



Futurs énergétiques 2050 : Point d'étape sur l'analyse environnementale des scénarios

GT6 « environnement » - 3^{ème} réunion de concertation

13 juillet 2021



Ordre du jour

- Introduction : rappel du cadrage général
- Retour sur les données d'entrée et le paramétrage pour les analyses de cycle de vie (empreinte carbone et ressources minérales)
- Point d'étape de l'analyse sur les émissions de gaz à effet de serre

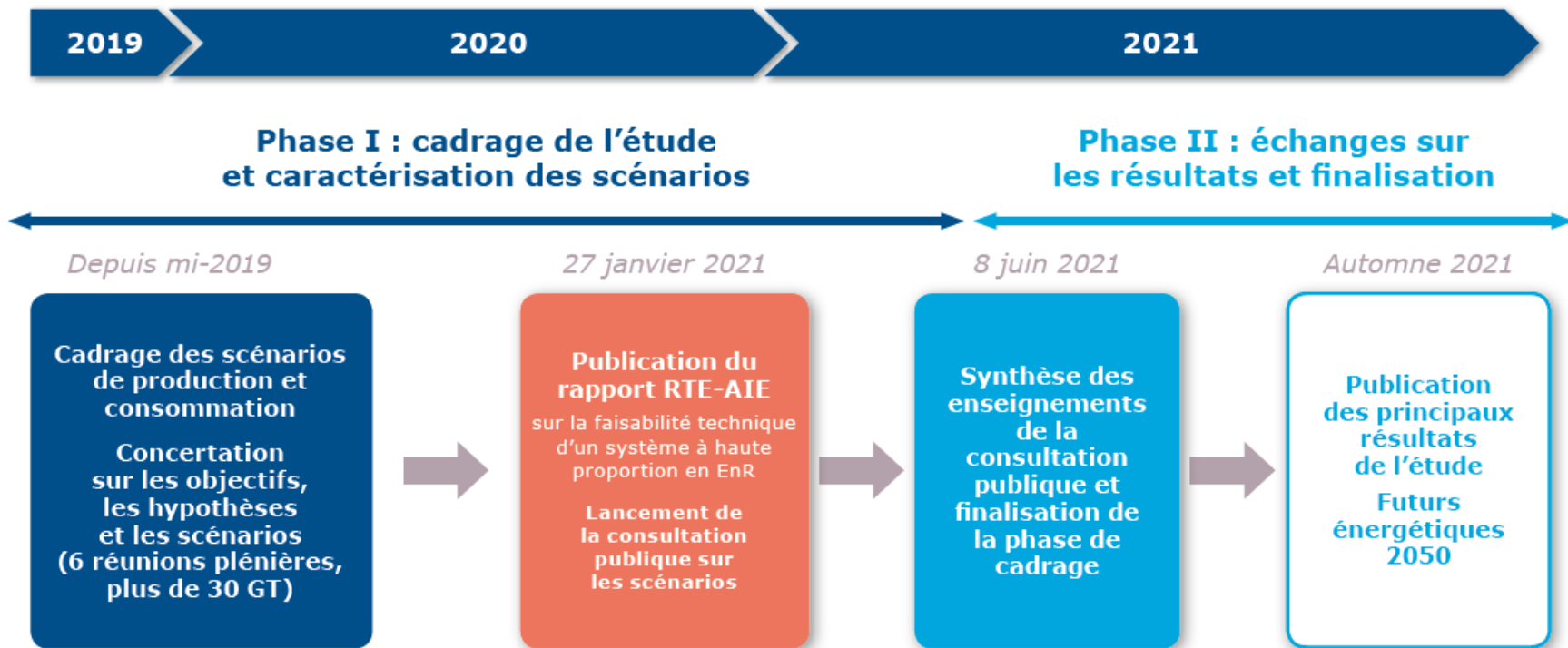
Questions/Réponses

- Point d'étape de l'analyse sur les ressources minérales
- Cadrage pour l'évaluation sur l'occupation et l'usages des sols du système électrique

Questions/Réponses



Introduction : rappel du cadrage sur l'élaboration des scénarios 2050 et l'analyse environnementale



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 contributions qui a permis de recueillir les avis et propositions de très nombreuses parties prenantes

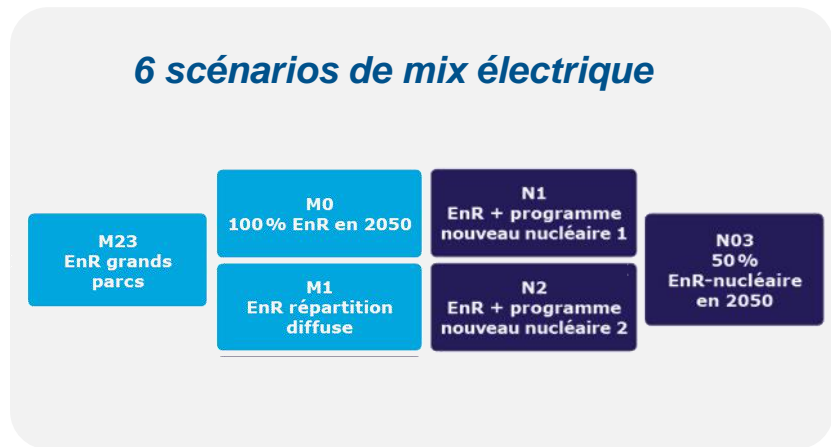


Exemples :

- GT1 « référentiel climatique »
- GT2 « consommation »
- GT3 « cadrage et scénarisation »
- GT4 « interfaces électricité et autres vecteurs »
- GT5 « dynamiques sociétales »
- **GT6 « environnement »**
- GT7 « flexibilités »
- GT8 « fonctionnement du système électrique »
- GT9 « coûts »

→ **3^{ème} réunion aujourd'hui**

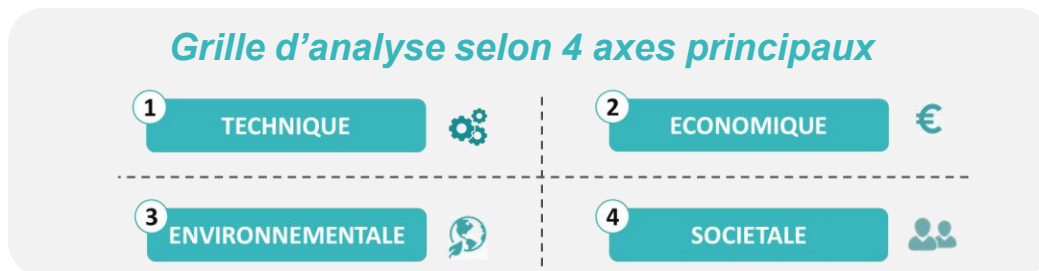
Le cadrage d'ensemble de l'étude à l'issue de la phase I



+



+



Production : les 6 scénarios principaux

- Nucléaire existant ■ Nouveau nucléaire ■ Eolien terrestre
- Eolien en mer ■ Photovoltaïque ■ Thermique
- Hydraulique ■ Bioénergies ■ SMR
- Hydrolien

Production en 2050

Capacités installées en 2050

	M0 100% EnR en 2050	M1 EnR diffuses sur le territoire	M23 EnR grands parcs	N1 EnR + programme nouveau nucléaire 1	N2 EnR + programme nouveau nucléaire 2	N03 50% EnR – nucléaire en 2050
Production en 2050						
Capacités installées en 2050	<p> Photovoltaïque : ~208 GW (Soit x21)</p> <p> Eolien terrestre : ~74 GW (soit x4)</p> <p> Eolien en mer : ~62 GW</p> <p> Autres EMR : ~3 GW</p> <p> Nucléaire existant : 0 GW</p> <p> Nouveau nucléaire : 0 GW</p>	<p> Photovoltaïque : ~200 GW (Soit x20)</p> <p> Eolien terrestre : ~57 GW (soit x3,5)</p> <p> Eolien en mer : ~45 GW</p> <p> Autres EMR : ~1 GW</p> <p> Nucléaire existant : 16 GW</p> <p> Nouveau nucléaire : 0 GW</p>	<p> Photovoltaïque : ~125 GW (Soit x11)</p> <p> Eolien terrestre : ~72 GW (soit x4,2)</p> <p> Eolien en mer : ~60 GW</p> <p> Autres EMR : ~3 GW</p> <p> Nucléaire existant : 16 GW</p> <p> Nouveau nucléaire : 0 GW</p>	<p> Photovoltaïque : ~110 GW (Soit x9)</p> <p> Eolien terrestre : ~55 GW (soit x3,3)</p> <p> Eolien en mer : ~45 GW</p> <p> Autres EMR : 0 GW</p> <p> Nucléaire existant : 16 GW</p> <p> Nouveau nucléaire : 13 GW (soit 8 EPR)</p>	<p> Photovoltaïque : ~90 GW (Soit x8)</p> <p> Eolien terrestre : ~52 GW (soit x2,7)</p> <p> Eolien en mer : ~36 GW</p> <p> Autres EMR : 0 GW</p> <p> Nucléaire existant : 16 GW</p> <p> Nouveau nucléaire : 23 GW (soit 14 EPR)</p>	<p> Photovoltaïque : ~70 GW (Soit x6)</p> <p> Eolien terrestre : ~43 GW (soit x2,7)</p> <p> Eolien en mer : ~22 GW</p> <p> Autres EMR : 0 GW</p> <p> Nucléaire existant : 24 GW</p> <p> Nouveau nucléaire : 28 GW (soit 14 EPR + quelques SMR)</p>

Hydraulique : ~29 GW

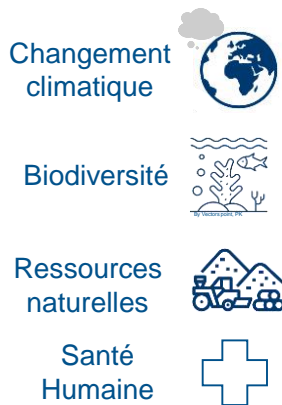
Bioénergie : ~2 GW

Thermique : selon résultats simulations

Flexibilités : selon résultats simulations

Une grille d'analyse environnementale des scénarios selon quatre volets d'analyse

Les **enjeux environnementaux** associés aux différents scénarios d'évolution du système électrique et des usages de l'électricité seront restitués en partie grâce à des **indicateurs quantitatifs**, chacun présentant des implications multiples :



- 1 Les émissions du système électrique et des usages
- 2 Ressources minérales
- 3 L'occupation et l'usage des sols
- 4 Volume de déchets nucléaires

Des indicateurs qui couvrent de manière **non exhaustive** l'ensemble des enjeux environnementaux mais se concentrent sur les principales questions actuelles du **débat public**

Retour sur la dernière concertation et consultation publique : un intérêt partagé pour l'analyse d'enjeux multiples au-delà des émissions de GES et ...



Des **interrogations sur les données** en cycle de vie actuelles (photovoltaïque en particulier) et projetées à long terme



Des **modèles paramétrés** pour consolider les données de cycle de vie des différentes technologies et leurs évolutions possibles à long terme et renforcement de la **transparence sur les données**



Des **demandes ponctuelles** : traitement des déchets de toutes les technologies, prise en compte de la ressource fossile, renouvellement des capacités,...



Facilement intégrables grâce aux outils et bases de données utilisés et développés pour l'analyse des émissions de gaz à effet de serre et ressources minérales

Des **demandes d'élargissement**

- Ressource en eau, biomasse, combustibles fossiles
- Impacts sur la biodiversité (objectif zéro perte nette de biodiversité, services écosystémiques, fractionnement des espaces naturels...)
- Empreinte territoriale



Pourront être l'objet de **prolongements** au-delà de l'exercice actuel compte tenu de leur complexité et du planning du projet



Des demandes d'analyse sur les variantes de consommation



Analyse à l'étude sur les variantes « électrification haute » et « sobriété »

1

Les émissions du système électrique et des usages

- Quelle **empreinte carbone** (en cycle de vie) de l'électricité ?
- Quelle évolution des **émissions directes et indirectes des usages** dans le secteur des transports, du chauffage et de la production d'hydrogène (selon les variantes de consommation) ?

2

Les ressources minérales

- La transition du système électrique et l'électrification des usages entraînent-ils un **accroissement significatif de la demande en métaux et minéraux** ?
- L'accroissement de la demande crée-t-il un **problème d'approvisionnement** en matériaux critiques ?

3

L'occupation et l'usage des sols

- Quelles sont les **surfaces nécessaires** au système électrique ?
- Quels impacts en matière d'**artificialisation et d'imperméabilisation** ?
- Quels sont les enjeux du développement des infrastructures électriques dans les **territoires vis-à-vis des autres usages** ?

4

Le volume de déchets et matières radioactives

- Quels impacts des choix de mix électrique sur le **cycle de vie du combustible** et le volume de **déchets nucléaires** à traiter ?
- Quelles conséquences en matière d'**infrastructures de stockage et de traitement** des déchets ?



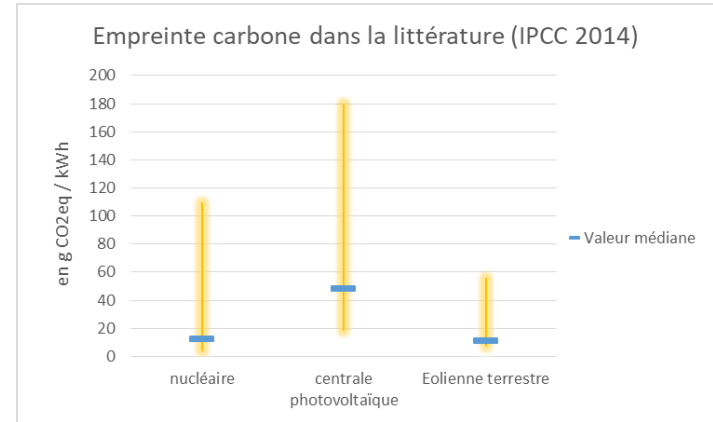
2

Retour sur les données d'entrée et le paramétrage pour les analyses de cycle de vie (empreinte carbone et ressources minérales)

Le développement des modèles paramétrés permet de passer d'une donnée rigide à une donnée adaptable à la situation d'étude

Un certain nombre de données sur l'empreinte carbone et les ressources minérales sont disponibles (littérature, ecoinvent, base carbone ADEME, etc.), offrant une plage de valeurs plus ou moins grande selon les technologies. En effet, **chacune de ces données est figée** et correspond :

- à une situation particulière,
- pour une technologie,
- à une date précise,
- dans une zone géographique définie,
- etc.

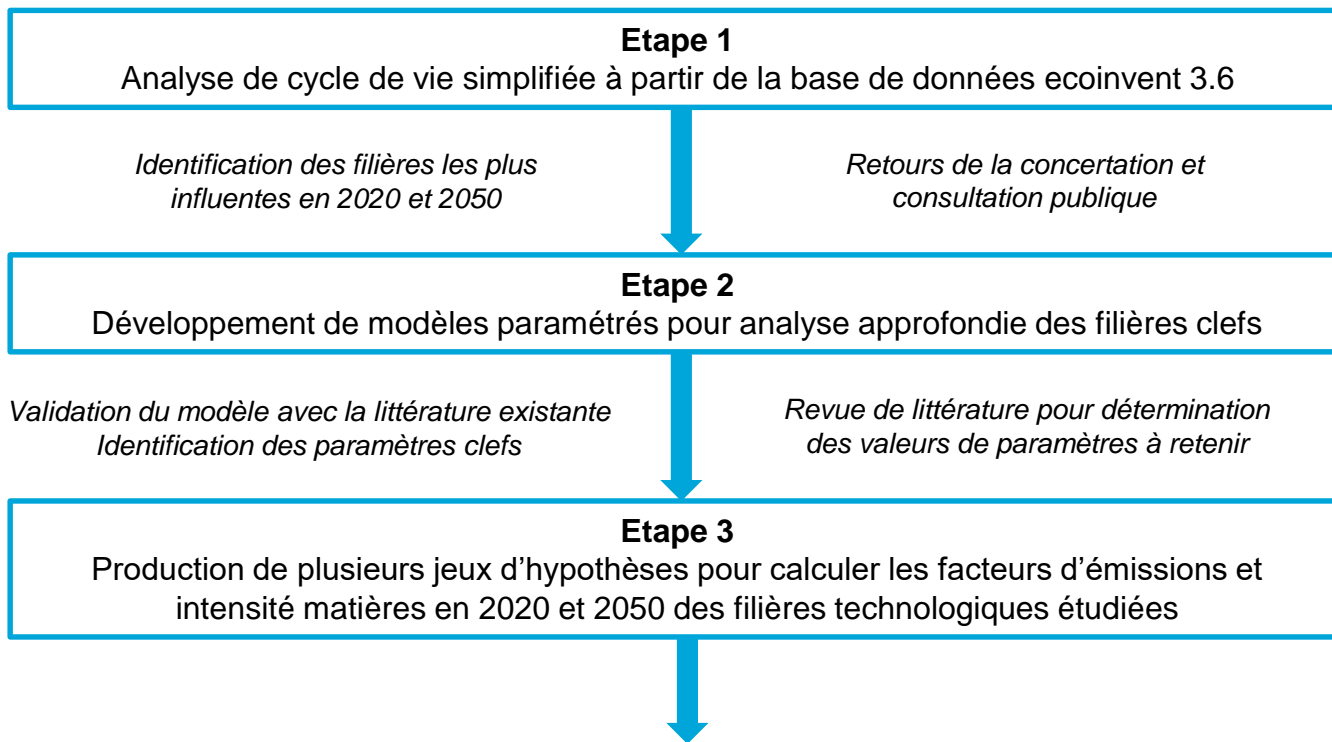


Dans le cadre des Futurs énergétiques 2050, des **modèles paramétrés*** ont été développés avec le centre de recherche OIE MINES ParisTech afin de disposer d'un jeu de données par filière qui soit adaptable :

- aux **technologies** du système électrique et des usages,
- à la zone géographique de l'utilisation mais aussi de la fabrication
- à l'**horizon temporel** d'étude

* Les modèles paramétrés ont été développés par des outils issus du projet **INCER-ACV**, soutenu par l'ADEME

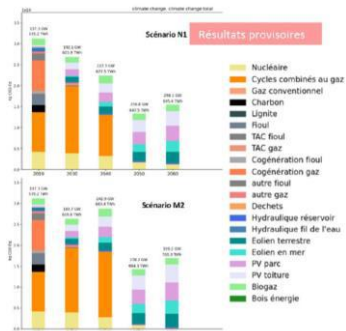
Une démarche en plusieurs étapes pour disposer des hypothèses et données d'entrée robustes et transparentes



Utilisation des **facteurs d'émissions carbone** et **intensité matières** pour l'analyse des scénarios

Etape 1 : analyse en cycle de vie simplifiée à partir de la base de données ecoinvent 3.6

ACV simplifiée



Réunions de concertations précédentes et consultation publique



Les éléments **les plus influents** et/ou qui **font l'objet d'incertitudes**:

Photovoltaïque

Nucléaire

Batteries

Éolienne terrestre

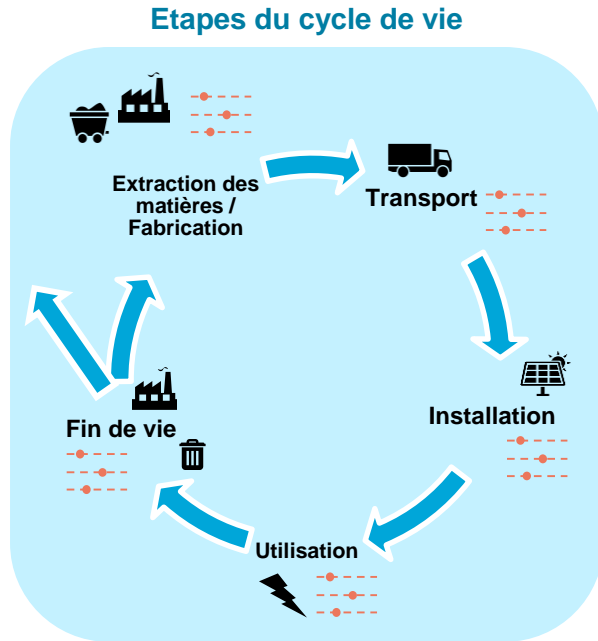
Centrale au gaz
biométhane

Production d'hydrogène

Éolienne en mer

Etape 2 : développement de modèles paramétrés pour analyse approfondie des filières clefs

Un certain nombre de paramètres sont définis et introduits dans un jeu de données existant aux différentes étapes de cycle de vie de l'installation étudiée



Avec un seul modèle, plusieurs **jeux de données robustes et transparents** correspondant à différents paramétrages sur les différentes étapes du cycle de vie

Des analyses statistiques qui permettent d'identifier les **paramètres influents**

Etape 3 : production de plusieurs jeux d'hypothèses pour calculer les facteurs d'émissions et intensité matières en 2020 et 2050 des filières technologiques étudiées

2020

Les paramètres retenus pour les modèles de 2020 correspondent à l'état moyen des technologies installées aujourd'hui

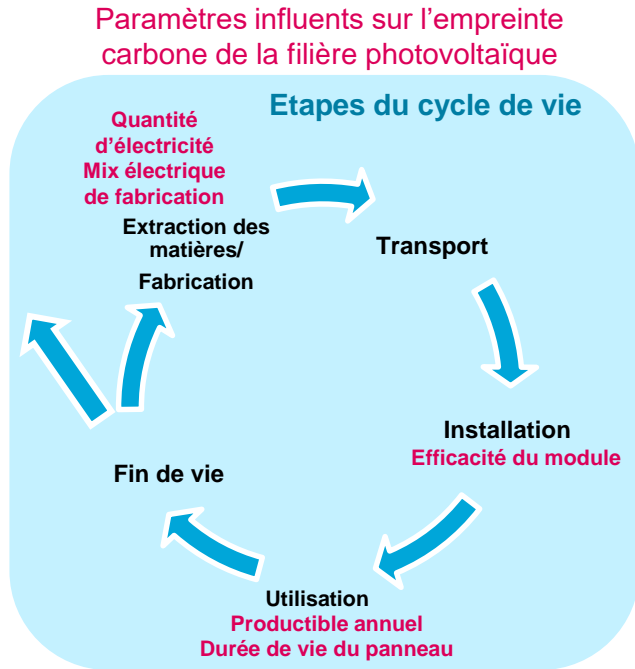
2050

Les incertitudes concernant l'état des technologies en 2050 conduit à proposer 3 jeux de données différents :

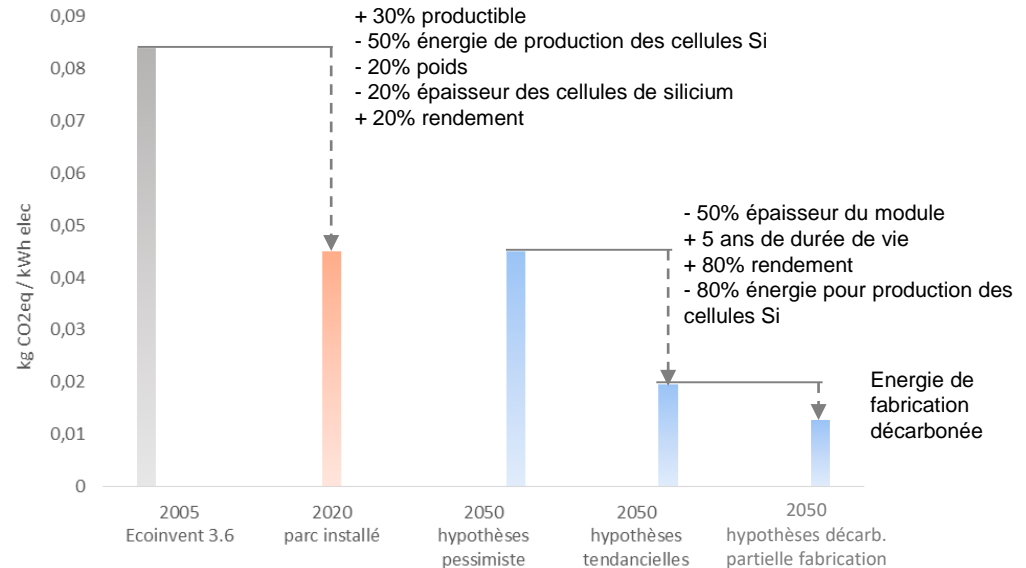
- « **pessimiste** » qui ne suppose aucune évolution technologique des filières, ni baisse d'empreinte carbone de l'énergie dans le monde. Seule la décarbonation du gaz en France est prise en compte.
- « **tendancielle** » qui prend en compte les évolutions technologiques prévues vue d'aujourd'hui, sans supposer de baisse de l'empreinte carbone de l'énergie dans le reste du monde.
- « **décarbonation partielle de la fabrication** » qui reprend la situation « tendancielle » à laquelle s'ajoute des hypothèses de baisse de l'empreinte carbone de l'énergie dans certaines phases de fabrication des infrastructures

Illustration du modèle paramétré pour la filière photovoltaïque

Le modèle paramétré d'ACV permet de faire évoluer le facteur d'émissions des technologies de production (e.g. PV) et de considérer différents scénarios d'évolution associés à des paramètres spécifiques

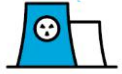


Effet de différents paramètres sur le facteur d'émission du PV



➔ L'empreinte carbone de la filière photovoltaïque a été divisée par deux depuis 2005 et pourrait encore baisser

Selon les technologies, les paramètres structurants de l'empreinte peuvent différer et sont pris en compte dans le modèle



- **Nucléaire** : le type d'enrichissement (par diffusion gazeuse ou centrifugeuse) ainsi que l'intensité carbone de l'électricité utilisée pour cet enrichissement



- **Eolienne terrestre et en mer** : la durée de vie, le facteur de charge, la part d'acier recyclé



- **Gaz/biométhane** : rendement de la centrale, fuites de méthane, part de biométhane dans le mix, stockage ouvert/fermé des intrants



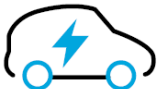
- **Bois** : type de gestion du bois (durable ou non), rendement de la centrale



- **Batteries** : type de technologie, intensité carbone de l'électricité à la fabrication et à l'usage, quantité d'énergie à la fabrication, densité énergétique



- **Hydrogène** : type de technologie, origine de l'électricité (électrolyse)



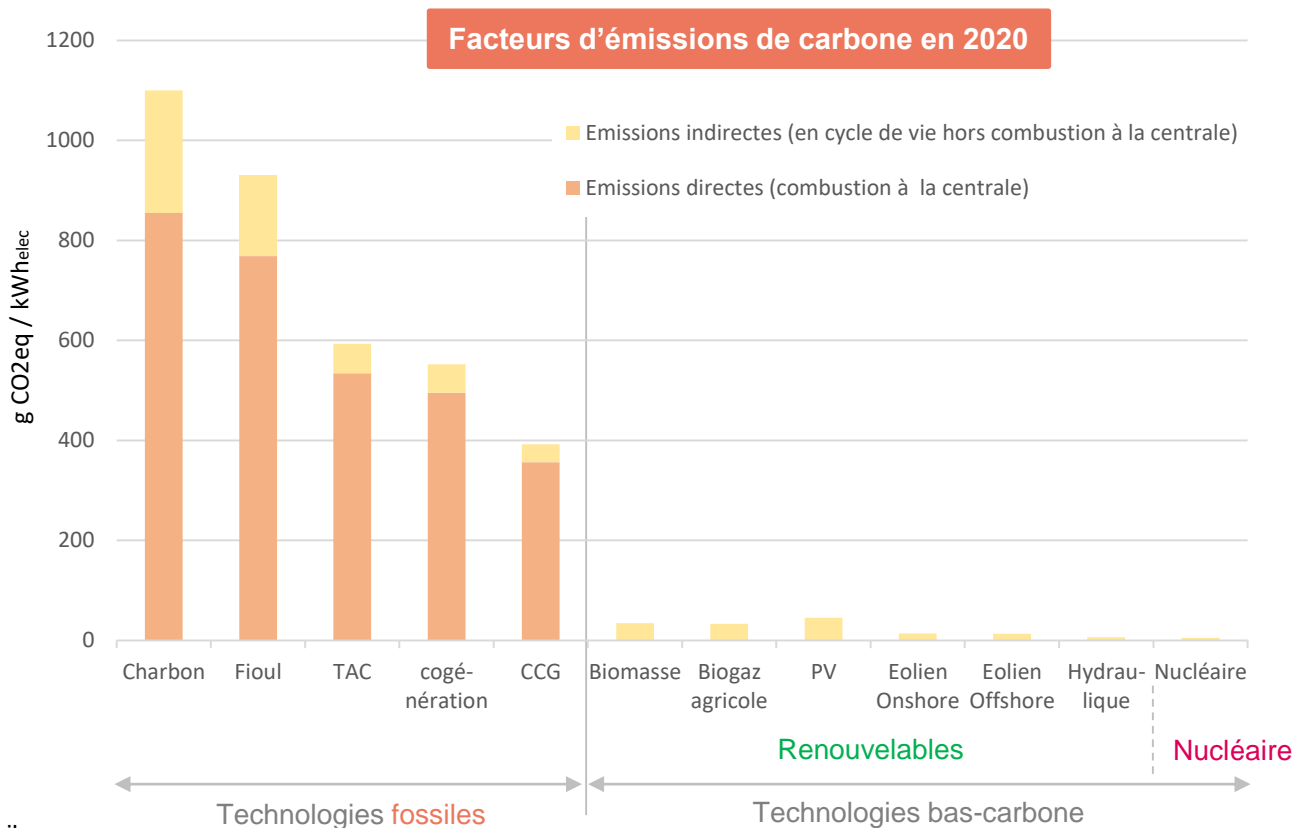
- **Mobilité** (voiture électrique) : taux de remplissage, intensité carbone de l'électricité à la fabrication et à l'usage, consommation, capacité de la batterie et les paramètres de influents de la batterie

Dès aujourd'hui, les facteurs d'émissions moyens des technologies fossiles et bas-carbone sont clairement différenciés

L'impact des technologies **fossiles** est porté par les émissions à la **combustion de la centrale**, complétées des émissions sur l'amont du combustible.

Les émissions des technologies **renouvelables** ont lieu dans la phase de **fabrication de l'infrastructure**.

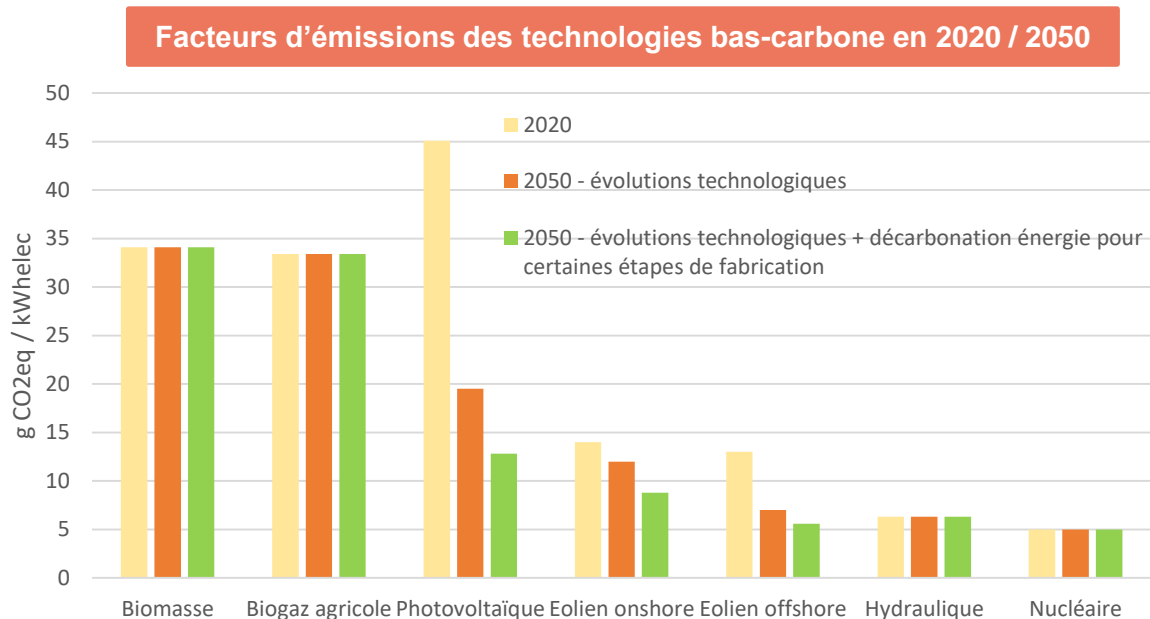
L'impact de la technologie **nucléaire** est essentiellement porté par la phase **amont et aval du combustible**.



L'empreinte carbone du photovoltaïque et de l'éolien tend à s'améliorer d'ici 2050

En 2050, une baisse de l'empreinte carbone du **PV** et de l'**éolien** qui tend vers les ordres de grandeur de l'hydraulique et du nucléaire :

- grâce aux évolutions technologiques
- qui pourraient être encore plus accentuées par la décarbonation de l'énergie sur le lieu de fabrication, mais qu'il convient de prendre avec prudence



N.B. : en 2050, toutes les technologies bas-carbone émettent 30 à 80 fois moins qu'une centrale à gaz fossile au meilleur rendement



3

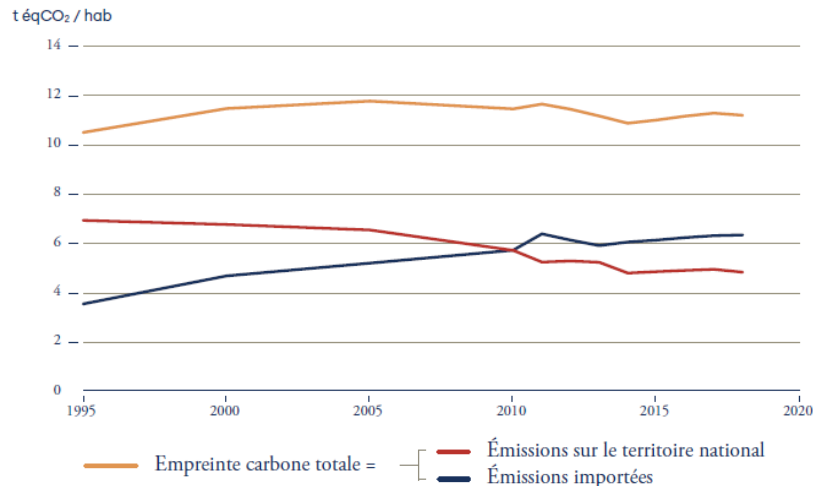
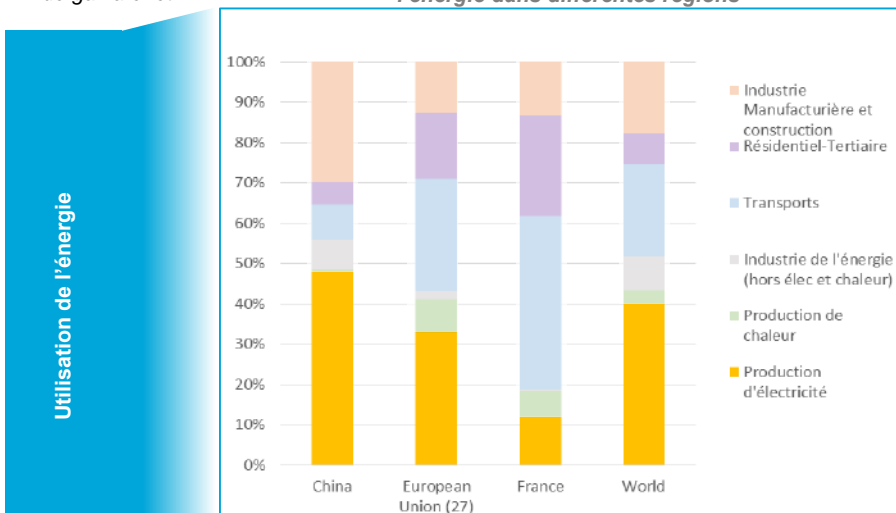
Point d'étape de l'analyse sur les émissions de gaz à effet de serre

La baisse des émissions carbone passe à la fois par la décarbonation des usages et la baisse des émissions importées

Emissions mondiales de gaz à effet

Emissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation de l'énergie dans différentes régions

Évolution dans le temps des émissions composant l'empreinte carbone de la France



Utilisation de l'énergie

Procédés industriels
Déchets
Agriculture

L'enjeu de décarbonation des émissions sur le territoire français se situe principalement sur **les usages**, dans le transport, l'industrie et le secteur des bâtiments (résidentiel-tertiaire), qui passe notamment par :

- la baisse de la demande en énergie grâce à l'efficacité énergétique et la sobriété
- l'électrification des usages

La lutte contre le changement climatique passe aussi par la baisse de l'empreinte carbone qui, en France, peine à diminuer du fait de l'augmentation des émissions importées. Une **analyse en empreinte carbone** pour l'électricité et les usages s'impose.

1. Emissions directes de l'électricité

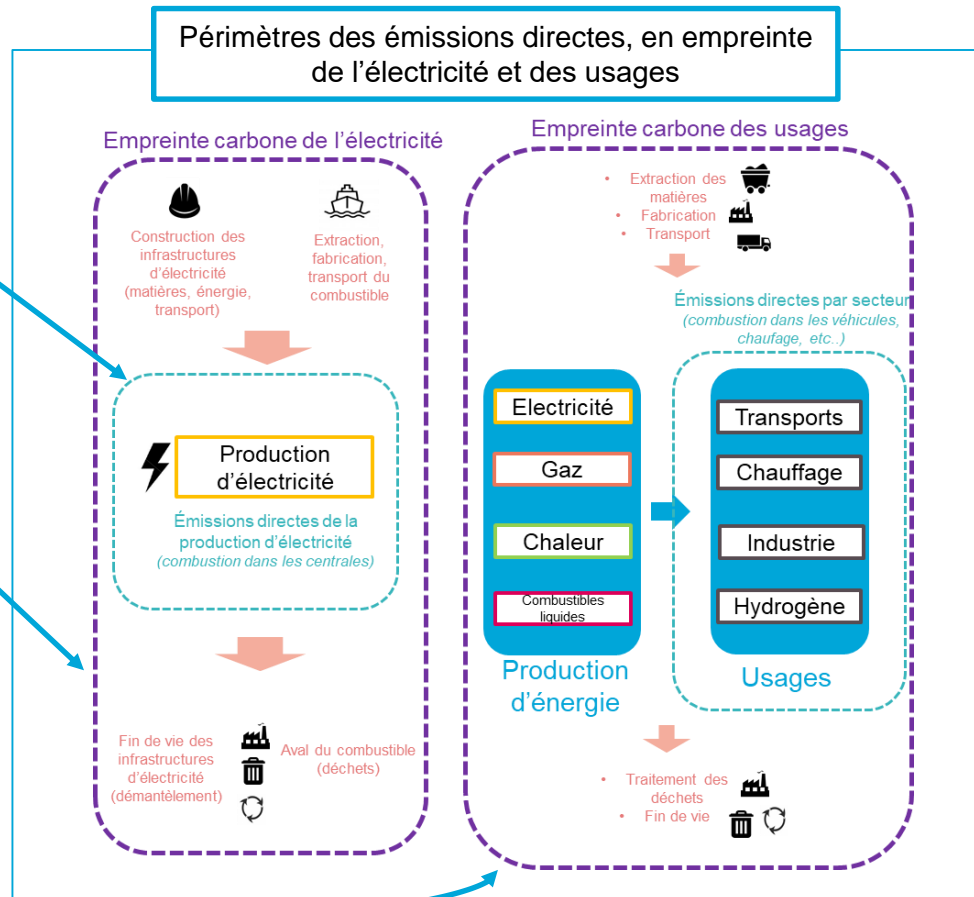
Quels enjeux pour la réduction des **émissions directes** liées à la production d'électricité en France pour atteindre les objectifs de la SNBC ?

2. Empreinte carbone de l'électricité

L'évolution du mix et le développement de technologies bas-carbone permettent-ils également une baisse de **l'empreinte carbone de l'électricité**, autrement dit, n'entraînent-ils pas une délocalisation des émissions ?

3. Décarbonation des usages de l'énergie

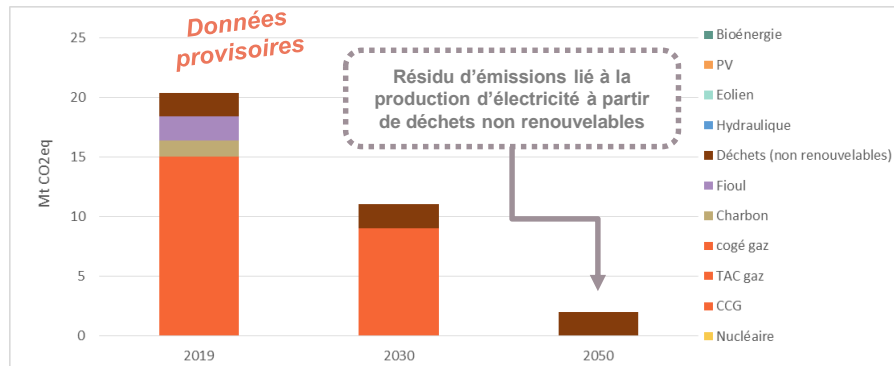
L'enjeu de **décarbonation de l'énergie en France** reposant principalement sur les usages, quelle est l'évolution des émissions du **secteur des transports, résidentiel-tertiaire** et de l'industrie dans les différents scénarios de consommation ?



1) Emissions directes : des émissions directes de l'électricité en France tendent vers zéro dans tous les scénarios considérés

- En 2050, par construction pour atteindre l'objectif de neutralité carbone, les scénarios de mix électrique de l'étude reposent uniquement sur des **moyens bas-carbone** (y compris thermique décarboné , cf. GT du 09/07 sur la flexibilité).
- Seules les émissions des centrales de production à partir de déchets non renouvelables peuvent subsister
- Sur la trajectoire, la baisse des émissions de la production d'électricité repose sur :
 - La poursuite de la **fermeture des derniers groupes charbon**
 - la **décarbonation du gaz** et la sollicitation des centrales à gaz ,
 - l'**évolution du mix** avec les technologies bas-carbone

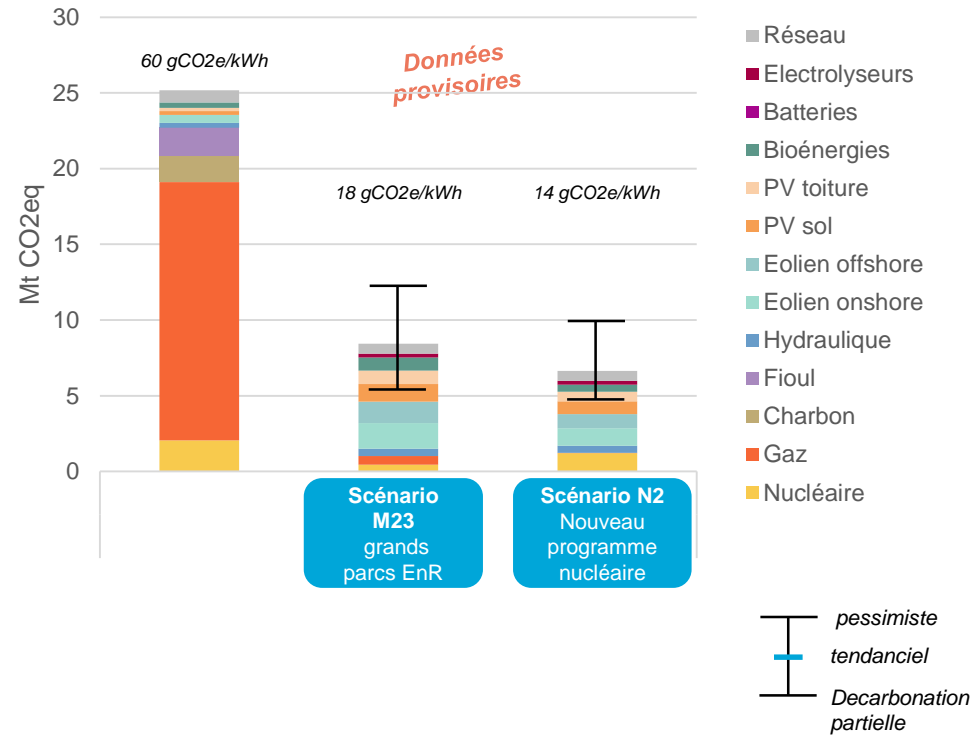
Émissions directes (à la combustion) associées au système électrique en France en 2019, 2030 et 2050



2) Empreinte carbone du système électrique : pas d'augmentation de l'empreinte carbone de l'électricité consommée en France, quel que soit le scénario

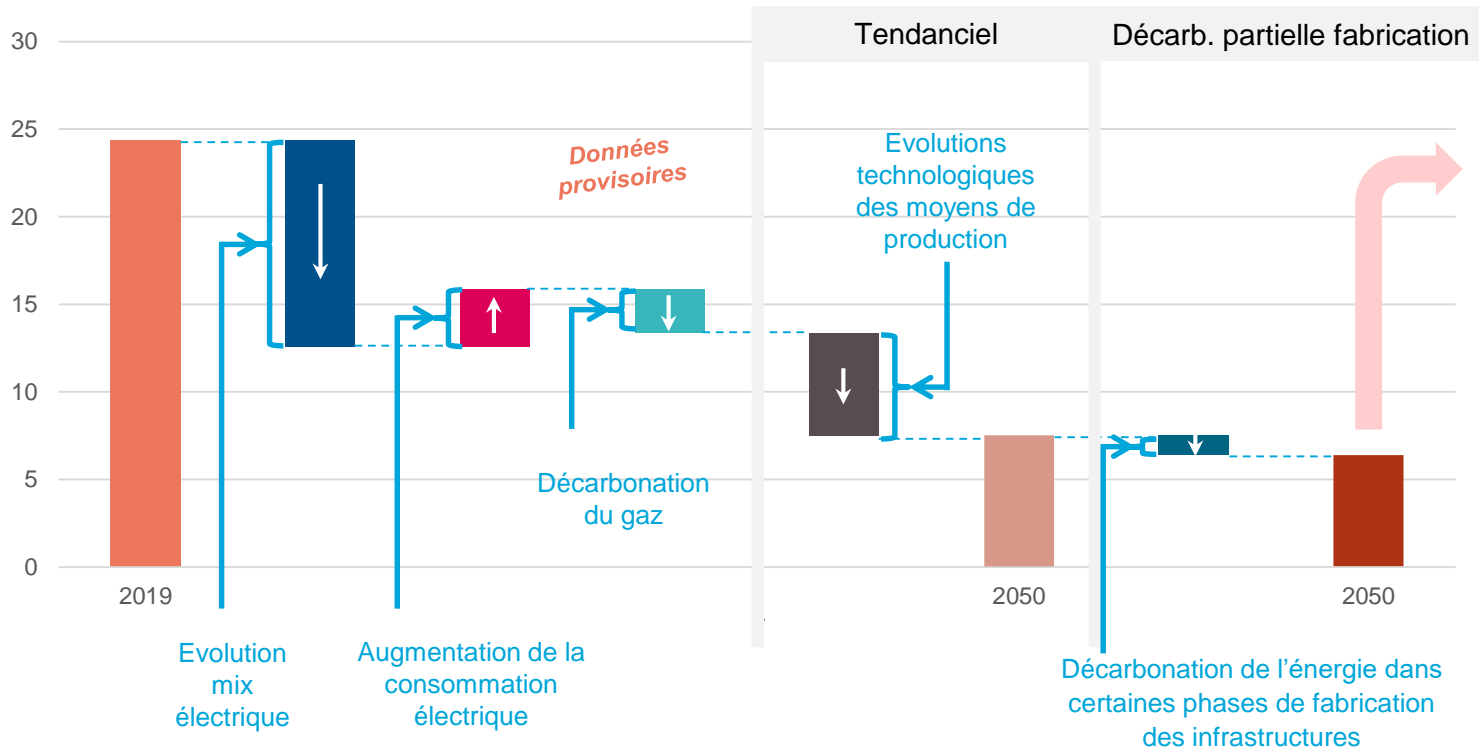
- En prenant en compte l'ensemble des émissions sur le cycle de vie et les échanges imports-exports, l'empreinte carbone de l'électricité en France aujourd'hui est d'environ **60g CO₂eq / kWh_{elec}** une des plus faibles d'Europe avec la Suède (environ 40g CO₂eq / kWh_{elec})
- L'empreinte carbone de l'électricité consommée (émissions en cycle de vie et échanges imports-exports pris en compte) se réduit fortement dans les différents scénarios : elle **serait divisée par 3 à 4 d'ici 2050**
- L'adaptation du **réseau** et le développement des **batteries et des électrolyseurs** ne sont pas des éléments dimensionnant de l'empreinte carbone

Emissions en cycle de vie du système électrique en France en 2019 et en 2050 dans les scénarios étudiés (en Mt CO₂eq)



2) Empreinte carbone du système électrique : la baisse de l’empreinte carbone de l’électricité repose sur plusieurs effets

Emissions en cycle de vie du système électrique en France entre 2019 et 2050 dans le scénario M23 (en Mt CO₂eq)



Baisser d'avantage les émissions en cycle de vie (importées) suppose de réduire à zéro les procédés industriels ainsi que l'ensemble des mix énergétiques dans le reste du monde

3) Décarbonation de l'économie : l'électrification des usages est un levier essentiel pour l'atteinte de la neutralité carbone

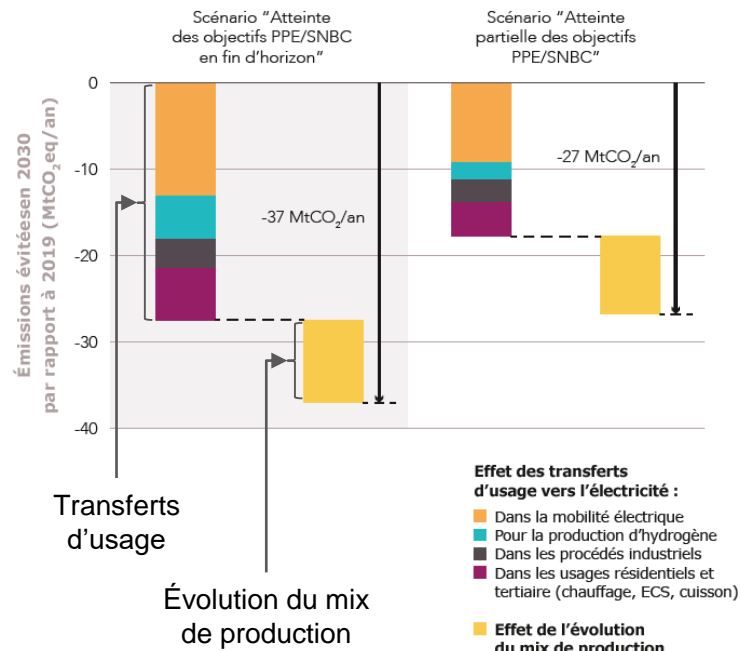
Les transferts d'usage vers l'électricité, tels que :

- Le développement de la **mobilité électrique**
- La progression de l'**électrification du chauffage** (Joule ou pompes à chaleur)
- La production d'hydrogène par **électrolyse**
- L'électrification de **procédés industriels**

permettent d'économiser un volume d'émissions considérable comparé à celui des usages utilisant des combustibles fossiles aujourd'hui.

- Presque $\sim 30 \text{ Mt}_{\text{CO}_2\text{e}}$ peuvent être économisés en 2030 du fait de l'électrification dans un scénario « PPE » (sans accélération)

Évolution des émissions directes liées aux transformations du système électrique (consommation et production) d'ici 2030

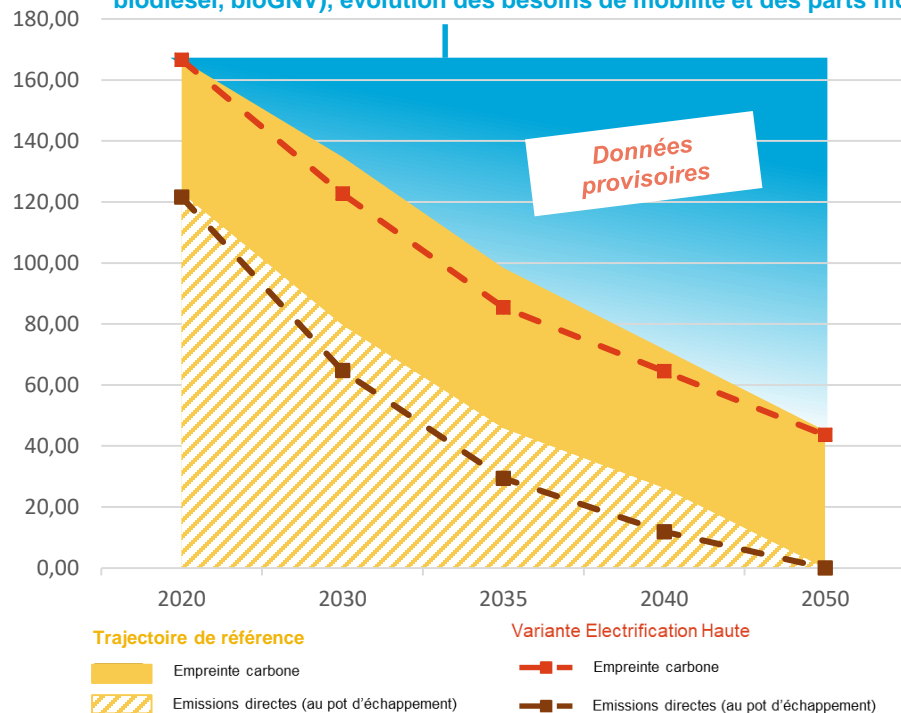


3) Décarbonation de l'économie : la baisse des émissions des transports dépend de plusieurs effets et notamment du rythme d'électrification

- **La baisse de l'empreinte carbone** des transports (hors trafic aérien et soutes maritimes) en 2050 dépend de nombreux leviers.
- Les dynamiques qui influent sur les émissions dans les usages seront étudiées dans la trajectoire de référence et dans les **variantes de consommation**
- Par exemple, l'accélération de l'électrification des transports est un des leviers pour baisser les **émissions directes** sur le territoire (combustion au pot d'échappement)

Evolution des émissions du secteur du transport dans différentes trajectoires et périmètres

Efficacité énergétique, électrification + autres combustibles décarbonés (H2, biodiesel, bioGNV), évolution des besoins de mobilité et des parts modales





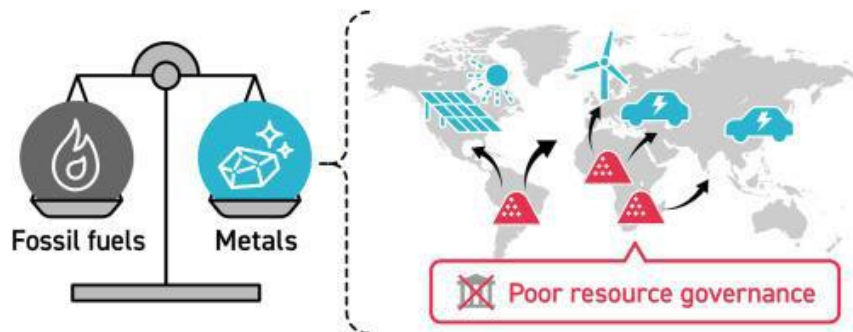
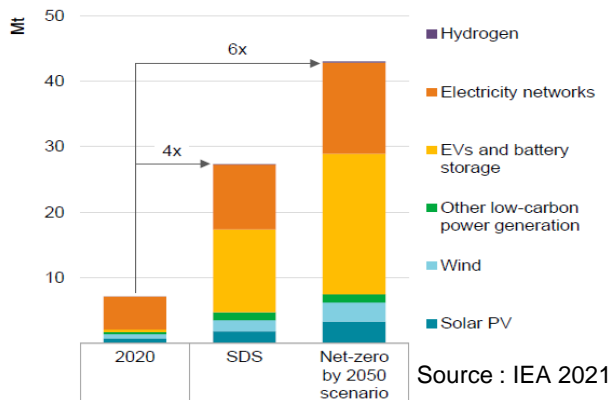
Les avancées de l'analyse sur les besoins en ressources minérales

La transition énergétique se traduit aussi par une évolution de l'exploitation des ressources minérales

Si les émissions de carbone et par conséquent la consommation des combustibles fossiles baissent avec la décarbonation de l'électricité et des usages, les flux en ressources minérales changent et pourraient augmenter :

- L'AIE estime un accroissement des ressources nécessaires au niveau mondial de **4 à 6 fois par rapport à 2020** pour le secteur électrique et les transports
- Une partie de l'extraction des ressources pourrait se produire dans des pays dont la **gouvernance des ressources** est faible et défaillante où l'ouverture de nouvelles mines pourrait entraîner une grave **dégradation de l'environnement et des avantages économiques inégaux pour les communautés locales**

Croissance des besoins de ressources minérales d'ici 2040



Source : Tawari et al. 2021

Un grand nombre de ressources considérées, des ressources de bases aux ressources spécifiques des différentes technologies

Quinze ressources ont été retenues dans le scope du fait de leur utilisation pour la transition énergétique, mais aussi du fait de leur présence

- Sur la **liste de matières critiques** pour le comité des métaux du BRGM (COMES) ou de la CE (lithium, cobalt, aluminium, etc.)
- Dans les études publiées récemment (AIE, World Bank)
- Dans le **débat public** (béton, uranium, etc.)

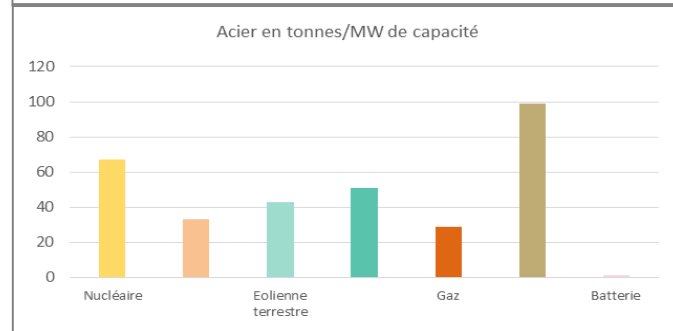
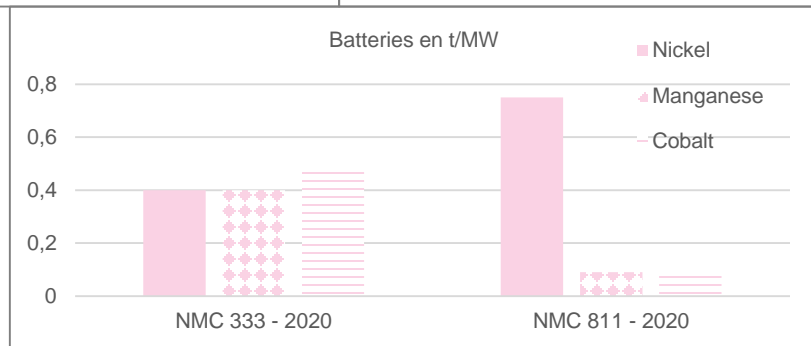
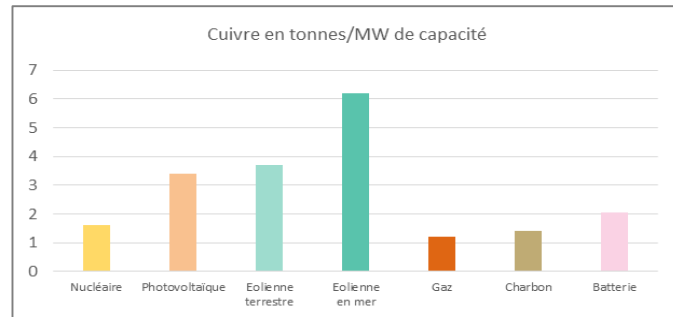
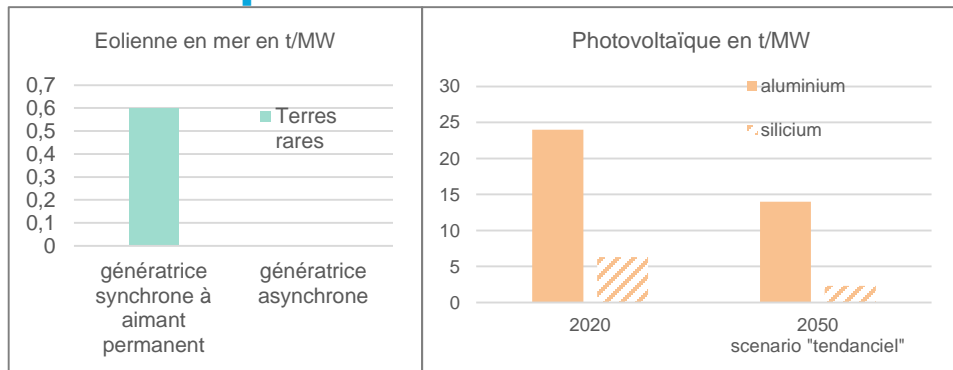
● Ressource mobilisée dans la structure ou pour le combustible
○ Ressource mobilisée dans des alliages (non quantifiables)

Deux types de ressources minérales associées à la transition énergétique :

- Des **ressources structurelles** présentes dans toutes les technologies (production, stockage, réseau) y compris aujourd'hui
- Des **ressources spécifiques** à certaines technologies

	Batteries	Réseau	Nucléaire	PV toiture	PV au sol	Eolien terrestre	Eolien en mer	Hydraulique	CCG Gaz	Charbon
Aluminium	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cuivre	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Acier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Béton	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Manganèse	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Nickel	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Chrome	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Terres rares							●			
Argent				●	●					
Silicium		○		●	●					
Uranium			●							
Zirconium			●							
Graphite	●			●	●					
Lithium	●									
Cobalt	●									

Les modèles paramétrés permettent de disposer de plusieurs jeux de données pour différentes technologies à différents horizons de temps

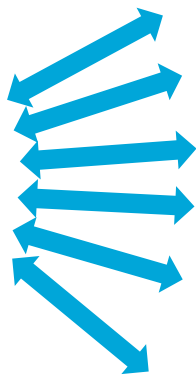
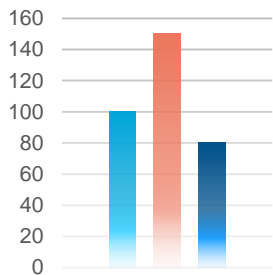


Intensité matières pour différents jeux de données (technologiques, temporels)

Intensité matières pour un jeu de données de 2020 avec un parc éolien composé de 60% d'éoliennes à génératrices synchrones et 50% du parc photovoltaïque en toiture

Une étude quantitative à confronter aux enjeux de criticité des ressources

Pas de définition de criticité universelle, mais plusieurs types de critères à prendre en compte pour chaque ressource :

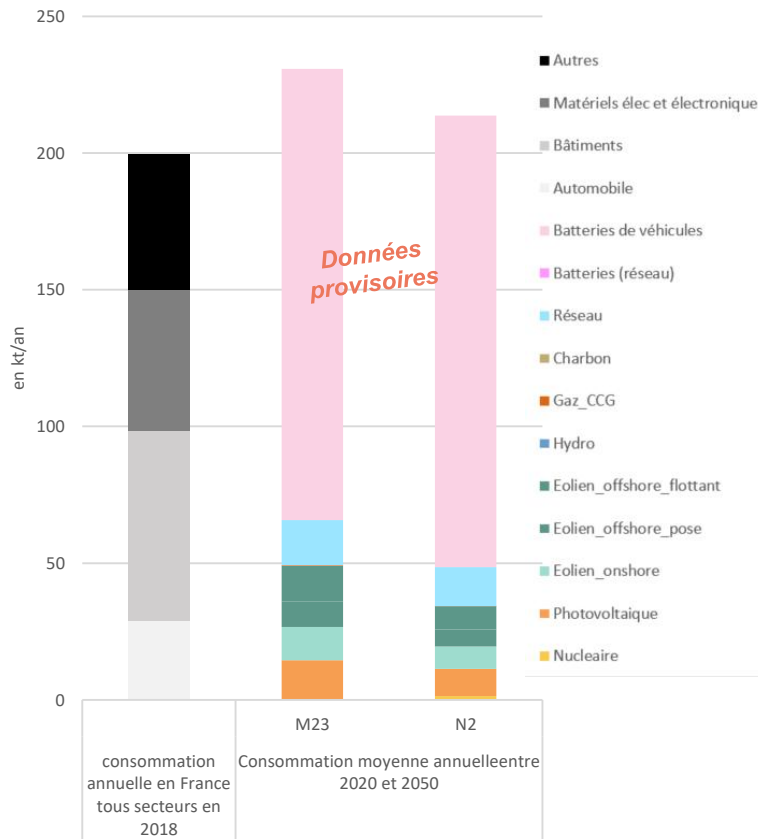


- Disponibilité physique et technico-économique de la matière première : **Réserves** ?
- Exposition aux risques dans la chaîne d'approvisionnement : **Monopole actuel** ? Evolutions possibles?
- Utilisation dans de nombreux secteurs dont ceux en pleine expansion : **Conflit d'usage et stratégique** ?
- Économie circulaire en place et possible : **Recyclable** ?
- Remplacement possible à service égal par une autre ressource : **Substituable** ?
- Gouvernance des ressources : Impact **social et environnemental** ?

Illustration de l'analyse en cours sur le cuivre

- Les scénarios M23 et N2 ont une consommation quasi-équivalente de cuivre. Ce besoin est porté principalement par les **batteries des véhicules électriques particuliers**.

Stratégique / conflit d'usage	Le seul besoin annuel pour le système électrique et les batteries de véhicules électriques particuliers (sans compter les besoins pour l'ensemble de la mobilité) dépasse la consommation d'aujourd'hui pour les bâtiments, l'automobile et le matériels électrique et électronique.
Réserves	Sur la période de 2020-2050, le système électrique et les batteries des véhicules électriques particuliers en France consommera 1% des réserves mondiales identifiées aujourd'hui
Monopole actuel	Les ressources et les producteurs sont diversifiés. Le plus gros producteur mondial, le Chili, représente 1/3 de la production mondiale de cuivre.
Substituable	Le cuivre est difficilement substituable à performance égale mais a déjà été remplacé dans de nombreux usages (ex : conducteurs lignes à haute tension)
Recyclable	En 2015, au niveau mondial 32% des approvisionnements de cuivre étaient du cuivre recyclé.
social et environnemental	Une concentration de minerais de cuivre de plus en plus faible entraîne un accroissement des besoins d'énergie et d'eau , d'autant plus que les mines de cuivre se trouvent dans des régions soumises de plus en plus au stress hydrique.



Des premières conclusions qui se dessinent mais des analyses à approfondir

Premières conclusions

- L'enjeu sur les ressources semble porter principalement sur le cuivre, le lithium et le cobalt, du fait en grande partie de leur besoin dans les **batteries véhicules électriques**
- Certaines ressources présentent certains points de criticité potentiels pour les besoins du système électrique qui peuvent s'amplifier ou au contraire s'atténuer selon les choix et développements technologiques du système électrique mais aussi selon l'évolution de la concurrence avec d'autres secteurs (bâtiments, automobile)
- A date, pas d'enjeux majeurs identifiés pour les ressources de fer (acier), béton, argent, zirconium et manganèse

Données provisoires	Réserves	Monopole actuel	Stratégique / Conflit d'usage	Substituable	Recyclable	Social et environnemental	Accroissement significatif selon la conso actuelle ?
Aluminium	Vert	Orange	Rouge	Vert	Orange	Rouge	Vert
Cuivre	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Acier	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert
Béton	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert
Terres rares	Vert	Rouge	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert
Argent	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Rouge	Vert
Silicium	Vert	Orange	Vert	Orange	Orange	Rouge	Orange
Uranium	Vert	Vert	Vert	Rouge	Orange	Rouge	Vert
Zirconium	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert
Graphite	Vert	Rouge	Orange	Vert	Orange	Rouge	Rouge
Lithium	Orange	Rouge	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Cobalt	Orange	Rouge	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Manganèse	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert
Nickel	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge	Orange
Chrome	Orange	Vert	Vert	Rouge	Vert	Rouge	Vert

Analyses à approfondir

- Des **analyses de sensibilité** à mener sur **l'évolution des technologies** et les **scénarios de consommation** en particulier ceux qui se distinguent sur la mobilité



5

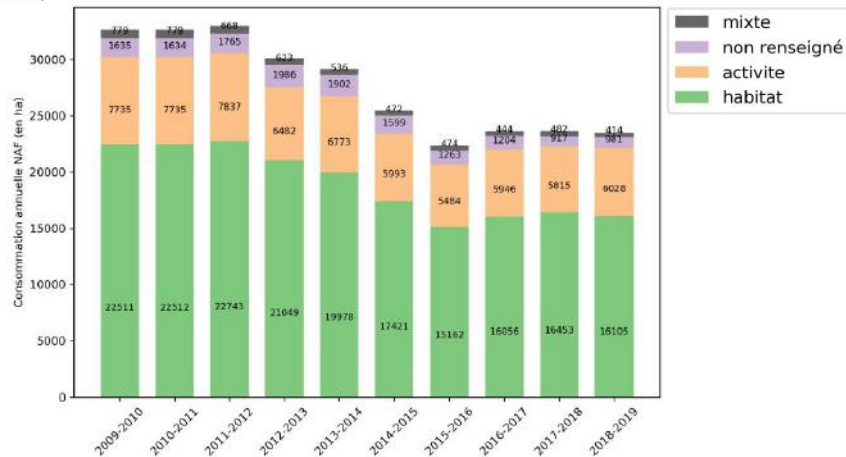
Cadrage pour l'évaluation de l'occupation et l'usage des sols du système électrique

La France s'est fixée un objectif national de « zéro artificialisation nette » dans le Plan biodiversité



- Le rythme actuel est équivalent à l'artificialisation d'un département comme les Yvelines tous les 10ans
- La consommation d'espace reste principalement portée par l'habitat (68%) contre 26% à usage d'activités
- Mise en place d'un portail de l'artificialisation des sols (observatoire, outils et méthodes en constante évolution)
- La loi « climat et résilience » contient des chapitres portant sur la lutte contre l'artificialisation

Consommation d'espaces 2009-2019
par destination
au niveau national
(nombre d'hectare)



Source : Les déterminants de la consommation d'espaces 2009-2019 (CEREMA, 2021)

L'impact sur les sols du système électrique soulève des enjeux de natures différentes

Dans chacun des scénarios, le développement des infrastructures de production d'électricité (EnR, nouveau nucléaire) et de réseau de transport* soulève des questions d'utilisation des sols sur le territoire :

- Quels sont les **gisements de surfaces disponibles** pour accueillir les infrastructures ?

Et au-delà de la disponibilité, quel est l'impact au regard des enjeux sur le cadre :

- Environnemental : **la ressource naturelle du sol** (fonctions écologiques et agronomiques des sols, usages)
- Sociétal : **l'organisation spatiale des activités humaines** (gouvernance, planification et aménagement du territoire, culture et identité paysagère, tissu social et économique)



Un travail commun est mené entre les volets d'analyses technique, sociétale et environnementale en lien avec l'évaluation des gisements disponibles

* Le périmètre de l'analyse porte sur les infrastructures de production d'électricité en France (hors infrastructures amont-aval du combustible ou de fabrication/fin de vie) et le réseau de transport (hors réseau de distribution). L'étendue du périmètre pourra faire l'objet d'approfondissements ultérieurs

Définitions

Usage

L'usage du sol désigne la **fonction** qui en est faite comme la production primaire (agriculture, activité d'extraction), secondaire et usage résidentiel, les réseaux de transports, sans usage, etc.

Occupation

Ce terme désigne la **couverture de la surface** à l'instant T qui peut être végétalisée ou non, anthropisée ou naturelle, ligneuse, non ligneuse ou encore imperméable, en eau, de formation herbacée, etc.

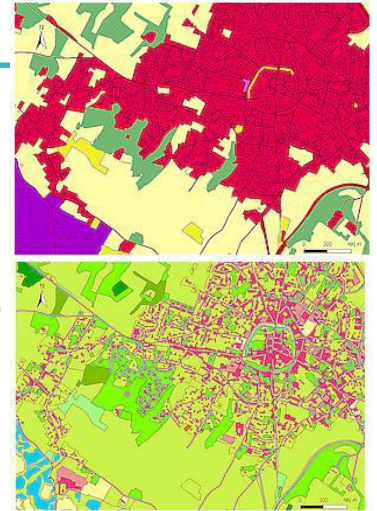
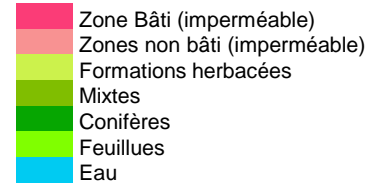
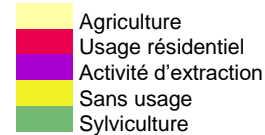
Artificialisation

Il n'existe **pas de consensus** actuellement sur la définition de l'artificialisation.

Historiquement, une des définitions les plus communes de l'artificialisation était le « *changement d'état effectif d'une surface agricole, forestière ou naturelle* » (définition OENAF)

Aujourd'hui, dans le cadre du projet de loi Climat et résilience, débat en cours sur la définition de l'artificialisation (alinéa 10, article 48) :

« *Un sol est regardé comme artificialisé si l'occupation ou l'usage qui en est fait affectent durablement tout ou partie de ses fonctions écologiques, en particulier ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques ainsi que son potentiel agronomique. Les surfaces de pleine terre ne sont pas considérées comme artificialisées* »



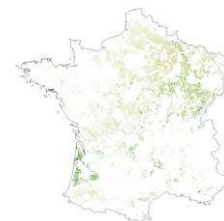
Source : CEREMA/IGN

Trois dimensions (au moins) à étudier : **imperméabilisation, changement d'usage, temporalité**

Démarche générale pour l'évaluation des gisements disponibles et caractérisation des enjeux sur la ressource naturelle des sols

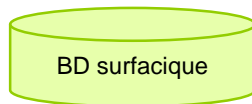
1

Identification des **gisements potentiellement disponibles** au regard des contraintes cartographiables de type technique, réglementaire, environnementale, sociétale

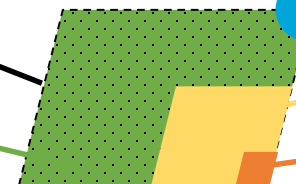


2

Développement d'**indicateurs surfaciques et temporels** pour chaque infrastructure avec Solagro



Surface de densité
Surface de co-usage



Temps de restauration

Surface artificialisée

Surface imperméabilisée

3

Caractérisation des enjeux et analyses de sensibilité des gisements, des indicateurs surfaciques



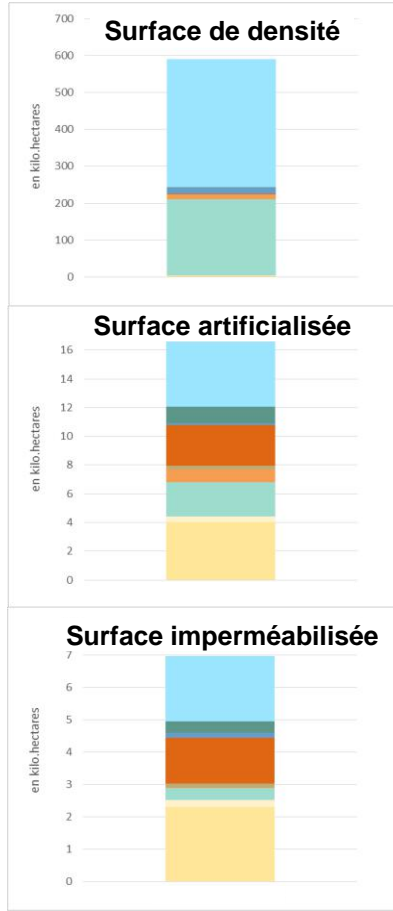
- Densité d'occupation
- Surfaces « artificialisées »
- Surfaces imperméabilisées

Photo

- Changement d'usage des terres
- Taux d'imperméabilisation

Flux

Le système électrique représente aujourd'hui une faible part des surfaces artificialisées et imperméabilisées



➤ Les infrastructures du système électrique actuel sont présentes sur **1,1% du territoire** français. Ces surfaces ne sont pas pour autant exclusivement utilisées par le système électrique (champ cultivé autour d'une éolienne, zone naturelle au-dessus d'une ligne souterraine ou prairie en-dessous d'une ligne aérienne)

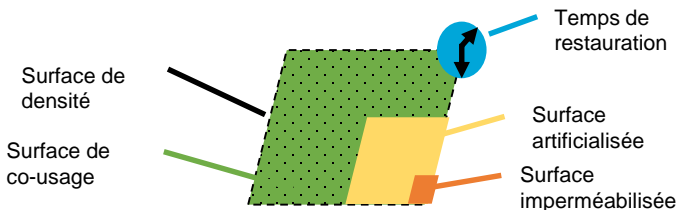
➤ Le système électrique ne représente aujourd'hui que **0,5% des surfaces artificialisées** en France

➤ **Environ 0,02% des surfaces imperméabilisées** en France le sont par les infrastructures du système électrique, principalement dans les postes électriques et les centrales thermiques et nucléaires

Selon les technologies, des indicateurs surfaciques qui diffèrent

Surface de densité

Surface artificialisée



(source: SOPRASOLAR)

Photovoltaïque sur toiture



(source: notreplanete-info)

Surface 100% artificialisée, aucun co-usage possible sous les panneaux



(source: GoogleMap)

Centrale nucléaire de Penly (2660 MW)



(source: Akvo Energie)



(source: Solagrc)

Surface artificialisée au minimum, co-usage possible



(source: GoogleMap)

Parc éolien de Fond du moulin (10 éoliennes pour une puissance de 24,5MW au total)

Toutes les infrastructures ne nécessitent pas une occupation exclusive des surfaces de densité et la surface artificialisée pour le photovoltaïque au sol peut être variable

Un cadre d'analyse qui s'affine au fur et à mesure de l'avancée des travaux

- **Une densité d'installation** des infrastructures du système électrique qui tend à augmenter tout en permettant un certain nombre de co-usages
- Un enjeu sur les terres agricoles à approfondir concernant la filière photovoltaïque qui selon les surfaces disponibles (friches, parking, etc.) et le mode de développement au sol peut soit représenter un frein à l'objectif de zéro **artificialisation nette** ou des possibilités de co-usages
- **L'imperméabilisation** des terres resterait très limitée dans tous les scénarios



La suite des travaux consistera à mettre en place :

- 1) **une analyse « d'état des lieux » à un horizon donné**
- 2) **une analyse en flux** afin d'identifier les enjeux et les sensibilités au **changement d'usage des terres et aux temps d'occupation**

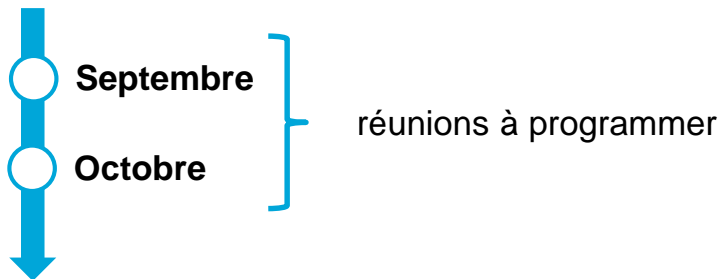


6

Prochaines étapes

Suite des travaux et prochaines étapes

- L'analyse se poursuit sur l'ensemble des scénarios et variantes et sur l'ensemble des axes d'étude (y compris déchets et matières radioactives)
- La présentation sera mise à disposition sur le site de la concertation : <https://www.concerte.fr/content/actualite-de-la-commission-perspectives-systeme-et-reseau>
- Les retours sur les éléments présentés sont les bienvenus
Point de contact : via l'adresse mail rte-concerte-bp@rte-france.com
- **Calendrier des prochaines réunions pour les autres GT**



concerte.fr
LE SITE DE CONCERTATION DES CLIENTS DE RTE