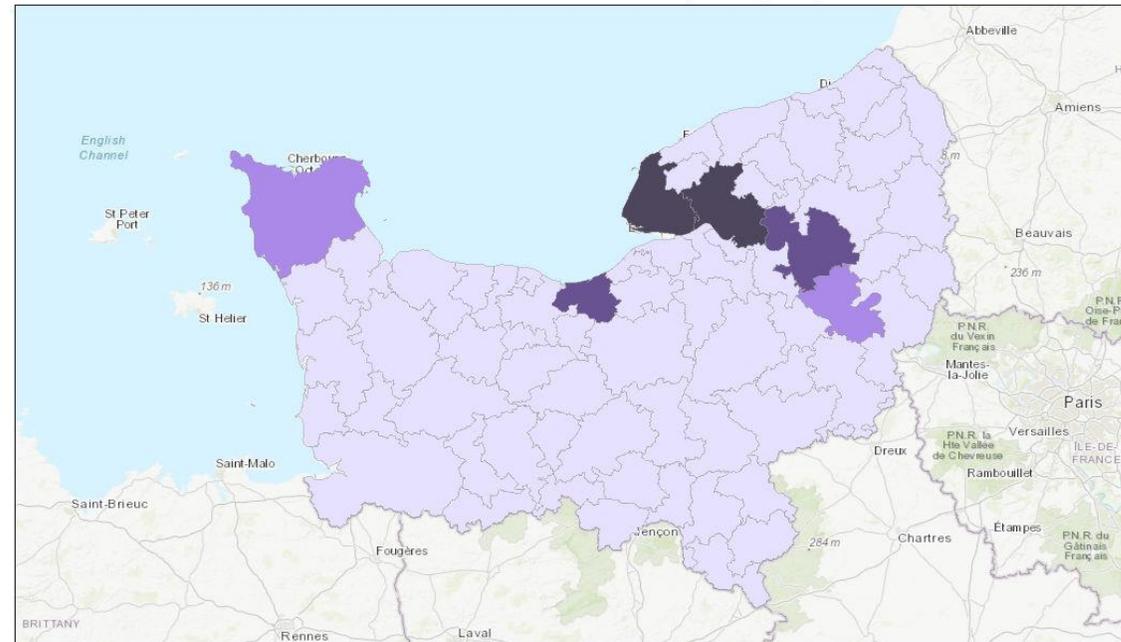


L'industrie en Normandie

Quelques chiffres en Normandie en 2021...

- Les émissions de CO₂ (hors biomasse) de l'industrie normande sont de 10 171 000 tonnes/an.
- Les 10 sites les plus émetteurs représentent 78% des émissions industrielles
- Les 50 sites les plus émetteurs représentent 87% des émissions industrielles
- La vallée de la Seine concentre une part importante de ces émissions

Emissions de GES de l'industrie (en teqCO₂)



24/06/2024 11:13:10

Emissions de GES du secteur industrie (en teqCO₂) en 2021

Moins de 100 000

> 100 000 A 300 000

> 300 000 A 1 400 000

Plus de 1 400 000



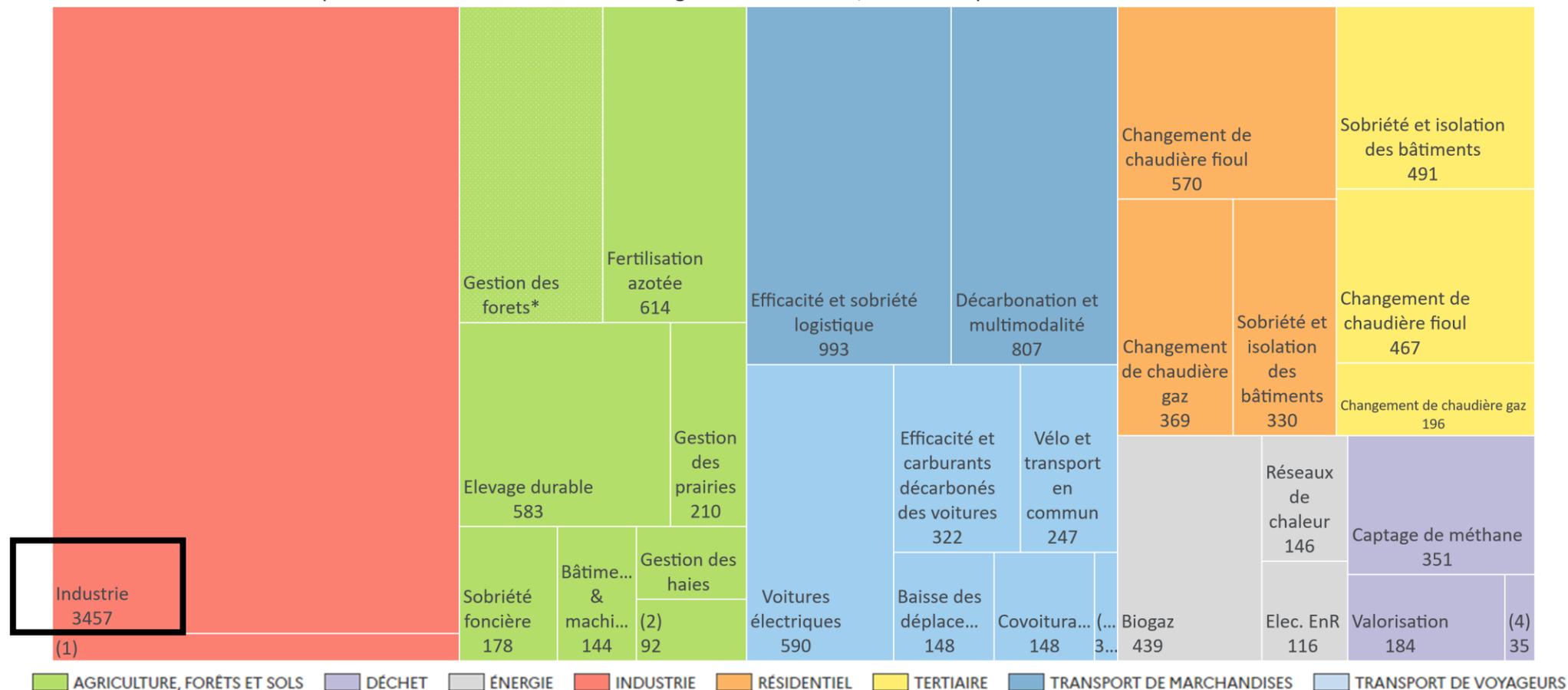
Esri, HERE, Garmin, FAO, USGS

ORECAN

Atmo Normandie - inventaire 4.1.0 - Format PCAET - Biomasse Normandie 07_18 (transport routier) - Biomasse Normandie 09_19 (Séquestration Carbone)

La territorialisation de la planification écologique

Répartition des leviers de réduction de gaz à effet de serre, en ktCO₂eq économisés entre 2019 et 2030



(1) Produits bois : 151 ktCO₂e. (2) Pratiques stockantes : 92 ktCO₂e. (3) Bus et cars décarbonés : 34 ktCO₂e. (4) Prévention des déchets: 35 ktCO₂e.
* Objectif non régionalisé en absence de données comparables sur l'état des forêts

Les leviers de décarbonation

Les leviers de décarbonation

1



Modification des intrants
matière



Amélioration de la
sobriété et de l'efficacité
énergétique



Substitution des énergies
carbonées



Captage, Stockage et
valorisation des émissions
résiduelles de CO2

Modification des intrants matière, selon deux axes



Incorporation de **Matières Premières Recyclées (MPR)** en remplacement de **Matière Première Vierge (MPV)**

Exemple : recyclage ferrailles dans la sidérurgie

?



Modification des **intrants** par l'utilisation d'autres ressources à empreinte environnementale réduite

Exemple : argiles calcinés à la place du clinker

...Et parfois avec un double effet : réduction des émissions énergétiques et non énergétiques.

Incorporation de Matières Premières Recyclées

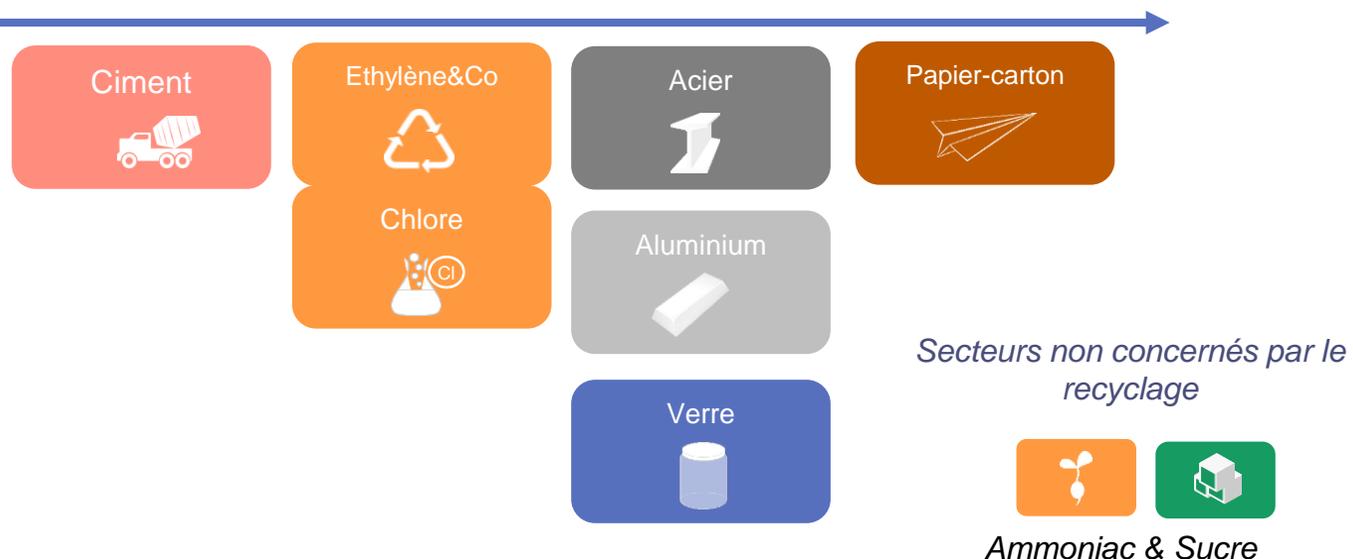
Des dynamiques différentes selon les secteurs



Taux d'intégration de matière recyclée

Faible

Elevé



Ethylène&Co



Recyclage du PVC

50% de la production de chlore utilisée dans la fabrication du PVC.

1 tonne de PVC recyclé
= -0,6t de chlore et -0,4t d'éthylène
= -78% des émissions du PVC vierge.

Les leviers de décarbonation



Modification des intrants
matière



Amélioration de la
sobriété et de l'efficacité
énergétique



Substitution des énergies
carbonées



Captage, Stockage et
valorisation des émissions
résiduelles de CO2

Efficacité énergétique

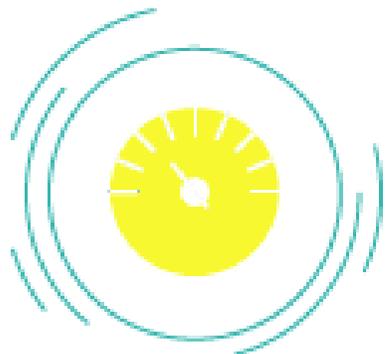
Un potentiel à ne pas négliger

Gisements d'efficacité énergétique

65 TWh dans l'industrie lourde,
Dont 40 TWh sur les procédés

Installer un variateur
électronique de vitesse
pour adapter la production
au besoin réel d'air comprimé
permet de baisser
la consommation jusqu'à

15%



Installer un brûleur
micro-modulant permet
d'améliorer le rendement
d'une chaudière de

2 à 5%

A noter : Le gisement n'est pas uniquement technologique mais aussi organisationnel.

Intérêts	Freins
Réduction des émissions	CAPEX parfois importants / Retour sur Investissement trop long
Réduction du coût de production	Installation / bâti existants, souvent difficiles à modifier
Soutien financier (CEE*, France 2030...)	

*

IND-UT-115 et 116 : Système de régulation sur un groupe de production de froid permettant d'avoir une basse/haute pression flottante

IND-UT-117 : Système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid

IND-UT-105 : Brûleur micro-modulant sur chaudière industrielle

...

La récupération chaleur fatale, une source d'énergie à exploiter mais des réalités industrielles diverses

✓ 109,5 TWh

de chaleur fatale rejetés en industrie,

✓ soit 39 %

de la consommation de combustibles de ce secteur,

✓ dont 53 TWh

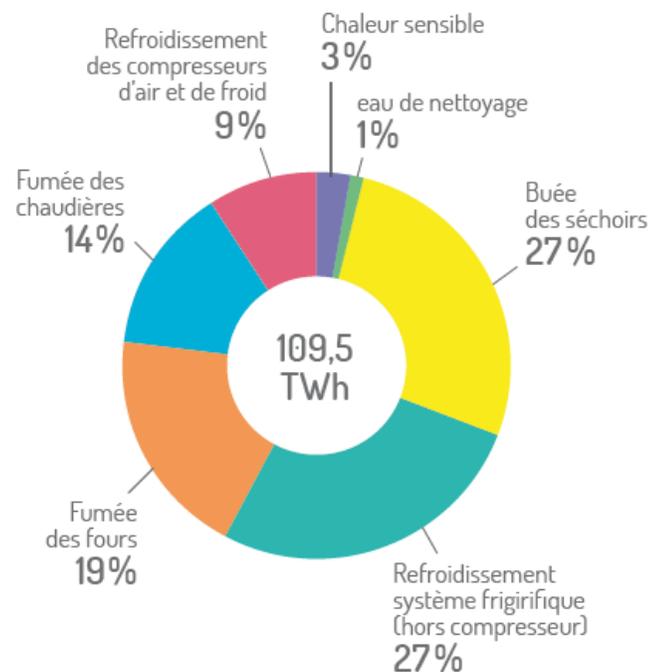
perdus à plus de 100°C

✓ 2 TWh valorisés

dans le cadre de projets financés par le Fonds Chaleur (= 50M€ d'aide ADEME)

Freins à la valorisation de ce gisement :

- Adéquation production/besoin ;
- Distance au réseau ;
- Gisement diffus ;
- Chaleur Basse T° (< 150°C) difficilement valorisable ;
- CAPEX.



Principaux secteurs d'activités d'où provient ce gisement :

1. Agro-Alimentaire (33%)
2. Chimie Plastiques (22%)
3. Papier Carton (13%)
4. Métaux dont Sidérurgie (12%)
5. Matériaux non métalliques (ciment, verre) (11%)

Les leviers de décarbonation



Modification des intrants
matière



Amélioration de la
sobriété et de l'efficacité
énergétique

3



Substitution des énergies
carbonées



Captage, Stockage et
valorisation des émissions
résiduelles de CO2

Electrification

Un levier entre changement de mix et décarbonation des procédés, qui peut prendre plusieurs formes

RAPPEL Stratégie Nationale Bas Carbone :

- 80% des émissions et -15% des consommations d'énergie,
- 85% de Gaz Naturel et 70% d'électrification

Secteurs et procédés les plus concernés

Electrification des procédés thermiques	Par changement de modes de production	Electrification du gaz combustible
<p>L'électrification - un levier prometteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans les procédés opérant à basse température, (<i>chauffage des fluides (vapeur) ou séchage</i>), via des technologies matures : PAC, CMV ou résistances, → Agroalimentaire, chimie organique et papier-carton. • A haute température, des technologies plus spécifiques à fort impact (<i>four à conduction pour le verre, four à induction pour les métaux</i>) mais avec de la R&D pour être déployables à grande échelle 	<p>Sidérurgie : H2 pour pré-réduire le minerai de fer puis four à arc électrique</p> <p>Engrais (ammoniac): H2 par électrolyse plutôt que vaporeformage + apport de chaleur haute pression/haute température</p> <p>Plastiques et méthanol (oléfines) : Utilisation de l'H2 en combinaison avec du CO2 capté</p> <p>Electrochimie, électrosynthèse</p>	<p>Power-to-gaz (en complément du biométhane)</p> <p><i>Combustion d'H2 (non exploré dans Transition(s)2050 par manque de données</i></p>

— Electrification directe

— Electrification indirecte
(utilisant de l'H2 issu d'électrolyse)

Les leviers de décarbonation



Modification des intrants
matière



Amélioration de la sobriété
et de l'efficacité énergétique



Substitution des énergies
carbonées



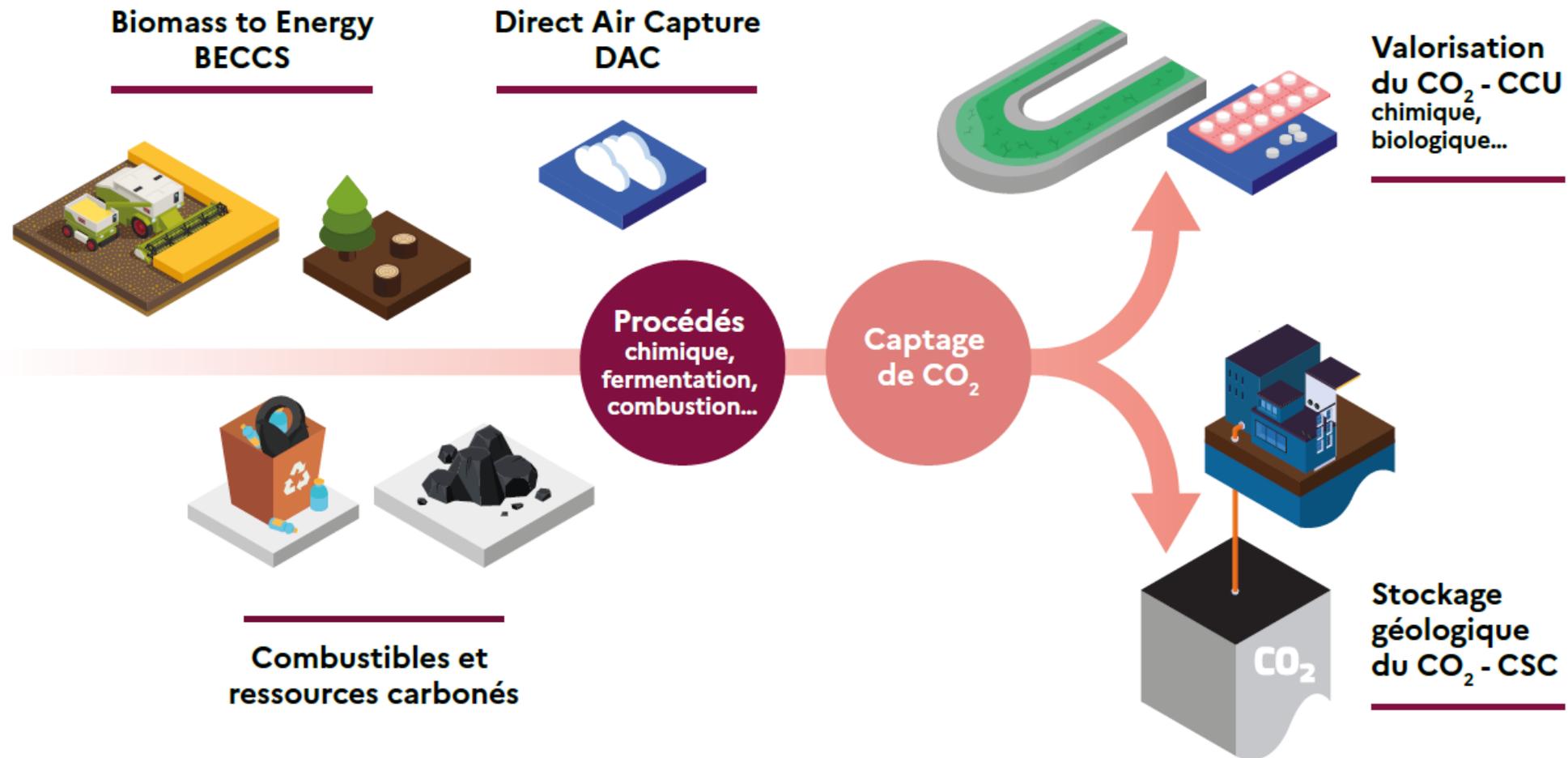
Captage, Stockage (ou
valorisation) des émissions
résiduelles de CO₂

CCS

4

Captage, Stockage ou Utilisation du Carbone (CCUS)

3 sources de CO₂, 2 exutoires



Captage et Stockage du Carbone (CSC)

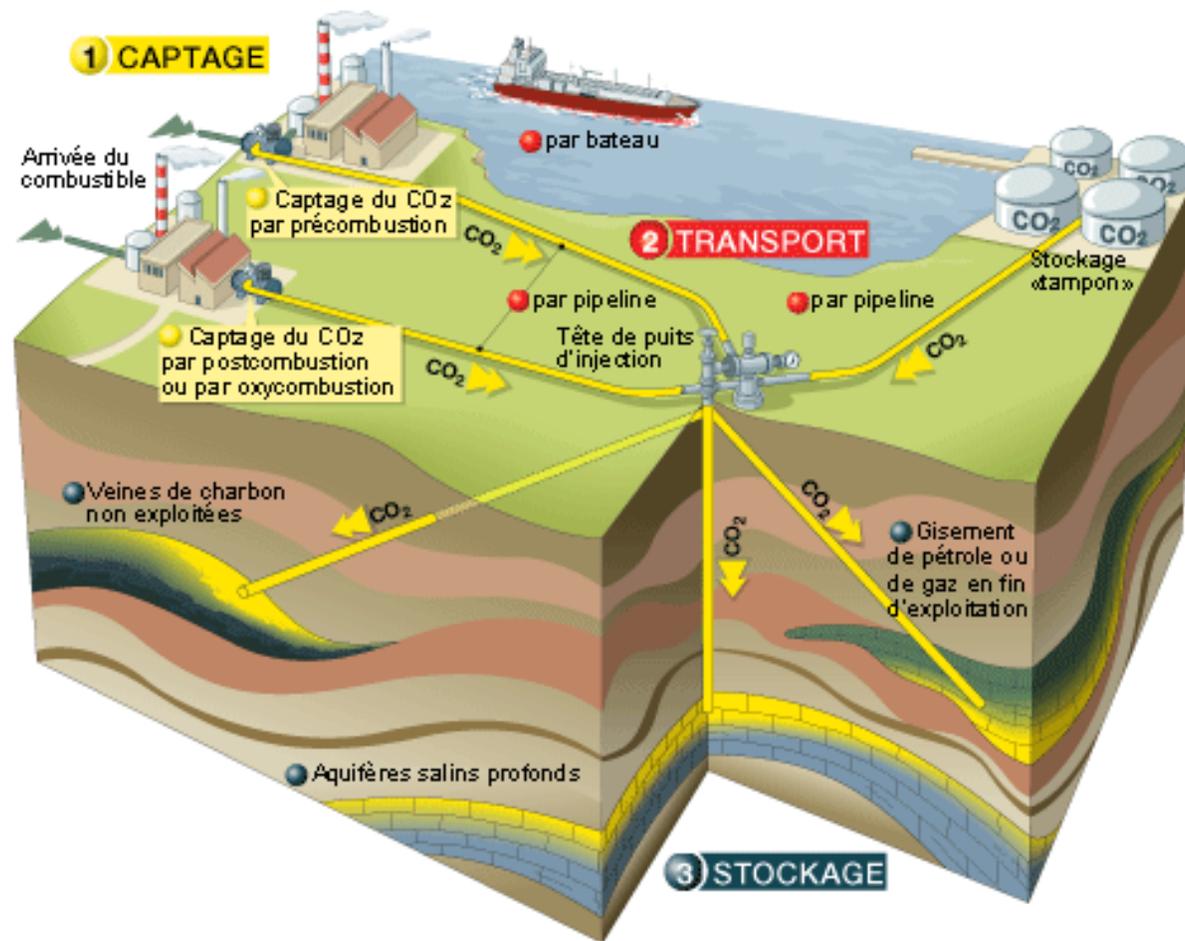
De quoi parle-t-on ?

3 types d'émissions captées

Industrielles fossiles

Atmosphériques

Biogéniques



3 étapes

1

Le captage

(avec trois grandes familles
de technologies)

2

Le transport

(principalement par canalisation)

3

Le stockage géologique

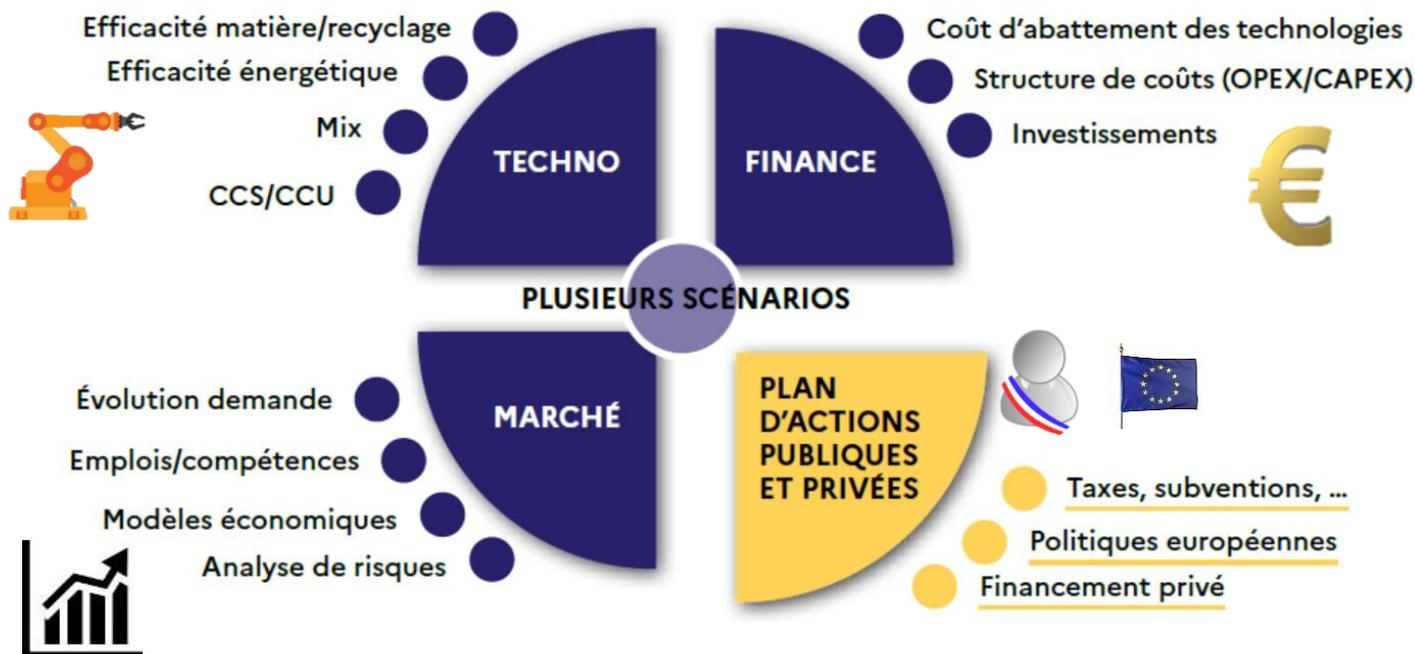
(avec trois formations
géologiques favorables)

Les plans de transition sectoriels

Contexte: les Plans de Transition Sectoriels

Objectif

En concertation avec les industriels du secteur, établir un scénario et des pistes d'actions pour atteindre les objectifs de décarbonation de la SNBC



PERIMETRE :



9 secteurs



~2/3
des émissions de l'industrie

Phase 0 : Cadrage

Objectifs : *Structurer les modalités de l'exercice visé*



2030 ?
2050 ?
2070 ?

Horizon temporel

2050



1990 ?
2015 ?
2019 ?

Année de référence

2015



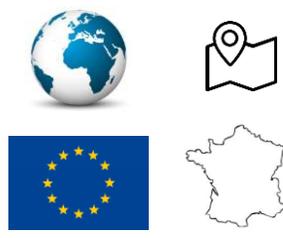
Parties prenantes
et concertation

**Fédérations, industriels,
services de l'Etat, ...**



Objectif de
transition

- 81 % des GES scope 1



Périmètre géographique

France (métropolitaine)



Risques physiques

**Livrables transversaux :
bâtiment, réseaux,
emplois, transports**

Phase 1 : Etat des lieux de la filière

Objectifs : Appréhender les problématiques du secteur et définir le périmètre d'étude

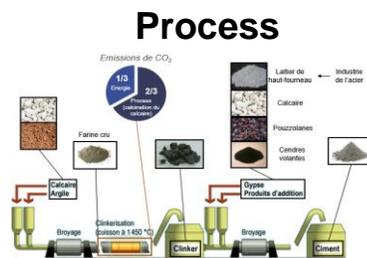
- ✓ Emissions GES
- ✓ Chaîne de valeur
- ✓ Marché
- ✓ Procédés et caractéristiques technologiques du parc
- ✓ Leviers de décarbonation



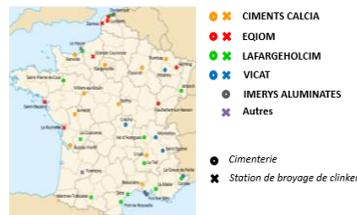
Littérature



Entretiens

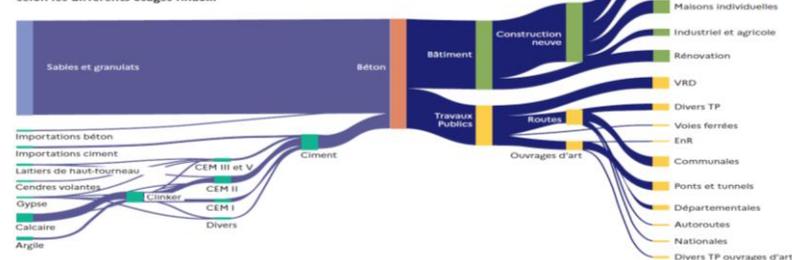


Enjeux territoriaux

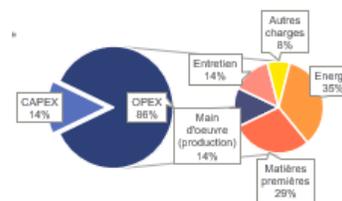


Produits & marchés

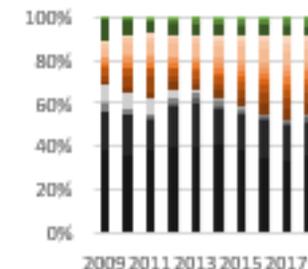
Figure 5. Flux de matières de la filière cimentière en 2014 selon les différents usages finaux.



Structure des coûts



Mix énéraétique



Ainsi que les règlements, les emplois, le marché international,...

Phase 2 : Scénarisation et modélisation de trajectoires de décarbonation

Univers de transition

Hypothèses d'évolution de marché
Consommation, Imports, Exports

Hypothèses transversales
Coûts, Infrastructures, Réglementations

Hypothèses d'évolution technologiques
Coûts, Maturité, Mise en œuvre

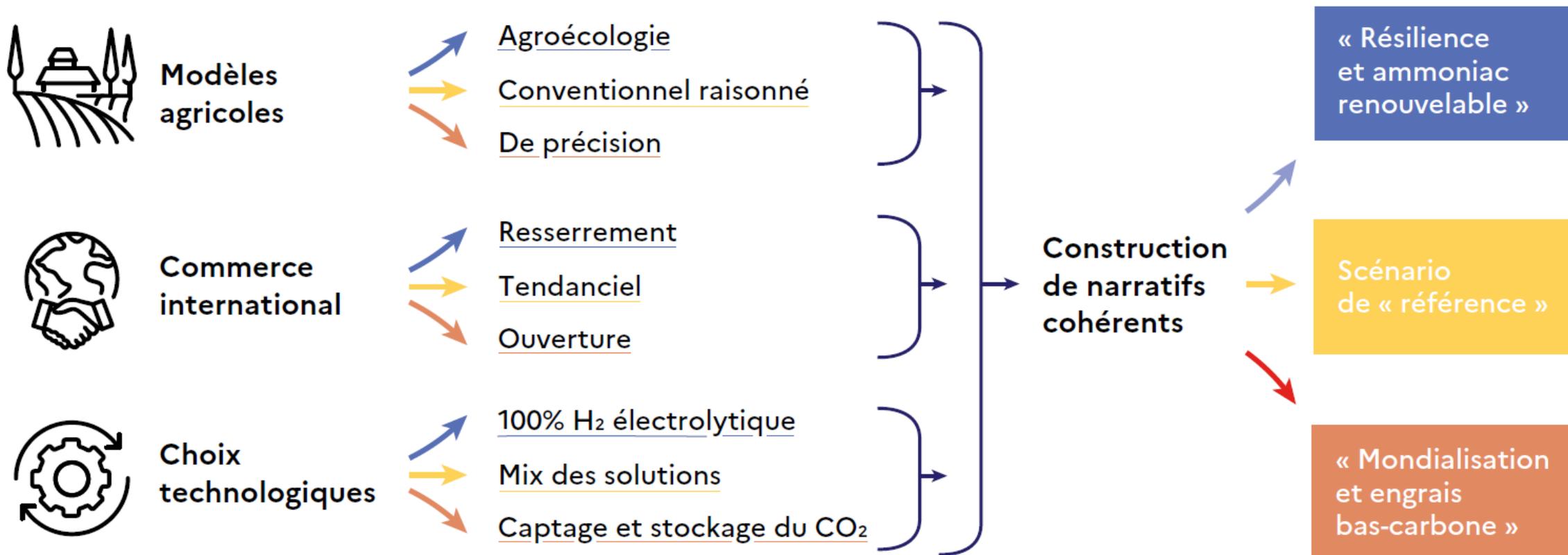
Trajectoires de
décarbonation

*Production, Énergie,
Emissions, CAPEX,
OPEX, Emplois*

+ *Analyses de sensibilité*

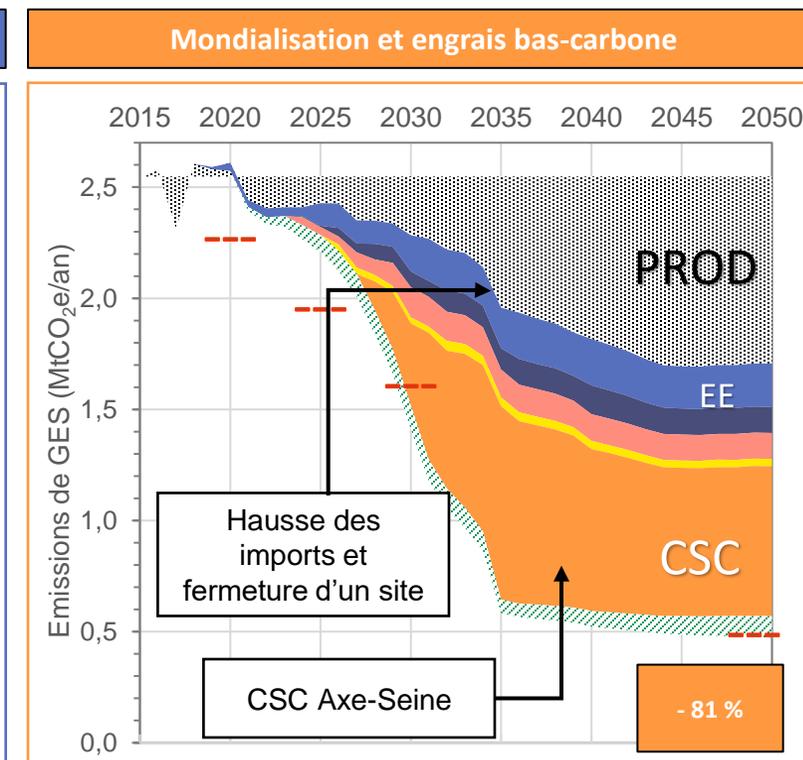
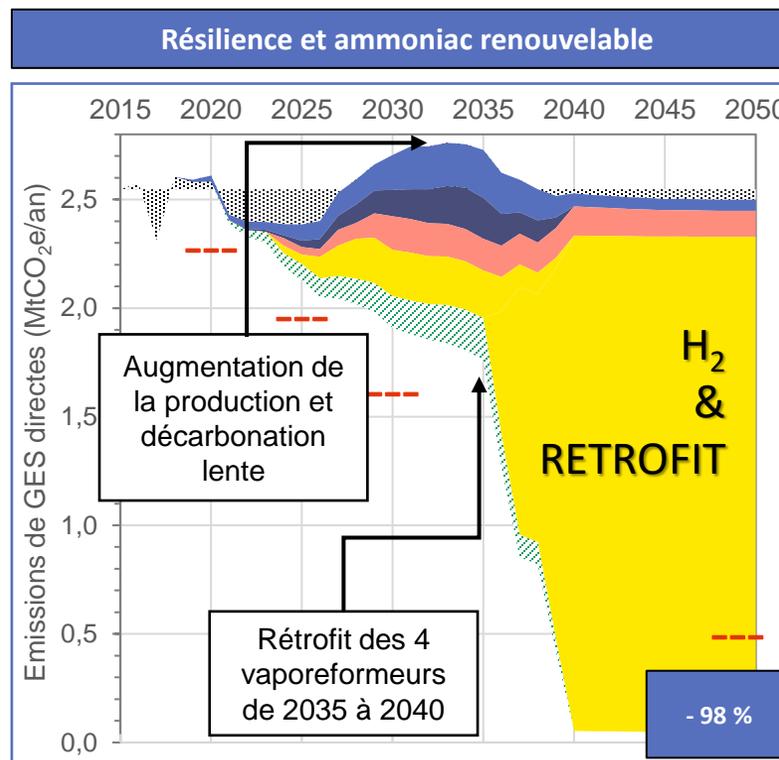
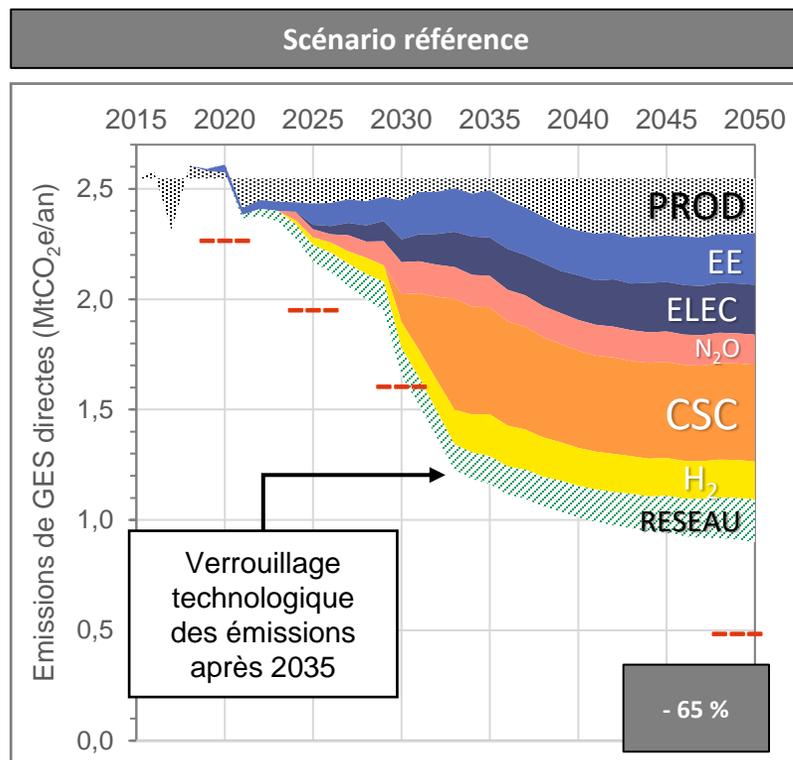
Phase 2 : exemple ammoniac

Facteurs d'incertitudes structurants



Phase 2 : exemple ammoniac

Résultats : décarbonation

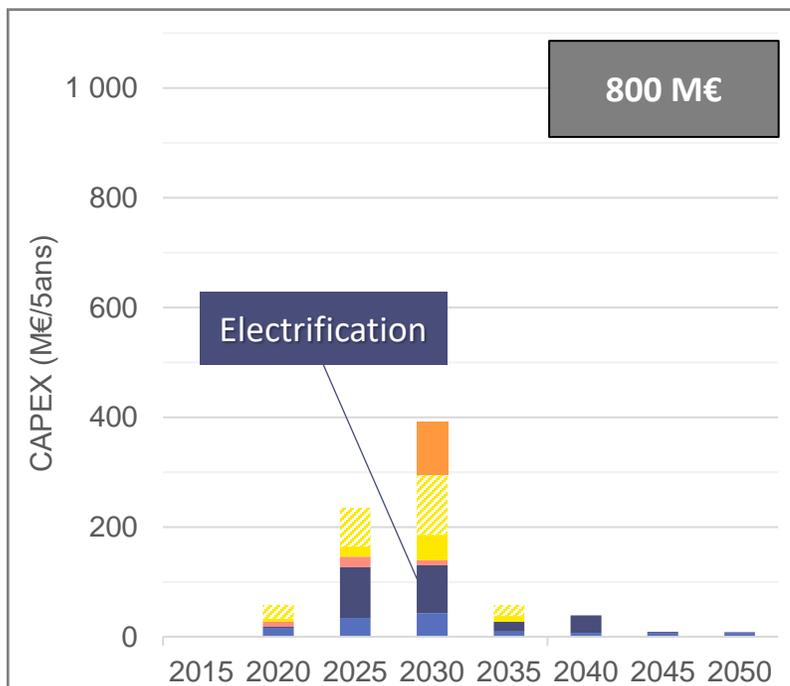


- ✓ Une nécessité de choisir une voie de décarbonation unique et cohérente, par site, pour une décarbonation ambitieuse
- ✓ Une solution H₂ lente mais généralisable et profonde vs une solution CSC plus rapide mais spécifique aux sites normands et avec un verrouillage technologique.

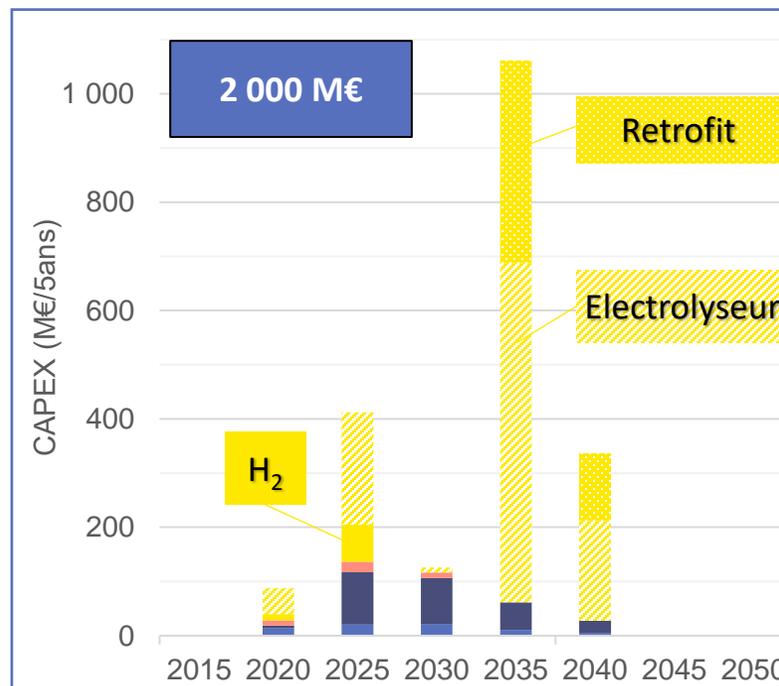
Phase 2 : exemple ammoniac

Résultats : investissements nécessaires

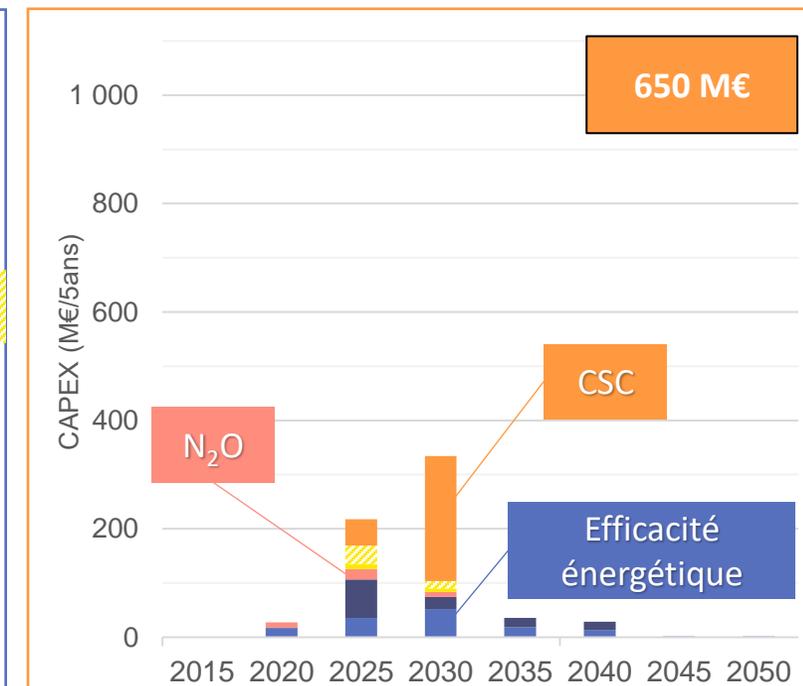
Scénario référence



Résilience et ammoniac renouvelable



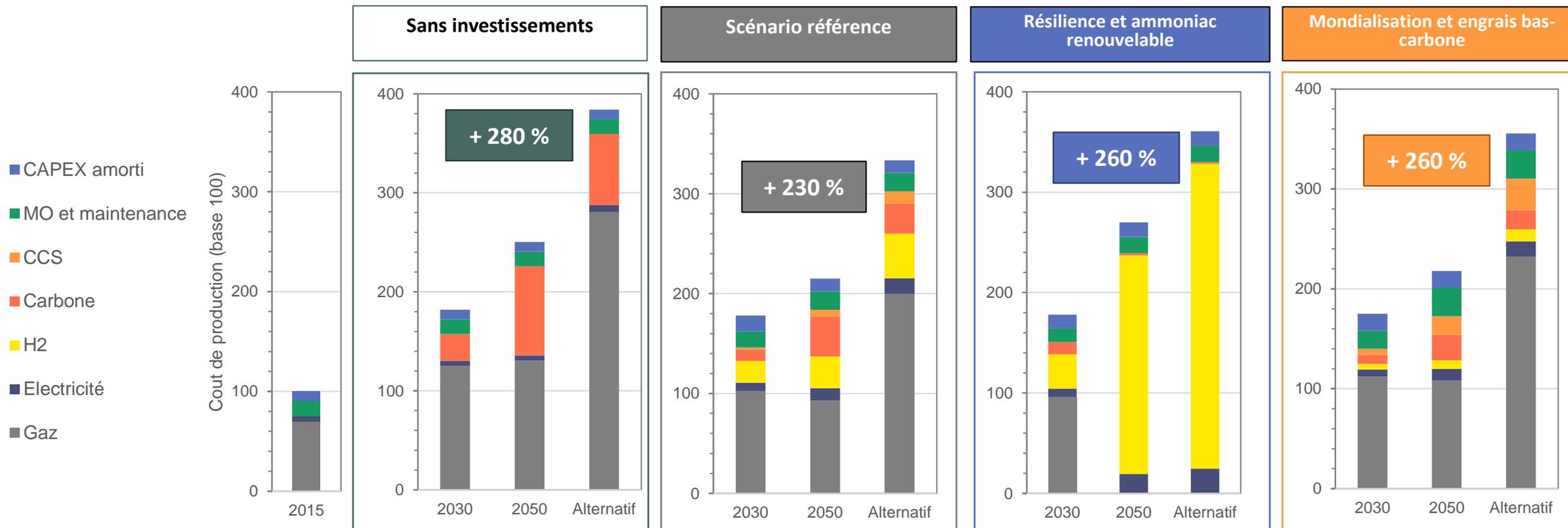
Mondialisation et engrais bas-carbone



- ✓ Un faible cout sur le CSC, en particulier sur les émissions de procédés
- ✓ 1300 MW d'électrolyseurs nécessaires en retrofit et des investissements 2,5 fois supérieurs
- ✓ Des investissements indirects dans les infrastructures à prendre en compte → Report des couts dans les OPEX

Phase 2 : exemple ammoniac

Résultats : évolution du cout de production



✓ Une dépendance forte au cout de l'énergie et du CO₂

	2015	2030	2050	Source 2030 - 2050	Alternatif
Gaz (€/MWh) PCS	20	36	37	Commission Européenne	80
Electricité (€/MWh)	42	47	47	Direction Générale de l'Energie et du Climat	60
H₂ électrolytique (€/kgH₂)	5,0	4,6	4,3	ADEME	6
CO₂ (€/tCO₂)	7,7	80	160	Commission Européenne , trajectoire « WEM »	120
Transport et stockage (€/tCO₂)	-	55	55	ADEME	100

Comment accéder à ces ressources ?

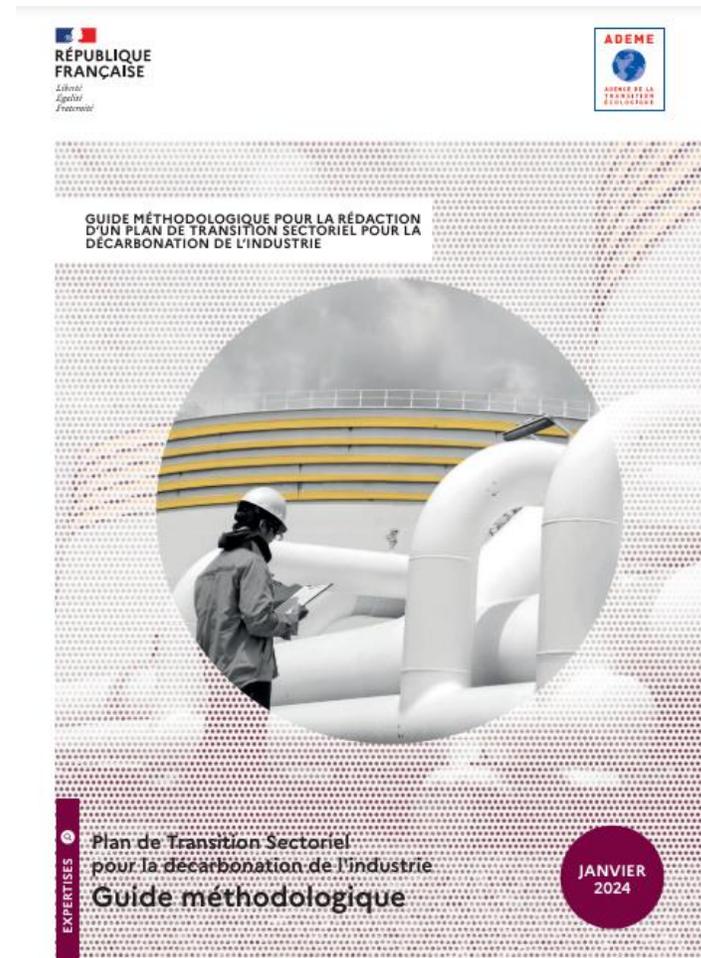


Filière industrielle du ciment

L'industrie cimentière en France représente 12 % des émissions de gaz à effet de serre de l'industrie. 1/3 des émissions sont dues à la consommation d'énergie thermique et 2/3 sont des émissions non énergétiques émises par décarbonatation du calcaire lors de la calcination pour la fabrication du clinker, produit intermédiaire au ciment.

Plusieurs leviers de décarbonation ont été étudiés, tels que l'intégration de sources d'énergie alternatives, l'évolution des formulations de ciment, la rénovation du parc de cimenteries et les nouvelles technologies de capture et stockage du carbone.

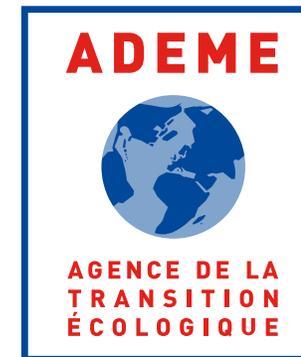
- > [Consulter la synthèse PTS Ciment](#)
- > [Consultez le rapport final PTS ciment](#)
- > [Revoir le webinaire de présentation](#)





RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

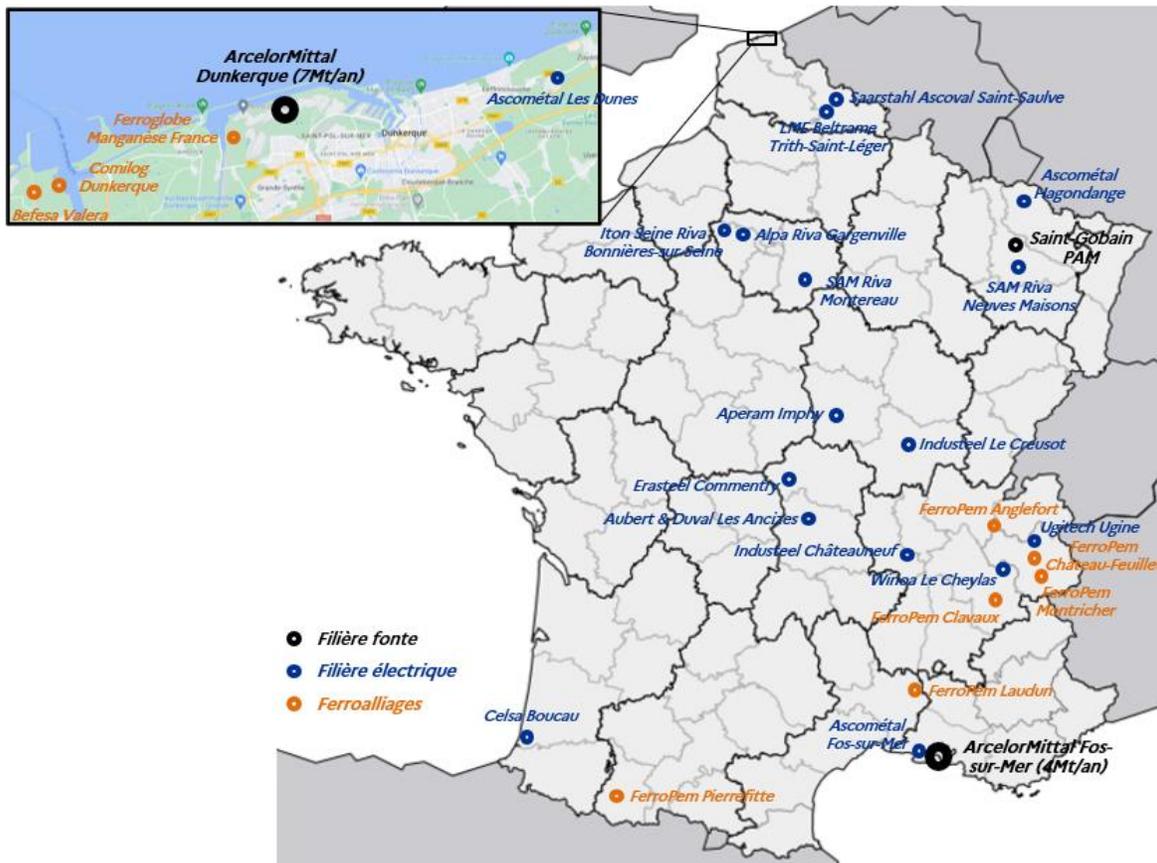


Phase 1 : exemples acier et ammoniac

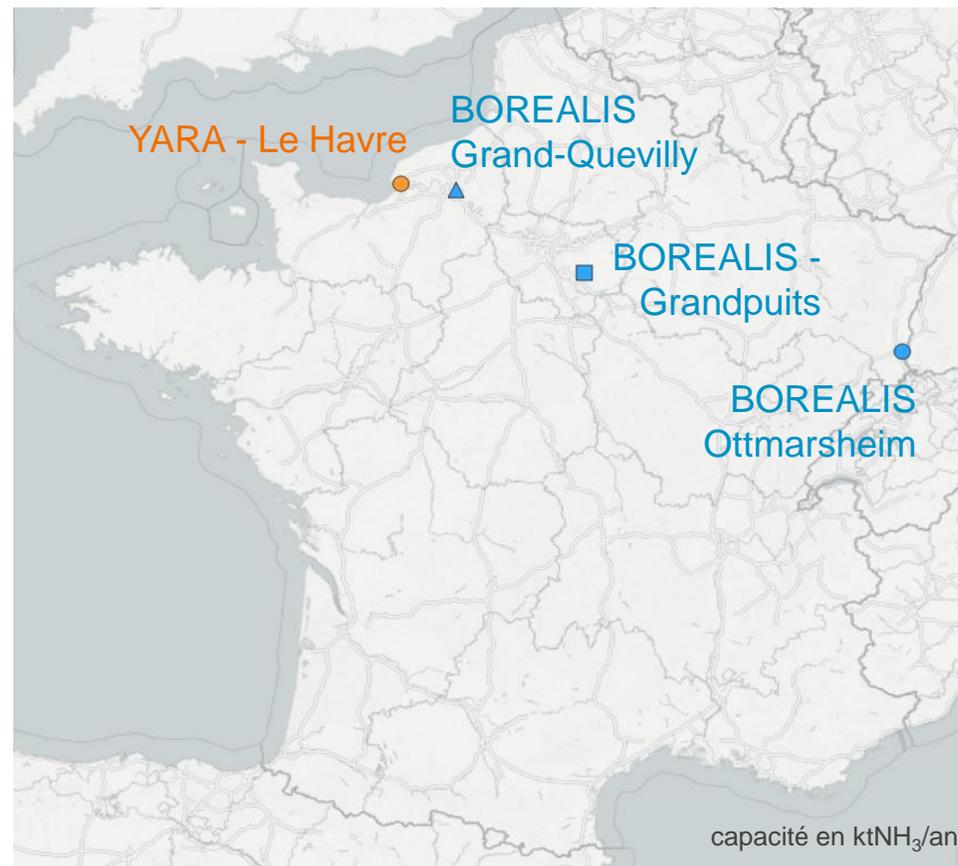
Cartographie des sites et émissions



6 hauts-fourneaux (HF), 20 aciéries électriques
15 Mt/an, 20 MtCO₂e



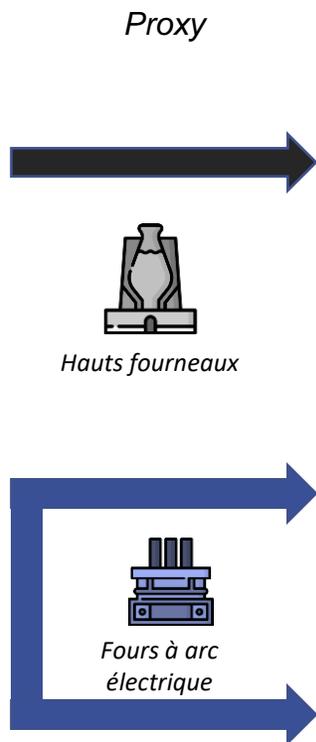
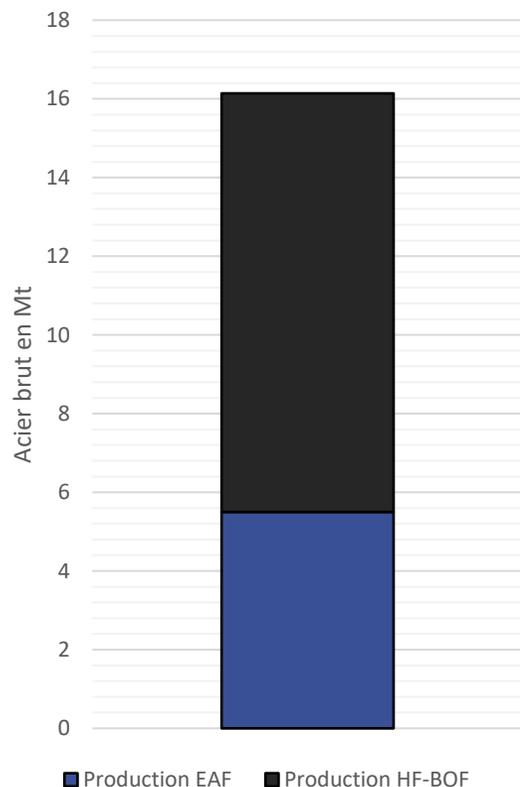
4 vaporeformeurs
1,1 Mt/an, 2,5 MtCO₂e



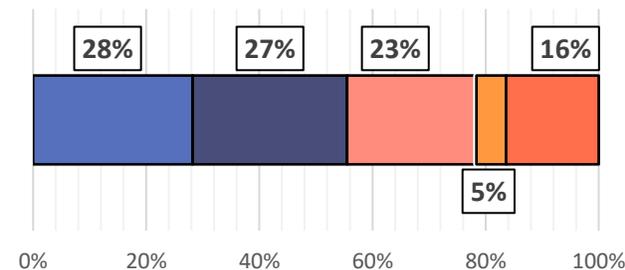
Phase 1 : exemple acier

Produits et marchés

Répartition de la production d'acier selon les procédés

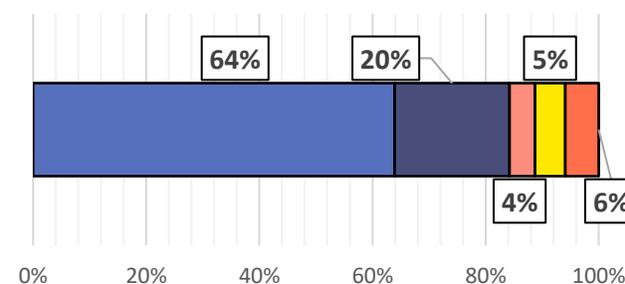


Consommation produits plats (PP)*



Diversité des débouchés pour les PP

Consommation produits longs (PL)*



Forte dépendance de la demande à l'évolution de l'activité du BTP

Inox et fortement alliés

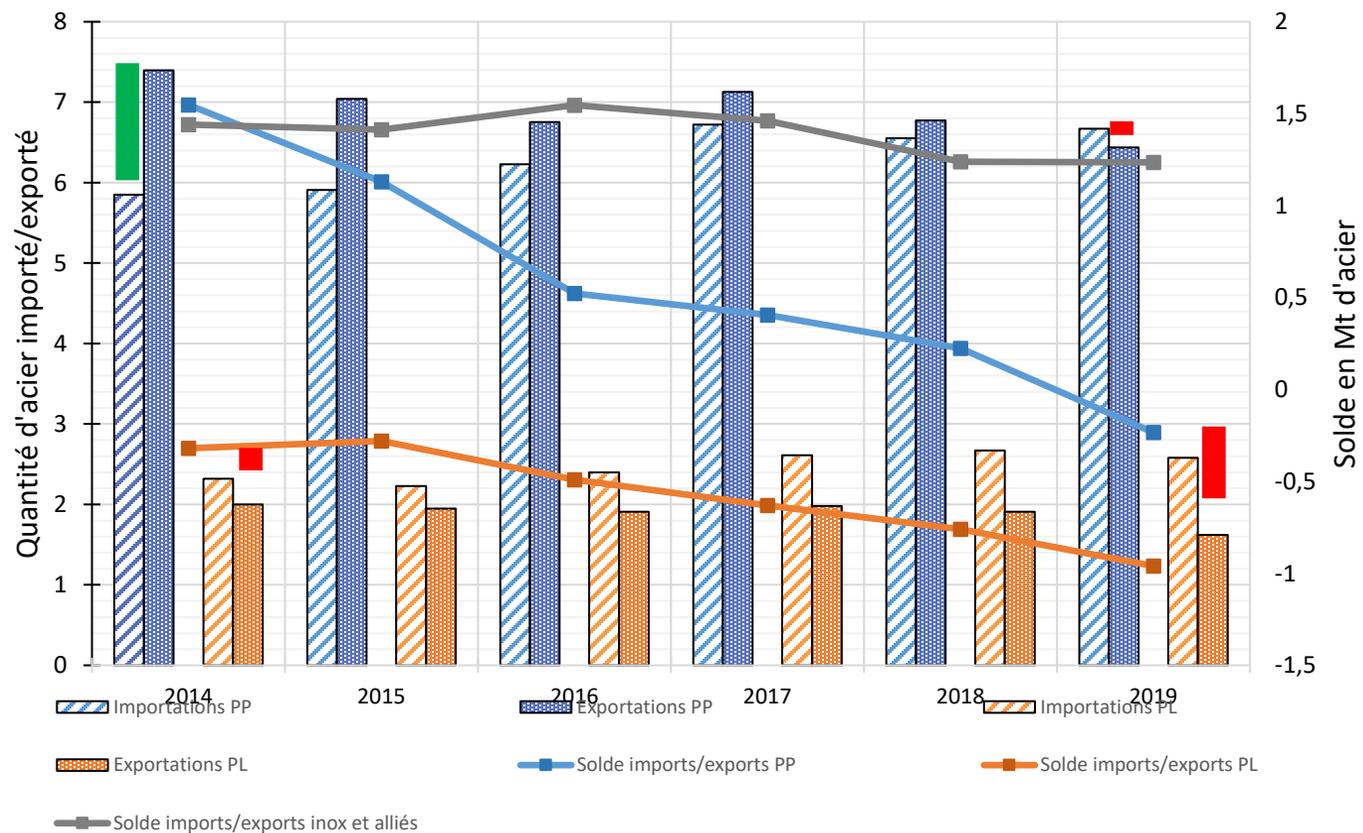
Produits plats et Produits longs à destination des secteurs transports et énergie, pour des produits à plus forte valeur ajoutée

* Estimations ADEME sur la base du rapport négaWatt pour l'ADEME, 2020, Transition industrielle – prospective énergie matière: vers un outil de modélisation des niveaux de production et d'hypothèses de répartition entre PL et PP

Phase 1 : exemple acier

Commerce international

Une dégradation continue du solde matière imports/exports pour les produits plats et produits longs*



* Données UN Comtrade: 7208-7212 pour PP 7213-7217 pour PL; 7219-7223 et 7225-7229 pour les inox et alliés

- Passage d'un solde positif en 2014 à un solde négatif en 2019 pour les produits plats
- Creusement du solde déficitaire entre 2014 et 2019 pour les produits longs
- Solde **relativement stable** pour les PL et PP inox et alliés

Des échanges d'acier essentiellement européens*



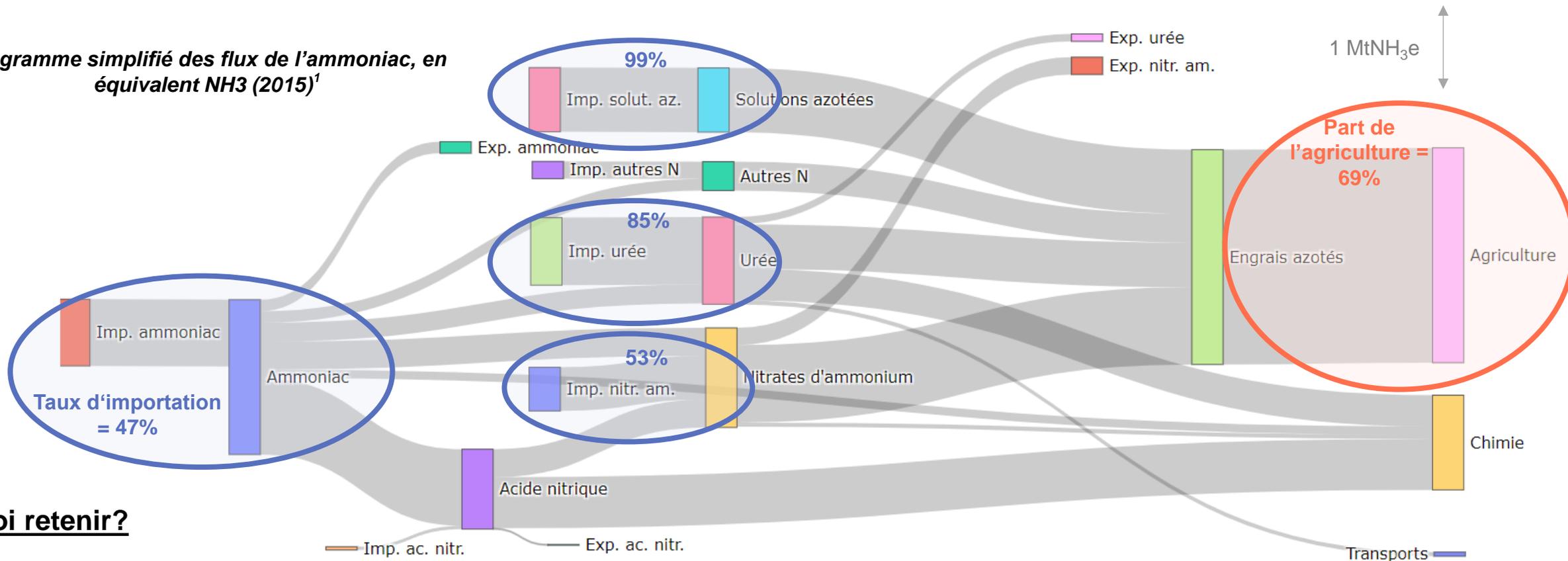
(2019)

- PP: > 80% pour les importations et exportations
- PL: > 90% pour les importations et 75% pour les exportations
- Inox et alliés: 94% pour les importations et 78% pour les exportations

Phase 1 : exemple ammoniac

Enjeux d'évolution de marché

Diagramme simplifié des flux de l'ammoniac, en équivalent NH₃ (2015)¹



Quoi retenir?

- Evolution des flux de commerce international
- Changement des régimes alimentaires et des modèles agricoles

¹ADEME sur la base de données internes, de l'UNIFA et UN Comtrade
(Engrais azotés= engrais azotés de synthèse)

Phase 1 : exemple acier

Procédés et leviers de décarbonation

