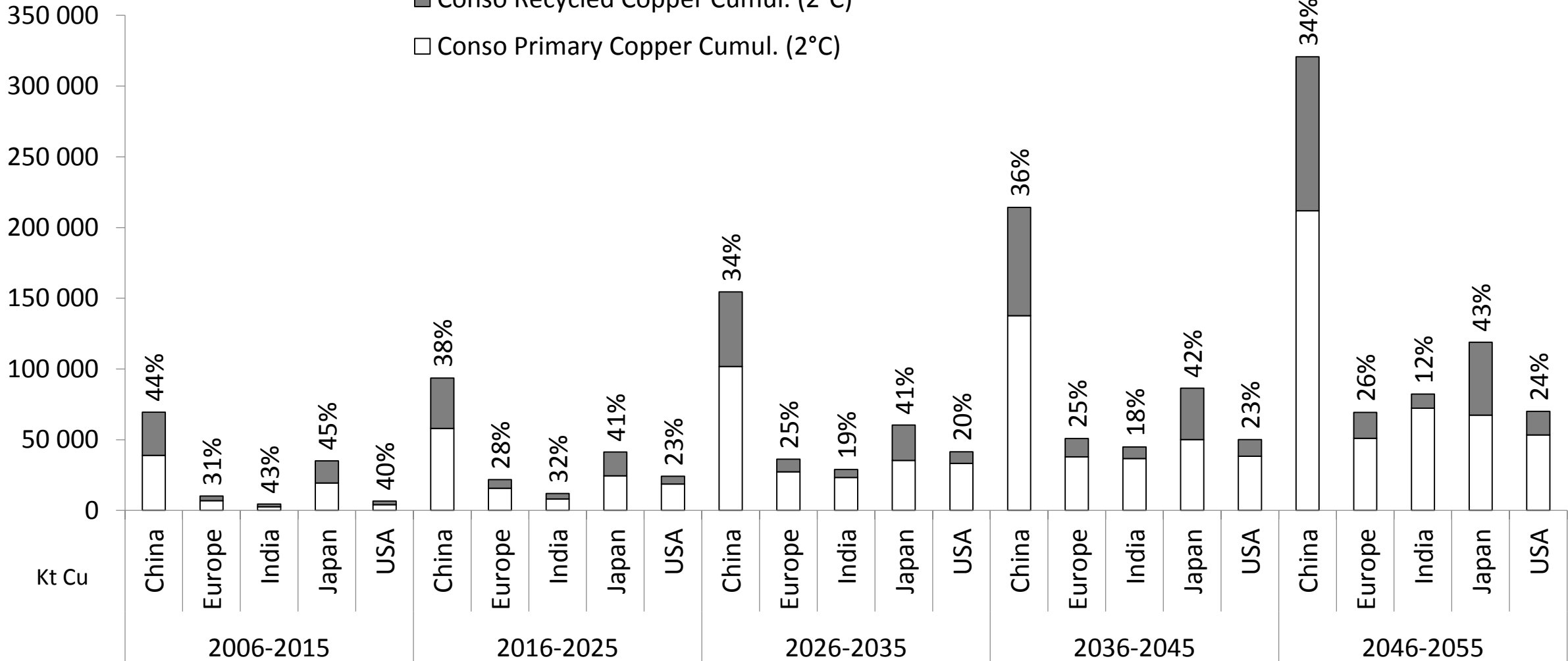
- Réduire la pression sur le cuivre par des politiques publiques axées sur la mobilité partagée

L'IMPORTANCE DU RECYCLAGE

RESULTS

Data labels : shares of recycled copper in the domestic consumption

- Conso Recycled Copper Cumul. (2°C)
- Conso Primary Copper Cumul. (2°C)

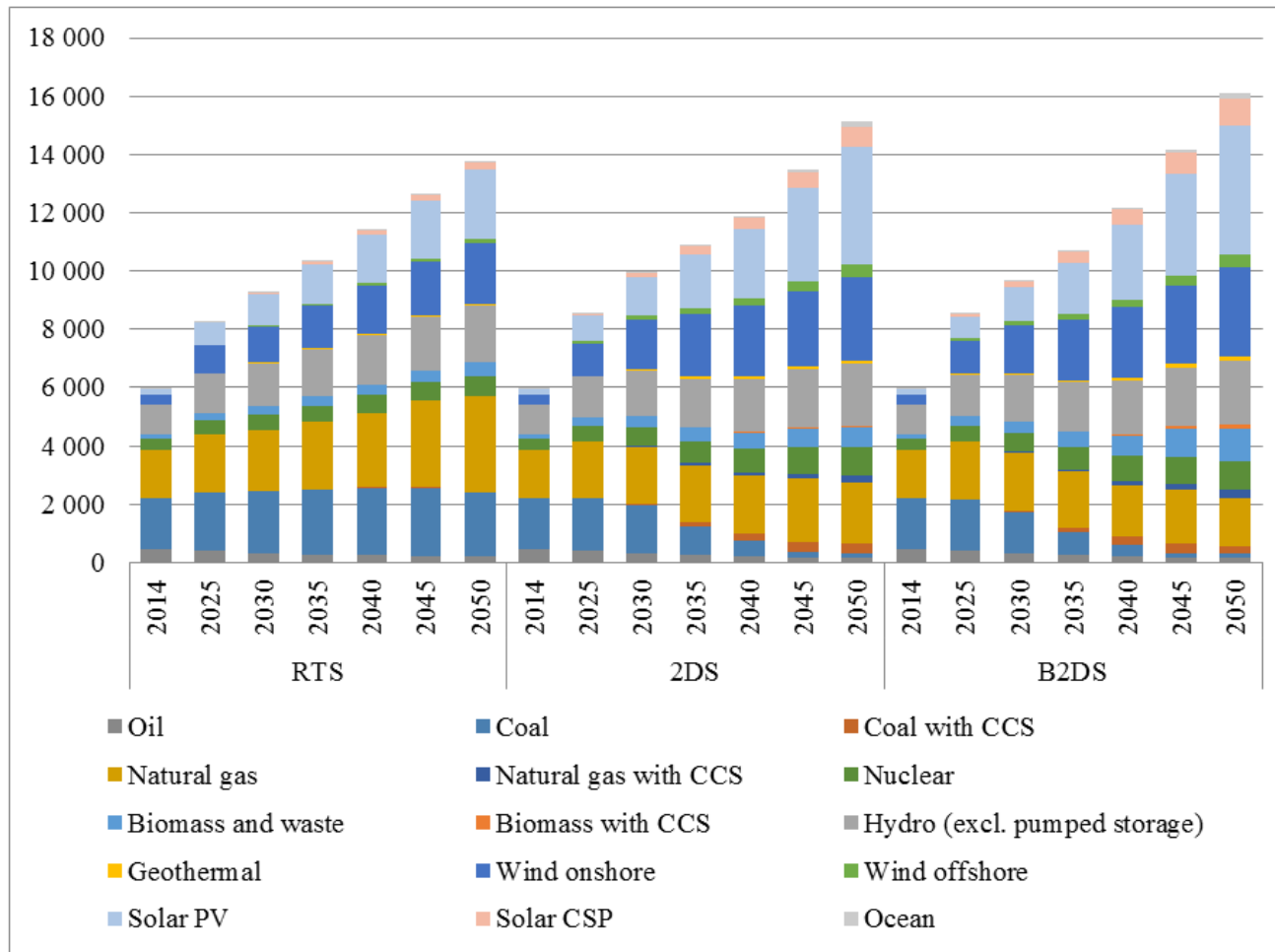


CIMENT : UNE MODÉLISATION SIMPLE FONDÉE SUR LES SCENARIOS DE L'AIE

GENERATE



LE MIX ÉLECTRIQUE MONDIAL À L'HORIZON 2050 ET LES BESOINS EN CIMENT DES TECHNOLOGIES DE GÉNÉRATION D'ÉLECTRICITÉ



Source: IEA – ETP 2017

Technology	Concrete need (t/MW)	Source
Wind onshore ³	421	EcoInvent
Wind Offshore ⁴	650	UNEP
Nuclear PHWR ⁵	683	EcoInvent
Nuclear EPR ⁶	481	EcoInvent
Nuclear ABWR ⁷	406	EcoInvent
Fossil (peat)	509	EcoInvent
Fossil (oil)	244	EcoInvent
Fossil (coal) ⁸	252	Authors
Fossil (lignite)	510	EcoInvent
Natural gas (combined cycle)	36	EcoInvent
Natural gas (classical cycle)	4	EcoInvent
Geothermal	0	EcoInvent
Hydro (Pumped Storage) ⁹	3 000	Authors
Hydro (Run-of-river)	3 000	Authors
Concentrated solar power (CSP) ¹⁰	10	EcoInvent 1.2
Photovoltaic (PV) Solar	10	EcoInvent

Sources: EcoInvent Data, UNEP (2016), Vidal (2017)

DEMANDE RÉGIONALE SUPPLÉMENTAIRE EN CIMENT

- Dans le scénario le plus contraint, les quantités supplémentaires cumulées de ciment liées à la transition énergétique représentent 1,3 milliards de tonnes cumulés supplémentaires (Production actuelle de 4,1 milliards de tonnes)
 - + 19 % entre le scénario RTS et le 2°C
 - + 28 % entre le scénario RTS et le 1,5°C
- La seule dynamique d'urbanisation pourrait engendrer une demande supplémentaire comprise entre 12 % et 25 % en 2050 (AIE, 2017)
- Mais de nombreuses vulnérabilités existent:
 - Disparités régionales : les nouveaux besoins représentent 12 % de la production actuelle en Chine, 54 % de la production de l'UE; 59 % en Inde
 - Afrique , un seul acteur représente 35 % des capacités de l'ensemble du continent
 - Problématique d'infrastructures et de mix énergétique pour la production du ciment

Cumulative cement demand for the power sector by 2050

Country / Region	RTS	2DS	B2DS
China	274 Mt	284 Mt	289 Mt
India	110 Mt	148 Mt	156 Mt
USA	73 Mt	95 Mt	100 Mt
EU	75 Mt	80 Mt	80 Mt
ASEAN	75 Mt	92 Mt	118 Mt
Brazil	44 Mt	41 Mt	46 Mt
Russia	24 Mt	41 Mt	46 Mt
Mexico	7 Mt	12 Mt	13 Mt
South Africa	7 Mt	11 Mt	8 Mt
Other	257 Mt	316 Mt	344 Mt
OECD	211 Mt	252 Mt	264 Mt
Non OECD	734 Mt	868 Mt	936 Mt

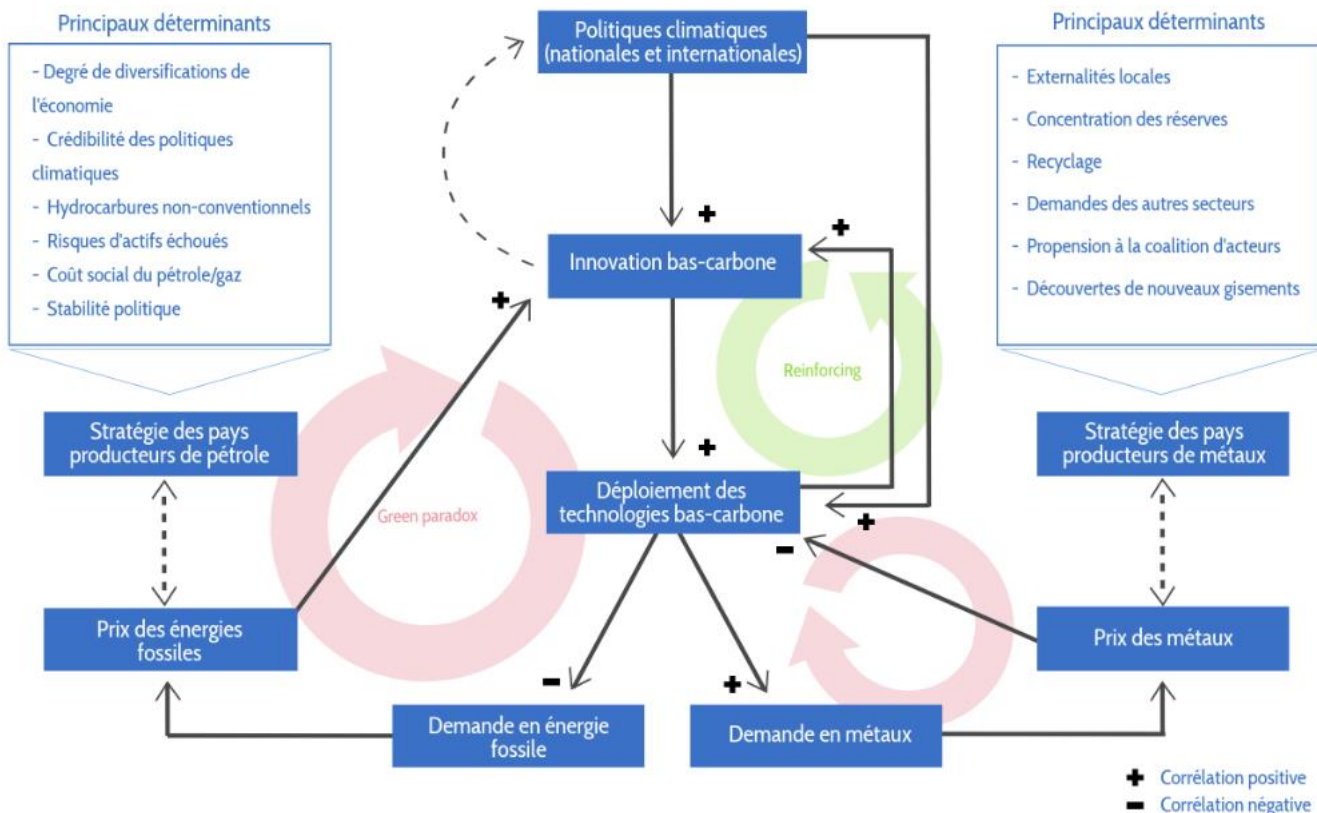
Source: Authors

CONCLUSION

- La criticité n'est ni universelle, ni intemporelle, ni binaire
- Elle varie en réalité en fonction des intérêts économiques (commerciaux, technologiques, financiers) et politiques (sécurité, défense, politique étrangère) d'un État, dont elle est nécessairement le reflet
- Elle constitue également une clé de lecture pour les relations de cet État avec ses partenaires sur la scène internationale
- La nécessité de prendre en compte la dimension géoéconomique et géopolitique et d'en affiner la mesure quantitative et qualitative, dans les études sur la criticité apparaît ainsi comme un défi essentiel, à la fois pour le chercheur et le décideur
- La transition énergétique doit nous inviter à regarder d'autres points majeurs
 - La question des brevets de la transition énergétique
 - La question des modèles de développement des pays producteurs d'hydrocarbures
 - Une nouvelle géopolitique de l'énergie se dessine

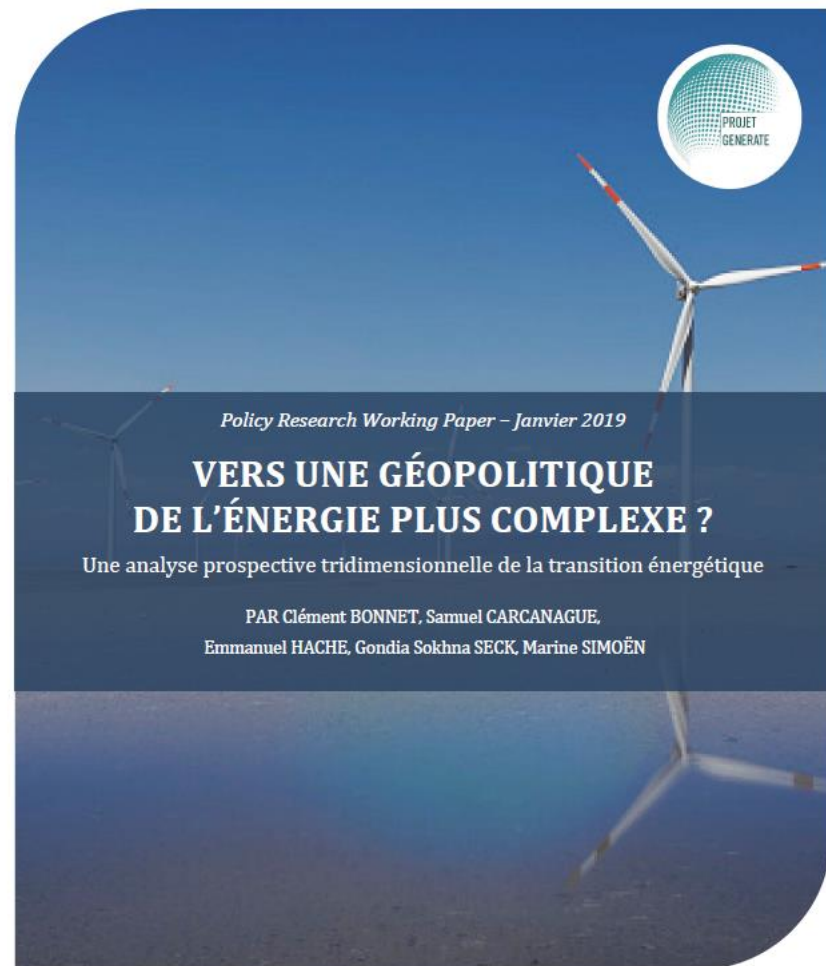
CONCLUSION

Système complexe d'une nouvelle géopolitique de l'énergie



Tiré de Bonnet C., Carcanague S., Hache E., Seck G., Simoën M.,
Vers une géopolitique de l'énergie plus complexe ? Une analyse prospective tridimensionnelle de la transition énergétique. IFPEN/IRIS, 2019

Copyright © IFPEN/IRIS



Innovating for energy

Find us on:

 www.ifpenergiesnouvelles.com

 @IFPENinnovation

