



# **Groupe de travail « Environnement »**

—

## **Analyse des impacts environnementaux des scénarios du Bilan prévisionnel 2050**

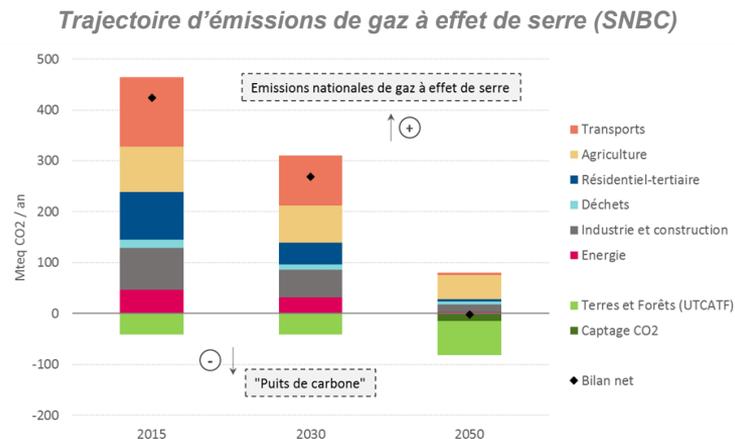
*Réunion du 29 janvier 2020*



# Contexte et objectifs

# Rappel : les prochains scénarios de long terme du Bilan prévisionnel couvriront l'horizon 2050

- Cadrage général des prochains scénarios de long terme :
  - articulé autour de l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 et des trajectoires de la SNBC
  - avec des trajectoires (pas uniquement le point d'arrivée)
  - dans un contexte de changement climatique
- Deux « familles » de scénarios étudiées :
  - avec l'option « nouveau nucléaire » ouverte
  - sans « nouveau nucléaire »
- Une modélisation complète du système à l'échelle européenne, et avec une représentation des couplages entre l'électricité et les autres vecteurs (gaz, chaleur...)
- Une description des scénarios selon 4 axes principaux :
  - Description technique du système
  - Description des enjeux sociétaux (implication sur les modes de vie)
  - Description des enjeux environnementaux
  - Description économique



# Des études pour la construction des prochains scénarios de long terme qui s'appuient sur une concertation renforcée

## Lancement d'une large concertation sur la scénarisation et les hypothèses des scénarios

pour cibler les points d'intérêt du débat public, renforcer la pertinence et la légitimité des scénarios, et accroître la transparence sur les hypothèses

### La CPSR

Instance de cadrage stratégique des travaux et d'arbitrage des orientations

### Des groupes de travail

Instances de partage des hypothèses et résultats au niveau technique

### Une consultation publique

Appel à contribution qui viendra enrichir les échanges initiés en groupes de travail

Exemples :

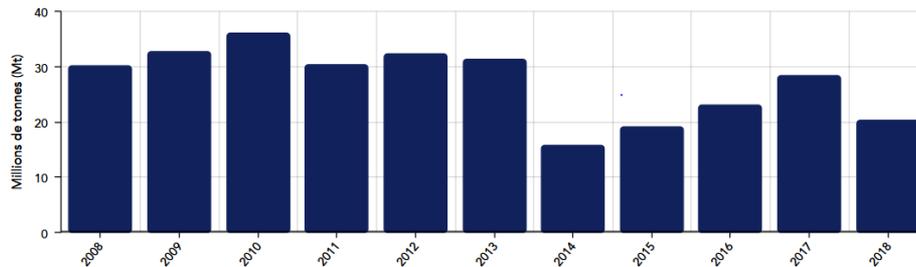
- GT « consommation »
- GT « base climatique »
- GT « scénarisation »
- GT « interfaces électricité et autres vecteurs »
- GT « représentation des attentes de la société »
- **GT « environnement »**
- GT « flexibilités »
- GT « fonctionnement du système électrique » ...

1<sup>ère</sup> réunion aujourd'hui

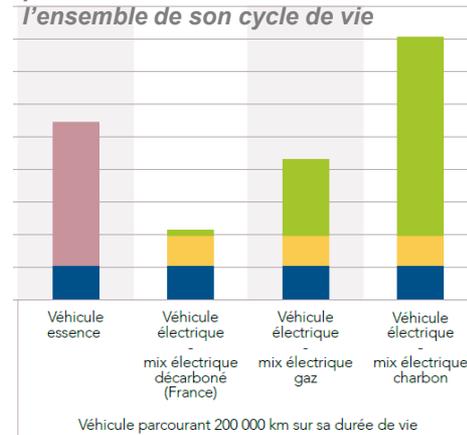
# Dans le cadre du Bilan prévisionnel, l'analyse environnementale évolue

- Les publications de RTE comprennent depuis longtemps des analyses sur les émissions de CO<sub>2</sub> : émissions directes liées à la combustion dans les centrales électriques
- Mais les interrogations sur les impacts environnementaux remontées dans le débat public s'élargissent :
  - Sur le CO<sub>2</sub>, l'attention se focalise sur la notion « d'empreinte carbone » sur l'ensemble du cycle de vie
  - D'autres enjeux / indicateurs environnementaux font aujourd'hui débat (ressources, déchets radioactifs...)

Evolution depuis 2008 des émissions de CO<sub>2</sub>



Empreinte carbone d'un véhicule sur l'ensemble de son cycle de vie



■ Émissions liées au cycle de vie des véhicules  
■ Émissions liées au cycle de vie des batteries  
■ Émissions liées au cycle de vie de la production d'électricité  
■ Émissions liées au cycle de vie du carburant pétrolier



# **Éléments de cadrage de l'analyse environnementale**

# Quatre points clefs pour cadrer l'analyse environnementale

- Les enjeux environnementaux étudiés 
- Le périmètre du système 
- La méthode 
- Les données 

## 2.1

# Les enjeux à étudier



# Rte Les interactions entre biosphère et éconosphère

XIX<sup>ème</sup> siècle

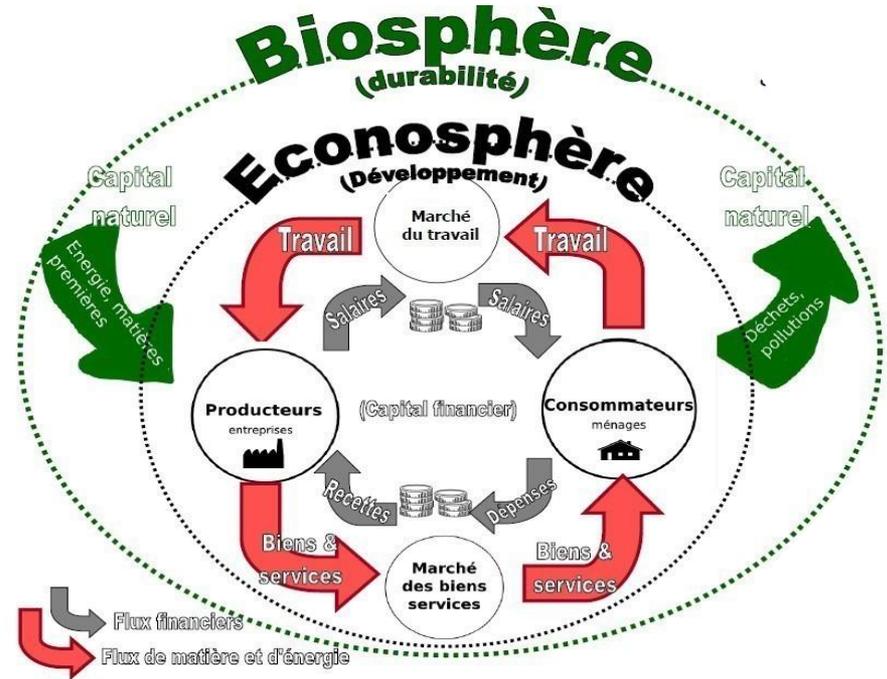


Energie fossile

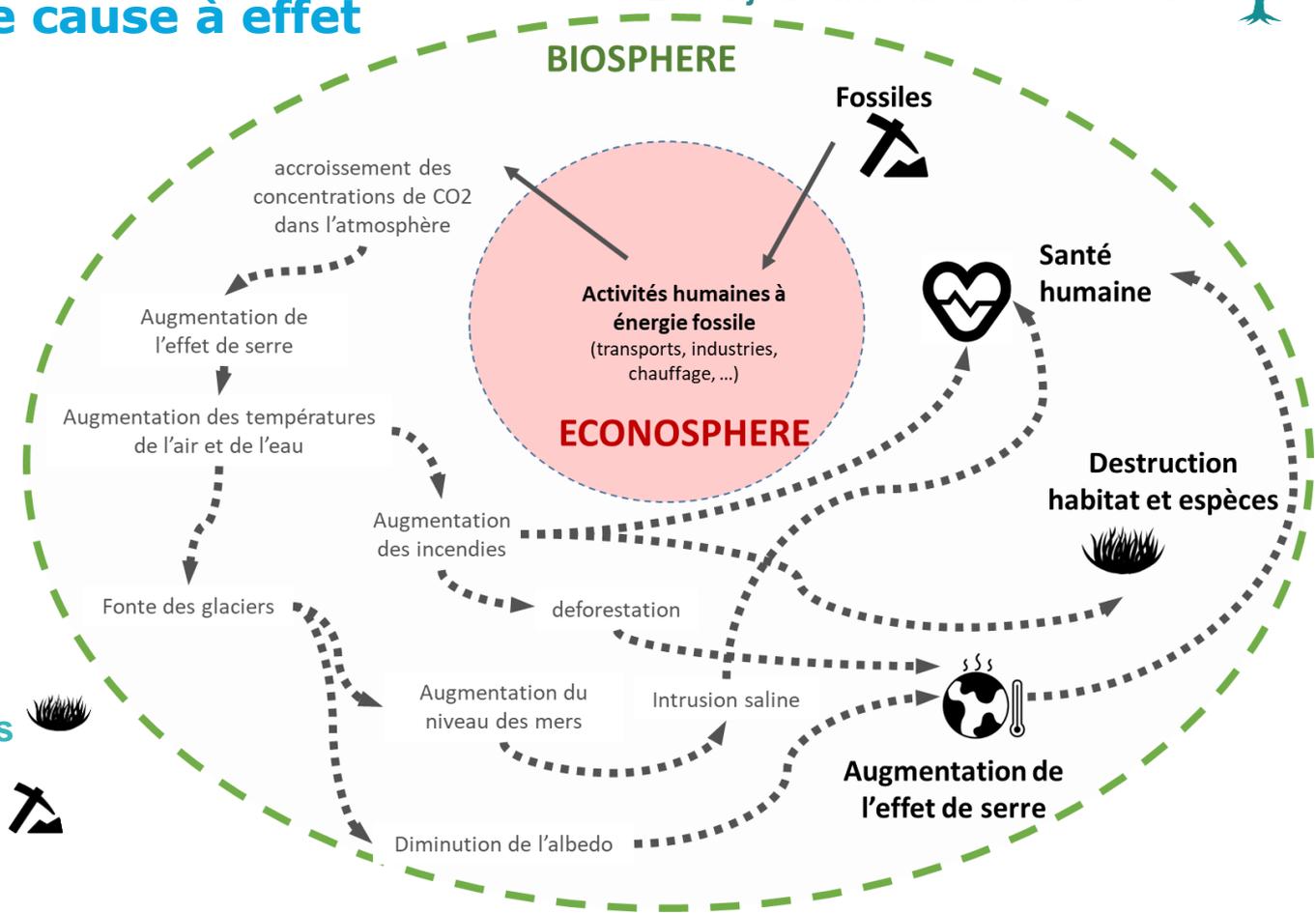


XX<sup>ème</sup> siècle

Transformation :  
 - de l'industrie,  
 - de l'agriculture,  
 - du confort énergétique de la vie quotidienne,  
 - ...



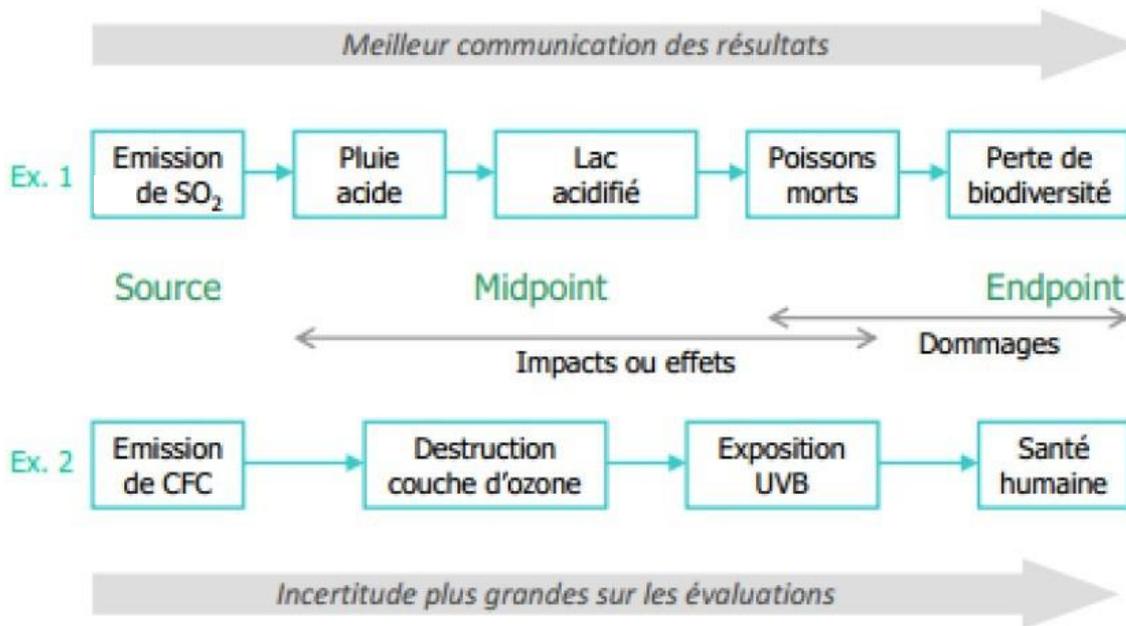
Source : Boutaud et Gondran 2009



Quatre grands enjeux :

- **Le climat**
- **La qualité des écosystèmes**
- **Les ressources naturelles**
- **La santé humaine**

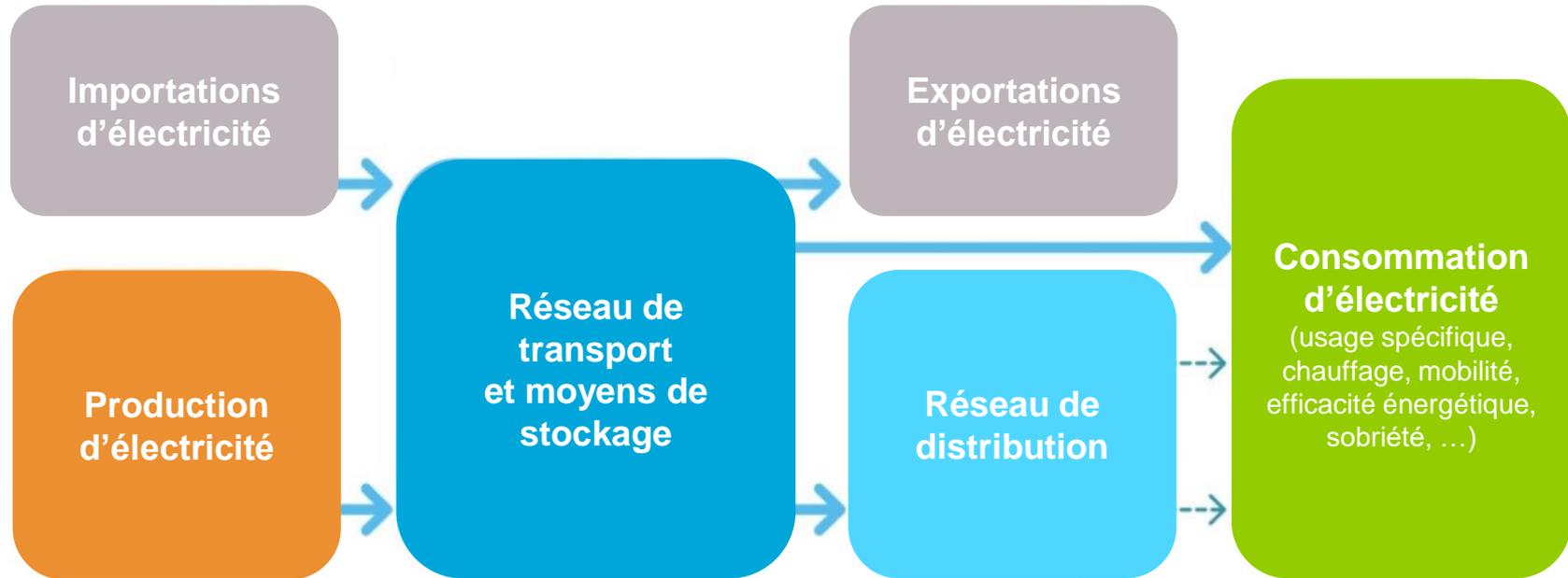
Illustration d'une chaîne de cause à effets concernant le cycle carbone



## 2.2

# Le périmètre du système étudié

# Rte Les interactions à l'intérieur du système électrique

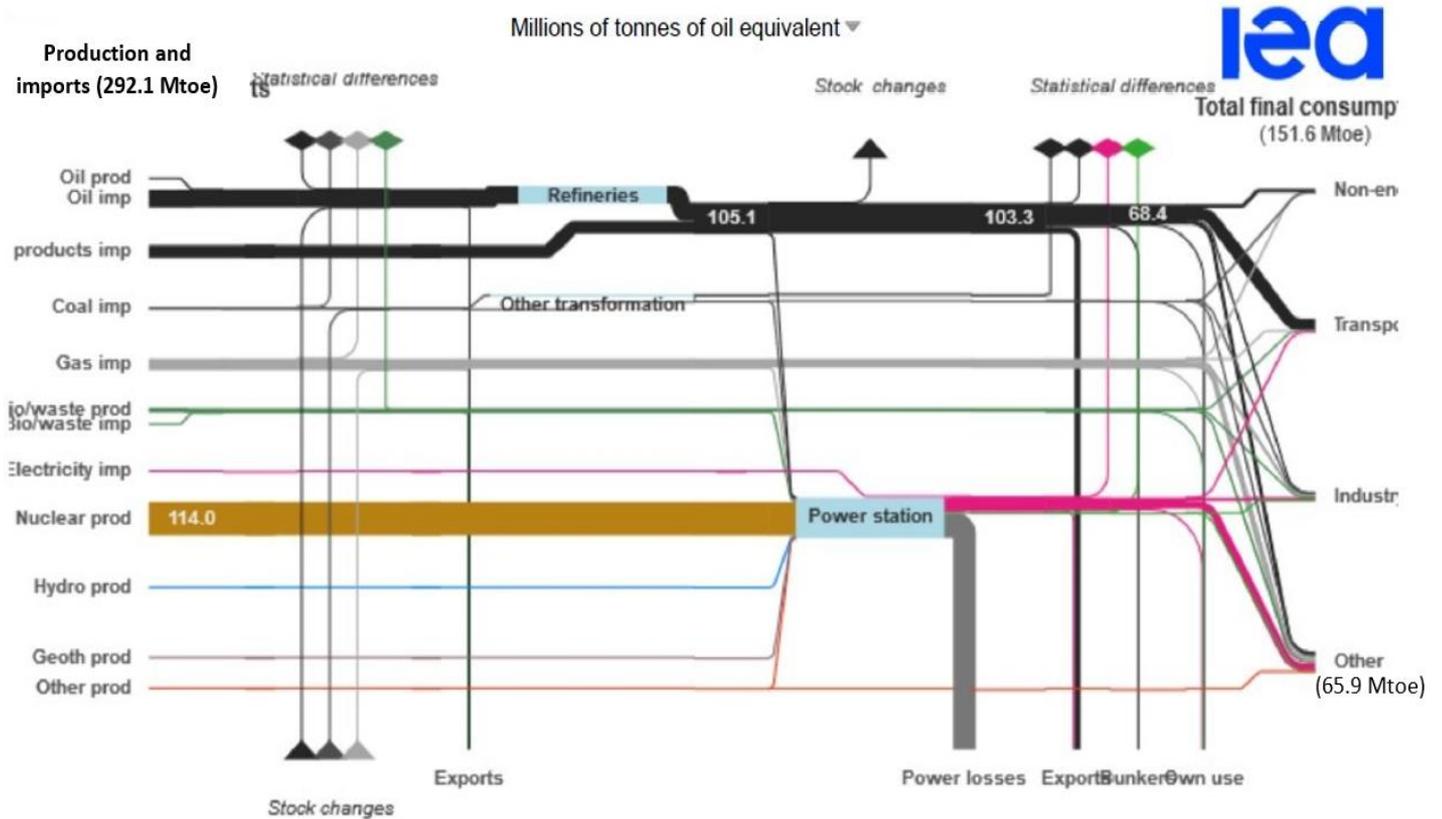






# Les interactions à la frontière du système électrique

- Biofuels and waste
- Coal
- Electricity
- Geothermal
- Heat
- Hydro
- Natural gas
- Nuclear
- Oil
- Oil products
- Power plant losses
- Solar/tide/wind





## Les impacts potentiels liés à l'évolution du système électrique

L'évolution du système électrique peut entraîner :

- **Des impacts directs et indirects** dus à l'évolution du mix électrique
- **Des impacts Induits (nouveaux ou évités)** issus de l'évolution de la consommation d'électricité (mobilité, chauffage, efficacité énergétique, sobriété...)
- **Des impacts Induits (nouveaux ou évités)** issus de l'évolution du réseau électrique (et moyens de stockages – batteries, power-to-x, ..),
- **Des impacts Induits (nouveaux ou évités)** issus des changements engendrés sur les autres vecteurs énergétiques.



2

# Les méthodes d'analyse environnementale et sources de données disponibles

# Rte L'empreinte écologique



Source : Global Footprint Network

- Méthode **monocritère** et **quantitative**

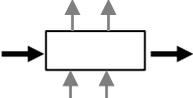
- Trois approches

- Compound 

Approche « top-down » réalisée à partir des données nationales de production et d'importation-exportation (biens et services de façon agrégée)

- Input-output    

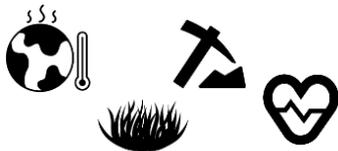
Approche « top-down » réalisée à partir de la comptabilité nationale (biens et services par secteur d'activités)

- Component 

Approche « bottom-up » réalisée à partir d'AFM ou ACV

# L'analyse de cycle de vie

- Méthode **multicritère** et **quantitative**



- Etapes de cycle de vie d'un produit



- Trois approches

- Attributionnelle (ACV-A)

ISO 14040-44

Allocation des impacts issus des flux entrants et sortant du produit ou procédé étudié

- Conséquentielle (ACV-C)

*Pas de consensus scientifique*

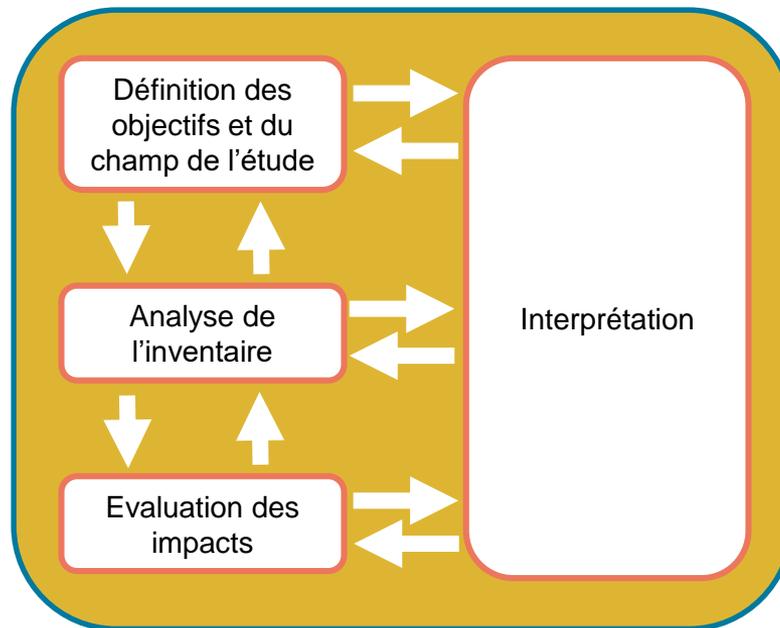
L'ACV-C évalue les impacts environnementaux générés par la chaîne de conséquences (directes et indirectes) induites par un changement subi par le système étudié, associé à une (ou plusieurs) décision(s) et aux actions respectives.

- Prospective (ACV-P)

*Pas de consensus scientifique*

L'ACV-P évalue les impacts environnementaux générés par un produit ou un système déjà existant mais à un horizon temporel plus ou moins éloigné. L'ACV prospective quantifie les évolutions technologiques sur un horizon temporel donné et se base généralement sur des scénarios

- Les 4 étapes itératives de l'ACV, selon la norme ISO 14040



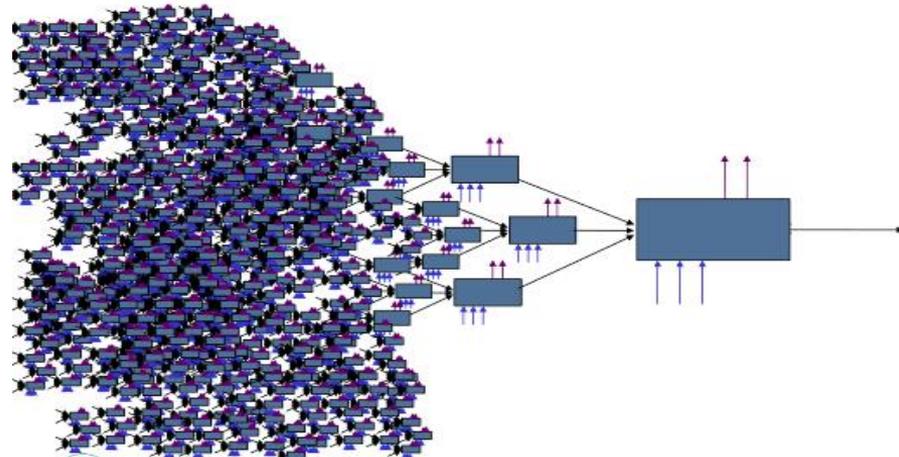
# Méthodologie pour l'analyse des scénarios du Bilan prévisionnel

- La méthodologie visant à être utilisée pour le Bilan prévisionnel se fonde sur les principes suivants :
  - La restitution doit être multi-critère et ne pas chercher à fusionner tous les indicateurs en un seul
  - Elle doit permettre la modélisation du système électrique (à partir des données issues des scénarios)
  - Elle doit permettre l'analyse du système électrique basé sur le territoire français tout en prenant également en compte les impacts importés (empreinte)
- La méthodologie proposée s'appuiera sur certains principes de l'empreinte écologique (approche component) et de l'analyse de cycle de vie (ACV-A)

## Base de données *Ecoinvent*

- RTE propose de s'appuyer sur la base de données Ecoinvent, qui constitue une référence dans l'analyse environnementale :
  - pilotée et maintenue par l'EPFL (Suisse) ;
  - base de données d'inventaire internationale la plus exhaustive à ce jour ;
  - ensemble des ressources énergétiques, matières premières, et transports nécessaires pour réaliser l'unité fonctionnelle.
- Cette base de données pourra néanmoins être complétée avec d'autres références remontées au cours de la concertation

*Représentation schématique d'une base de données avec les flux entrants et sortants des processus*



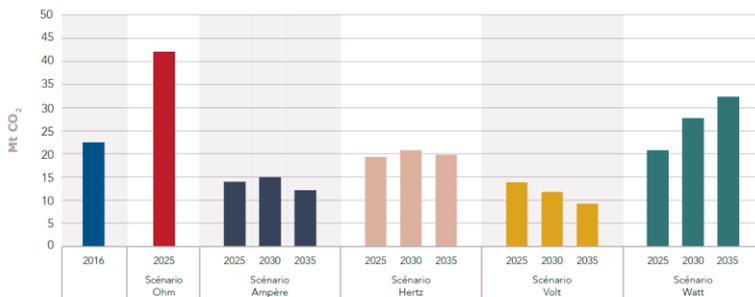


3

**Etude pilote d'ACV pour le mix  
électrique des scénarios  
du Bilan prévisionnel 2017**

## Emissions pour les 4 scénarios :

Figure 11.50 Émissions annuelles de CO<sub>2</sub> du système électrique français



Source : BP 2017

Le BP quantifie

Objectifs de l'étude



Emissions de GES\*  
en phase  
d'exploitation



Tout le long du cycle  
de vie

Effets sur le  
réchauffement  
climatique

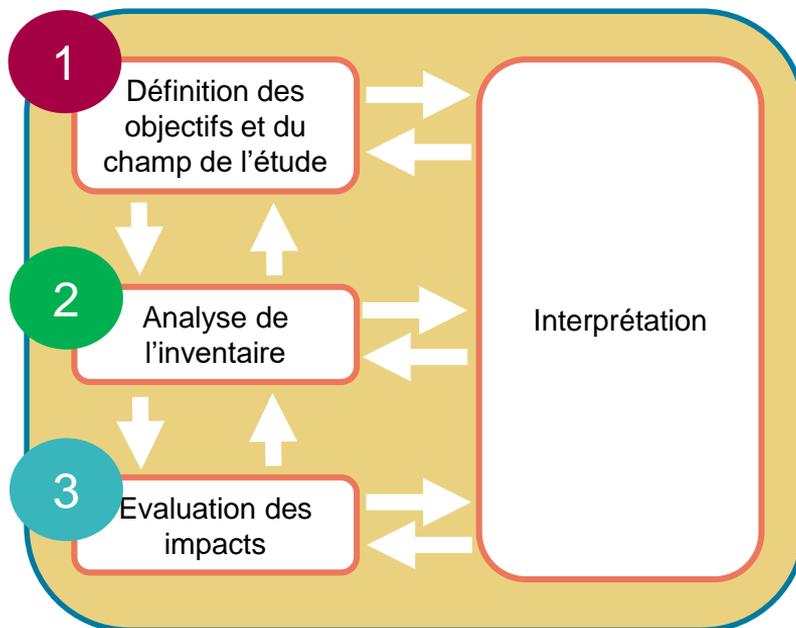


+ Autres impacts  
(biodiversité, santé,  
etc.)

## 3.1

# Modélisation détaillées

# Les paramètres retenus



## Frontière du système

- **Périmètre sectoriel** : la frontière est définie par le cycle de vie des centrales de production d'électricité. Le système s'arrête à la sortie des centrales de production, les composants du réseau d'électricité ainsi que les postes de consommation ne sont pas inclus.
- **Périmètre géographique** : maille France, avec une variante à la maille européenne (une douzaine de pays modélisés explicitement dans le Bilan prévisionnel). Le périmètre du système étudié est limité à la France mais les flux entrants et sortant dans le système sont mondiaux.

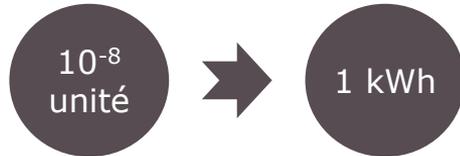
# SIMAPRO : Un outil d'analyse de cycle de vie appliqué au mix électrique

## Données

### Scénario BP pour une année



### Ecoinvent, inventaires agrégés



Exemple

## Méthode

Inventaire par défaut  
Ecoinvent

Unité fonctionnelle : 1kWh  
Flux utilisés pour le cycle  
de vie des centrales de  
production



Bilan énergétique

17 filières de production électrique

Inventaire du cycle de vie du système électrique



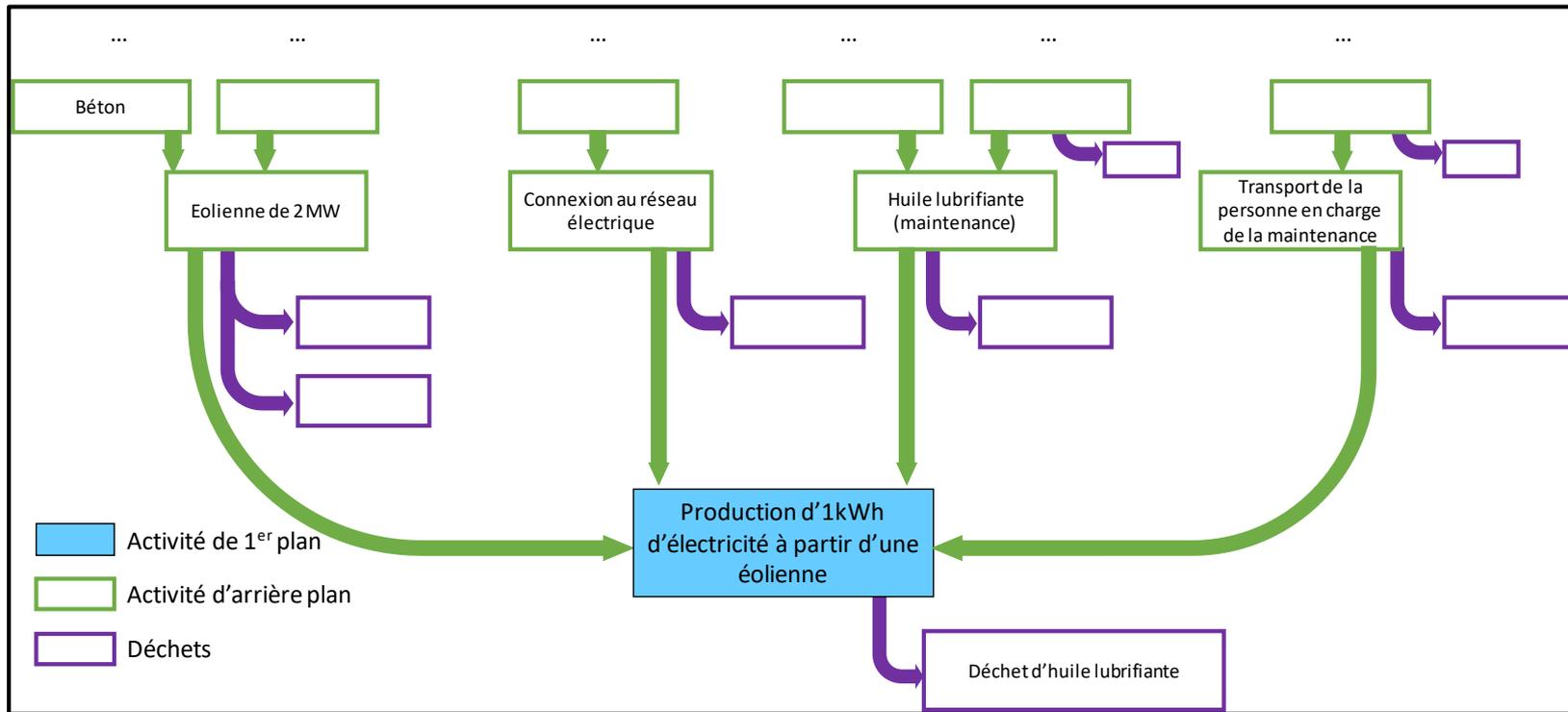
Matrice des facteurs de caractérisations de 16 indicateurs d'impacts environnementaux



Evaluation des impacts

# Inventaire cycle de vie de la production d'1kWh à partir d'une éolienne (*Ecoinvent*)

2



# BRIGHTWAY2 : Un outil d'analyse de cycle de vie qui permet d'adapter le modèle

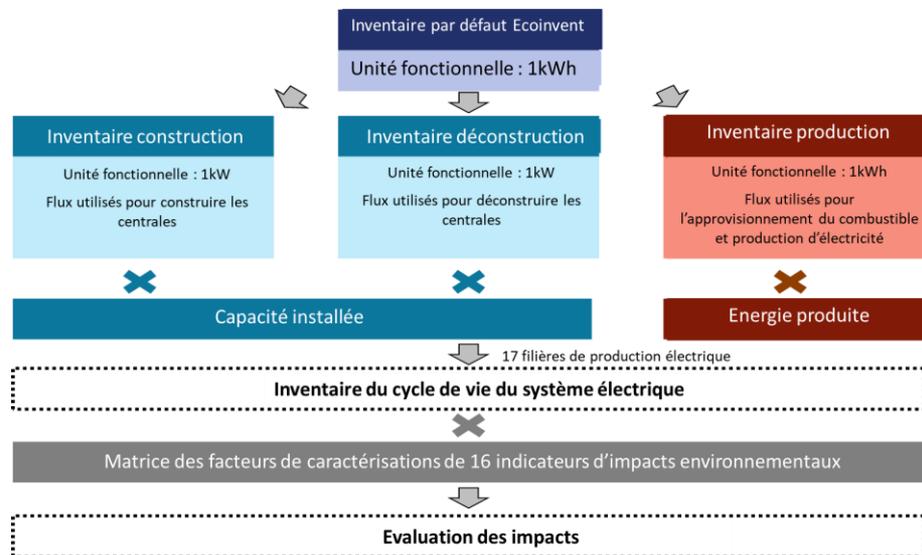
## Données

### Scénario BP pour une année



*Ecoinvent, inventaires*

## Méthode



16 Indicateurs ILCD Handbooks (recommandés par la commission européenne)

**Climate change**  
climate change

**Ressources**  
dissipated water  
fossils  
land use  
minerals and metals

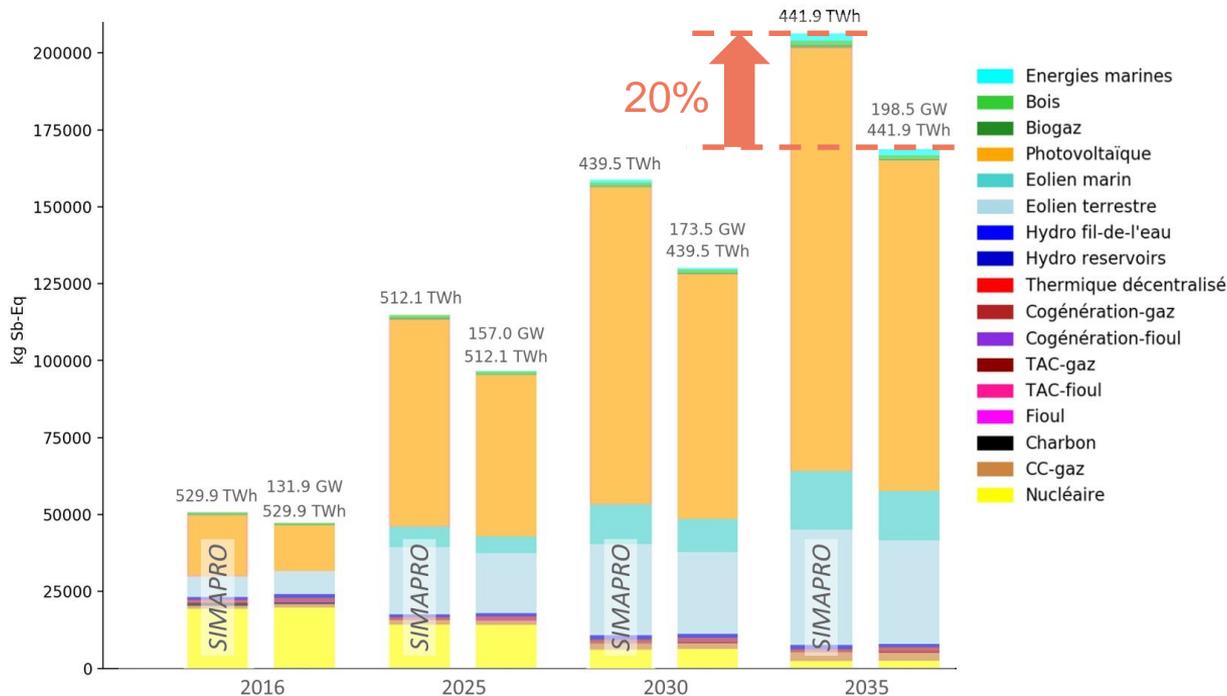
**Human health**  
carcinogenic effects  
ionising radiation  
non-carcinogenic effects  
ozone layer depletion  
photochemical ozone creation  
respiratory effects inorganics

**Ecosystem quality**  
Freshwater and terrestrial acidification  
freshwater ecotoxicity  
freshwater eutrophication  
marine eutrophication  
terrestrial eutrophication

## 3.2

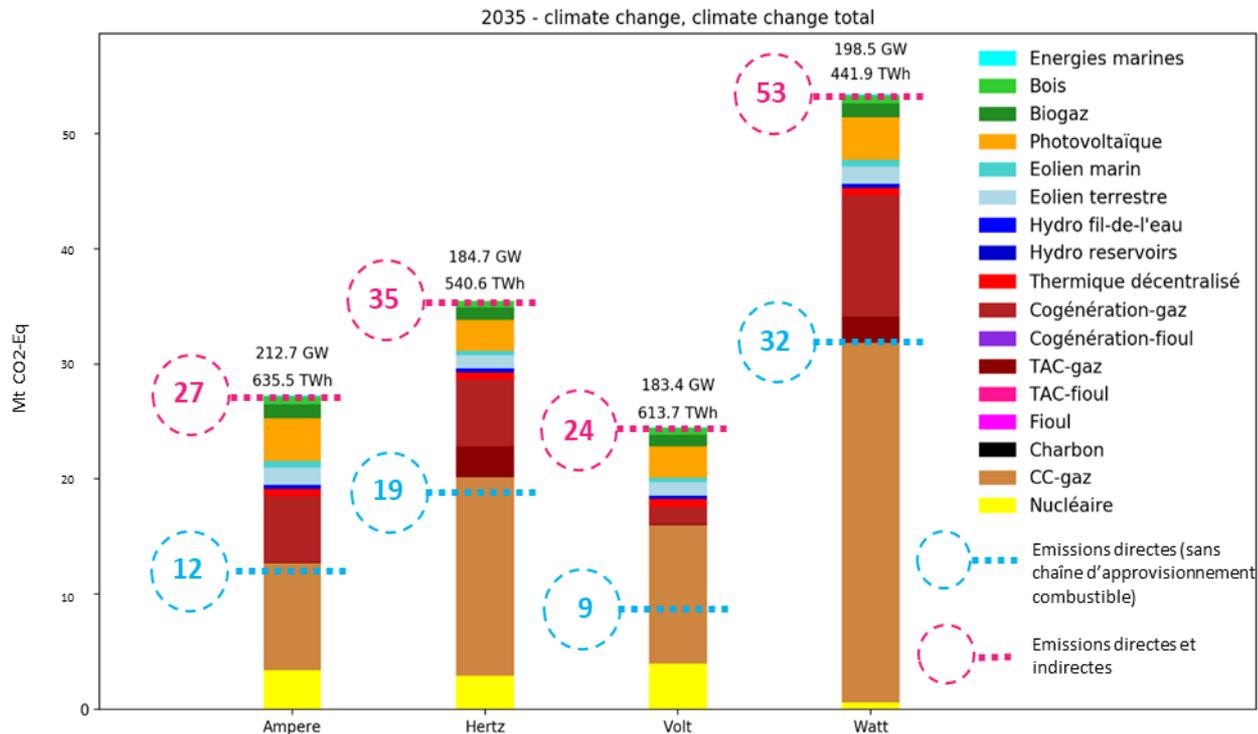
# Résultats sur l'impact environnemental des scénarios du BP 2017

# Comparaison entre l'outil SIMAPRO et la méthode développée par RTE pour l'indicateur « minéraux et métaux »



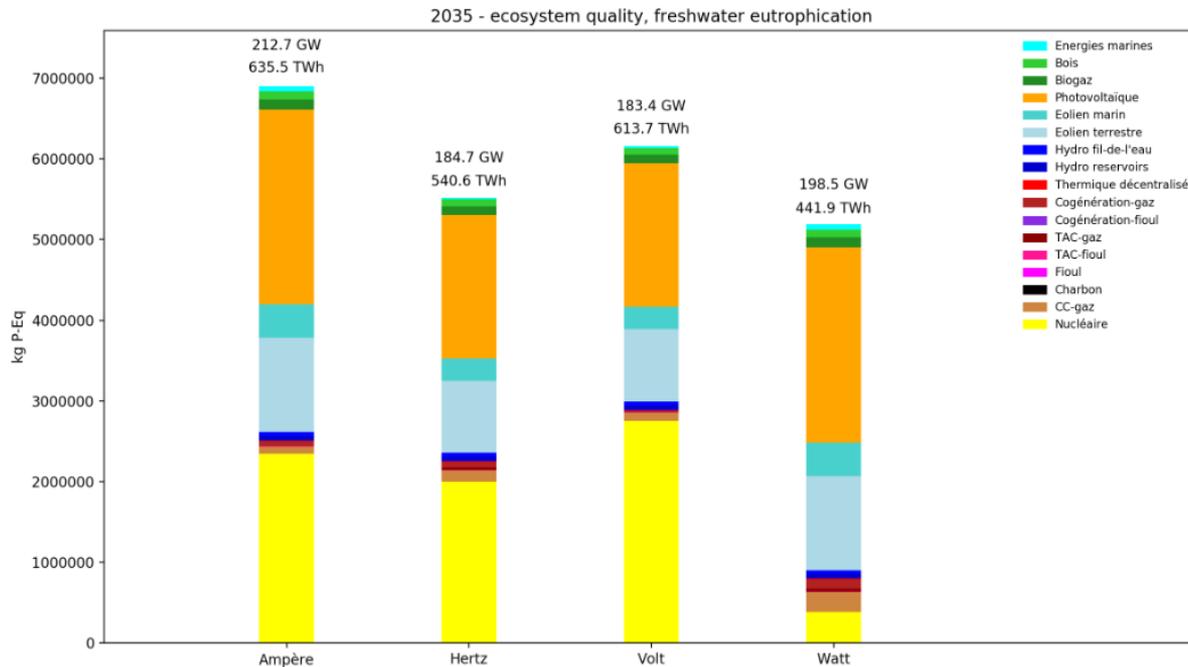
- Hypothèses d'entrées identiques
- La méthode développée par RTE se distingue la part variable liée à la production électrique simulée sur le scénario, de la part fixe liée au développement des infrastructures

# Comparaison des scénarios en 2035 pour l'indicateur « changement climatique »



➤ Les émissions de gaz à effet de serre peuvent être aussi issues des phases de construction ou de préparation et transport du combustible

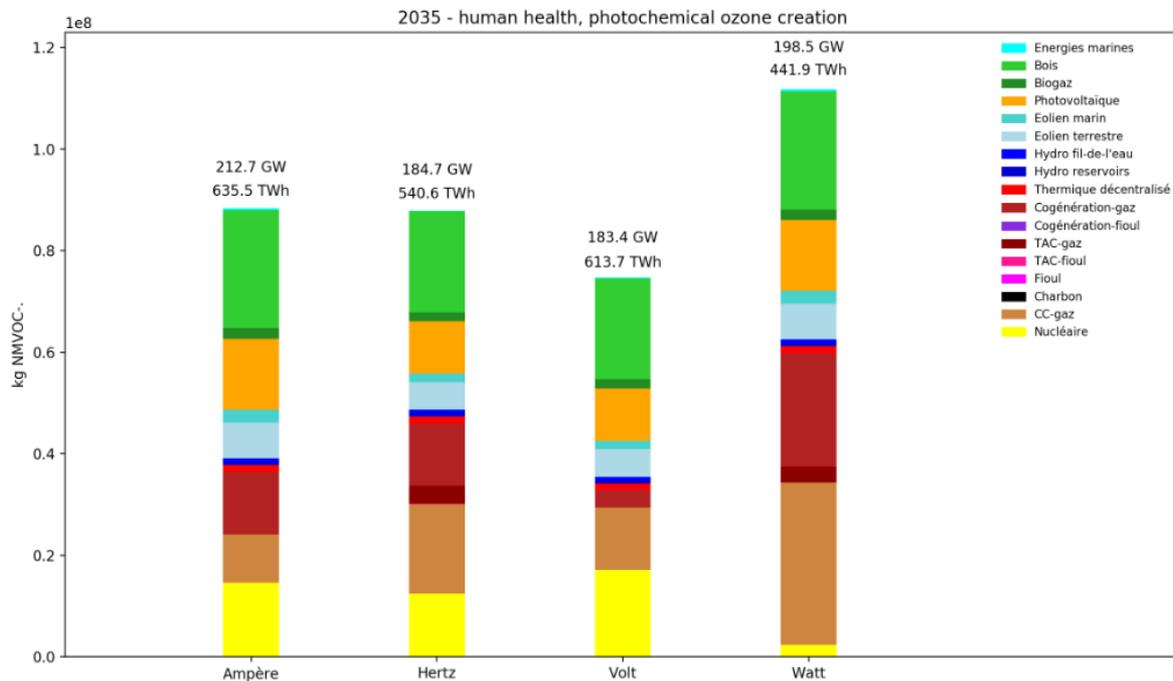
➤ Quelque soit le scénario les filières thermiques restent les sources principales des émissions de gaz à effet de serre



Les rejets de phosphate sont à l'origine de l'impact potentiel

- procédé du traitement des déchets du combustible (nucléaire)
- procédé de fabrication des composants (photovoltaïque)
- procédé des centrales de raffinerie du carburant servant au transport des composants (éolienne)

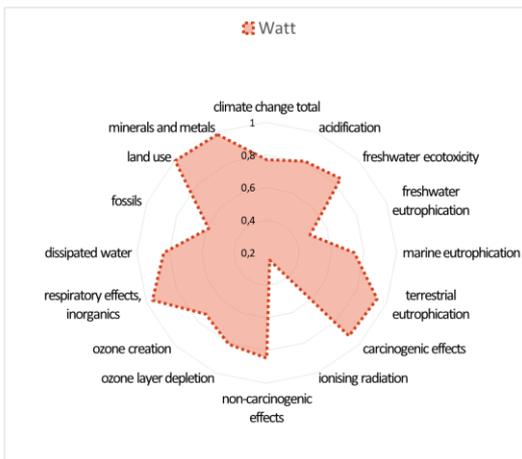
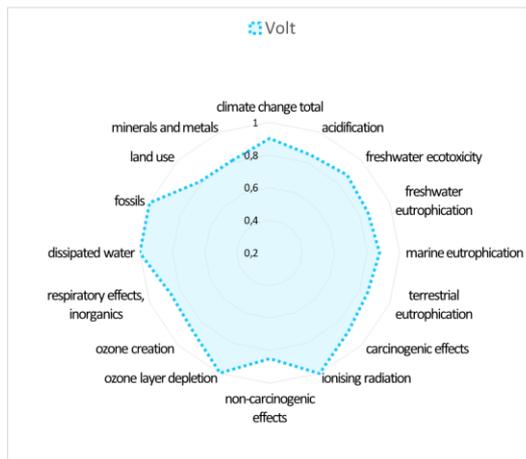
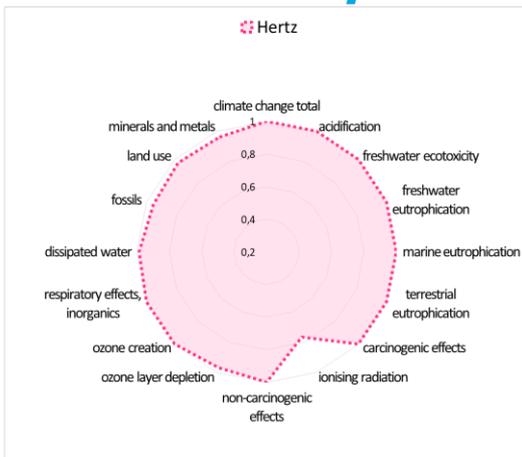
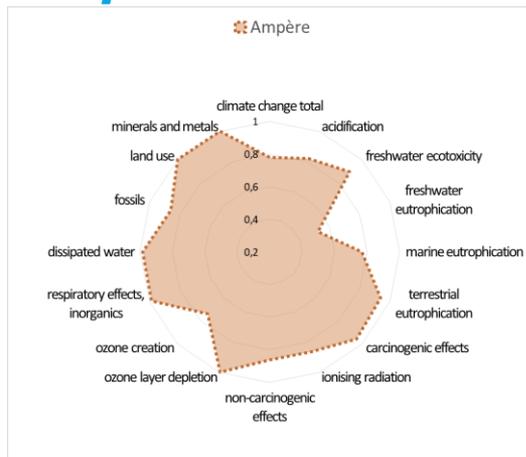
# Comparaison des scénarios en 2035 pour l'indicateur « ozone photochimique »



➤ Les émissions de polluants atmosphériques sont à l'origine de l'impact potentiel

- procédé d'extraction du combustible (gaz et nucléaire)
- procédé de fabrication des composants (photovoltaïque)
- procédé transport de composants ou combustible (éolienne, gaz)
- Procédé de production d'électricité (bois et gaz)

# Comparaison des scénarios en 2035 pour tous les indicateurs



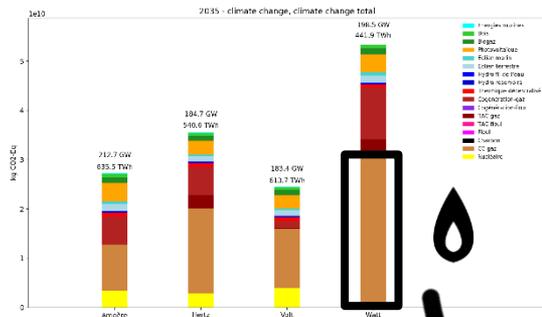
➤ L'approche multicritère ne permet pas la hiérarchisation des scénarios

➤ Approche plus complète pour une Aide à la décision

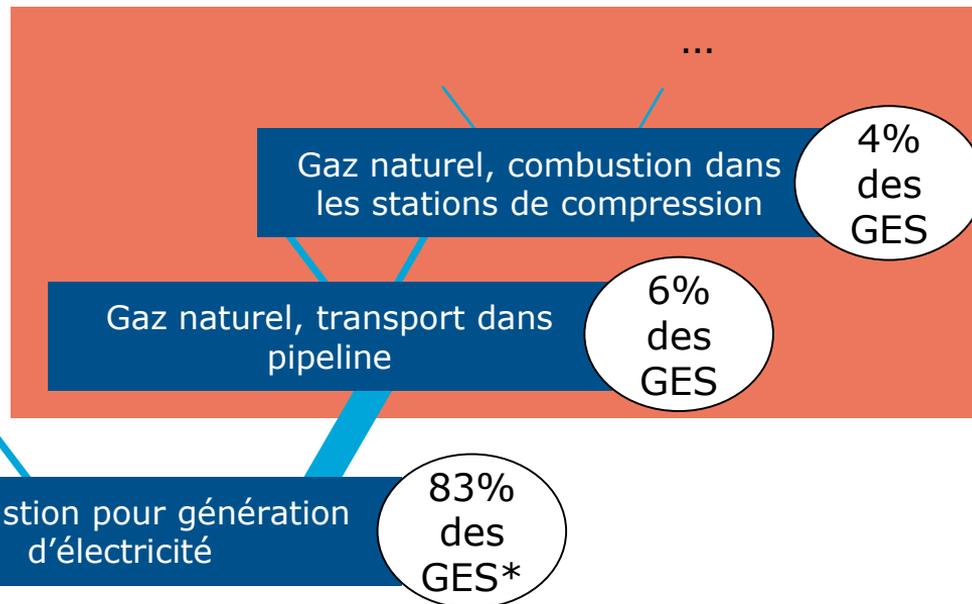
## 3.3

# Enseignements issus de l'étude pilote

# Enseignement n°1 : l'analyse permet d'évaluer l'impact de chaque filière de production à chaque étape du cycle de vie



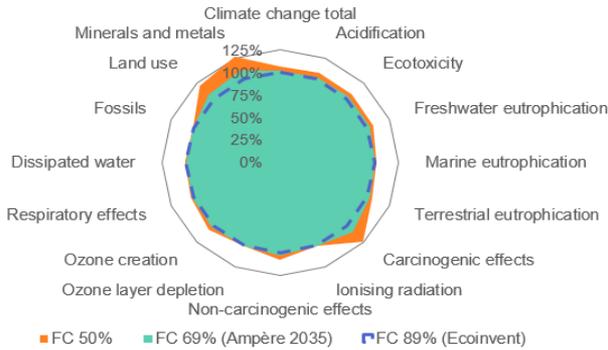
ACV



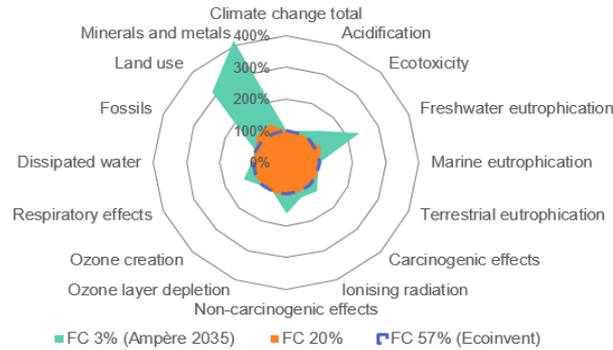
Exemple de la filière gaz

# Enseignement n°2 : la prise en compte explicite du facteur de charge a un impact de premier ordre

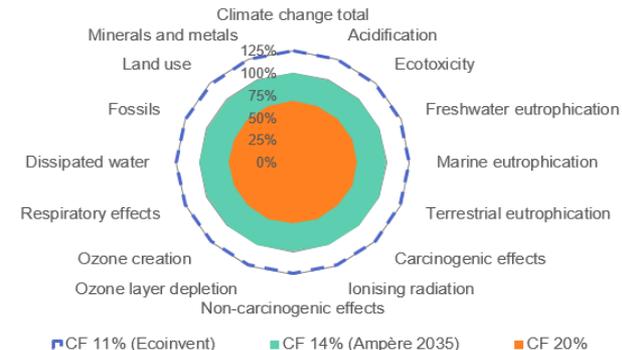
## Nucléaire



## Cycle combiné Gaz



## Photovoltaïque



Impact potentiel moyen du facteur de charge pour 1kWh généré par 3 filières selon 16 indicateurs

- Une majorité d'indicateurs sensibles à la phase d'exploitation
- Facteur de charge peu influent
- Indicateurs sensibles tantôt à la phase d'exploitation tantôt à la phase d'infrastructure
- Facteur influent selon les indicateurs
- Tous les indicateurs sensibles à la phase d'infrastructure
- Facteur de charge grande influence

## Enseignement n°3 : l'exercice requiert une base de données environnementales précise et adaptée pour illustrer l'analyse de scénarios de manière pertinente



Eoliennes offshore

Profondeur mer

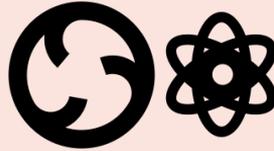
Peu profonde

DK

Profonde

FR

Fournisseur



Enrichissement uranium

Technologie

Diffusion gazeuse

US

Centrifugation

FR

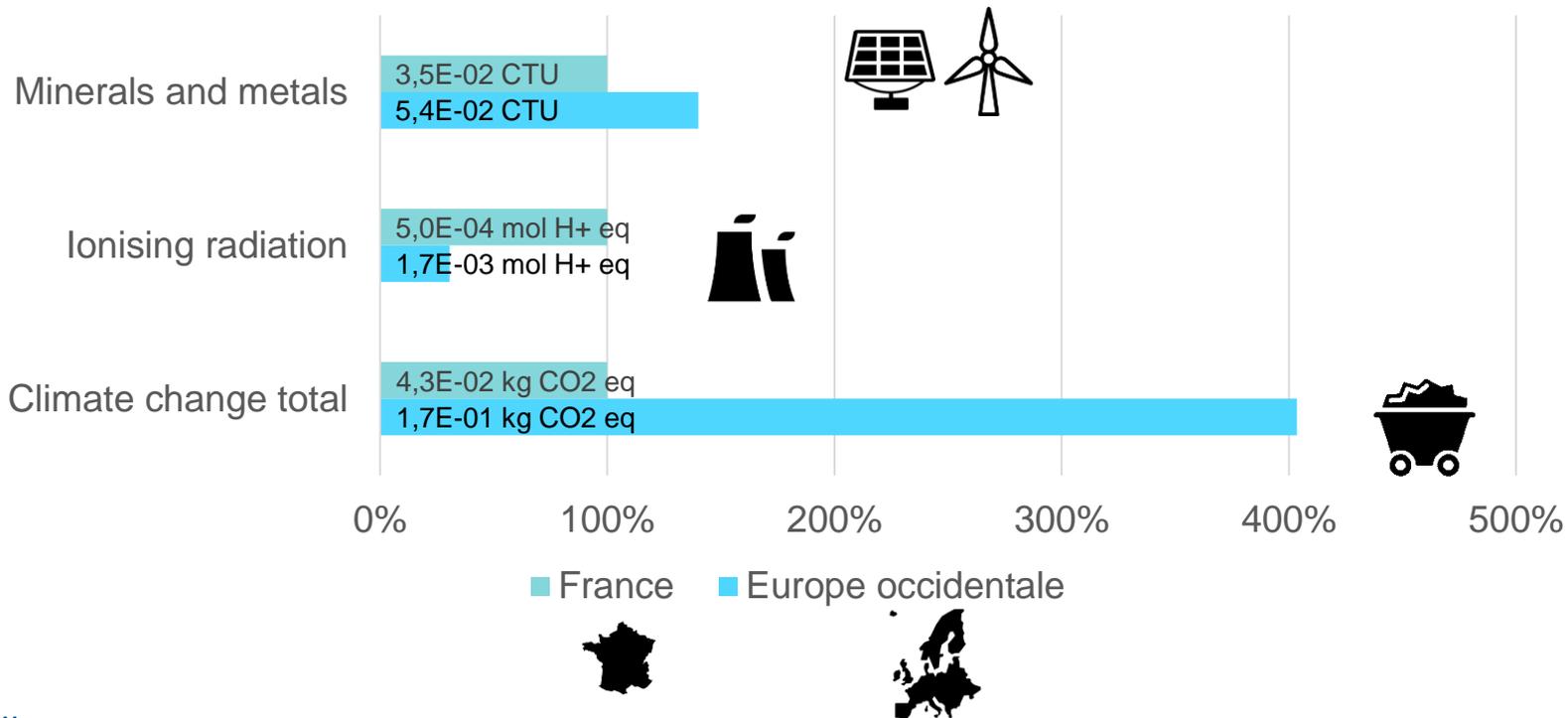
- Base de données Ecoinvent



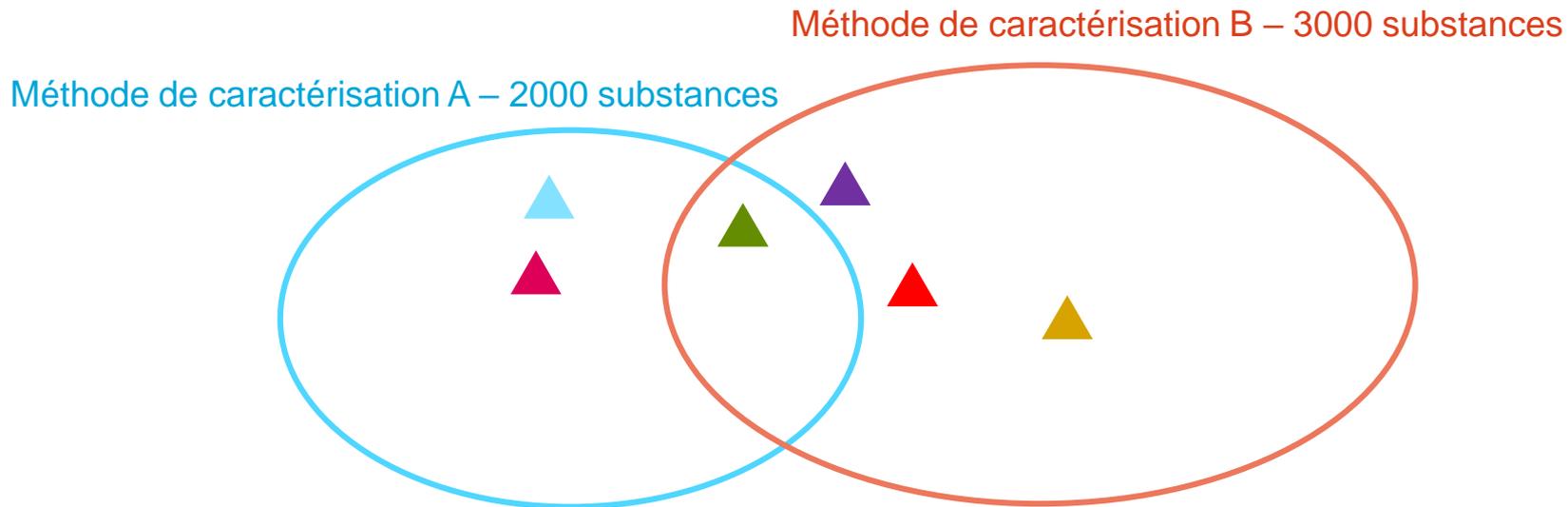
- Affiner les données par filière type :
  - Filière éolienne
  - Filière photovoltaïque
  - Filière nucléaire
  - Filière biogaz
  - Filière cycle combiné gaz
  - ...

# Enseignement n°4 : les résultats sont très sensibles au périmètre géographique d'étude

Impact potentiel d'1kWh à la maille française et à la maille europe occidentale, pour le scénario Ampère



# Enseignement n°5 : les résultats sont sensibles aux méthodes de caractérisation des indicateurs



Procédé 1 :  

Procédé 2 :    



4

# Récapitulatif et pistes méthodologiques pour l'analyse environnementale

# Méthode et hypothèses retenues pour l'analyse environnementale des mix de production

- **Frontière du système étudié**

Périmètre sectoriel

**Mix de  
production  
électrique**

Périmètre géographique



Centré sur le  
système électrique  
français...



...mais avec un  
éclairage sur les  
effets à l'échelle  
du mix européen

- **Méthode et source de données** retenues

→ Méthode développée par RTE sous Brightway2 (logiciel open source) à partir de la **base de donnée Ecoinvent** enrichie autant que possible

ILCD Handbook, (International Reference Life Cycle Data System)

**Climate change**  
climate change ●

**Ressources**  
dissipated water ●  
fossils ●  
land use ●  
minerals and metals ●

**Human health**

carcinogenic effects ●  
ionising radiation ●  
non-carcinogenic effects ●  
ozone layer depletion ●  
photochemical ozone creation ●  
respiratory effects inorganics ●

**Ecosystem quality**

freshwater and terrestrial acidification ●  
freshwater ecotoxicity ●  
freshwater eutrophication ●  
marine eutrophication ●  
terrestrial eutrophication ●

- Une analyse selon 16 indicateurs
- Comparaison des résultats avec d'autres méthodes de caractérisation pour les indicateurs de robustesse > I

	Robustesse
●	I
●	II
●	II/III
●	III



# Suite des travaux

## Suite des travaux et prochaines étapes

- Le document de cadrage sur l'analyse environnementale des scénarios du Bilan prévisionnel sera publié sur le site de la concertation
- Les retours sur les éléments présentés aujourd'hui sont les bienvenus

Points de contact : Olivier HOUVENAGEL, Mathilde GRESSET-BOURGEOIS  
ou via l'adresse mail [rte-concerte-bp@rte-france.com](mailto:rte-concerte-bp@rte-france.com)

- Plusieurs autres groupes de travail seront menés dans les prochaines semaines (coûts et technologies, flexibilité, fonctionnement du système électrique...). Une consultation publique sur le cadrage et les hypothèses des scénarios sera par ailleurs menée au printemps.
- **La prochaine réunion du groupe de travail** aura lieu dans les prochains mois. Elle portera a priori sur les éléments remontés au cours de la concertation et de la consultation publique et sur les prolongements identifiés aujourd'hui (sur le choix du périmètre, les analyses de sensibilité...)



concerte.fr  
LE SITE DE CONCERTATION DES CLIENTS DE RTE