



Analyse du Cycle de Vie

Produire un kWh à partir du parc nucléaire français d'EDF

Conférence - 16 juin 2022 – Bibliothèque Nationale François Mitterrand





Programme



9h30 - Ouverture

- **Stéphane ANDRIEUX** | Académicien des technologies, Président du Conseil d'Orientation Scientifique de la Sfen
- **Olivier DAVID** | Chef du service Climat et efficacité énergétique, DGEC

Introduction | Analyse du cycle de vie : des normes réglementées au niveau national et européen

- **Vincent MORISSET** | Pilote de projet R&D EDF et Président de commission AFNOR
- **Philippe OSSET** | Président de SOLINNEN et Directeur Scientifique de SCORELCA

Présentation de la méthodologie et des résultats de l'ACV menée par EDF

- **Cécile LAUGIER** | Directrice Environnement et Prospective, DPN EDF
- **Denis LE BOULCH** | Ingénieur Chercheur Senior R&D EDF
- **Christophe POINSSOT** | Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique, BRGM

Table ronde | Enjeux environnementaux, climatiques et de biodiversité

- **Michel BERTHELEMY** | Président de la section technique Économie de la Sfen
- **Thomas GIBON** | Research & Technology Associate, LIST & UNECE
- **Robin GOFFAUX** | FRD (Fondation pour la recherche sur la biodiversité)
- **David MARCHAL** | Directeur exécutif adjoint expertises et programmes, ADEME
- **Benoît ROUSSEAU** | Directeur de recherche CNRS, Nantes Université





Ouverture de la matinée

Stéphane ANDRIEUX

Académicien des technologies, Président du Conseil d'Orientation Scientifique de la Sfen

Olivier DAVID

Chef du service Climat et efficacité énergétique, DGEC





2

Introduction | Analyse du cycle de vie : des normes internationales appliquées au niveau européen et français

Vincent MORISSET

Pilote de Projet R&D EDF et Président de la Commission E2C à l'AFNOR

Philippe OSSET

Président de Solinnen et Directeur Scientifique de SCORELCA

Animateur du Groupe d'Experts ACV de la Commission E2C à l'AFNOR



L'analyse du cycle de vie (ACV)

Une science récente avec trois caractéristiques majeures

1. CYCLE DE VIE

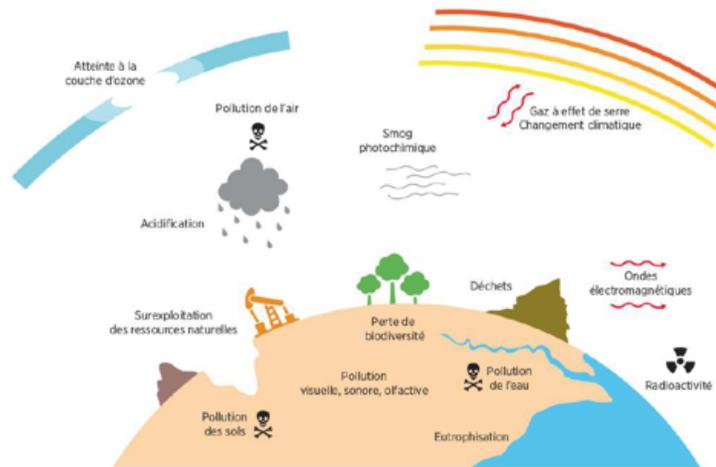
Approche systémique : échelle produit/système



« Du berceau à la tombe »

2. MULTICRITÈRE

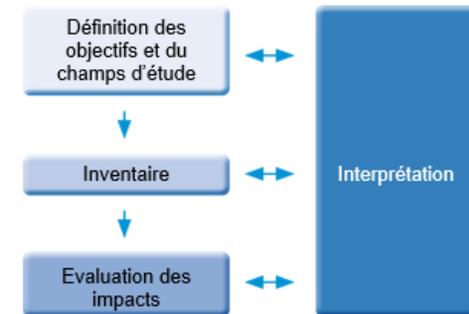
Effet de serre, et plus ...



Via des « Indicateurs ACV »

3. INTÉGRÉE ET NORMALISÉE

Les quatre étapes d'une Analyse du Cycle de vie



Résultats quantifiés et opposables



L'analyse du cycle de vie (ACV)

Une science récente qui fait déjà référence



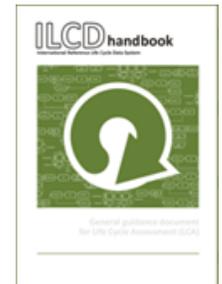
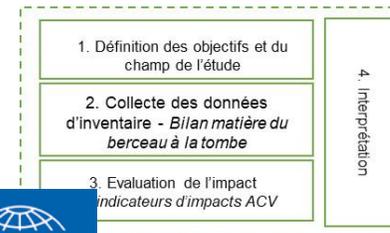
Historique

- Première ACV en 1969 (Coca Cola)
- 1974, choc pétrolier => bilan énergie
- 1992, Rio, changement climatique => bilans carbone/GES

La science du bilan environnemental

Dès 1997, cadrage normatif fort

ISO 14040-44





Pourquoi une norme ?

- Définir un langage commun
- Mettre en commun les meilleures pratiques et les harmoniser pour tous les utilisateurs
- Définir les méthodes
- Fournir des modes de preuve de conformité
- Donner confiance aux utilisateurs, aux pouvoirs publics, ...





Qu'est qu'une norme ?

- Un document de référence
- Portant sur des règles, lignes directrices ou caractéristiques
- Résultant d'un consensus entre l'ensemble des parties prenantes
- Etabli par un organisme de normalisation reconnu
- D'application volontaire
- Référentiel utilisé dans les échanges (commerciaux, internationaux, ...)





La série de la norme ISO 14040

- ISO 14040 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre ;
- ISO 14041 : (obsolète) Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse ;
- ISO 14042 : (obsolète) Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Évaluation de l'impact du cycle de vie ;
- ISO 14043 : (obsolète) Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Interprétation du cycle de vie ;
- ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices. Cette nouvelle norme, avec la version de 2006 de ISO 14040, annule et remplace ISO 14041:1999, ISO 14042:2000 et ISO 14043:2000

Présentation du cycle
Rappels sur la méthode
Objectifs de l'étude
Applications envisagées
Unité fonctionnelle, périmètre
Données
Choix des indicateurs
Description du modèle
Résultats
Analyse des résultats
Fiabilité des résultats
Etudes de sensibilité
Complétude
Revue critique



La normalisation a fourni le cadre permettant de produire des ACV de façon scientifique, objective et fiable



Un outil produit collectivement d'application volontaire

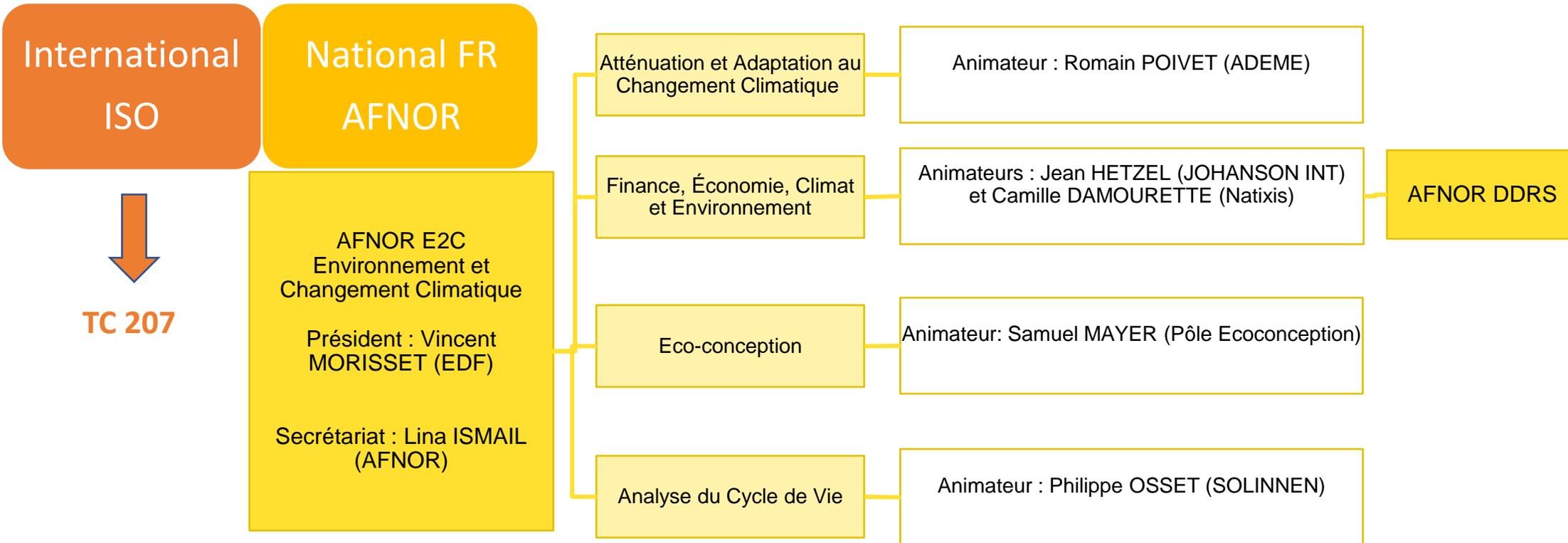


Ce sont les parties prenantes qui :

- proposent sa création
- l'élaborent par consensus, au sein d'un collectif de travail dédié
- la valident
- et l'appliquent



Commission de normalisation E2C Environnement et Changement Climatique



A date Normes : 62 publiées , 20 en conception, 7 en enquête publique



1. Autres normes clefs de l'ISO/TC 207/SC 5 – Revues Critiques

- Pratique des **revues critiques** (RC) selon ISO/TS 14071
 - Complément à ISO 14044 qui prévoit cette pratique pour **crédibiliser les travaux d'ACV**
 - Détaille les **modalités pratiques** de RC
 - Dimension technique – niveau de confiance
 - Dimension organisationnelle
 - Pratique utilisée aussi pour la RC des PCR (Règles de Catégories de Produits) selon ISO 14025

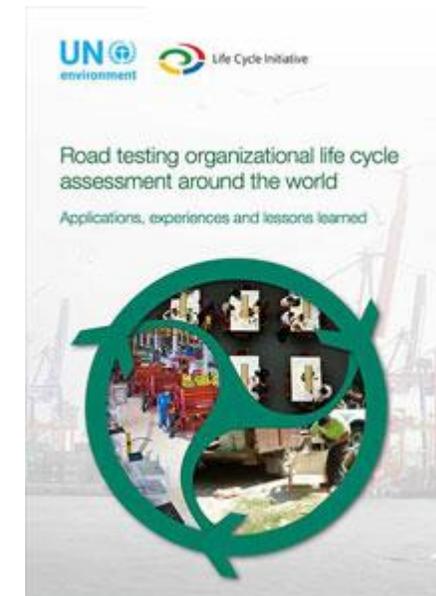




1. Autres normes clefs de l'ISO/TC 207/SC 5 – O-LCA



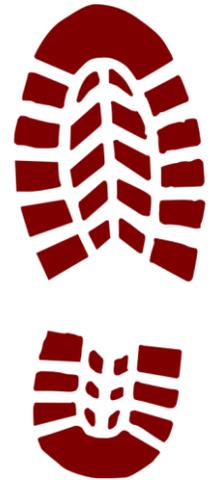
- ACV au niveau d'une organisation selon ISO/TS 14072
 - Application d'ISO 14044 à l'échelle d'une organisation
 - Permet à une organisation de **prioriser ses actions** en matière environnementale, en prenant en compte l'ensemble du cycle de vie – lien avec ISO 14001:2015





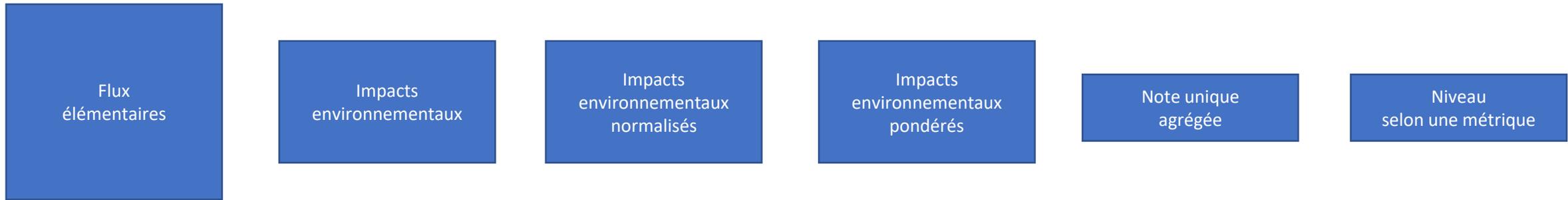
1. Autres normes clefs de l'ISO/TC 207/SC 5 - Empreintes

- Evaluation des « **empreintes** » selon l'amendement A1 à ISO 14044
 - Développement de normes de calcul d'empreintes
Empreinte eau selon ISO 14046 et carbone selon ISO 14067 et ISO 14069
 - Précise leur lien avec les exigences d'ISO 14044 qui s'applique à tous les calculs d'empreintes



2. Les travaux en cours à l'ISO/TC 207/SC 5 – ISO 14074

- ISO/DTS 14074
 - **Notes uniques** : normalisation + pondération + agrégation



Exemple	Emission atmosphérique de CO2 etc. (6000)	Effet de serre direct à 100 ans selon IPCC 2013 etc. (20)	Effet de serre direct à 100 ans selon IPCC 2013 etc.	Effet de serre direct à 100 ans selon IPCC 2013 etc.	Note unique	Niveau (famille)
	158 g	200 g eq. CO2	10 ⁻⁵ %	2,3 10 ⁻⁵ pt	4 10 ⁻⁵ pt	B

- Dimension didactique concernant la **phase d'interprétation de l'ACV**





2. Les travaux en cours à l'ISO/TC 207/SC 5 – S-LCA



- **ACV Sociale** selon ISO/AWI 14075

- Prise en compte de la dimension sociale le long du cycle de vie – S-LCA
- Support à la communication produit
- Application (notamment) de travaux préparatoires de la Life Cycle Initiative



Life Cycle Initiative



Guidelines for
SOCIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF
PRODUCTS AND ORGANIZATIONS 2020





2. Les travaux en cours à l'ISO/TC 207/SC 3 – ISO 14020



- Mise à jour du corpus de normes complet
- Travaux commençant par ISO 14020
 - Principes généraux de communication environnementale
 - Concepts et vocabulaire communs regroupés dans cette norme

- Utilisées en France par

ARPP

autorité de
régulation professionnelle
de la publicité




MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DES FINANCES
ET DE LA SOUVERAINETÉ
INDUSTRIELLE ET NUMÉRIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité




MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES

Liberté
Égalité
Fraternité



3. Les perspectives à l'ISO/TC 207/SC 3



- **Communication de « notes uniques »**
 - Suite à la publication d'ISO 14074
 - Utilisable comme **référentiel pour l'affichage environnemental**
 - Acter des travaux français « d’Affichage Environnemental » (ADEME) et européens (PEF – Product Environmental Footprint, DG ENV)
- Mises à jour à venir
 - ISO 14024 sur les **Ecolabels (Type I)**
 - ISO 14021 sur les **auto-déclarations (Type II)**
 - ISO 14025 et ISO 14027 sur les **Déclarations Environnementales Produits (EPD, Type III)** fondées sur l'ACV
 - ISO 14026 sur la communication des **empreintes**



OPERATIONNELLE, pour le management environnemental



GES : management & évaluation

Management (Auditeurs ISO 14001)

DE RECHERCHE, pour l'évaluation

- ACV attributionnelle, conséquentielle, prospective, dynamique etc.
- Développement de nouveaux indicateurs ...
- Outils et base de données etc.
- Développement durable, écoconception, neutralité carbone etc.
- Données sectorielles pour thématiques spécifiques etc.
- etc.

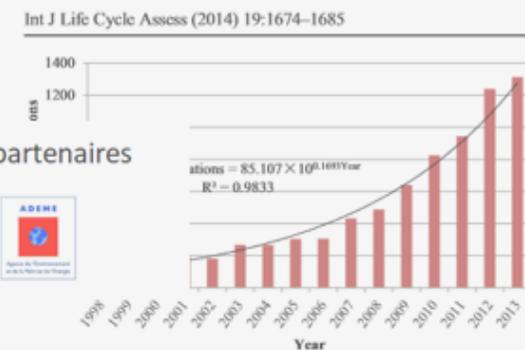


Fig. 1 Chronological distribution of life cycle assessment research-related articles in Web of Science (1998-2013)



3

Présentation de la méthodologie et des résultats de l'ACV menée par EDF

Cécile LAUGIER

Directrice Environnement et Prospective, DPN EDF

Denis LE BOULCH

Ingénieur Chercheur Senior R&D EDF

Christophe POINSSOT

Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique, BRGM





Objectif de l'étude



- > L'Analyse du Cycle de Vie du kWh nucléaire **EDF SA en France porte sur le parc actuel.**
- > L'étude s'inscrit dans un objectif de management environnemental. Elle vise une meilleure compréhension des contributions de chaque étape du cycle, permettant ainsi d'identifier les meilleures actions d'amélioration environnementale à initier et réaliser sur la chaîne de valeur.
- > *L'étude a fait l'objet d'une revue critique par un panel d'experts indépendants*





Champ de l'étude



« Produire un kWh à partir du parc nucléaire français EDF »

Les données retenues sont celles de 2019 soit l'ensemble des moyens du parc de production nucléaire d'EDF SA en France en 2019,

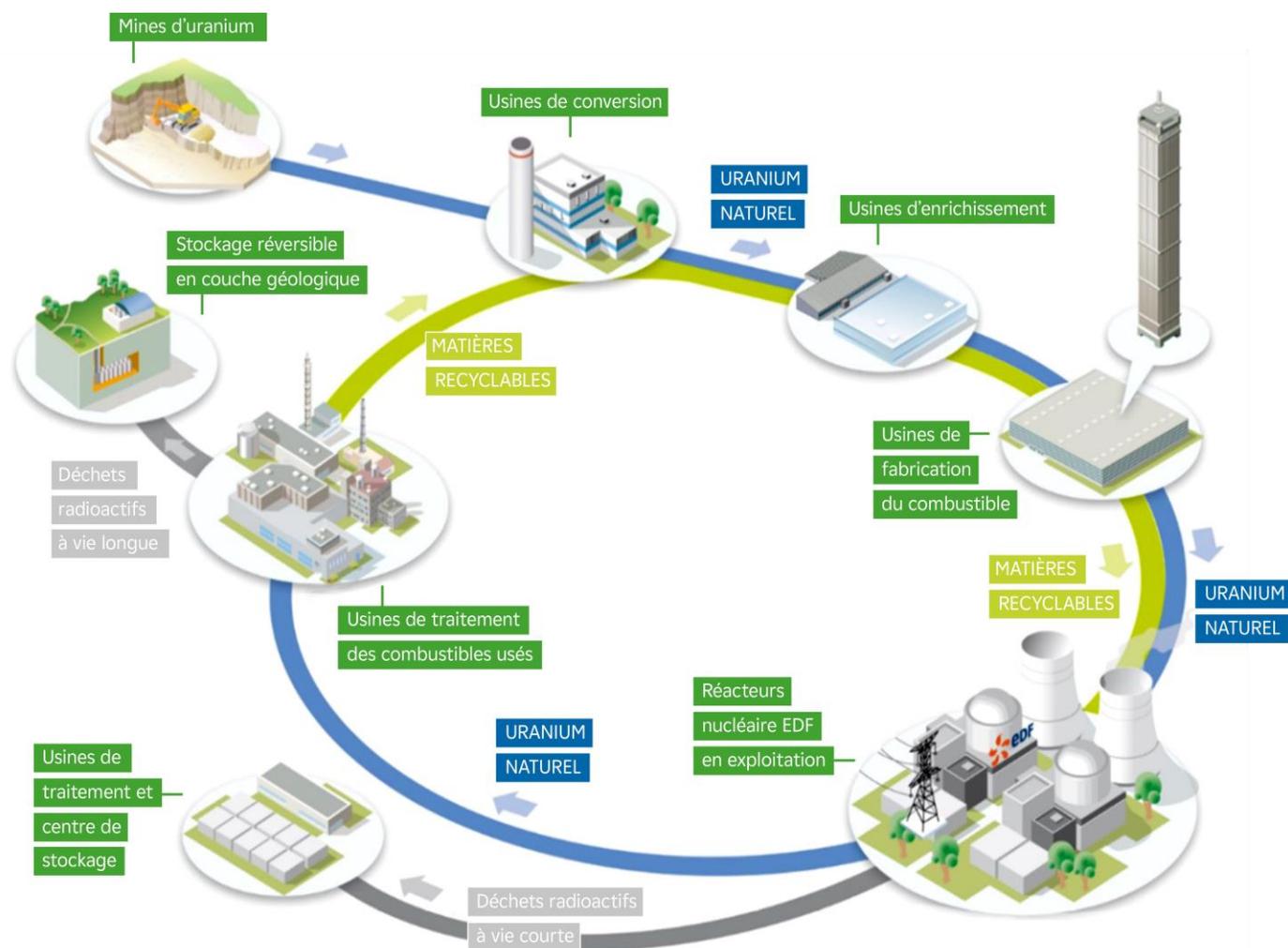
- 34 réacteurs 900 MW (dont 22 « moxées »),
- 20 réacteurs 1300 MW,
- 4 réacteurs de 1450 MW.

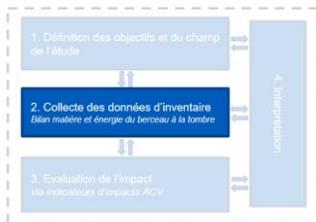
Elle prend donc en compte la production des deux tranches de Fessenheim, arrêtées en 2020.

Le kWh est destiné à alimenter un réseau de production centralisé. L'étude ne prend pas en compte le transport de l'électricité.

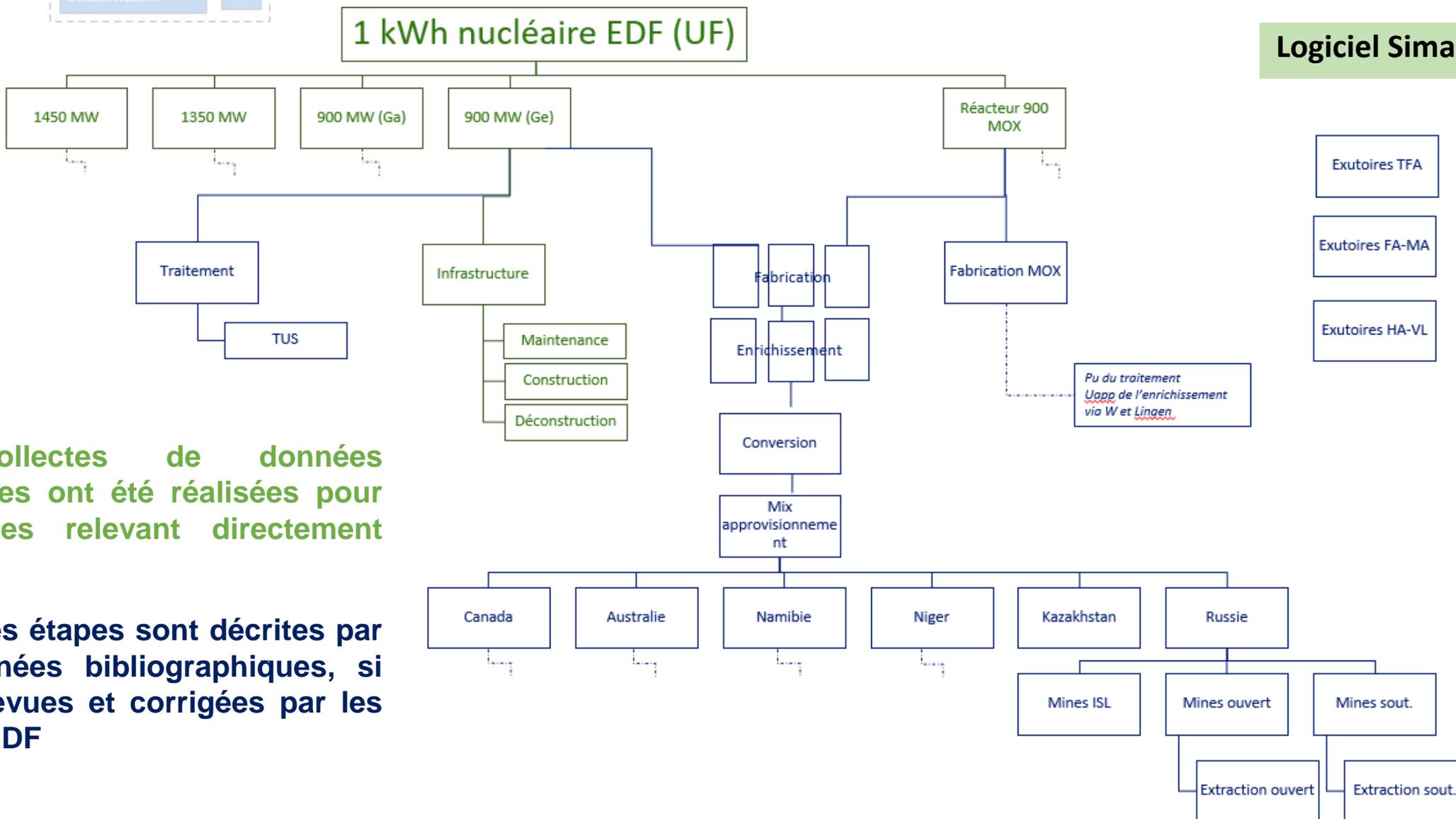


Le cycle de vie du kWh nucléaire EDF





Etape 2 : modélisation du cycle de vie

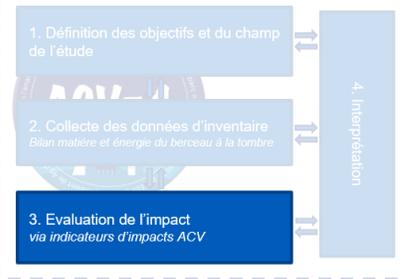


Des collectes de données spécifiques ont été réalisées pour les étapes relevant directement d'EDF.

Les autres étapes sont décrites par des données bibliographiques, si besoin revues et corrigées par les experts EDF

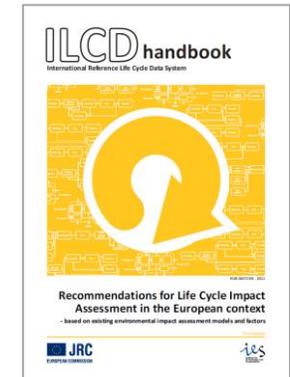


Etape 3 : évaluation de l'impact



L'« inventaire » obtenu a été interprété par 10 indicateurs ACV

	Indicateur	Unité
Niveau 1	Climate change	kg éq. CO ₂
	Ozone depletion	kg CFC-11 éq.
	Particule matter/respiratory inorganics	kg PM2.5 éq.
Niveau 2	Ionising radiation, human health	kg U235 éq.
	Photochemical ozone formation	kg NMVOC éq.
	Acidification	mol H+ éq.
	Eutrophication, terrestrial	mol N éq.
	Eutrophication, aquatic, freshwater	kg P eq.
	Eutrophication, aquatic, marine	kg N eq.
	Resource depletion	kg Sb éq.



Les thématiques « eau » et « déchets » sont traitées par des approches spécifiques.



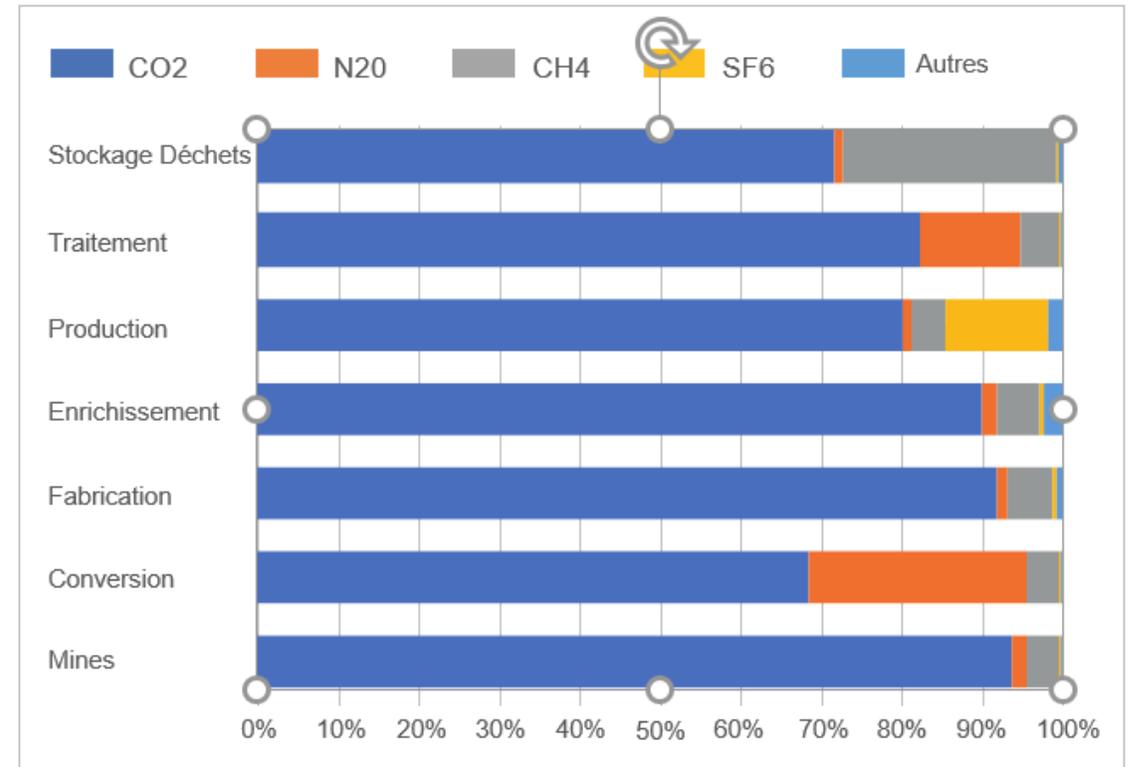


Indicateur changement climatique : résultats



=> 4 g eq CO₂/kWh

Etape	G <u>eq</u> CO ₂ /kWh
Mines - traitement	1,3
Conversion	0,3
Enrichissement	0,4
Fabrication	0,1
Production - construction	0,6
Production - exploitation	0,3
Production - déconstruction	0,1
Traitement CU	0,5
Stockage déchets	0,1
TOTAL	3,7





Etape 4 : études de sensibilité



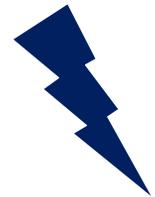
Consommation diesel mine => < 13 %



Origine	g eq CO ₂ /kWh
Cas actuel	3,7
Consommation diesel optimisée	3,5
Consommation diesel dégradée	3.95

DF de 40 à 60 ans => - 8 %

Durée de fonctionnement	g eq CO ₂ /kWh
40 ans	3,7
60 ans	3,4



Production annuelle	g eq CO ₂ /kWh
Baisse 10 % (342 148 844 MWh)	3,8
Cette étude (380 165 383 MWh)	3,7
Augmentation 10 % (418 181 921 MWh)	3,6

Variation de production de 10 % => 3 %

Paramètre	A	Cette étude	B
Consommation de diesel	Optimisé	Cette étude	Dégradé
Électricité enrichissement	0,0864 kg eq CO ₂ /kWh	Mix EDF 2019	0,71 kg eq CO ₂ /kWh
Durée de fonctionnement centrale	60 ans	40 ans	40 ans
Bilan GES (g eq CO₂/kWh)	3.2	3.7	4.0

SENSIBILITE GLOBALE => de 2,9 à 4,6 g eq CO₂/kWh

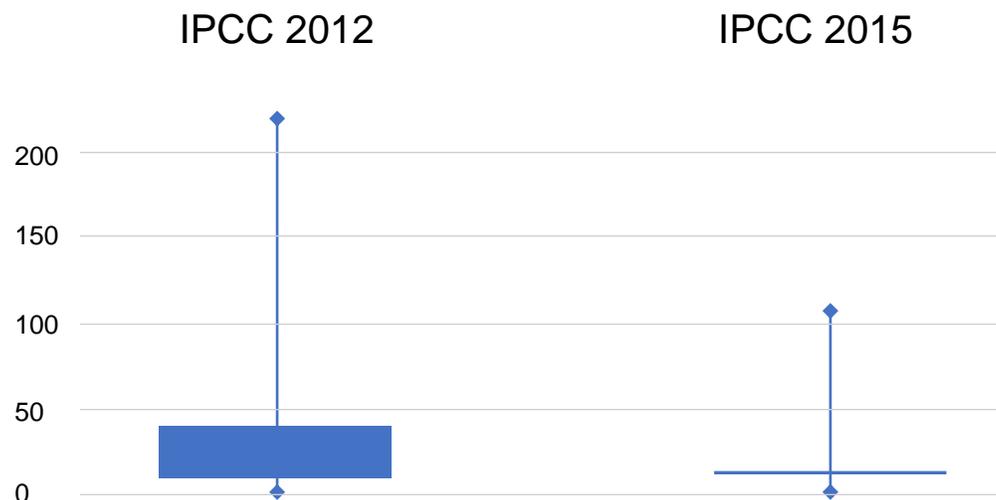




Indicateur changement climatique : des résultats convergents



Résultats GIEC (échelle monde)



12 g eq CO₂/kWh

ACV France



6 g eq CO₂/kWh



Extrait d'une
version de la BDD
ACV



5 g eq CO₂/kWh



4 g eq CO₂/kWh



Revue critique : constitution du Panel



Les experts ont été choisis pour leur complémentarité afin de constituer un panel approprié aux exigences d'ISO 14044 et ISO/TS 14071.



Philippe Osset et Delphine Bauchot sont associés de Solinnen et ont animé le panel. Ils possèdent une grande expertise de la pratique de l'ACV des filières énergétiques, et de l'animation de RC. Philippe Osset représente la France à l'ISO sur les problématiques d'ACV, et a notamment animé le groupe de travail qui a produit ISO/TS 14071



Alain Grandjean et Aurélien Schuller respectivement associé et manager au sein de de Carbone 4, sont des experts de la comptabilité carbone appliquée à des entreprises ou à des produits, dans une logique de cycle de vie, et tout particulièrement dans le secteur de l'énergie.



Christophe Poinssot est Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique du BRGM. Il a précédemment travaillé durant 25 ans au CEA où outre ses responsabilités, il a développé une solide expertise dans le domaine du cycle électronucléaire (mines, traitement/recyclage, conditionnement, entreposage et stockage des déchets) le conduisant à être nommé Expert International CEA et Professeur INSTN dans le domaine du cycle. Il a notamment mené des études ACV sur l'empreinte environnementale du nucléaire actuel et futur.



**Les membres du panel ne représentent pas leurs organisations.
Ils ont agi en tant qu'experts indépendants.**





Revue critique : conclusions



Au vu du rapport final d'ACV, **les experts considèrent que les résultats apportés répondent de façon adéquate et crédible aux objectifs mentionnés, et qu'ils ont été établis dans le respect des normes mentionnées.** Ces conclusions sont mesurées dans le cadre explicitement mentionné au chapitre 9.5.2 du rapport d'ACV d'EDF. Ces conclusions s'inscrivent dans le cadre des limitations mentionnées au sein des commentaires détaillés précisés au chapitre suivant.

Le rapport d'ACV d'EDF s'inscrit ainsi bien dans le cadre général des exigences d'ISO 14044 et plus précisément celles concernant les rapports d'ACV tierce partie de son chapitre 5.2. **Les experts du panel de la revue critique précisent que la lecture du rapport d'ACV demande une expertise que n'aura pas forcément une audience peu aguerrie concernant la filière électronucléaire.**





Perspectives



- > Impliquer les acteurs amont et aval, y compris les sous-traitants, pour renforcer les résultats et leur analyse
- > Renforcer la prise en compte des thématiques environnementales, avec les derniers indicateurs disponibles (eau, occupation des sols)
- > Proposer des évolutions pour les indicateurs spécifiques à la filière (exemple : radiations ionisantes) et / ou encore en développement (exemple : biodiversité)

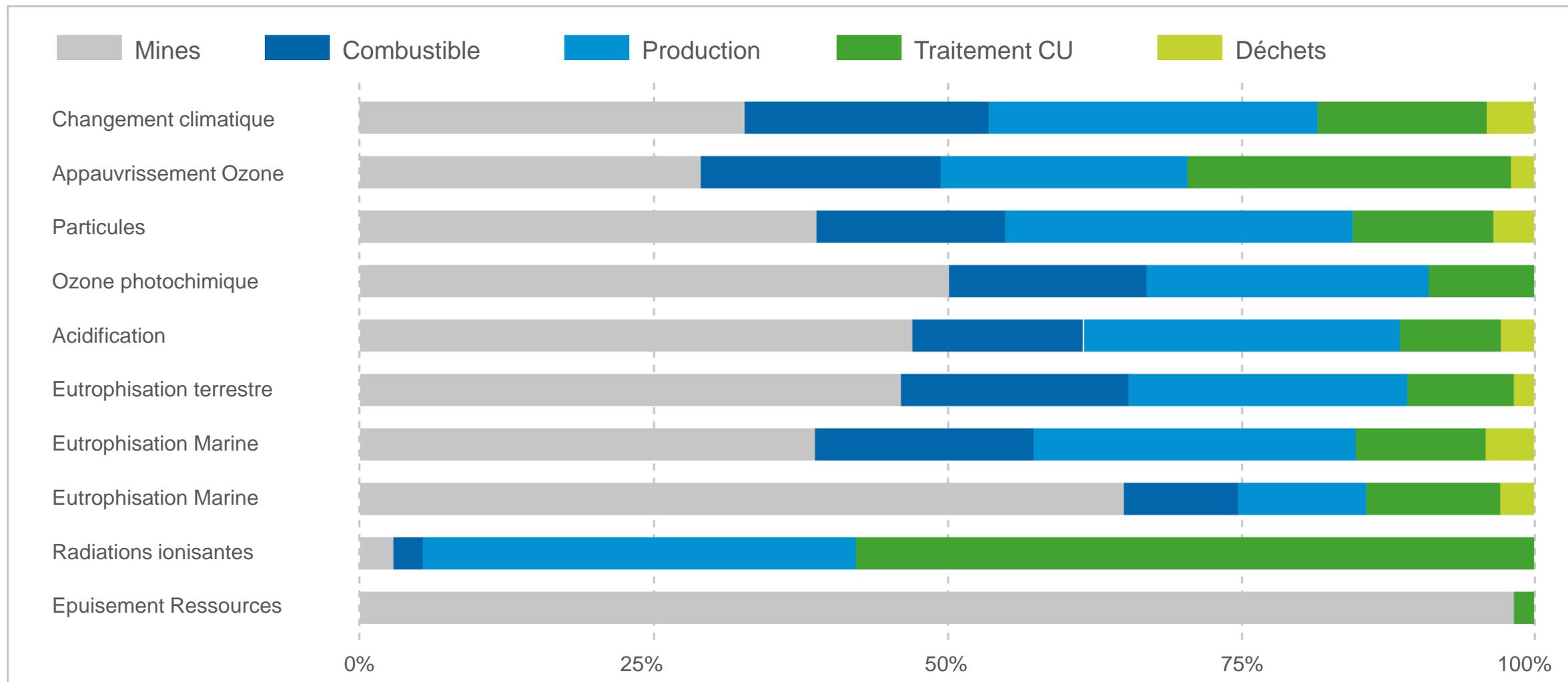




Annexe



Les résultats des indicateurs ILCD I&II pour le kWh produit par le parc nucléaire EDF.



Production = construction + exploitation + maintenance



Table ronde | Enjeux environnementaux, climatiques et de biodiversité

Michel BERTHELEMY

Président de la section technique Économie de la Sfen

Thomas GIBON

Research & Technology Associate, LIST & UNECE

Robin GOFFAUX

FRB (Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité)

David MARCHAL

Directeur exécutif adjoint expertises et programmes, ADEME

Benoit ROUSSEAU

Directeur de recherche CNRS, Nantes Université



UNECE Carbon neutrality toolkit



UNECE Toolkit for policy makers to make informed decisions and attain carbon neutrality



<https://www.resourcepanel.org/reports/green-energy-choices-benefits-risks-and-trade-offs-low-carbon-technologies-electricity>

UPDATE

ENERGY



TECHNOLOGY BRIEF
CARBON CAPTURE, USE AND STORAGE (CCUS)



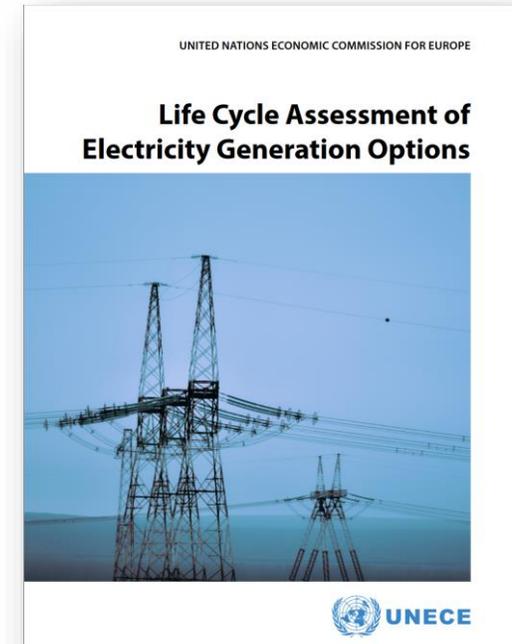
TECHNOLOGY BRIEF | DECARBONISING ENERGY INTENSIVE INDUSTRIES IN UNECE REGION



TECHNOLOGY BRIEF
HYDROGEN



TECHNOLOGY BRIEF
NUCLEAR POWER

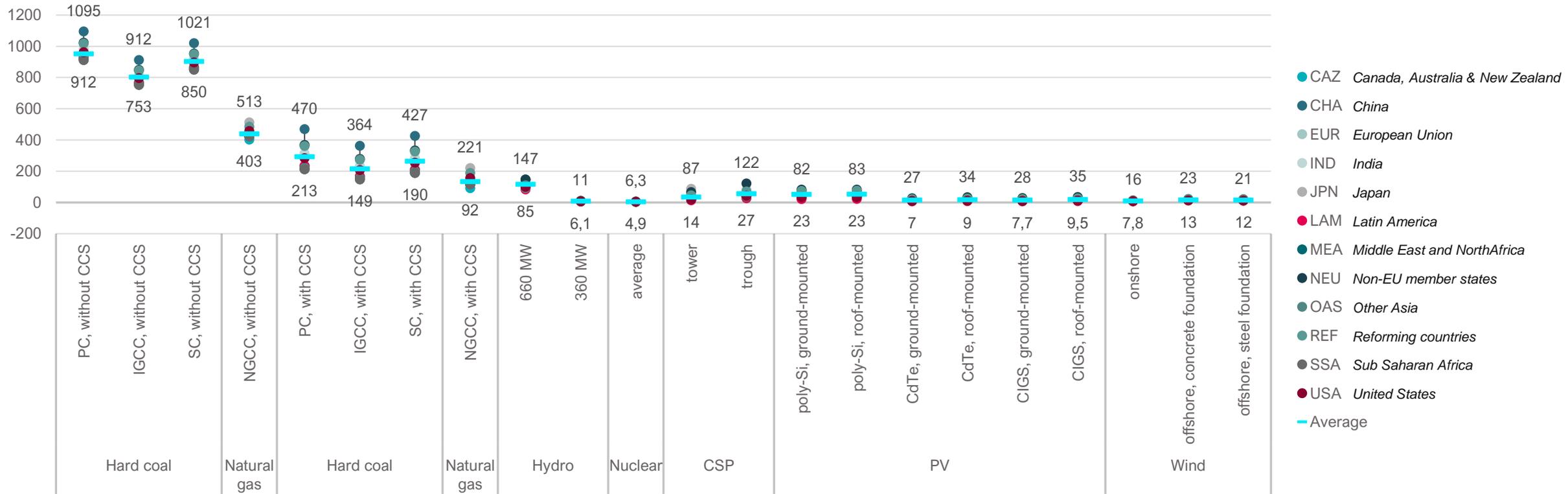


https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf

Climat

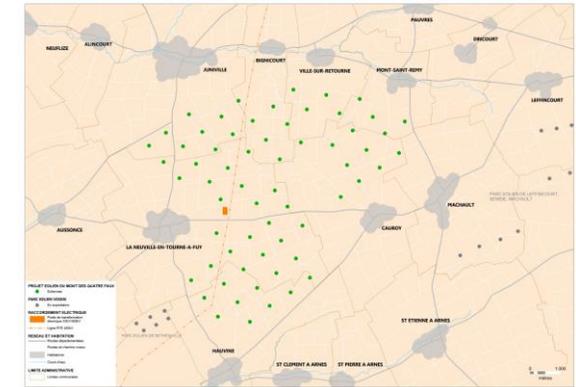
Émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie, g éq. CO₂/kWh

Lifecycle GHG emissions, in g CO₂ eq. per kWh, regional variation, 2020

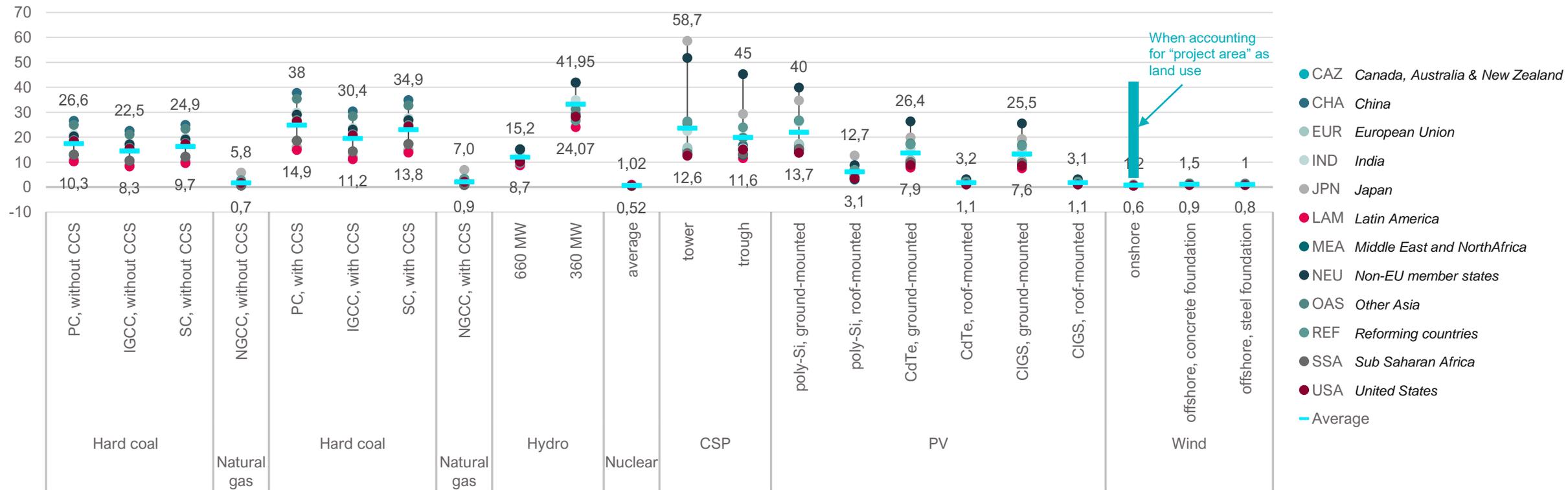


Occupation des sols

Emprise au sol sur le cycle de vie, en m²-année/MWh



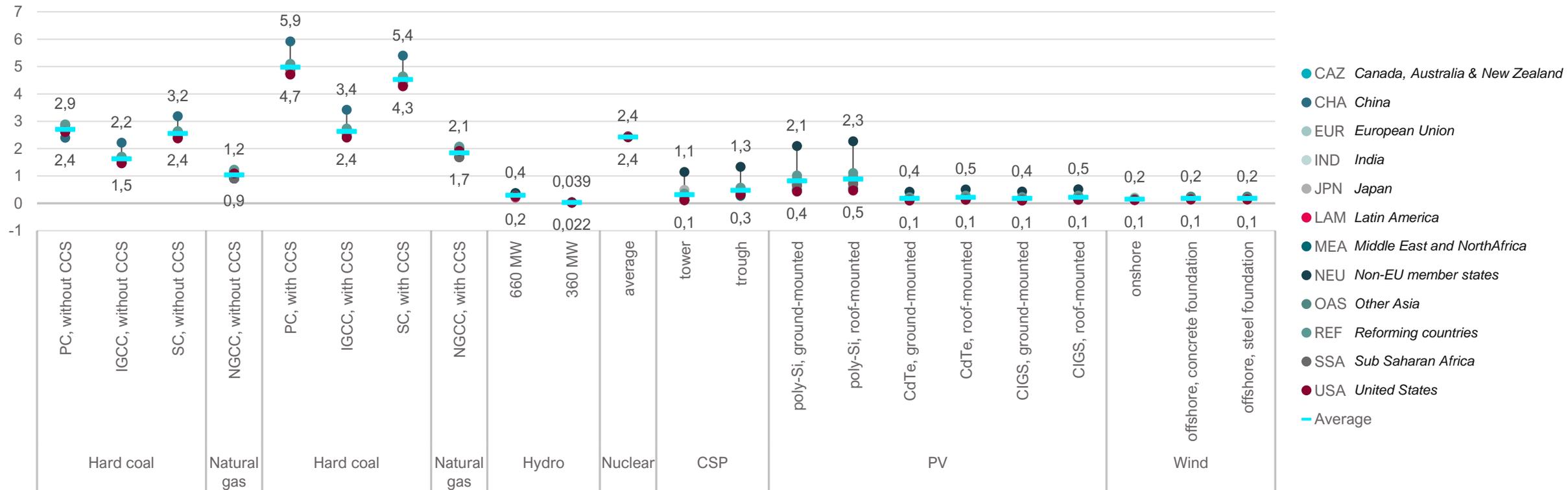
Total land occupation (agricultural and urban), in m²a per TWh, regional variation, 2020



Eau dissipée

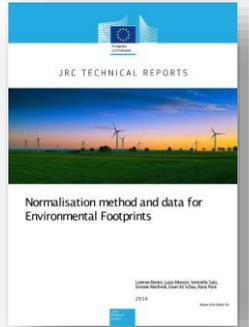
Ressources en eau dissipée, en m³/MWh (l/kWh)

Lifecycle dissipated water, in l per kWh, regional variation, 2020

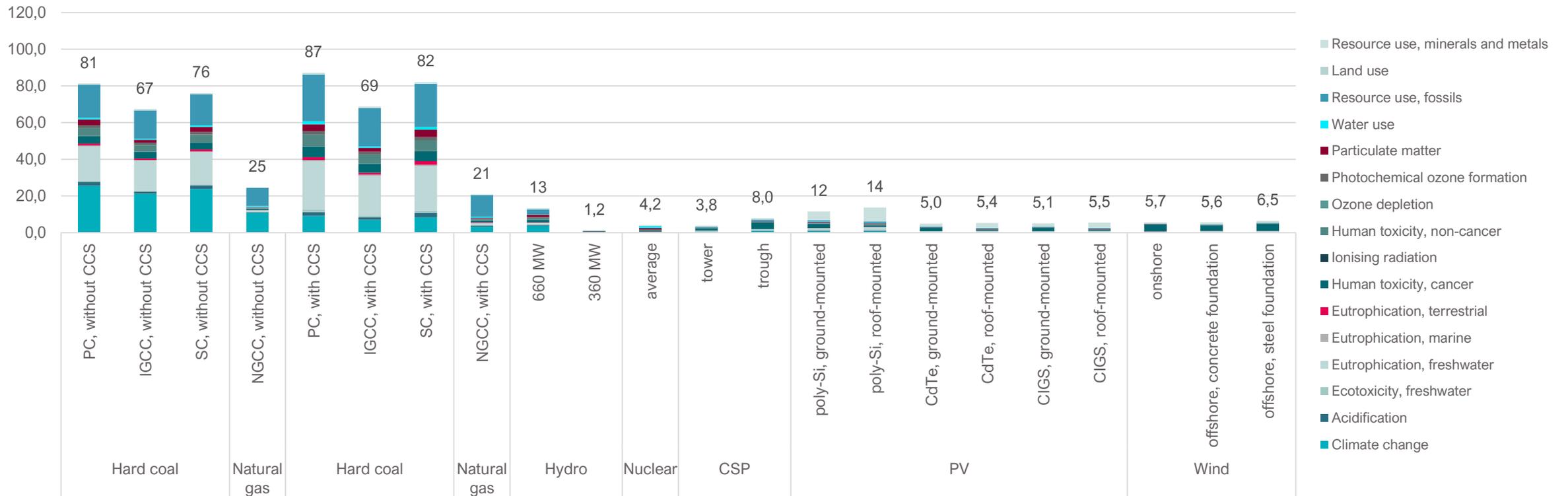


Résultats normalisés et pondérés

Les indicateurs ACV peuvent être agrégés (à manipuler avec précaution!)



Normalised lifecycle impacts, weighted, of the production of 1 TWh, per technology, Europe, 2020



Points de discussion

Quelles conclusions? Quelles

Limites

L'ACV ne fait que "régurgiter" ce qu'on y met en termes de données

On ne mesure que ce qui est mesurable (quid de la biodiversité? du bruit?)

→ Importance de la transparence absolue et répliquabilité des résultats

Prochaine étape: analyse de sensibilité sur l'ensemble du modèle

Qualité du minerai

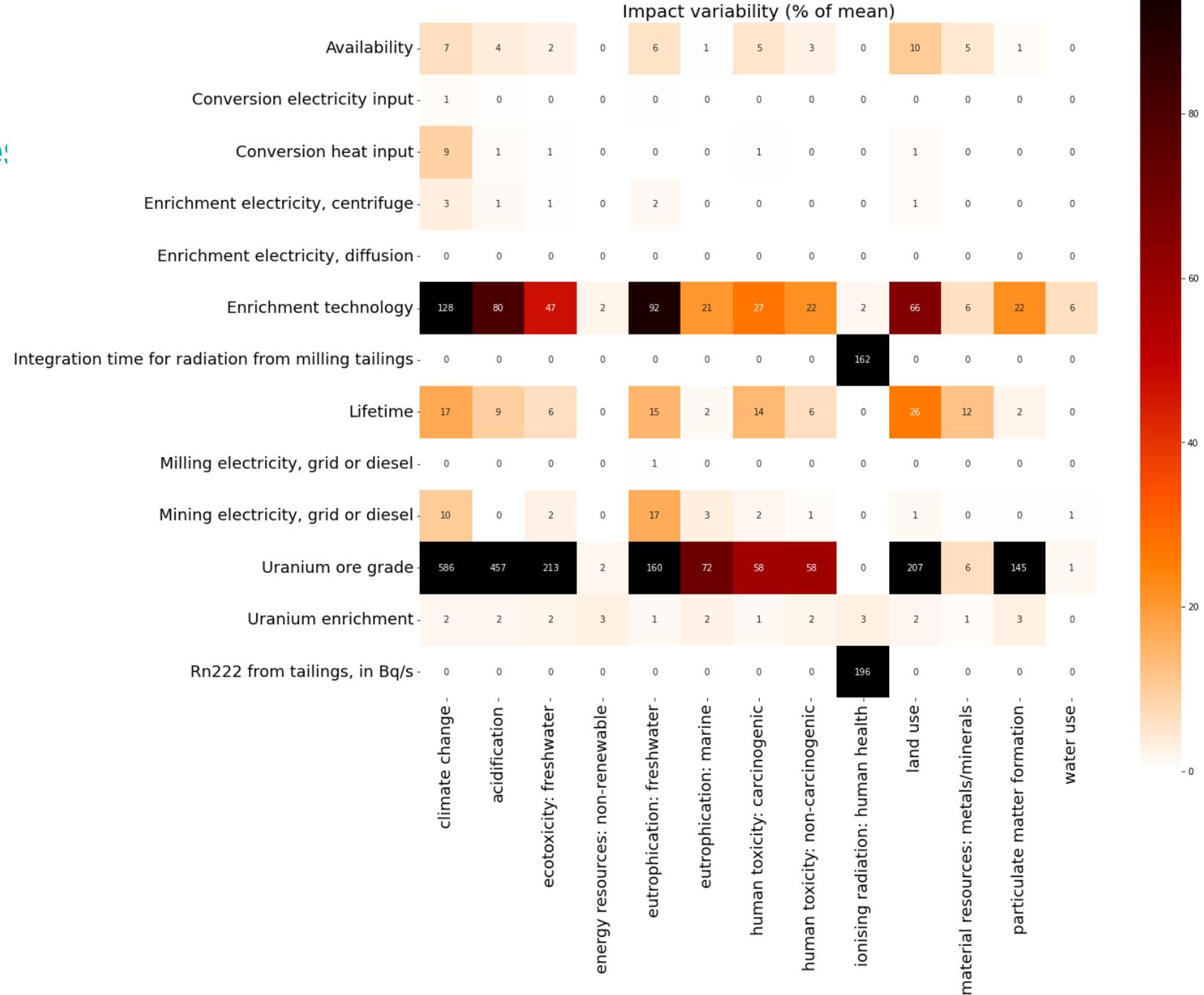
Méthode d'extraction

Méthode d'enrichissement

Région d'implantation

Durée de vie des équipements

Méthode de traitement de fin de vie



Conférence Sfen Le nucléaire énergie bas carbone

Liens climat-énergie-changement climatique

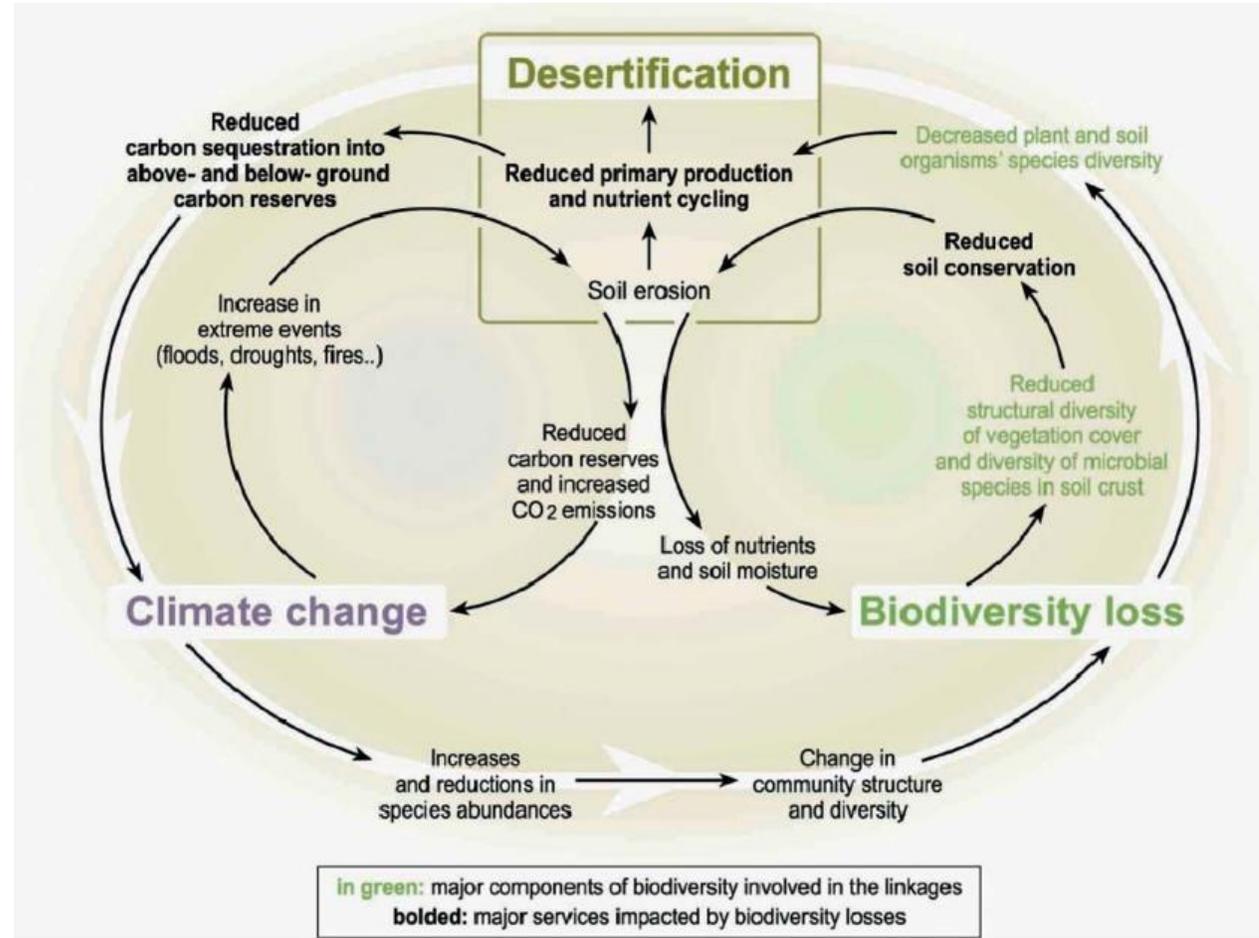
Table ronde

Enjeux environnementaux, climatique et de biodiversité

Robin GOFFAUX

Fondation pour la recherche sur la biodiversité

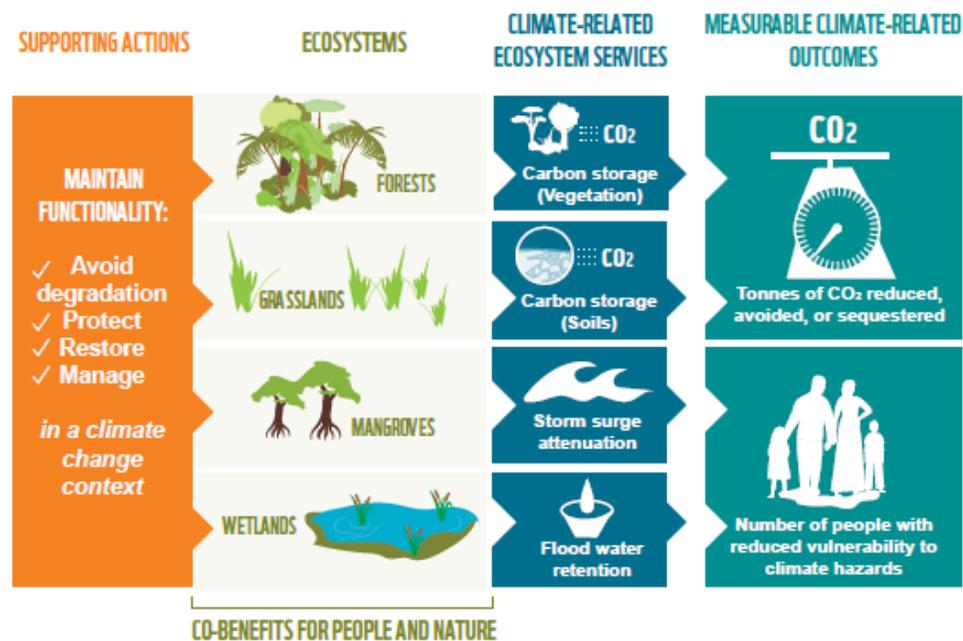
Impacts et rétroactions changement climatique- perte de biodiversité



Impacts des modes de production d'énergie sur la biodiversité

		Solaire	Eolien terrestre	Hydraulique	Bioénergie	Marin	Géothermie	Hydrocarbures
Impacts négatifs sur la biodiversité	Perte ou fragmentation de l'habitat	X		X	X	X	X	
	Mortalité directe, blessures	X	X			X		
	Perturbation comportementale	X	X	X		X		
	Pollutions	X			X	X	X	X
	Emissions de gaz à effet de serre	X	X	X	X	X		X
	Utilisation de ressources	X		X			X	
	Autres	Perturbation microclimats				Perturbation microclimats		
Impacts positifs		AgriPV		Nouveaux habitats et écosystèmes	Fourniture d'habitats et services	Effet réserve, abris		

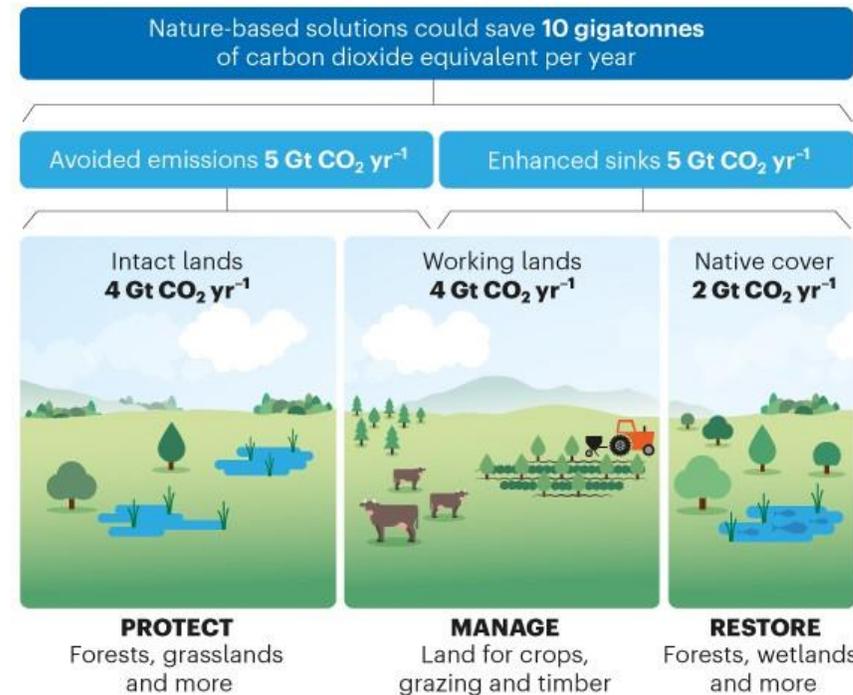
Synergies biodiversité-climat et solutions fondées sur la nature



https://wwf.eu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_nature_based_solutions_for_climate_change_july_2020_final.pdf

THREE STEPS TO NATURAL COOLING

Protect intact ecosystems, manage working lands and restore native cover to avoid emissions and enhance carbon sinks.

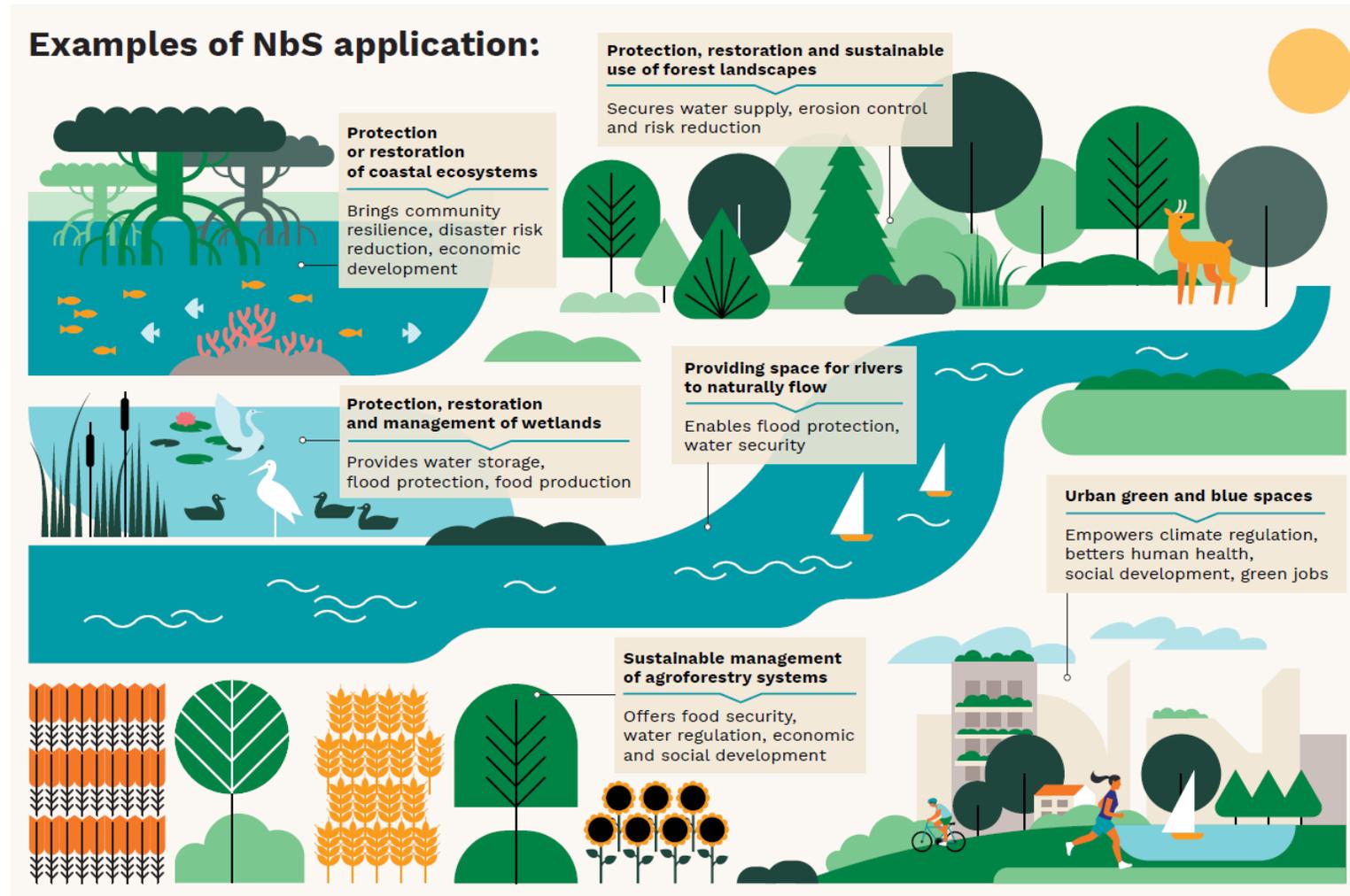


©nature

Underlying data are in Supplementary Information, Table S1.

<https://www.nature.com/articles/d41586-021-01241-2>

Solutions fondées sur la nature





The influence of the global electric power system on terrestrial biodiversity

Robert A. Holland , Kate Scott, Paolo Agnolucci , and Gail Taylor  [Authors Info & Affiliations](#)

<https://doi.org/10.1073/pnas.1909269116>

Article | [Open Access](#) | [Published: 05 May 2020](#)

Quantifying biodiversity trade-offs in the face of widespread renewable and unconventional energy development

Viorel D. Popescu , Robin G. Munshaw, Nancy Shackelford, Federico Montesino Pouzols, Evgenia

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-64501-7>

Review Paper | [Open Access](#) | [Published: 24 July 2021](#)

The impacts of biofuel crops on local biodiversity: a global synthesis

Sophie Jane Tudge, Andy Purvis & Adriana De Palma 

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-021-02232-5>

Global Biodiversity Implications of Alternative Electrification Strategies Under the Shared Socioeconomic Pathways

Ryan A. McManamay , , Chris R. Vernon , Henriette I. Jager 

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S00632072100286X>

Conservation Practice and Policy | [Open Access](#)

Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation

Barry W. Brook , Corey J. A. Bradshaw

<https://doi.org/10.1111/cobi.12433>

TOPICAL REVIEW • [OPEN ACCESS](#)

Land-use change from food to energy: meta-analysis unravels effects of bioenergy on biodiversity and cultural ecosystem services

Caspar Donnison^{1,2} , Robert A Holland³ , Zoe M Harris⁴ , Felix Eigenbrod³  and Gail Taylor^{1,2} 

Published 11 November 2021 • © 2021 The Author(s). Published by IOP Publishing Ltd

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac22be>

Article | [Open Access](#) | [Published: 01 September 2020](#)

Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity

Laura J. Sonter , Marie C. Dade, James E. M. Watson & Rick K. Valenta

<https://www.nature.com/articles/s41467-020-17928-5>

TRANSITION(S) 2050

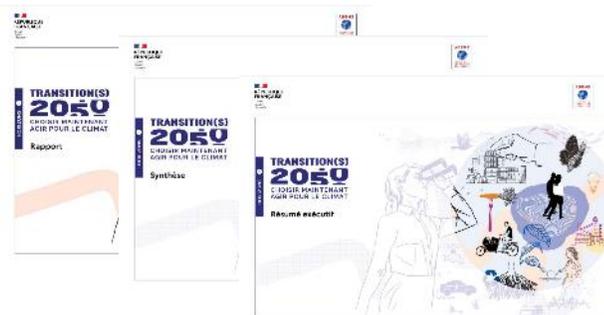
CHOISIR MAINTENANT
AGIR POUR LE CLIMAT

Feuilleton matériaux de la
TE
16/06/2022



Téléchargez sur transitions2050.ademe.fr

Le rapport
La synthèse
Le résumé exécutif



Téléchargez les jeux de données
data-transitions2050.ademe.fr

Revisionnez les replays vidéo
Conférence du 30/11/2021
Et la vidéo en motion capture
sur [YouTube](https://www.youtube.com)



Les feuillets :

- Mix Electrique
- Matériaux de la transition énergétique
- Les effets macro-économiques
- Adaptation au Changement Climatique
- Sols
- Mode de vie
- Protéine
- Construction Neuve
- Logistique des derniers kms
- Gaz et Carburants liquides
- Territoires



... et prochainement :
Qualité de l'Air
Empreinte matière et CO₂

Récits des scénarios : les mix de production



S1 GÉNÉRATION FRUGALE

Implication des citoyens

Communauté d'énergie renouvelable

Autoconsommation

Photovoltaïque sur toiture

Sortie du nucléaire

Fermeture anticipée des centrales



S2 COOPÉRATIONS TERRITORIALES

Minimisation des coûts

Exploitation des meilleurs gisements

Technologie mature

Nucléaire historique, photovoltaïque et éolien terrestre

Production de méthane de synthèse importante

Flexibilité additionnelle



S3 TECHNOLOGIES VERTES

Investissement dans une technologie « peu mature »

Éolien flottant (S3EnR-Offshore)

Nouveau nucléaire (S3Nuc)

Technologie mature

Nucléaire historique, photovoltaïque et éolien terrestre



S4 PARI RÉPARATEUR

Production de masse

Mobilisation de toutes les technologies

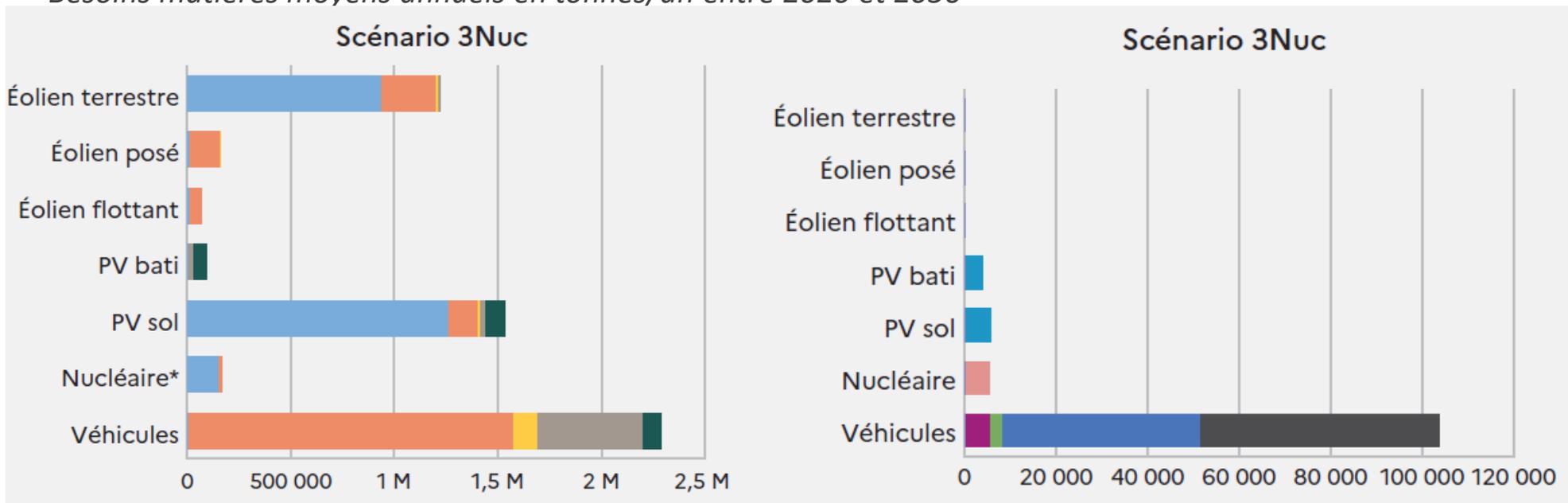
Faible pilotabilité de la demande

Maintien des habitudes de consommation

Les véhicules électriques consomment davantage de nouveaux matériaux (lithium, cobalt, graphite) que le système électrique

Ceci est à mettre au regard des technologies et des capacités de recyclage existantes et à développer.

Besoins matières moyens annuels en tonnes/an entre 2020 et 2050



« Grands » matériaux et métaux

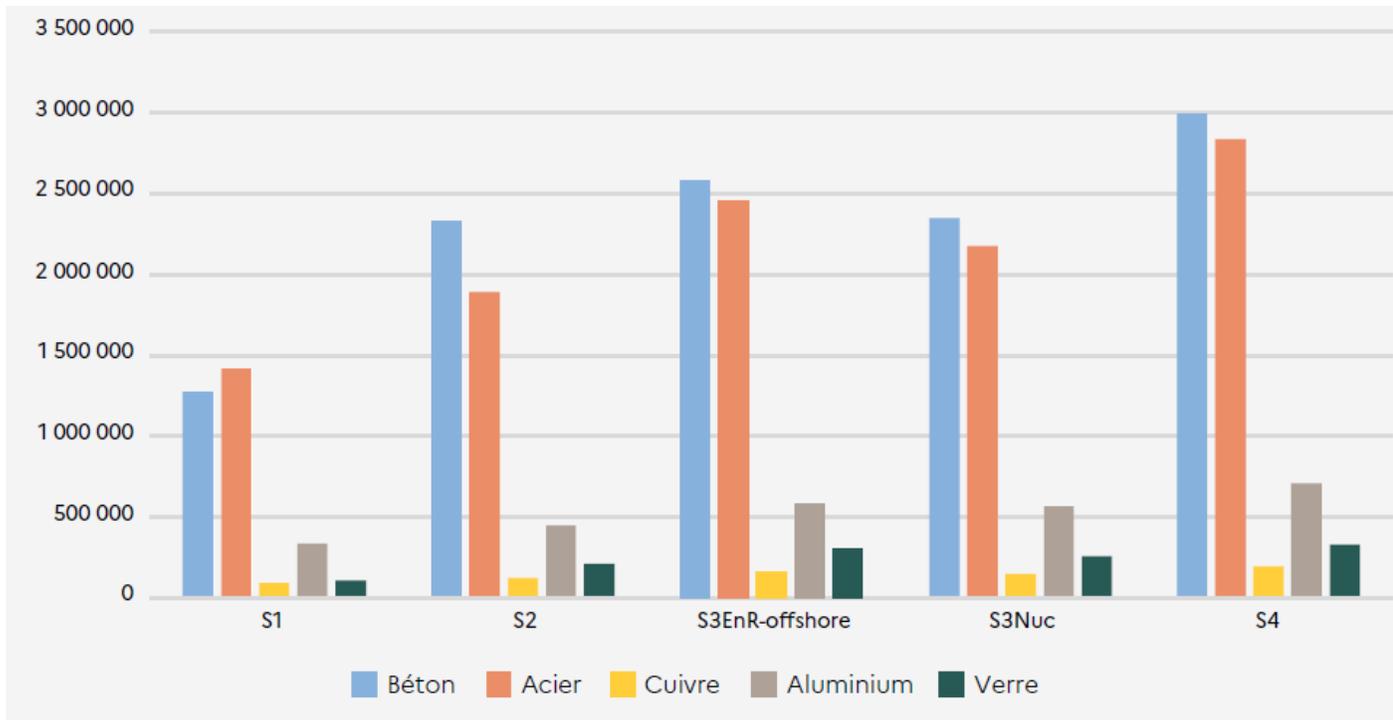
« Petits » matériaux et métaux

Béton
 Acier
 Cuivre
 Aluminium
 Verre

Terres rares
 Silicium
 Argent
 Titane
 Lithium
 Cobalt
 Nickel
 Graphite
 Uranium

Grands matériaux et métaux : point d'attention sur l'aluminium et le cuivre

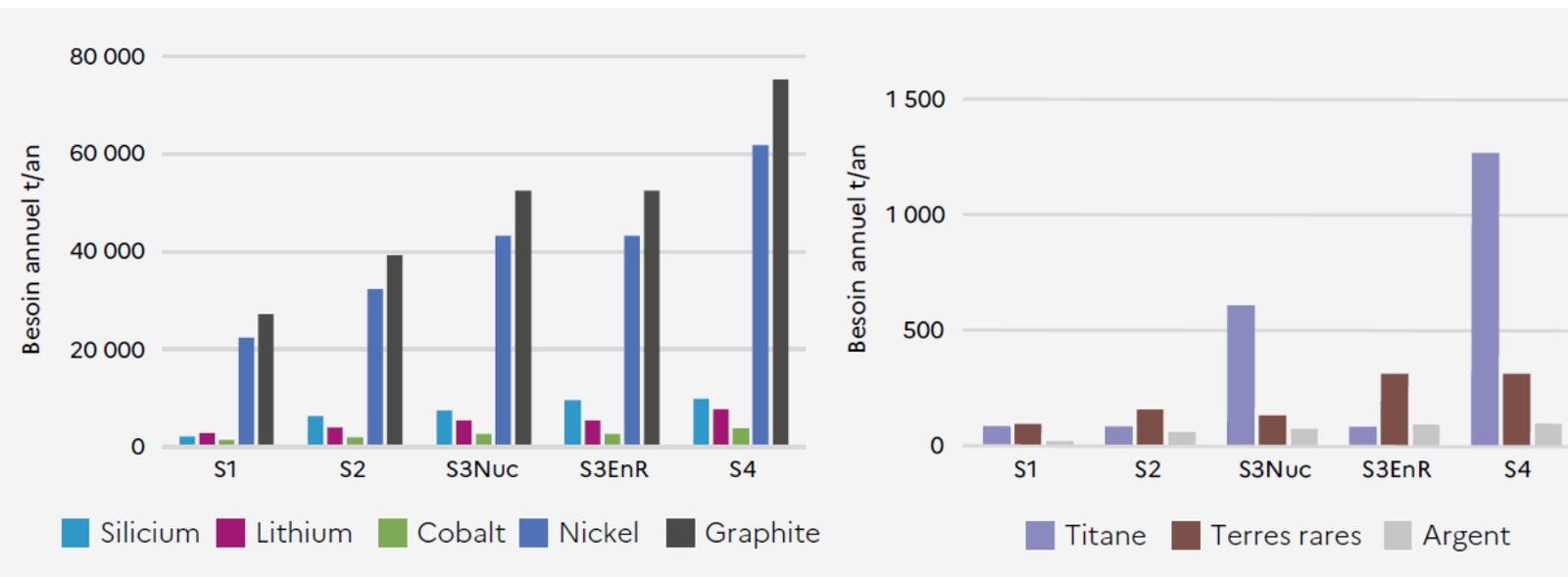
Pour tous les matériaux et métaux, les scénarios les plus sobres énergétiquement permettent de réduire les impacts sur les besoins dans ces matériaux.



Besoins matières moyens annuels en grands matériaux et métaux en tonnes

- Les consommations sont négligeables pour le béton, l'acier et le verre par rapport aux consommations actuelles,
- L'aluminium et le cuivre, consommés essentiellement par les véhicules, font augmenter nettement les consommations pour S3 et S4 par rapport aux consommations actuelles
- Importance de **développer le recyclage et de sécuriser les approvisionnements pour le cuivre et l'aluminium**

Petits matériaux et métaux: des approvisionnements à sécuriser en terres rares pour les éoliennes en mer et en matières pour les batteries des véhicules (lithium, cobalt, nickel et graphite)



- Le lithium représente entre 300% et 800% des consommations françaises actuelles
- Le Cobalt représente entre 70% et 200% des consommations françaises actuelles
- Importance de **développer les technologies de recyclage et de sécuriser les approvisionnements en terres rares** pour les éoliennes en mer et en matières pour les batteries des véhicules (**lithium, cobalt, nickel et graphite**).

Besoins matières moyens annuels en petits matériaux et métaux en tonnes, rapportés à la consommation 2020

Les limites de l'exercice



- Données issues du projet SURFER : historiques pour le système électrique avec forte disparité de disponibilité de données selon les technologies
- Manque de données d'inventaire publiques pour l'amont et l'aval du nucléaire, et sur les EPR
- Pas de prise en compte du recyclage qui pourrait diminuer les besoins en matières premières vierges
- L'estimation des besoins en matières n'apporte pas une vision complète des impacts environnementaux même si un lien fort existe
- Le périmètre des technologies étudié est limité et représente en 2050 moins de 50% de la demande finale en énergie dans tous les scénarios



Merci de votre participation

Étude disponible via [ce lien](#)

Analyse du Cycle de Vie

Produire un kWh à partir du parc nucléaire français d'EDF

