RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

9 décembre 2021

TRANSITION(S) 2050

CHOISIR MAINTENANT AGIR POUR LE CLIMAT

L'industrie dans les scénarios Transition(s) 2050

Sommaire

1. Les scénarios **Transition(s) 2050**
2. **Approche** de modélisation de l'industrie
3. **Hypothèses** considérées
4. **Résultats**
5. **Messages clés**

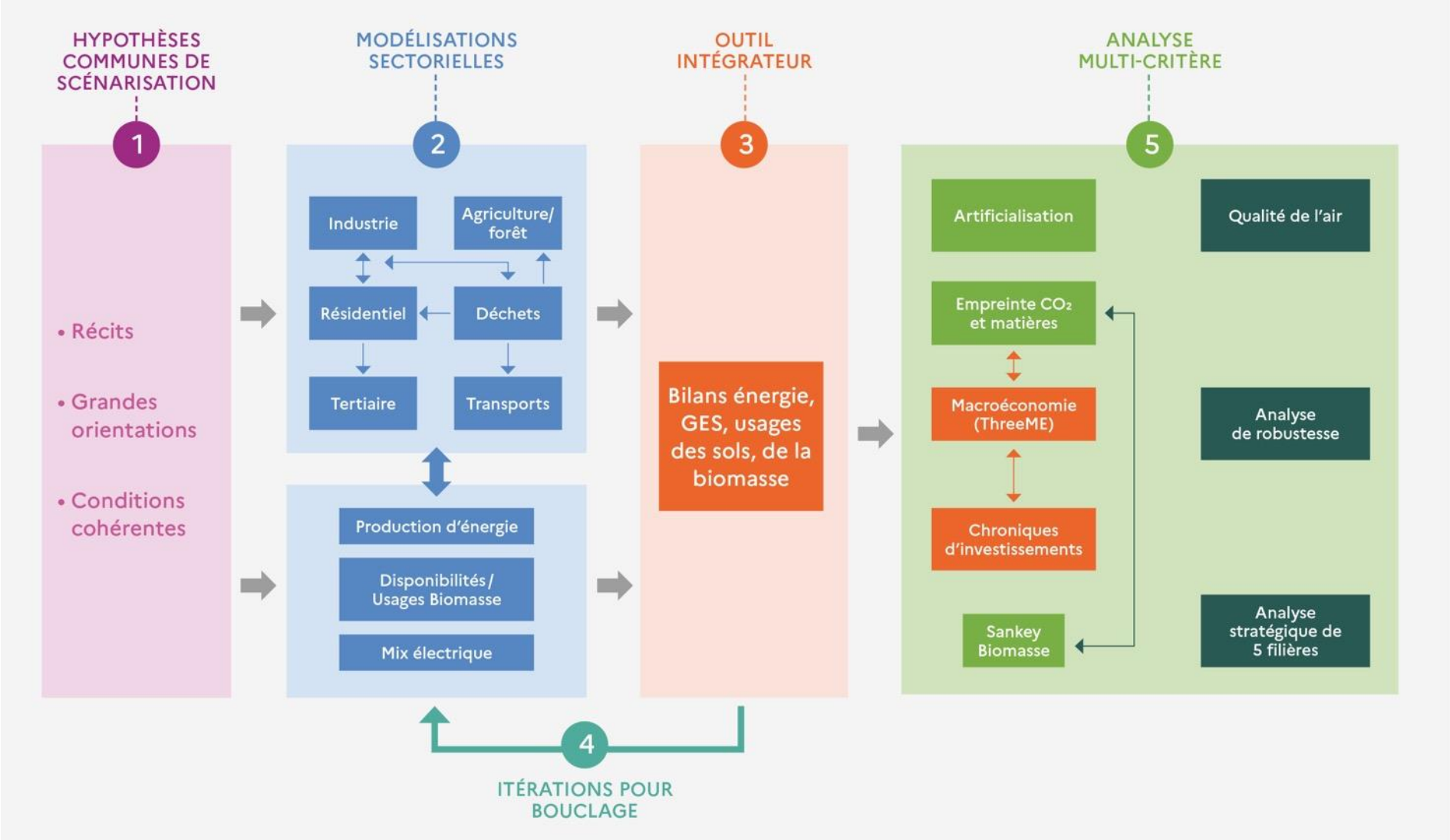
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

1. Les scénarios Transition(s) 2050

Service Industrie

Méthode de travail



Frugalité contrainte

Villes moyennes et zones rurales

3x moins de viande

Low-tech

Localisme

Rénovation massive

Nouveaux indicateurs de prospérité

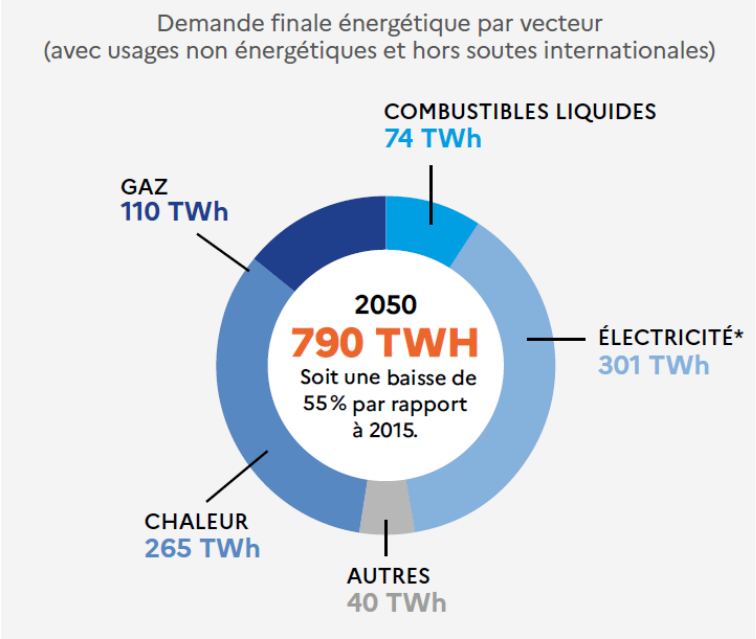
S1 Génération frugale

Une division par 2 de la demande énergétique globale

Le pétrole est limité à quelques usages spécifiques difficilement substituables

Le gaz suit la même trajectoire de réduction très forte de consommation. Il est presque intégralement renouvelable

L'hydrogène est principalement utilisé comme levier de décarbonation du gaz du réseau

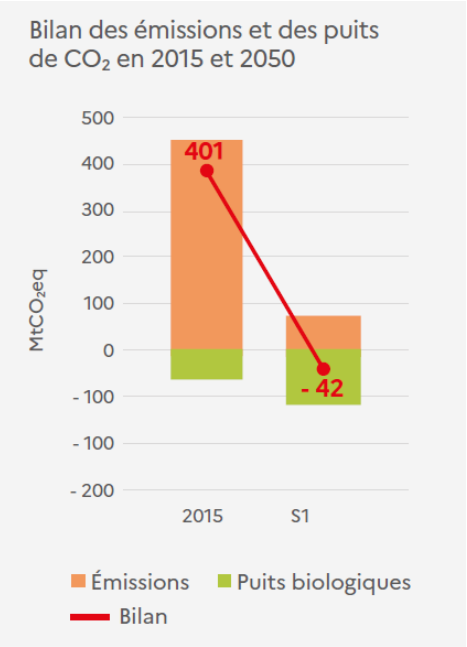


* hors consommation intermédiaire, notamment pour la fabrication du H2

Des émissions de GES maîtrisées ne mobilisant que les puits biologiques

2015
401
$MtCO_2eq$

2050
-42
$MtCO_2eq$



Économie du partage

Modes de vie soutenables

Coopérations entre territoires

Mobilité maîtrisée

Gouvernance ouverte

Réindustrialisation ciblée

Fiscalité environnementale

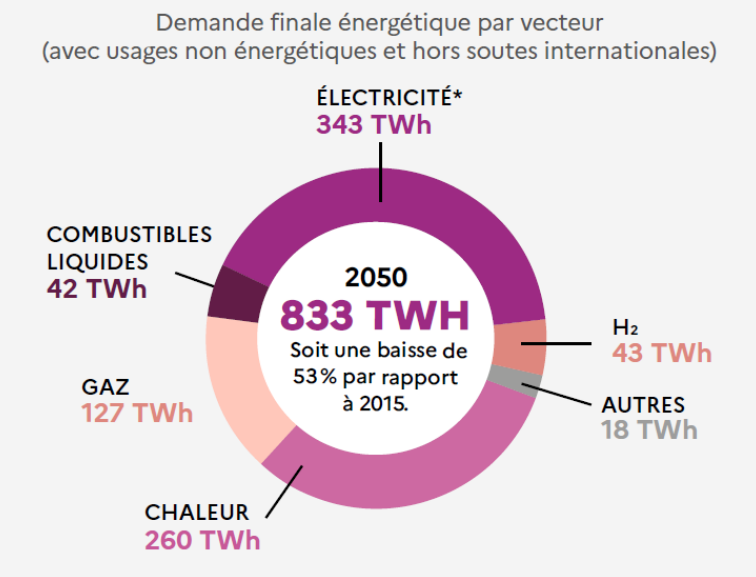
S2 Coopérations territoriales

Un mix énergétique dominé par la biomasse et l'électricité essentiellement décarbonée

Une production d'électricité équivalente à celle d'aujourd'hui

Une panoplie d'usages directs et indirects de l'hydrogène

La forte baisse de la consommation de gaz permet de couvrir la grande majorité de la demande avec du gaz décarboné

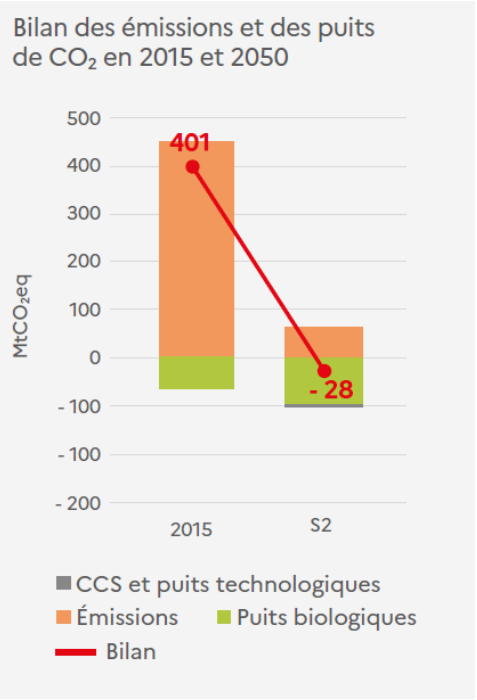


* hors consommation intermédiaire, notamment pour la fabrication du H2

Maintien des puits naturels et appel limité au captage et stockage du CO_2 (CCS)

2015
401
$MtCO_2eq$

2050
-28
$MtCO_2eq$



Technologies de décarbonation

Hydrogène

Biomasse exploitée

Métropoles

S3 TECHNOLOGIES VERTES

Consumérisme vert

Déconstruction / reconstruction

Régulation minimale

S3 Technologies vertes

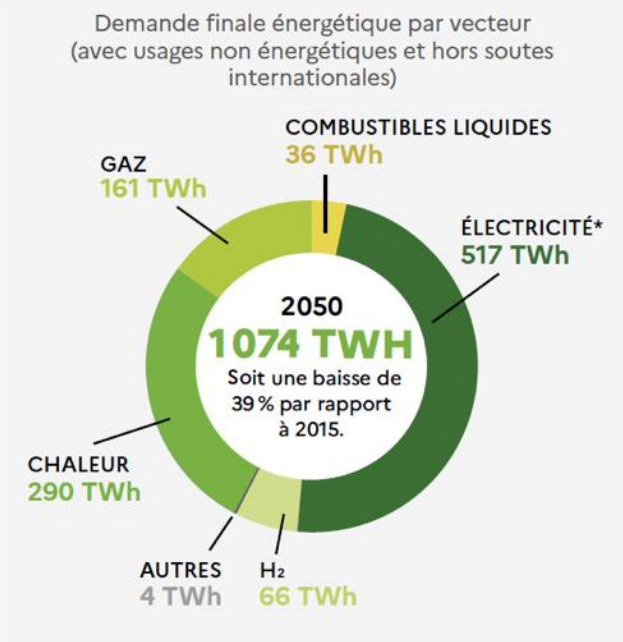
L'innovation au service de systèmes énergétiques décarbonés

La **fourniture d'énergie** doit répondre à la demande de biens et de services, en particulier numériques, fortement consommateurs ainsi qu'aux besoins de mobilités

Une consommation massive d'**hydrogène** pour tous les usages avec un recours aux importations

La **biomasse** est très mobilisée, en particulier les déchets pour la méthanisation et le bois pour l'énergie

Les **carburants fossiles** sont encore faiblement utilisés (10%) dans le transport

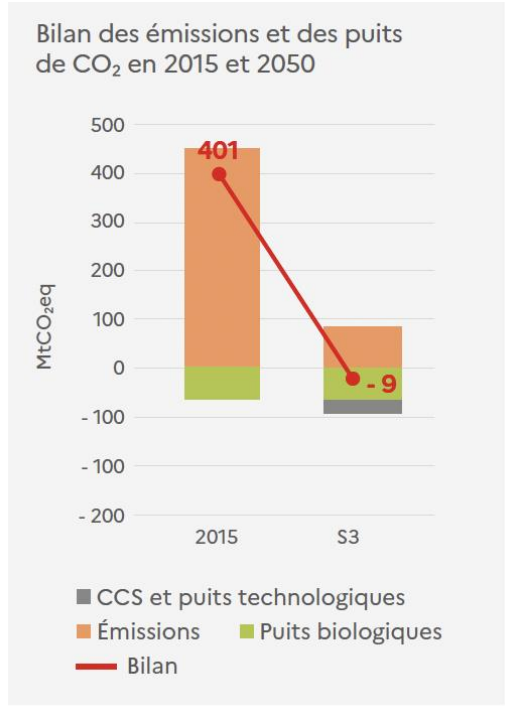


* hors consommation intermédiaire, notamment pour la fabrication du H2

Recours au captage et au stockage de CO_2 (CCS) sur des unités fonctionnant à la biomasse

2015
401
MtCO2eq

2050
-9
MtCO2eq



Étalement urbain

Consommation de masse

Technologies incertaines

S4 PARI RÉPARATEUR

Intelligence artificielle

Économie mondialisée

Agriculture intensive

Captage du CO_2 dans l'air

S4 Pari réparateur

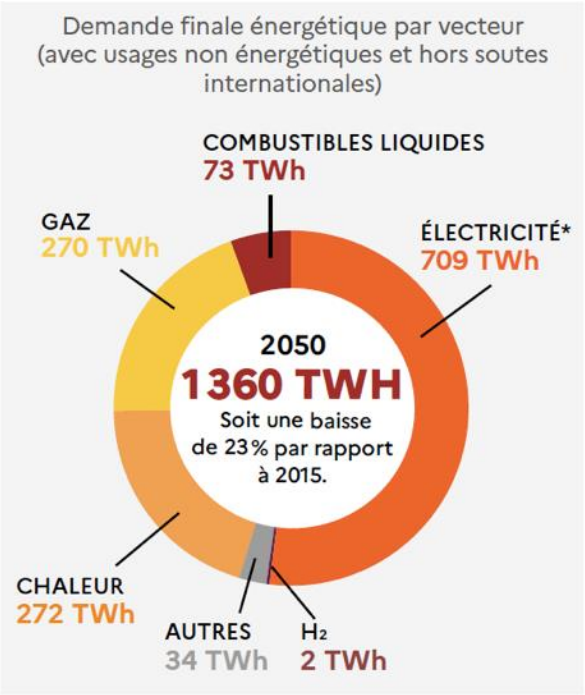
Forte électrification et recours massif à la compensation

La demande énergétique est forte

Plusieurs **leviers de décarbonation** sont utilisés : biomasse, en particulier forestière, énergies renouvelables, biogaz et biocarburants

Importation de gaz en provenance de certains pays étrangers spécialisés dans la production de **gaz décarboné** ou renouvelable

La concurrence d'autres technologies compromet la place de l'**hydrogène**

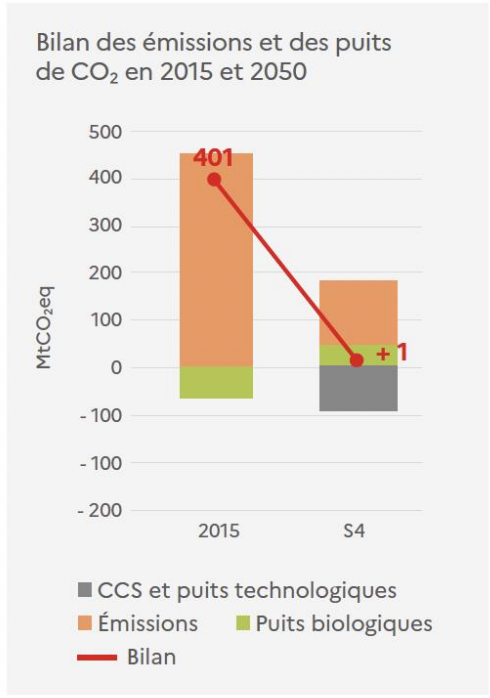


* hors consommation intermédiaire, notamment pour la fabrication du H2

Nécessaire développement de puits technologiques

2015
401
MtCO₂eq

2050
1
MtCO₂eq



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

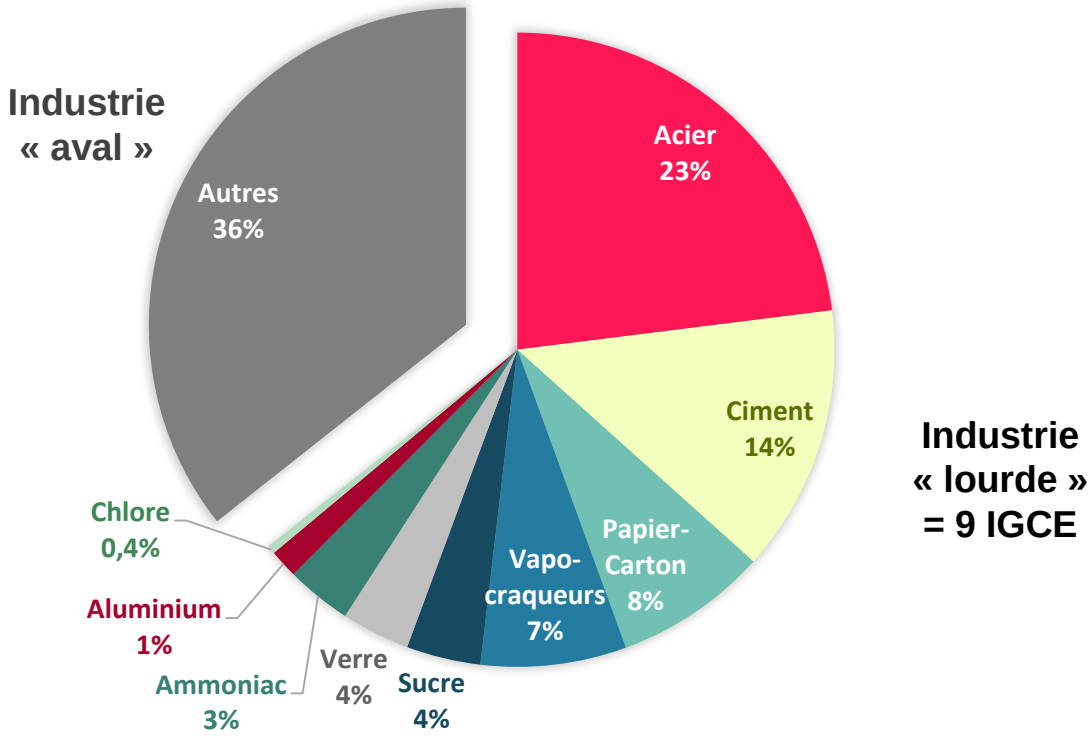
2. Modélisation de l’industrie

Approche suivie
Archétypes des scénarios dans l’industrie

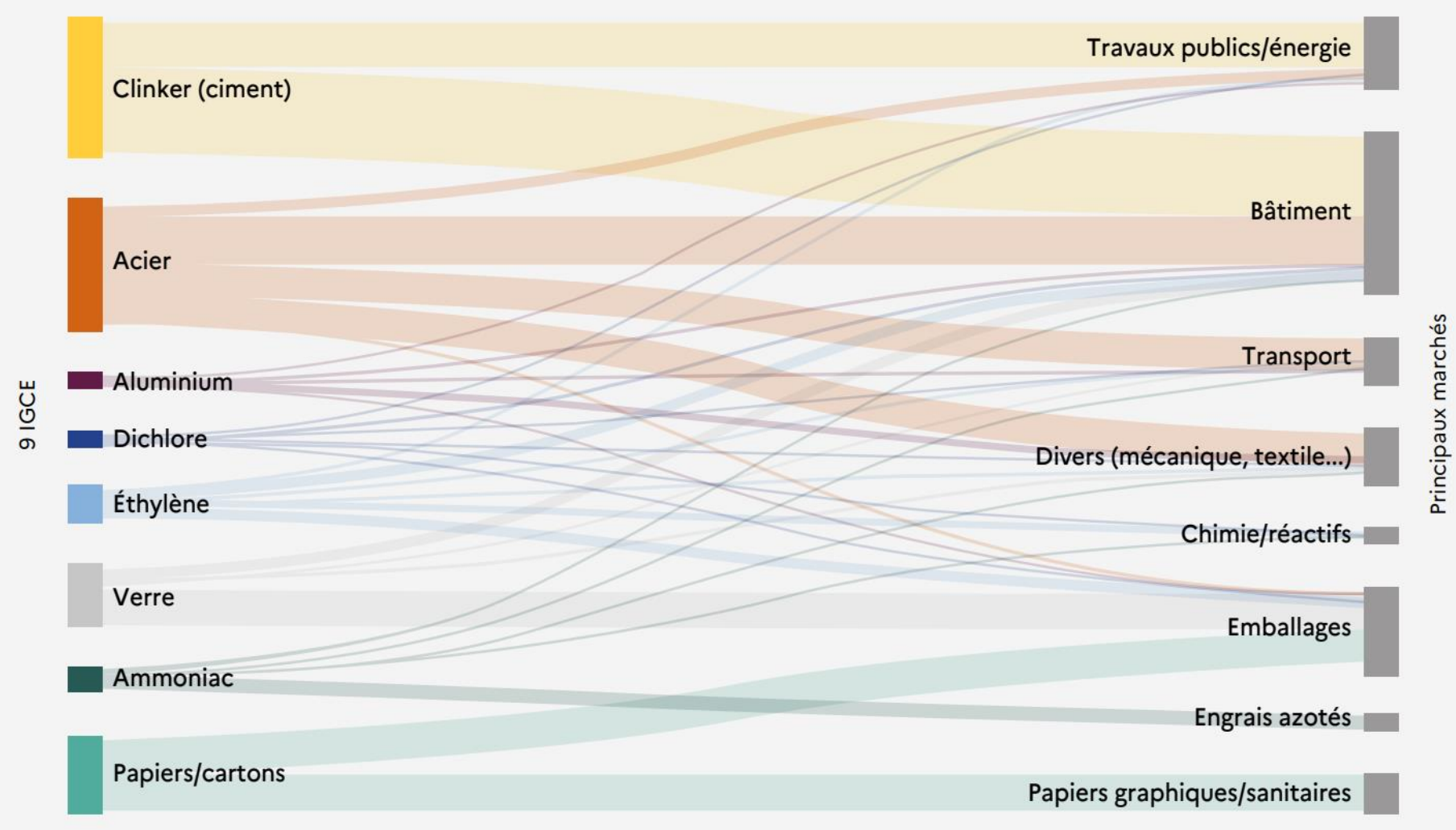
Approche – Une focalisation sur l'industrie lourde

L'industrie, 20% des émissions GES françaises sectoriellement concentrées

~2/3 des émissions dues à 9 Industries Grandes Consommatrices d'Energie (IGCE)



Approche – Prise en compte de la dépendance entre production de l'industrie lourde et demande aval



Approche – Modélisation de l'industrie

1. Diminuer la demande

Industrie aval

Efficacité matière

Nouveaux modes de vie

Transport

BTP

Emballages, …

Niveaux de consommation

Matériaux alternatifs

Durabilité

Nouveaux équilibres internationaux

Compétitivité

Réglementation

2. Décarboner la production

Nouvelle industrie (offre)

CO_2

CCUS

Efficacité matière

Efficacité énergétique

Mix énergétique

Archétypes des scénarios ADEME dans l'industrie

TEND
Poursuite des dynamiques de consommation et de désindustrialisation

S1 – Génération frugale
Changement opéré par le citoyen

Demande sobre
Activités à échelle locale
Made in France privilégié

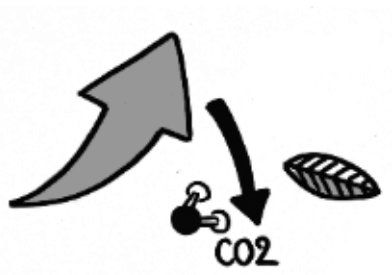
S2 – Coopérations territoriales
Planification par les pouvoirs publics

Sobriété et efficacité
Economie circulaire
Réindustrialisation ciblée

S3 - Technologies vertes
Confiance dans le progrès technologique

Consommation modérée
Offre d'énergie décarbonée
Désindustrialisation poursuivie

S4 – Pari réparateur
Pari technique sur le CCS



Consommation préservée
Désindustrialisation accélérée

Conséquences

Baisses de production
Transferts d'emplois
Investissements limités
Maintien d'infrastructures

Matières recyclées de qualité
Fermetures des sites les moins efficaces
Relocalisations et exportations

Fort développement de l'électrification et de l'hydrogène
Nouvelles filières

Décarbonation peu développée hors CCS

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

3. Hypothèses considérées dans l'industrie

Niveaux de production industrielle

Demande

Commerce international

Bilan

Evolutions technologiques

Efficacité matière, énergétique et mix

CCUS

Réorganisations de filières

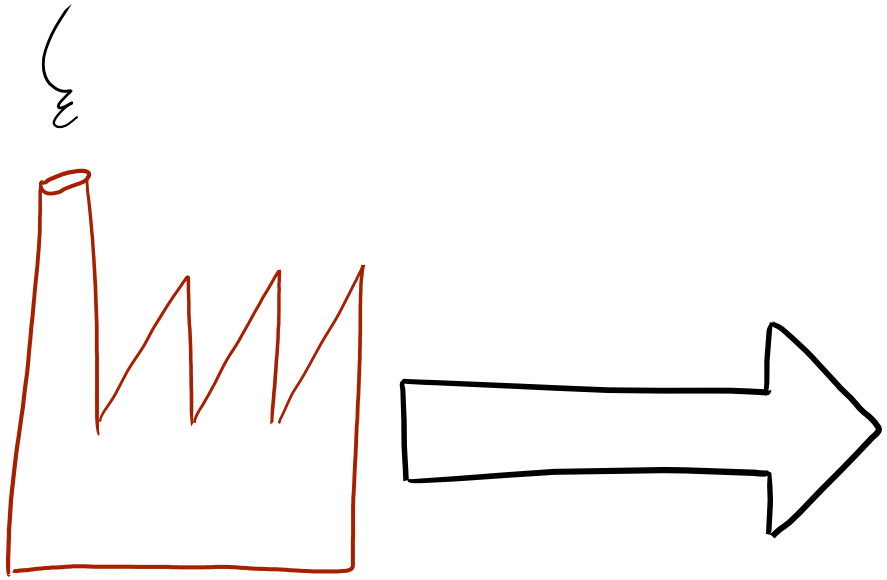
Sidérurgie

Chimie des plastiques

Niveaux de production

Hypothèses – Production

Une production adaptée à la demande



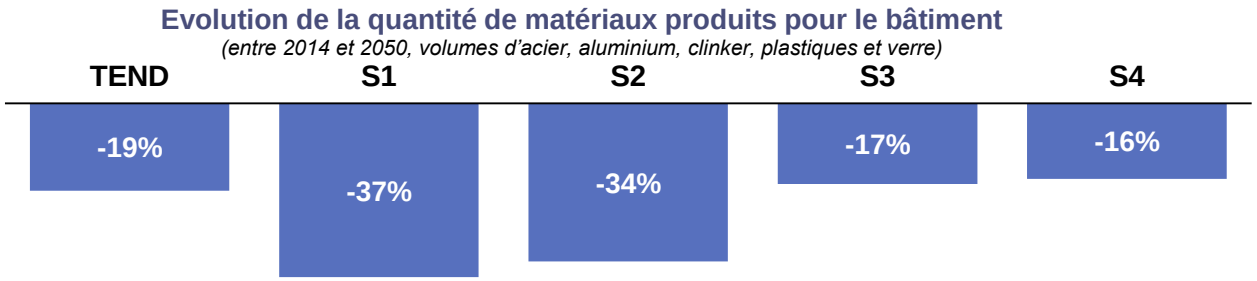
Nouveaux modes de vie et efficacité matière

	Industrie aval	**Efficacité matière :** Incorporation de matières recyclés, intrants alternatifs
	Secteurs aval	
	Transport	Nb de véhicules vendus Poids des véhicules Matériaux utilisés…
	BTP	Démographie Mutualisation des espaces Matériaux utilisés…
	Emballages, …	Niveaux de consommation Durabilité Matériaux utilisés…

Hypothèses – Production
Des niveaux de demande en baisse

Une demande en baisse dans quasi tous les scénarios, notamment dans les IGCE

- **Bâtiment :** ralentissement de la démographie



- Interdiction de mise en marché d'emballages **plastiques à usage unique en 2040**
- Efficacité matière : incorporation de **matières premières de recyclage (MPR)**

Un recul plus ou moins marqué selon les scénarios

S1 & S2 – **Forte contraction** de la demande
Constructions neuves, ventes de véhicules, emballages, engrais
Efficacité matière (S1 : réutilisation-réemploi / S2 : recyclage)

S3 & S4 – **Recul modéré** de la consommation
Dynamisation des transports
Hausses de la demande en aluminium, verre, ammoniac

Des substitutions entre industries

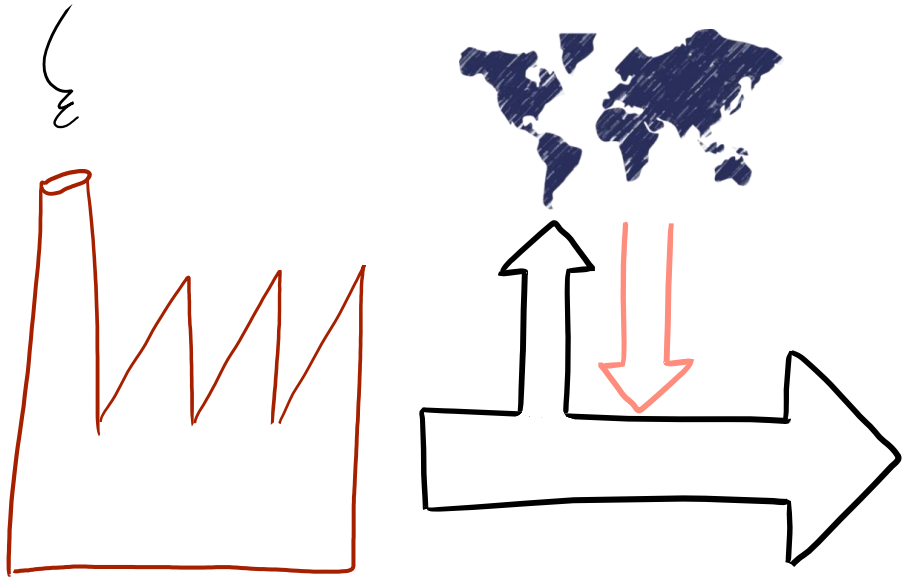
- **Bâtiment :** substitution **Ciment → Bois / biosourcés** (RE2020)
- **Transport** : substitution **Acier → Aluminium** dans les véhicules (allègement)

Hypothèses – Production

Une production adaptée au commerce international

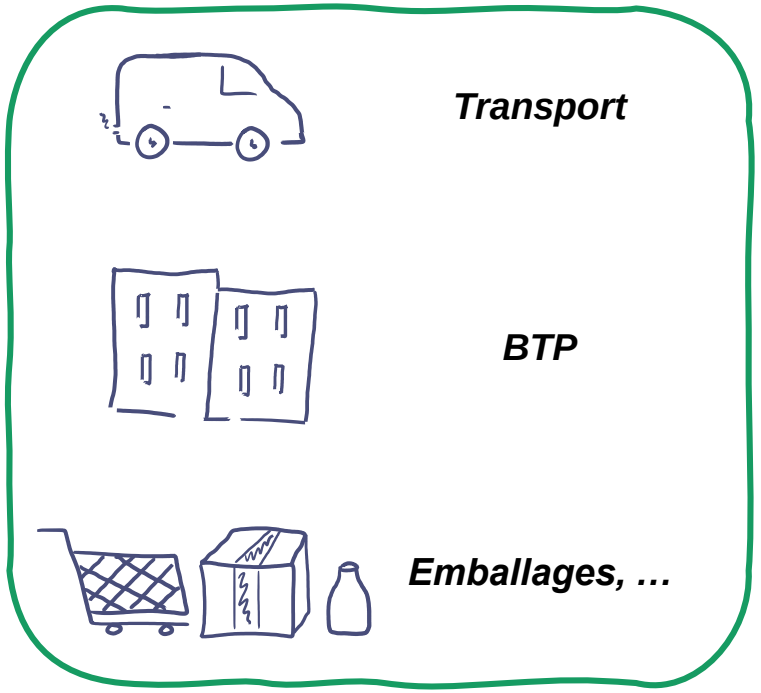
Nouveaux équilibres internationaux

Production industrielle



Compétitivité *Réglementation*

Ajustement carbone aux frontières



Demande domestique

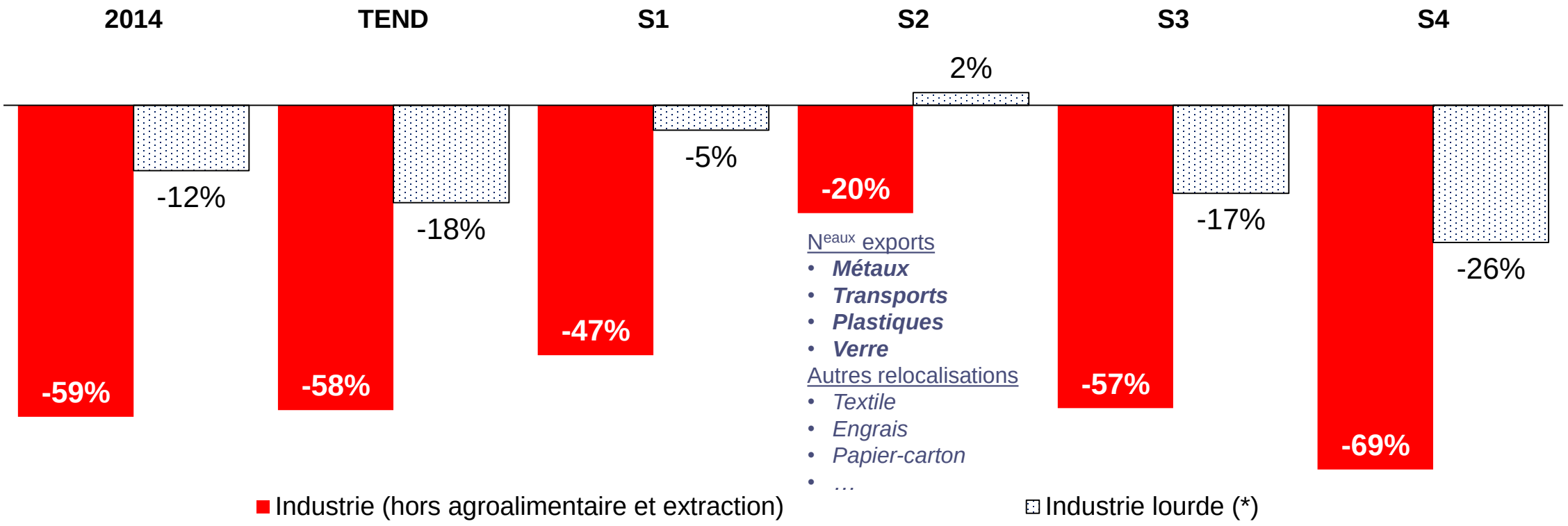
Hypothèses – Production

Différentes hypothèses de commerce international

S1 – Consommation ***Made in France*** **S2** – **Réindustrialisation** forte **S3 & S4** – Poursuite de la **désindustrialisation**

Taux S/P moyen des secteurs industriels considérés

(Exportations – Importations) / Production, en volume, hors industries agroalimentaires et extractives

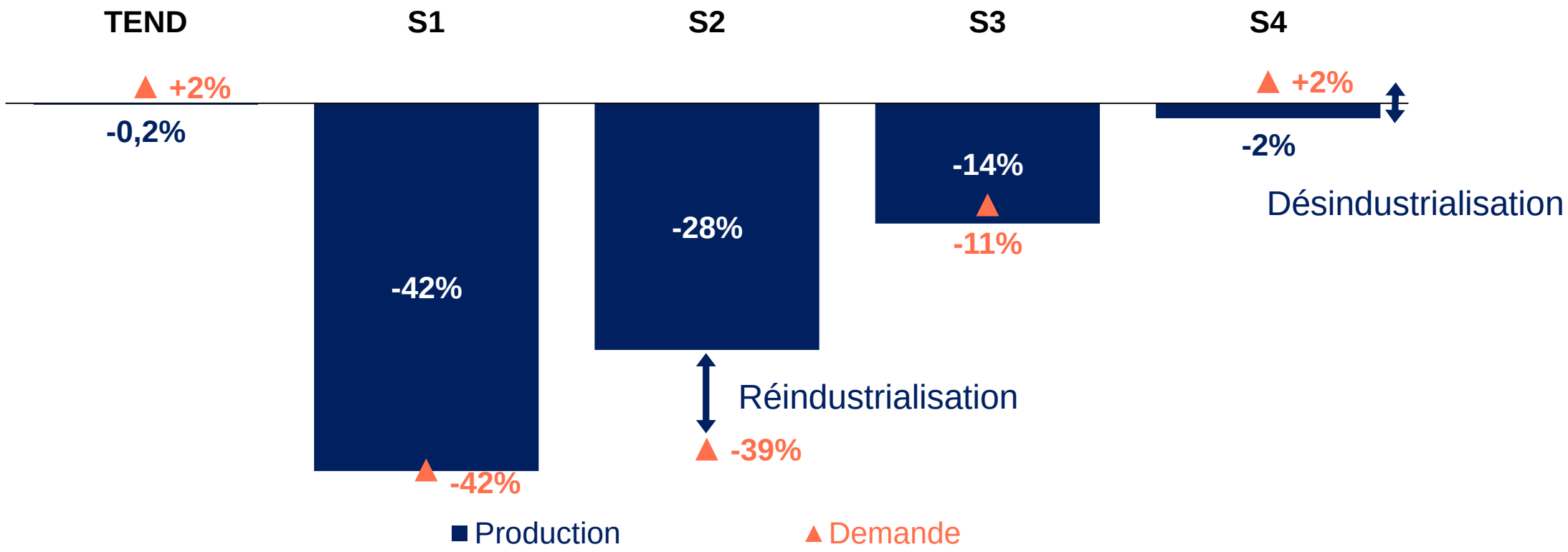


Hypothèses – Production

Conclusion : Une production globalement en baisse dans tous les scénarios

Evolution moyenne de la production industrielle, 2014-2050

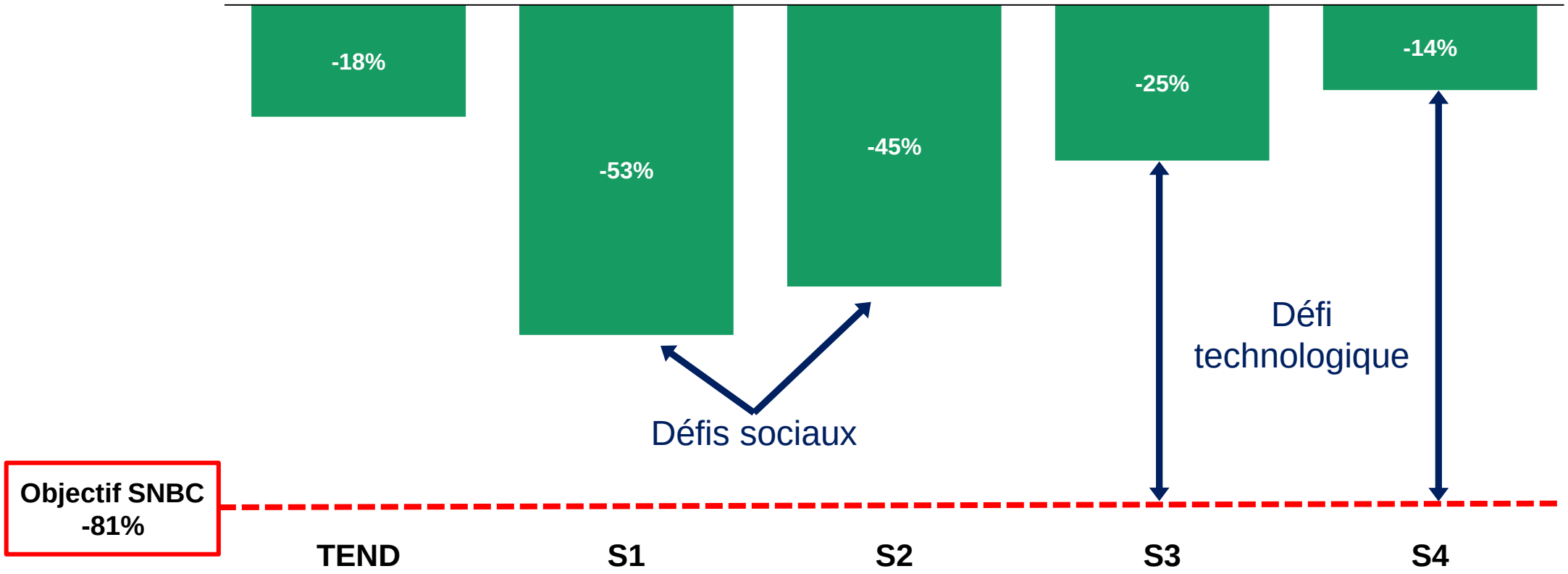
En volume, sur les secteurs considérés, hors industries agroalimentaires et extractives



Hypothèses – Production
Résultats provisoires : et si l'on s'arrêtait là ?

Réductions d'émissions engendrées par la seule évolution des niveaux de production

(effets Demande, Commerce international et Efficacité Matière rapportés aux émissions de 2014 [1])



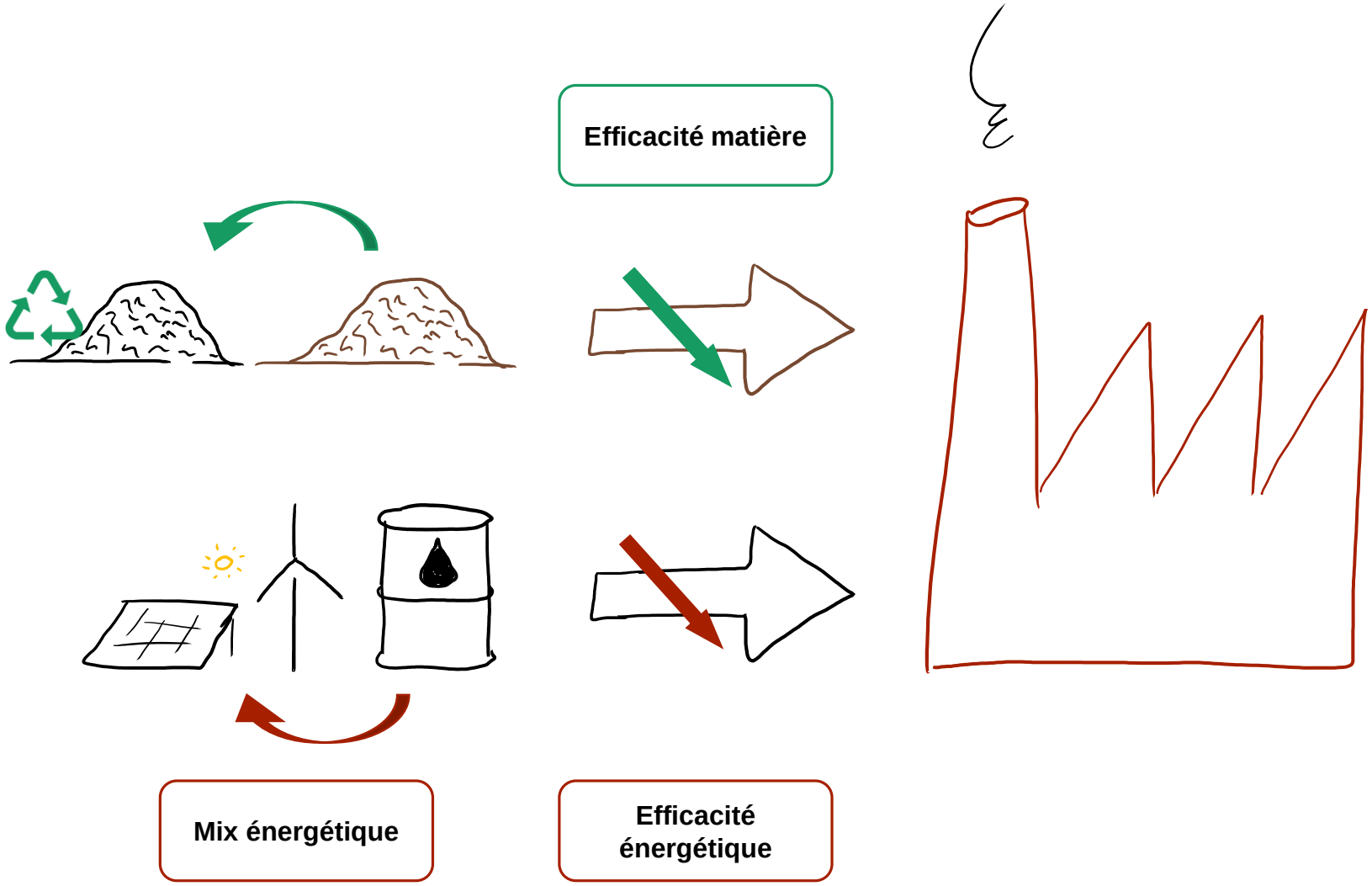
[1] *La réorganisation des filières industrielles n'est pas considérée dans ces effets (méthanol, MTO, BTO dans la chimie ; remplacement des hauts fourneaux par une filière DRI-EAF dans la sidérurgie ; nouvelles industries dans l'économie circulaire).*

Des questions ?

Technologies de décarbonation

Hypothèses – Technologies

Efficacité matière, énergétique et mix



Hypothèses – Technologies
Efficacité matière, énergétique et mix

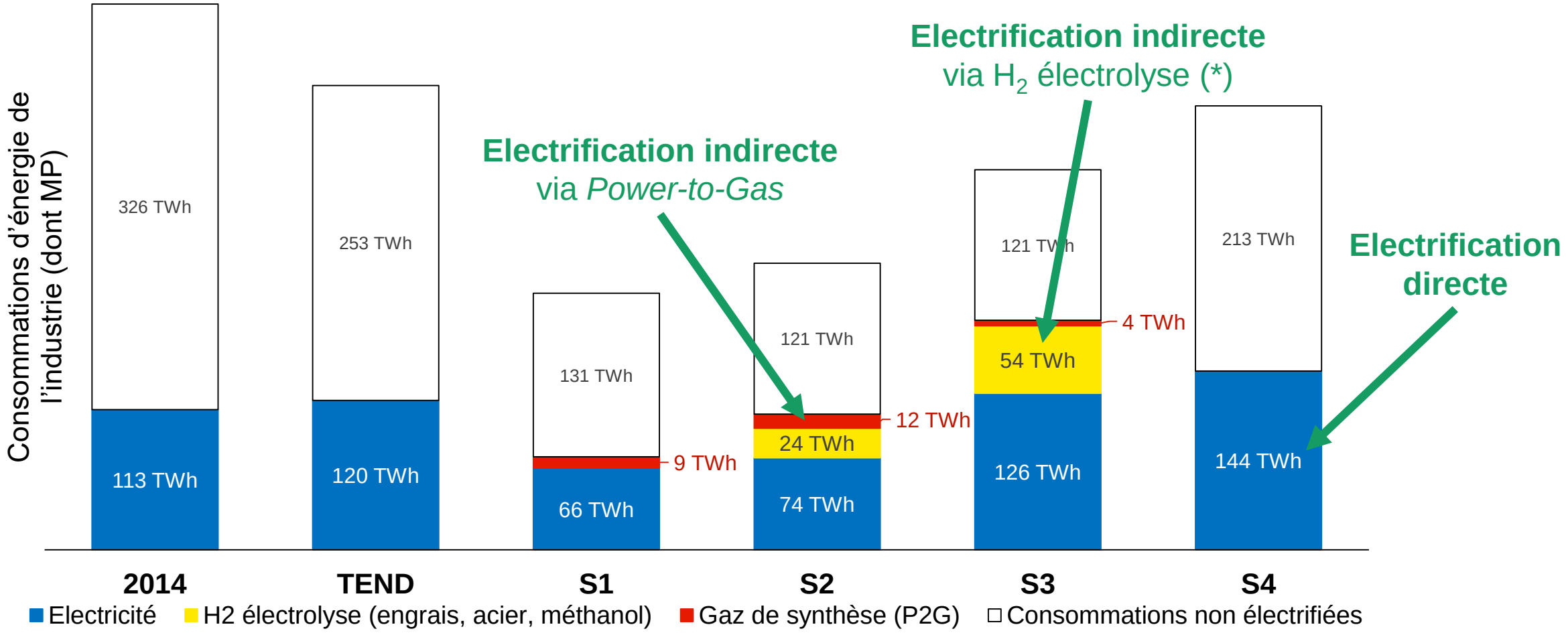
Economie circulaire très développée

	TEND	S1	S2	S3	S4
Efficacité matière *Taux d'incorporation MPR* *(acier, aluminium, verre, papier-carton, plastiques)*	45%	70%	80%	60%	45%
Efficacité énergétique	++	+++	++++	+++	++
Mix énergétique		**Biomasse** Gaz réseau *Recul des produits pétroliers*		**Electrification** Gaz réseau	Electrification
% décarbonation gaz réseau	19%	88%	82%	84%	51%
Usage d'hydrogène dans l'industrie	13 TWh	11 TWh	24 TWh	54 TWh	12 TWh

Injection d'H_2 (acier)

Methanol-to-olefins

Hypothèses – Technologies
Focus : des électrifications multiples

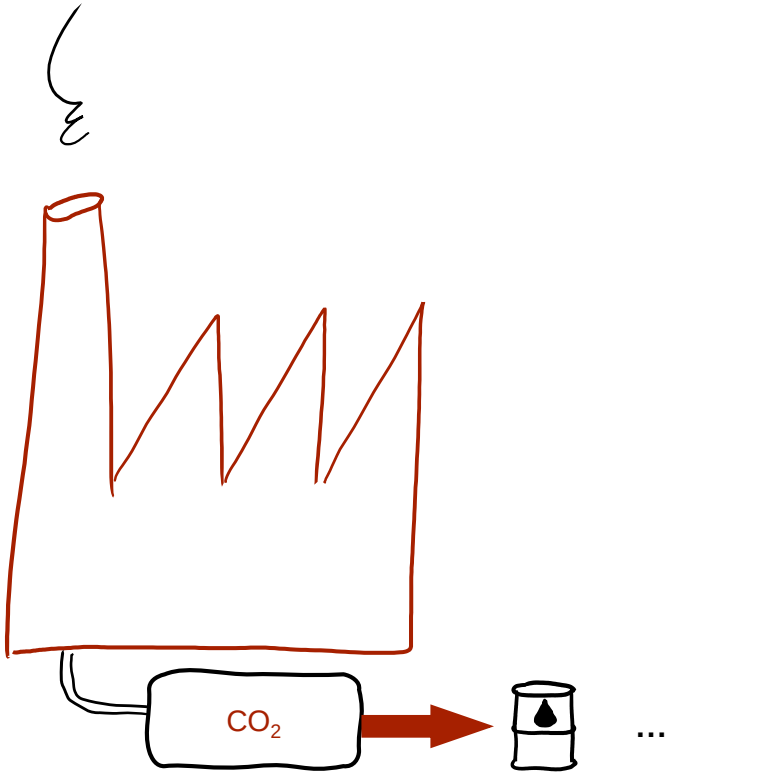


2014	TEND	S1	S2	S3	S4	
26%	32%	36%	47%	60%	47%	% électrification directe et indirecte

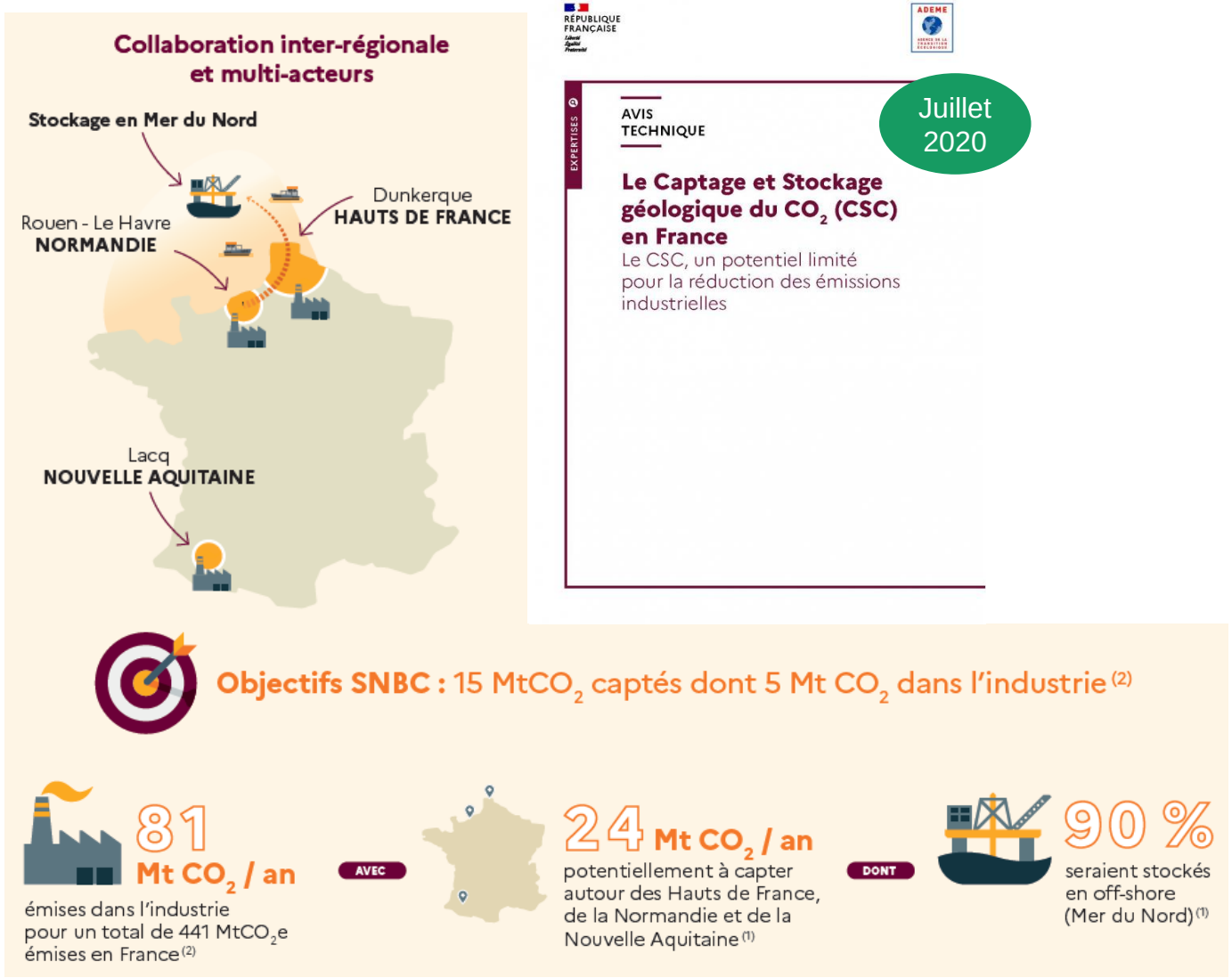
(*) Usages d'H_2 dans l'industrie (engrais, acier, méthanol) : combustion non considérée

Hypothèses – Technologies

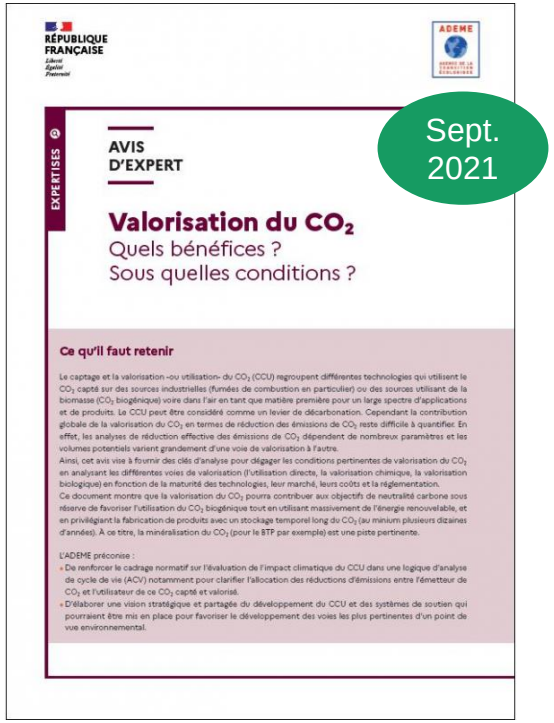
Captage, stockage et valorisation du CO_2 (CCUS)



Hypothèses – Technologies
CCUS : Appui sur deux Avis de l'ADEME



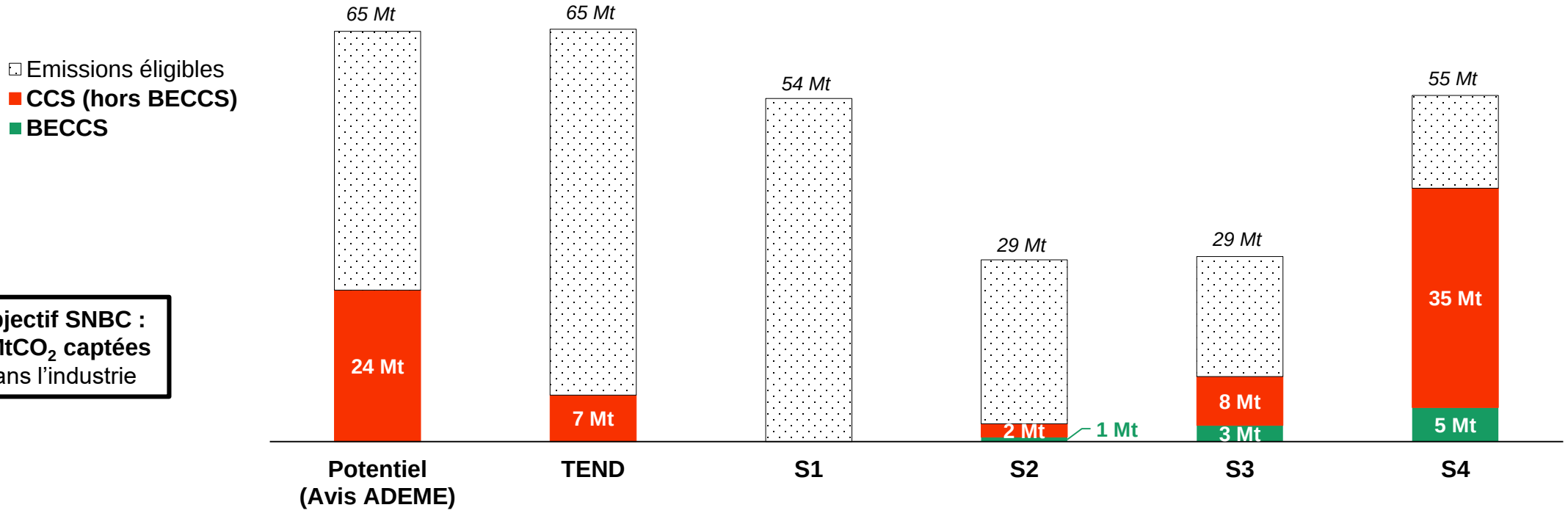
Des potentiels pour le CCUS déclinés selon les narratifs des scénarios Transition(s) 2050



Hypothèses – Technologies
Captage et stockage géologique du CO_2 (CCS)

Dédié aux **émissions incompressibles et concentrées** (ex: cimenteries, chimie, …) = **émissions éligibles**

Emissions éligibles et captées dans l'industrie en 2050



Objectif SNBC : 5 $MtCO_2$ captées dans l'industrie

	TEND	S1	S2	S3	S4
Captage	Nord	*Non considéré (rejet citoyen)*	Nord	Nord & Aquitaine	Tous secteurs industriels (pipes)
Stockage en France	-		-	Bassins parisien & aquitain	Tous bassins (pari)
Stockage en mer du Nord	★★☆☆		★☆☆☆	★★☆☆	★★☆☆

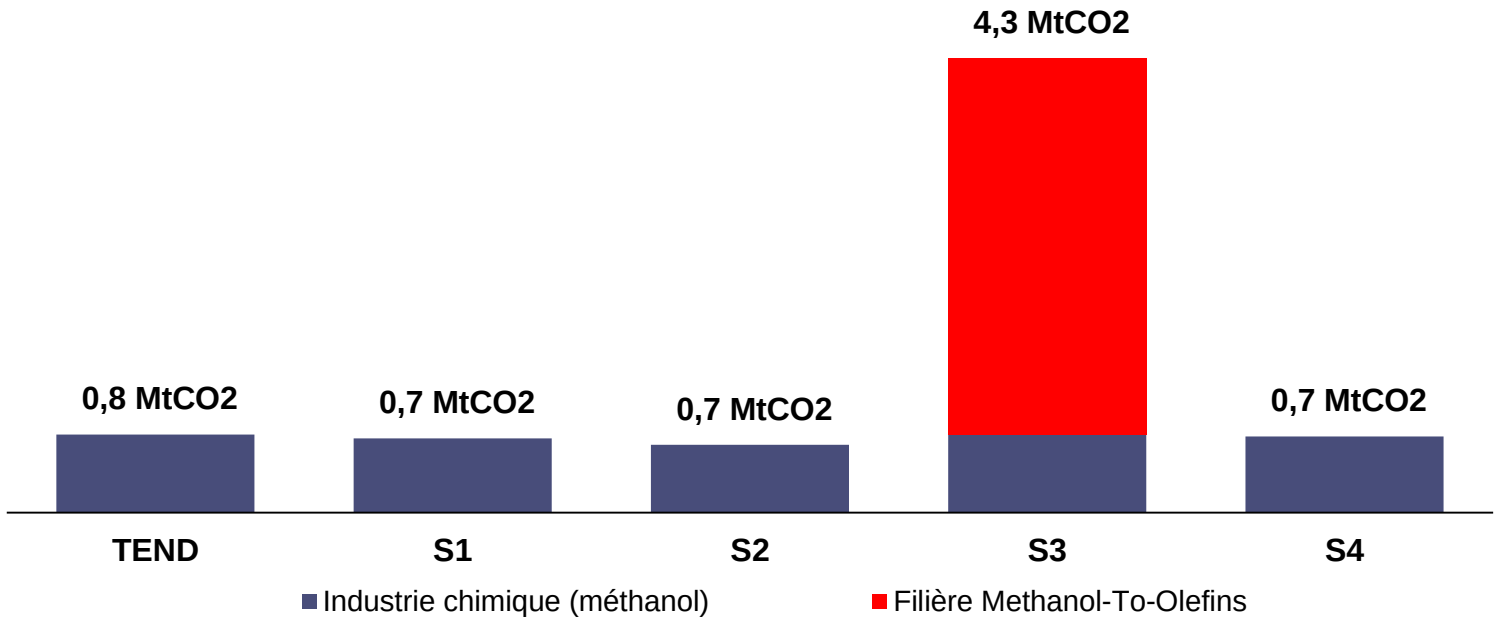
Hypothèses – Technologies
Captage pour valorisation du CO_2 dans l'industrie

Valorisation de CO_2 d'**origine biogénique** uniquement : captage dans les bioraffineries, chaudières biomasse…

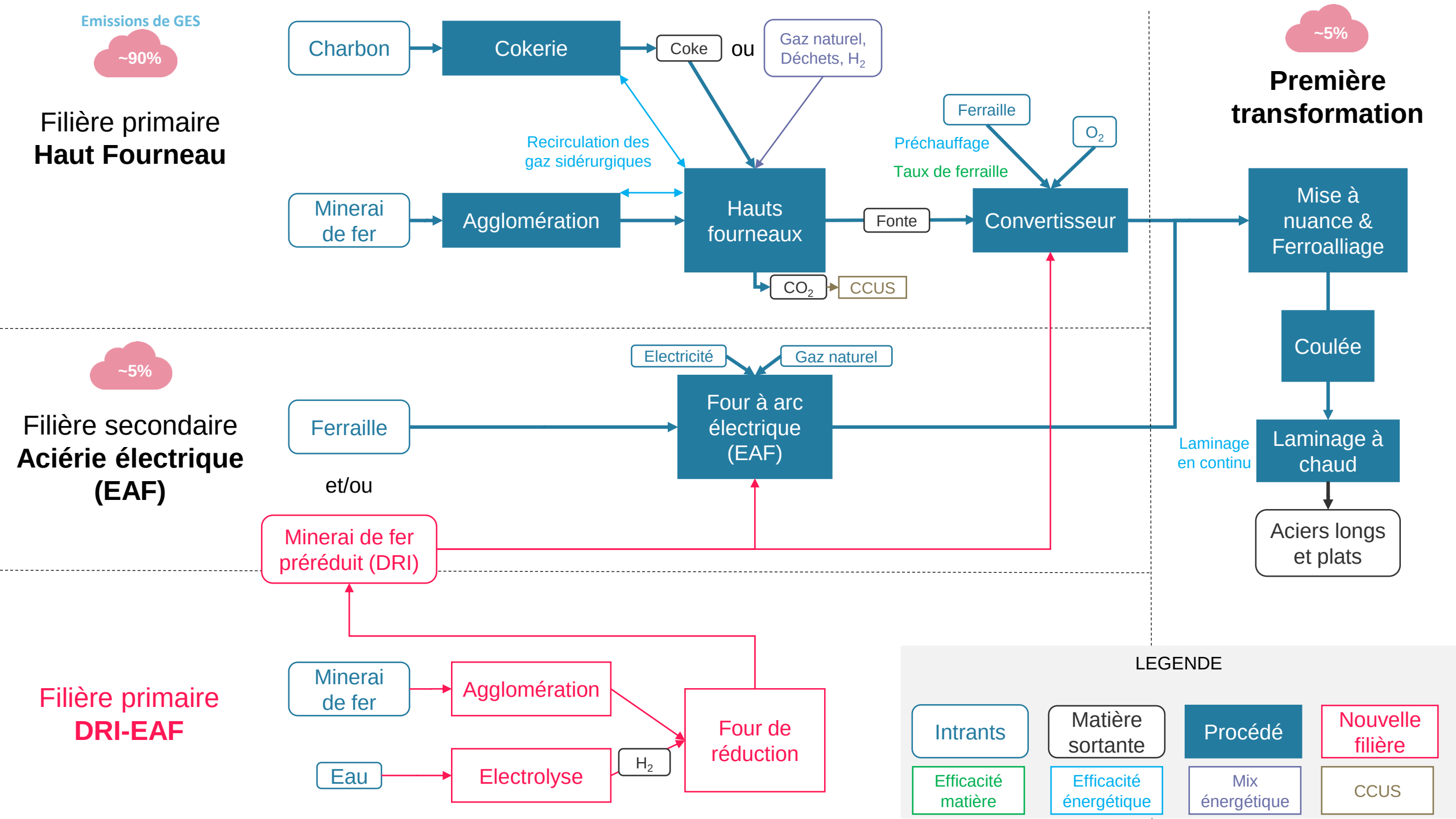
Usages du CO_2 capté :

- **Tous scénarios –** Relocalisation complète de la **production de méthanol**
- **S3** – **Production de plastiques** (nouvelle filière *Methanol-to-Olefins*)

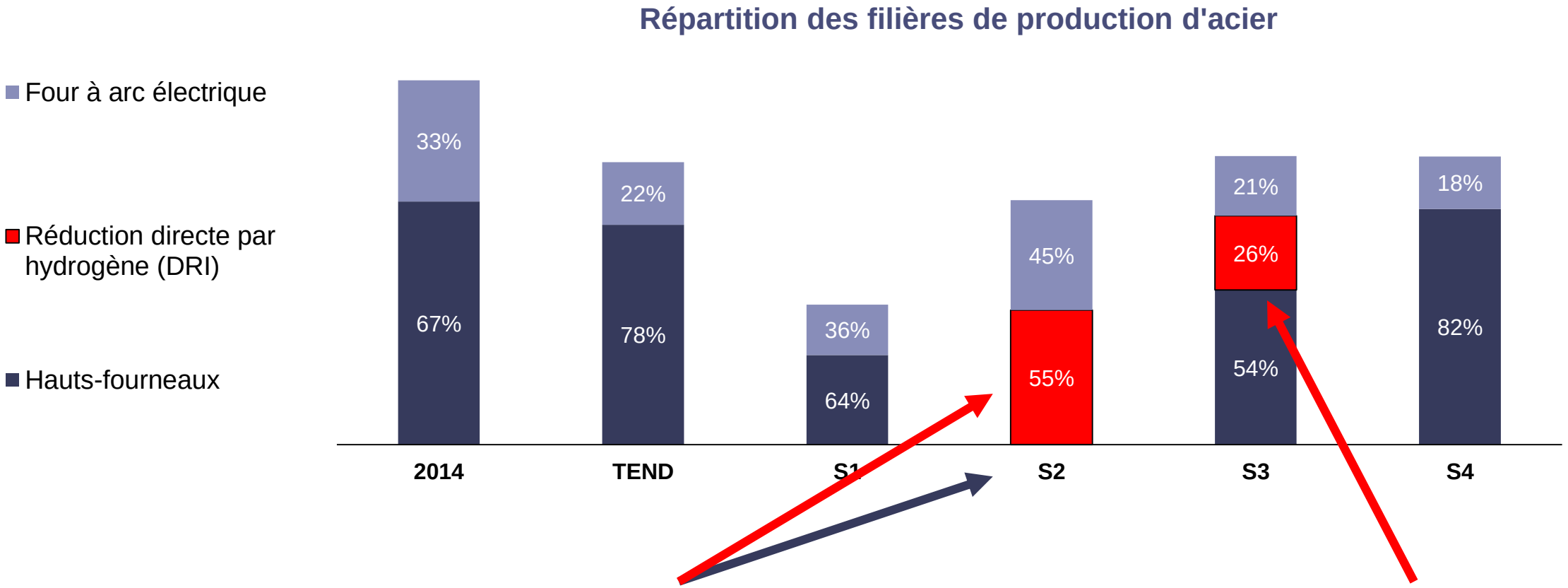
Emissions de CO_2 biogéniques valorisées en 2050



Réorganisation des filières industrielles
Focus sur la sidérurgie


Emissions de GES
~90%
Filière primaire
Haut Fourneau
Charbon
Cokerie
Coke
ou
Gaz naturel, Déchets, H_2
Recirculation des gaz sidérurgiques
Minerai de fer
Agglomération
Hauts fourneaux
Fonte
Ferraille
Préchauffage
Taux de ferraille
O_2
Convertisseur
CO_2
CCUS
~5%
Première transformation
Mise à nuance & Ferroalliage
Coulée
Laminage en continu
Laminage à chaud
Aciers longs et plats
~5%
Filière secondaire
Aciérie électrique (EAF)
Ferraille
et/ou
Electricité
Gaz naturel
Four à arc électrique (EAF)
Minerai de fer préréduit (DRI)
Filière primaire
DRI-EAF
Minerai de fer
Agglomération
Eau
Electrolyse
H_2
Four de réduction
LEGENDE
Intrants
Matière sortante
Procédé
Nouvelle filière
Efficacité matière
Efficacité énergétique
Mix énergétique
CCUS

Réorganisation des filières industrielles
Focus sur la sidérurgie



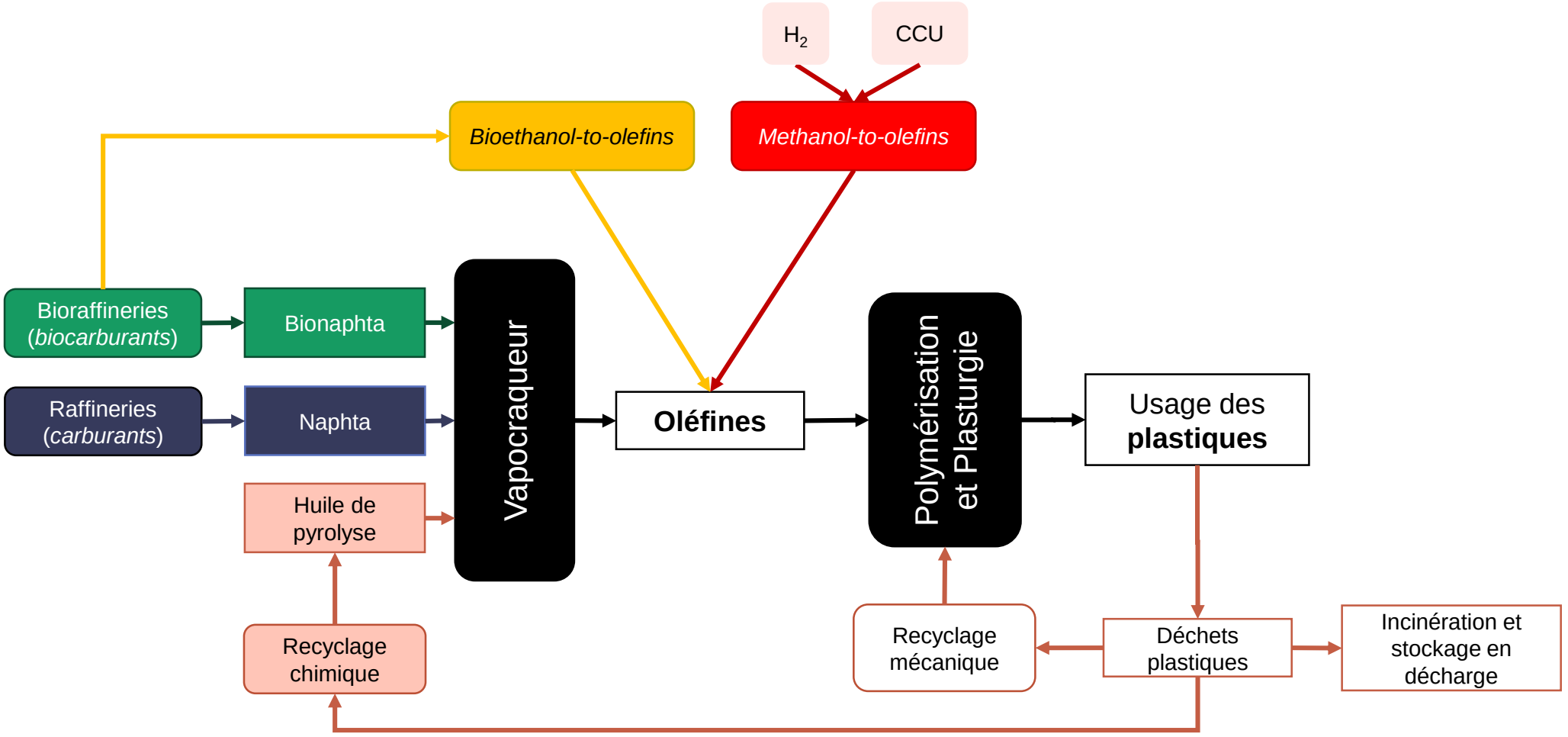
S2 : Reconversion totale des hauts fourneaux (*implication de l'Etat*)

+ Nouvelle filière électrique / H_2 (DRI-EAF)

S3 : Nouvelle filière électrique / H_2 (DRI-EAF)

Réorganisation des filières industrielles
Focus sur la chimie des plastiques

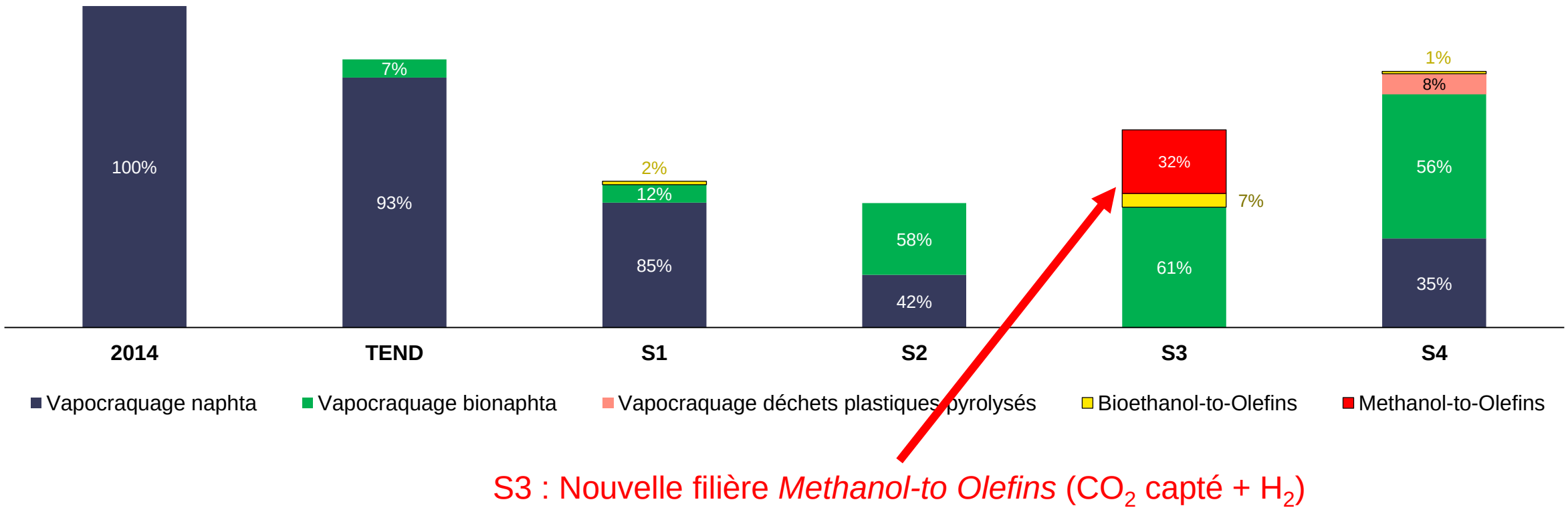
Réorganisation des filières industrielles
Focus sur la chimie des plastiques



Réorganisation des filières industrielles
Focus sur la chimie

- **Tous scénarios – Production de méthanol relocalisée**, à partir d'H_2
- **Production de plastiques : remplacement du naphta** importé et **filières alternatives** au vapocraquage

Répartition des filières de production d'oléfines (chimie des plastiques)



S3 : Nouvelle filière *Methanol-to Olefins* (CO_2 capté + H_2)

Des questions ?

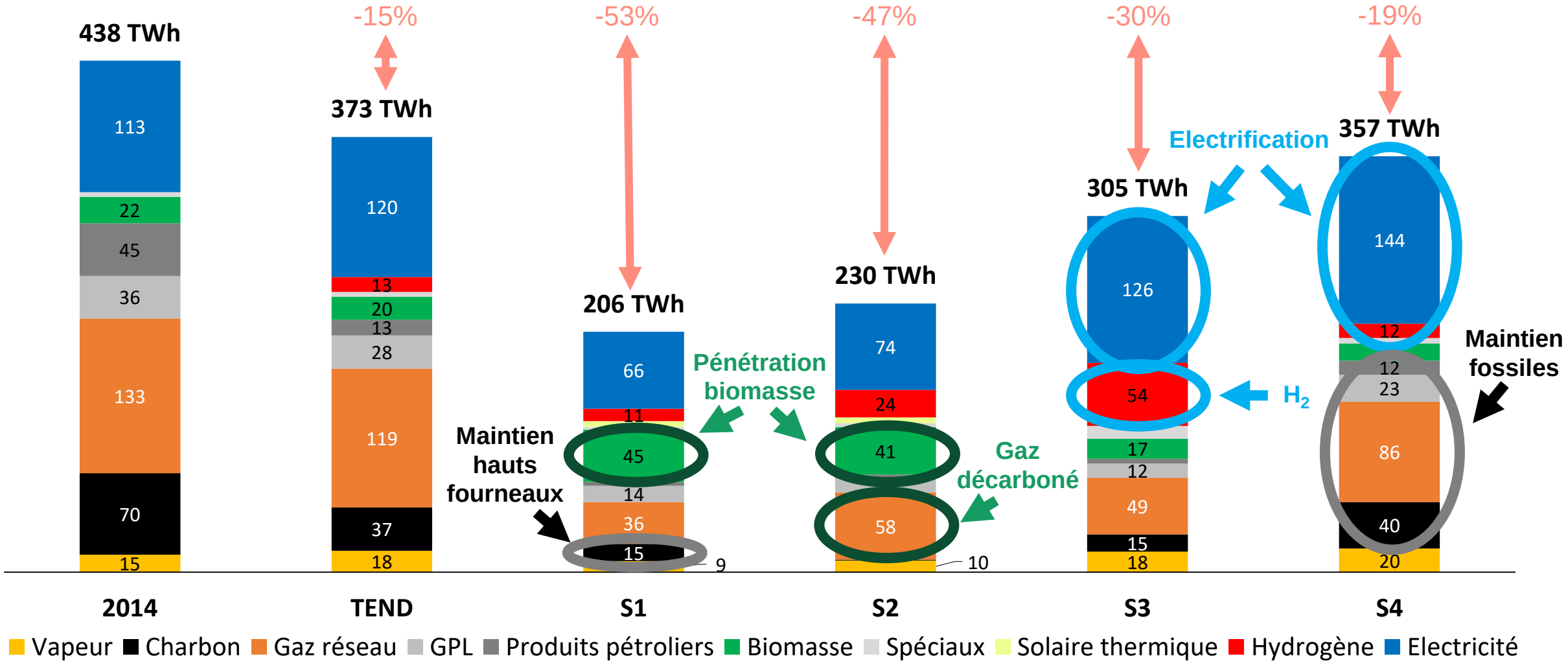
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

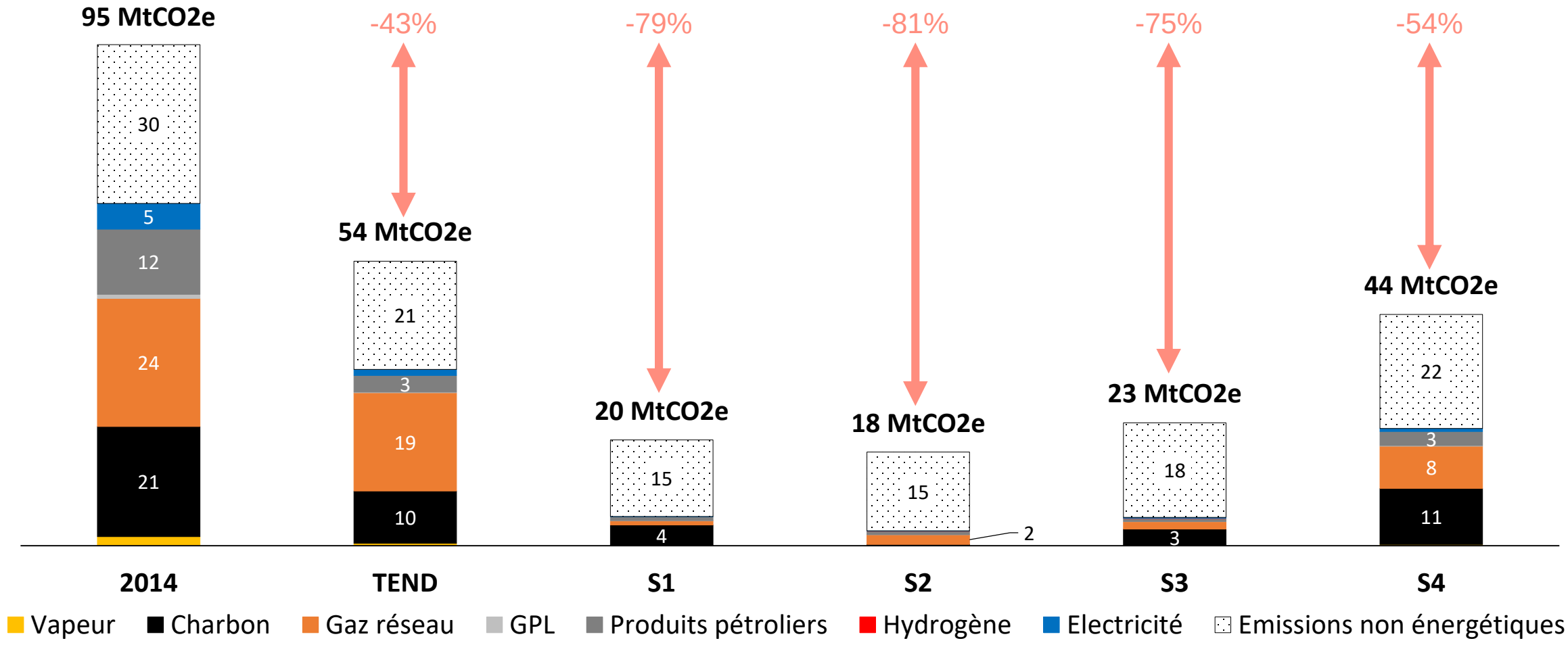
4. Résultats dans l'industrie

Consommations d'énergie
Emissions GES hors CCS
Emissions GES avec CCS

Résultats – Consommations énergétiques de l'industrie (matières premières incluses)

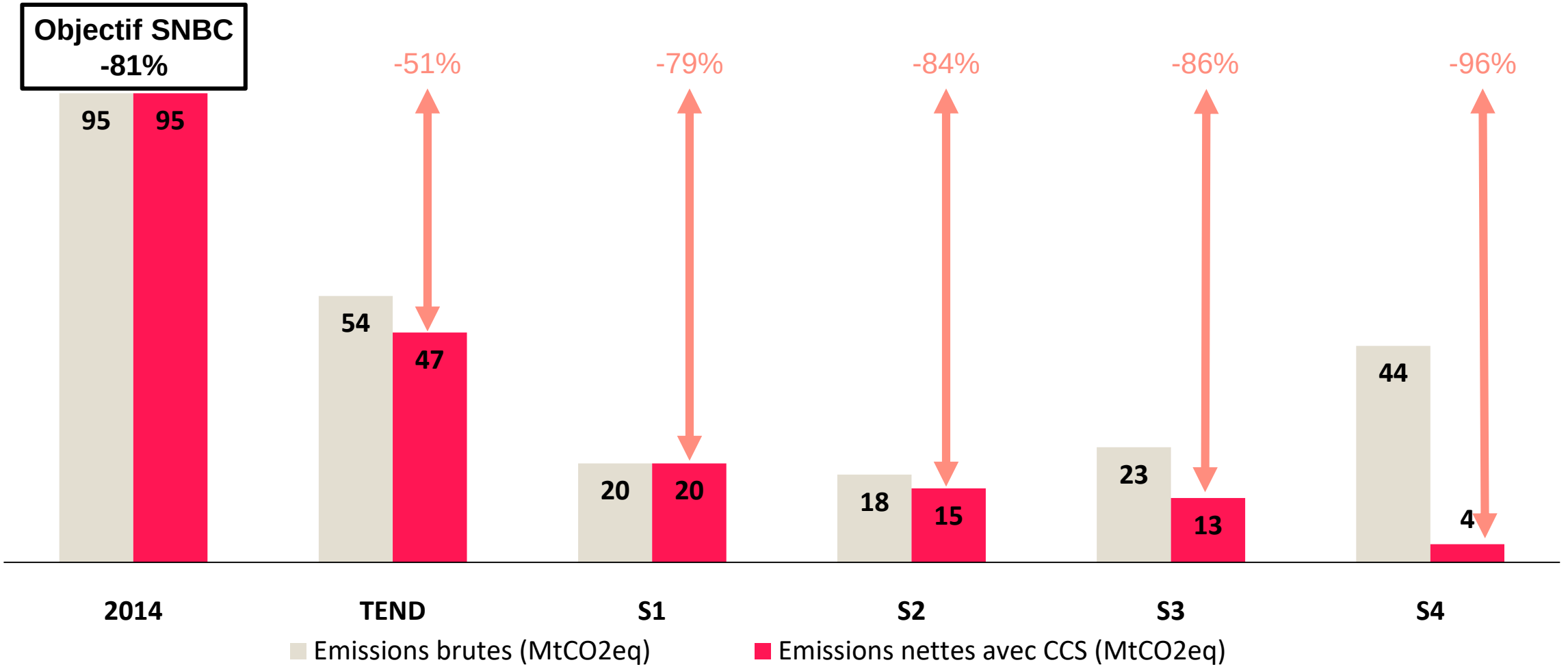


Résultats – Emissions GES (hors CCS) de l'industrie



Objectif SNBC = - 81% → quasi-atteint sans CCS dans tous les scénarios, sauf S4

Résultats – Emissions GES brutes (hors CCS) et nettes (avec CCS) de l'industrie



Objectif SNBC atteint dans quasi tous les scénarios

En S1, neutralité carbone atteinte grâce aux puits biologiques

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Conclusion

Messages clés pour l’industrie

Service Industrie

Des choix de société nécessaires pour accompagner la décarbonation industrielle

Différents scénarios possibles pour une décarbonation profonde de l'industrie

Un recul des niveaux de production à anticiper et accompagner

Des plans d'investissements bas carbone de grande ampleur, alliant technologies matures, innovations et nouvelles infrastructures, à préparer et favoriser

Un recul des niveaux de production à anticiper et accompagner

Nouveaux modèles économiques
Moins de volume, plus de valeur ajoutée, de réparabilité, …

Politiques d'emploi-formation et d'aménagement du territoire
Accompagnement des transferts d'activité, mutualisation d'infrastructures, …

Evolution des équilibres commerciaux
Relocalisations, ajustement carbone aux frontières, …

Des plans d'investissements bas carbone de grande ampleur à préparer et favoriser

Accompagner les industries
Aides d'Etat, conditionnement du soutien public aux développements bas carbone

Apporter de la visibilité
Fiabilisation de la trajectoire de prix du carbone et de la réglementation (fiscalité, …)

Sécuriser les marchés bas carbone
Marchés publics

Questions / Réponses

Prochaines dates

14 janvier 2022 – 10h30-12h30

- Rencontres de la Transition Industrielle (RTI) n°4 : webinaire public autour des Transition(s) 2050 Industrie et Hydrogène

Fin janvier

- feuilleton mix électrique et métaux de la TE
- webinaire technique de présentation (début 2022)

Fin mars

- feuilleton sur les modes de vie, les impacts macro-économiques, l'empreinte matières et GES, l'adaptation

… et rendez-vous à Angers en 2022 !

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Merci pour votre attention

Rapports disponibles sur
transitions2050.ademe.fr

Le rapport
[687 pages]

La synthèse
[44 pages]

Le résumé exécutif
[12 pages]