



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Hydrogène & décarbonation de l'industrie en Île-de-France

Panorama général de l'industrie en France

L'industrie emploie **3 millions** de personnes

360 TWh de conso. d'énergie (hors matières premières)

Soit **20%** de la consommation d'énergie française

mix
énergétique
de l'industrie

1/3 : électricité

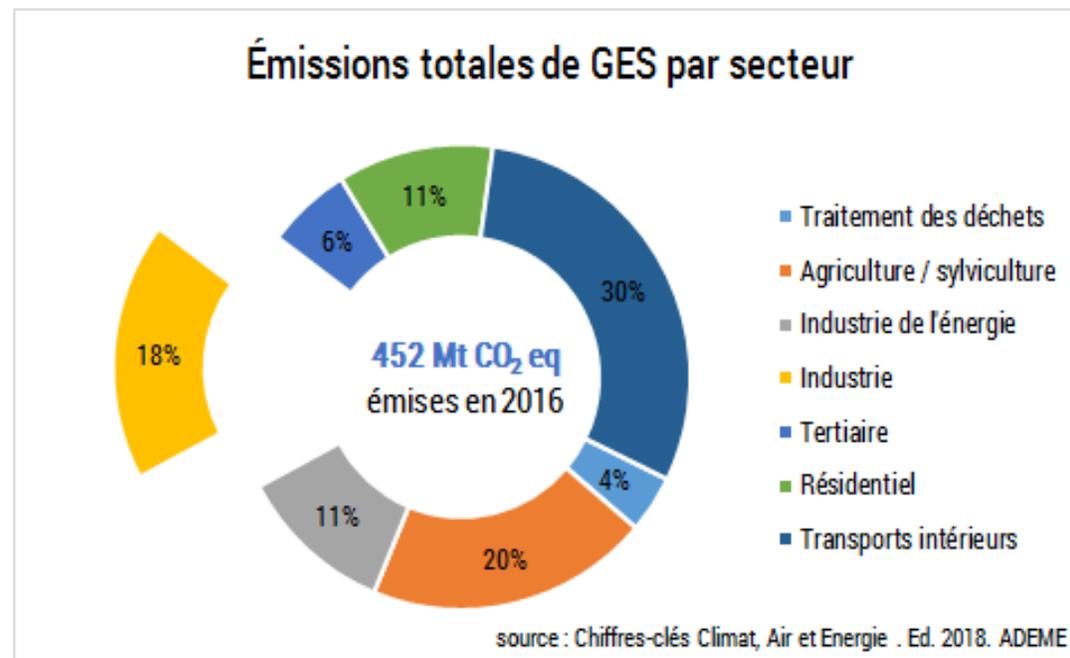
1/3 : gaz naturel

1/3 : autres combustibles

30% de la consommation d'électricité en France
pour l'industrie

81 Mt CO₂éq. pour l'industrie

Soit **18%** des émissions de GES



Contexte en Île-de-France

En IDF : l'industrie représente **9,8%** des consommations d'énergie finale et **8,3%** des émissions de GES [1]

→ **Faible part d'industries fortement émettrices sur la région.**

Principales branches industrielles consommatrices d'énergie en région :

- La **fabrication d'engrais**, qui consomme un volume très important de gaz, et plus globalement l'industrie de la chimie
- La **fabrication de plâtres**, ciment et chaux, qui consomme également un volume important de chaleur (recours au gaz majoritairement)
- Les **industries sidérurgiques**, qui présentent des consommations de combustibles et d'électricité à parts égales
- **L'industrie automobile**, branche ayant les consommations électriques les plus élevées en région du fait de l'utilisation de nombreux moteurs dans ce type d'industrie mécanique.

Source : [SRCAE - Ile-de-France version decembre 2012 vdefinitive avec couverture - v20-12-2012_cle0b1cdf.pdf \(srcae-idf.fr\)](#)

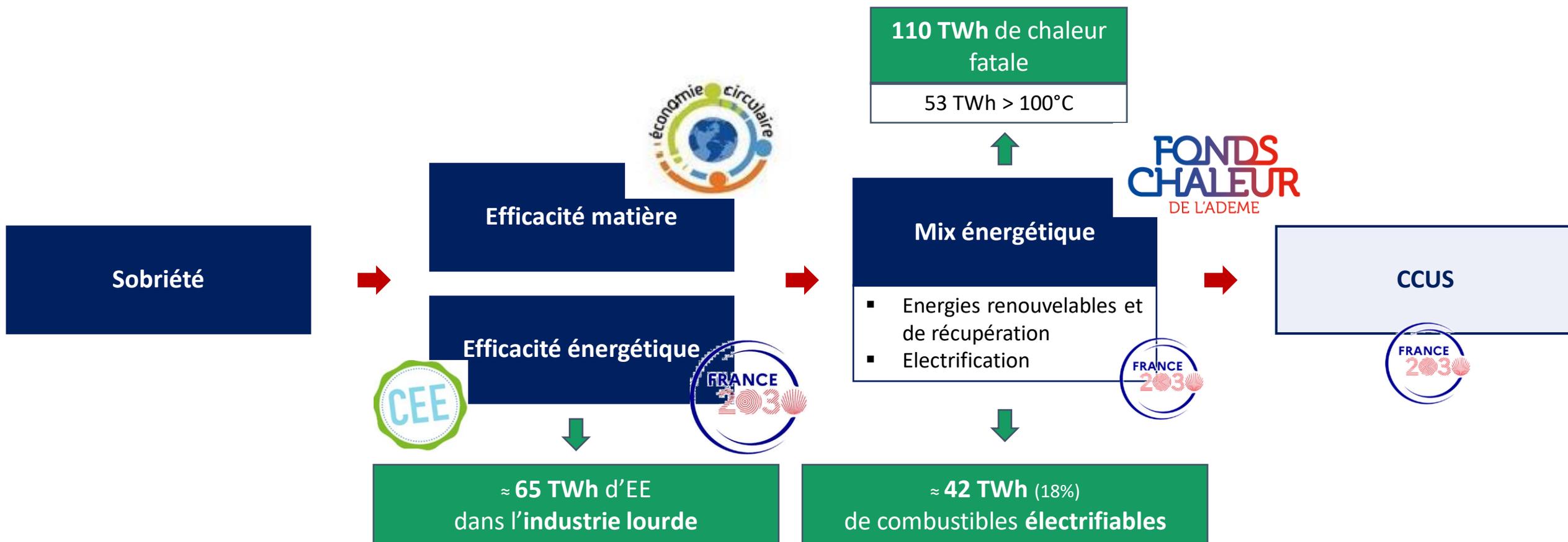
[1] : [Tableau de bord - ROSE \(roseidf.org\)](#)

La décarbonation pour les entreprises

La décarbonation c'est quoi ?

- Ensemble des actions (mesures et techniques) visant à réduire la consommation d'énergies fossiles et les émissions de gaz à effet de serre d'un pays, d'une économie, d'une entreprise, etc.
 - Baisse des émissions de CO2
- La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) prévoit d'atteindre la neutralité carbone, soit zéro émissions nettes, à l'horizon 2050.
 - Par exemple dans le secteur industriel, la SNBC fixe une diminution des émissions de 35 % à l'horizon 2030 et de 81 % d'ici 2050 par rapport à 2015.

Cinq leviers de la décarbonation de l'industrie



L'hydrogène, un levier de décarbonation

Une molécule déjà utilisée depuis plusieurs siècles

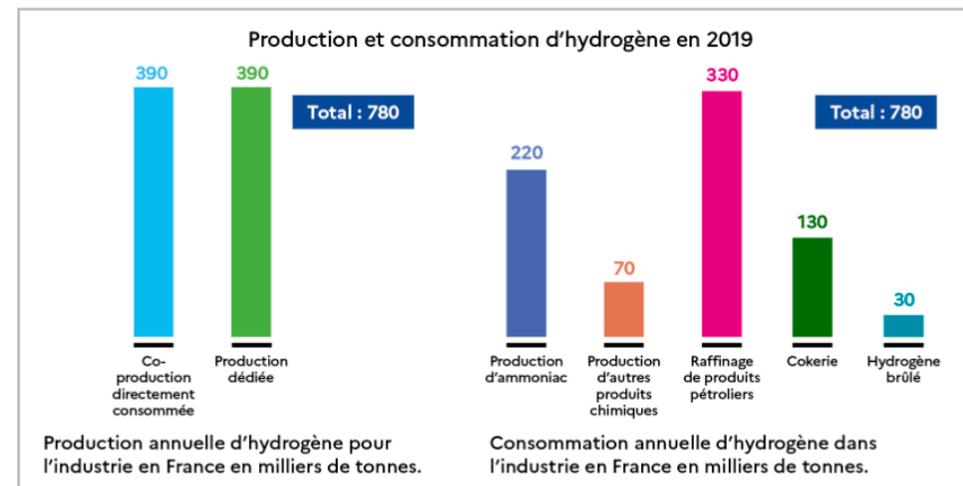
- Utilisation à partir du 19^{ème} siècle dans le secteur industriel
- L'hydrogène est un **vecteur énergétique** : il faut le produire pour l'utiliser !

Son utilisation actuelle

Consommation mondiale : 50 millions de tonnes par an

Principaux usages industriels :

- ➔ Synthèse de l'ammoniac (Haber-Bosch)
- ➔ Raffinage et désulfuration des hydrocarbures



Aujourd'hui, sa production **représente 2% des émissions mondiales de gaz à effet de serre**. En France, environ **3% des émissions nationales** sont dues à sa production.

L'hydrogène, un levier de décarbonation

APPELLATION

DÉFINITION RÉGLEMENTAIRE

EXEMPLES CORRESPONDANTS

Hydrogène
renouvelable
« vert »

Hydrogène produit par électrolyse utilisant de l'électricité issue de sources renouvelables [...] ou toute autre technologie utilisant ces sources mais sans conflit d'usage. La quantité de CO₂ émis est inférieure à un seuil (à définir par décret).

- Électrolyse raccordée à un parc éolien ou photovoltaïque
- Électrolyse raccordée au réseau mais achetant de l'électricité renouvelable

Hydrogène
bas carbone

Hydrogène produit par un procédé émettant en dessous de ce seuil (à définir par décret).

- Électrolyse raccordée au réseau électrique national
- Vaporemformage de gaz naturel avec captage et stockage maximisé du CO₂

Hydrogène
carboné
« gris »

Hydrogène ni renouvelable, ni bas carbone.

Vaporemformage de gaz naturel, avec ou sans captage et stockage partiel du CO₂

Hydrogène
coproduit

Hydrogène produit dans un procédé industriel et autoconsommé.

Hydrogène issu des procédés de production du chlore et de la soude

4%

96%

L'hydrogène, un levier de décarbonation

SOURCES	PROCÉDÉS		kgCO ₂ /kgH ₂
Eau	Électrolyse	Électricité du mix réseau français	2,77
		Électricité éolienne	0,70
		Électricité photovoltaïque	2,58
		Électricité hydraulique	0,45
Gaz naturel	Vaporeformage		11,10

*A noter qu'il s'agit uniquement de la quantité de gaz à effet de serre émise lors de la **production** de l'hydrogène. Lorsque celui-ci doit être transporté, il faut ajouter 0,35 à 1,1 kgCO₂ par kg d'hydrogène transporté sur 100 km par camion.*

L'hydrogène, un levier de décarbonation

Usages en mobilité

Remplacement d'un véhicule thermique **non-électrifiable directement**, par un véhicule possédant :

- Une pile à combustible
- Un moteur à combustion interne H2 (en développement)

Ces véhicules sont en particulier des véhicules lourds (Poids-lourds, bus, bennes à ordures), ou à usage intensif (véhicule utilitaire).

Usages industriels

Plusieurs typologies d'usages peuvent être visés :

- Les usages actuels : marchés de **l'hydrogène « livré »** (usages diffus) et « **captif** » (raffinage, ammoniac)
- Les nouveaux usages : sidérurgie, production de méthanol & carburants de synthèse, combustion (en remplacement de gaz fossile) pour des procédés non-électrifiables directement.

On parle **d'électrification indirecte**.

Place de l'hydrogène dans les scénarios « Transition(s) 2050 »

La place de l'hydrogène – Scénario S1

L'H₂ comme levier de décarbonation du gaz du réseau

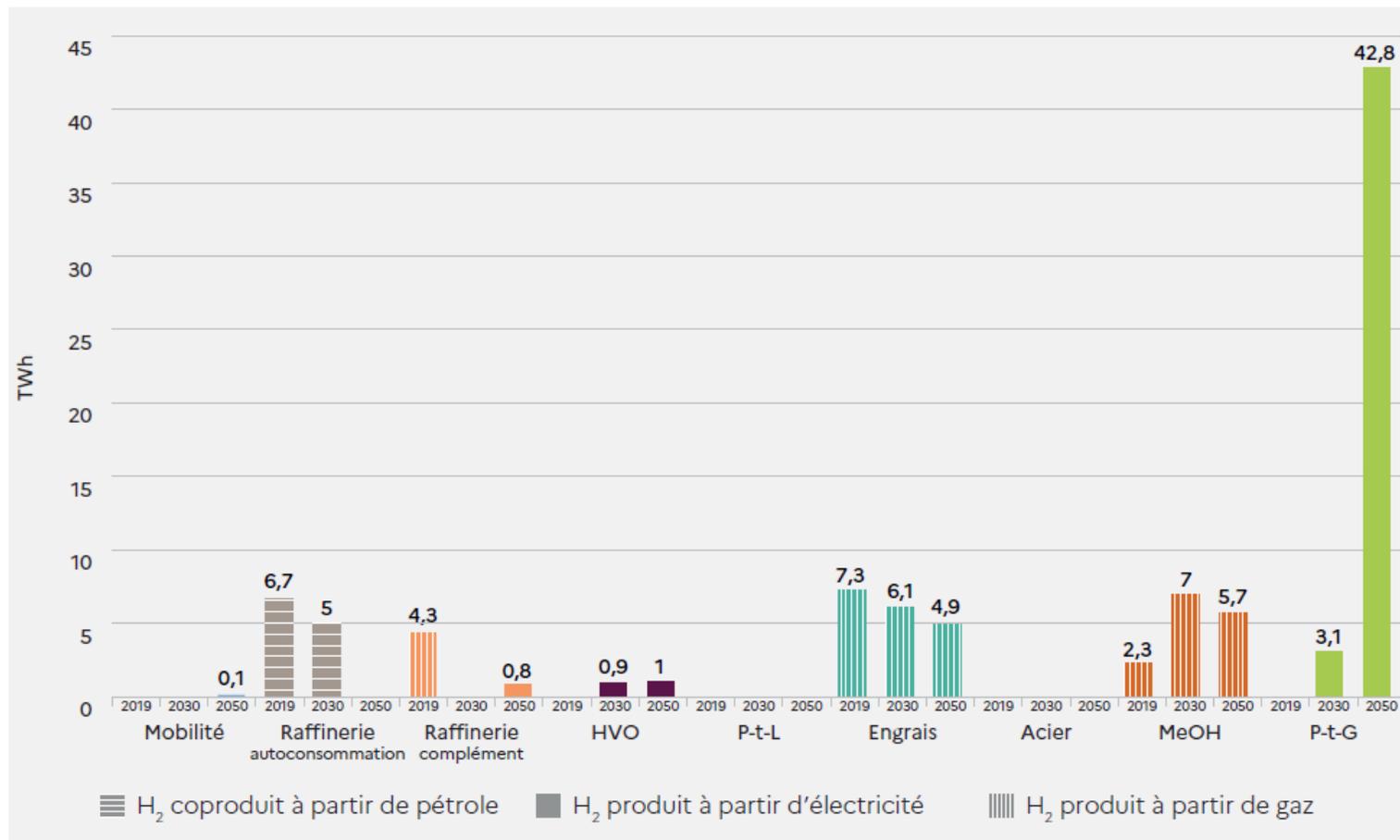
- ❑ Pas ou peu de développement d'hydrogène pour de nouveaux usages directs (mobilité, industrie). Pas de saut technologique.
- ❑ Usage majoritaire de l'hydrogène pour le P2G (CH₄) permettant une forte décarbonation du gaz
- ❑ Maintien des usages industriels historiques de l'hydrogène basés sur le gaz fortement décarboné (méthanol et engrais)

55,2 TWh H₂ en 2050

81% ex-électricité, 19% ex-gaz

20,1 GW d'électrolyse

électrolyseurs de la taille du MW



La place de l'hydrogène– Scénario S2

Une panoplie d'usages directs et indirects de l'H2

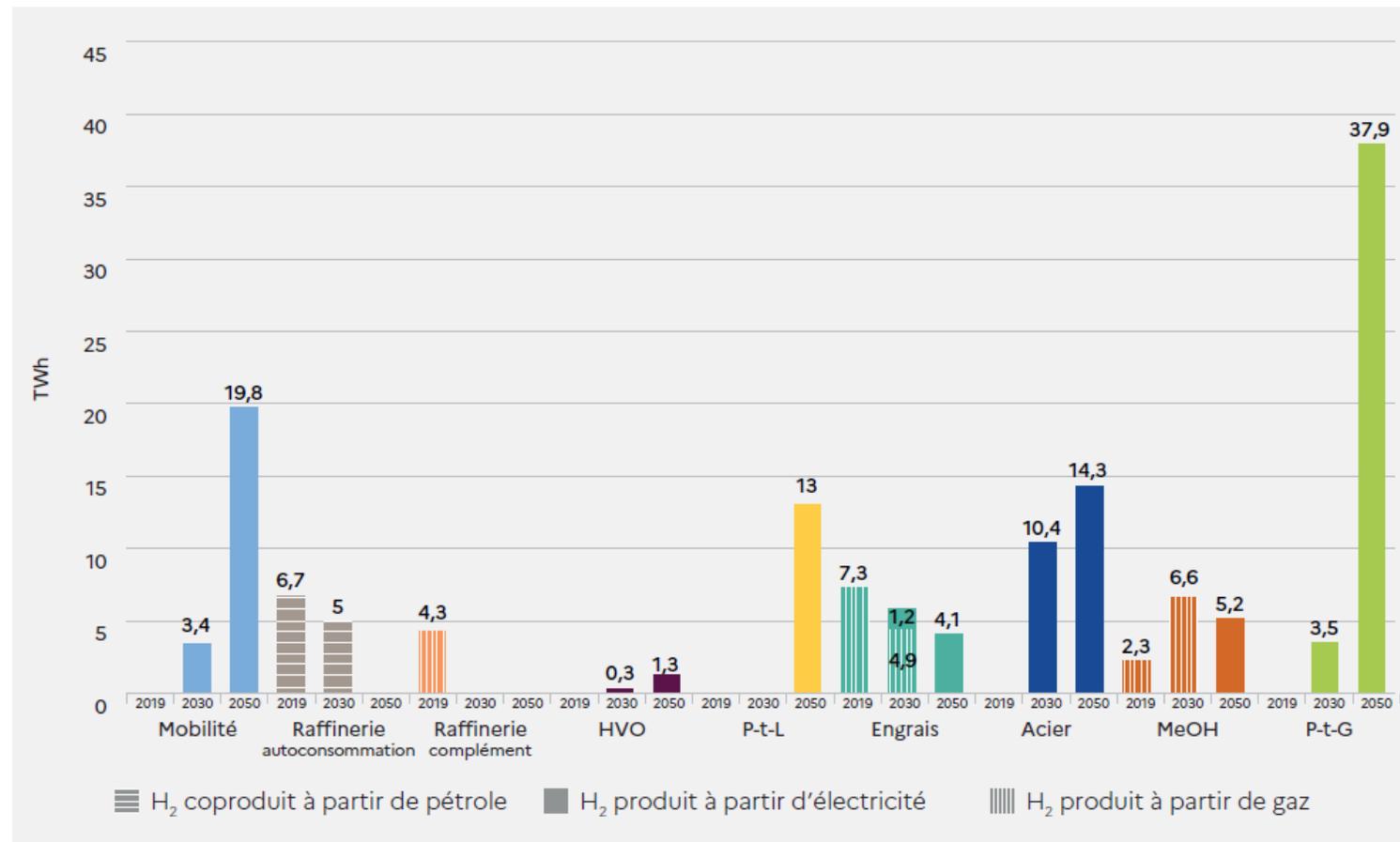
- ❑ Usage majoritaire de l'hydrogène pour le P2G (CH4) pour une forte décarbonation du gaz
- ❑ Forte émergence des usages directs en mobilité lourde (train, bus, PL)
- ❑ Émergence de nouveaux consommateurs industriels: P2L, Acier (DRI).
- ❑ Conversion progressive des usages industriels historiques (engrais et méthanol) à l'électrolyse

95,7 TWh H₂ en 2050

100% ex-électricité

30,1 GW d'électrolyse

électrolyseurs du MW à la centaine de MW



La place de l'hydrogène– Scénario S3

Une consommation massive d'H2 couplée aux importations

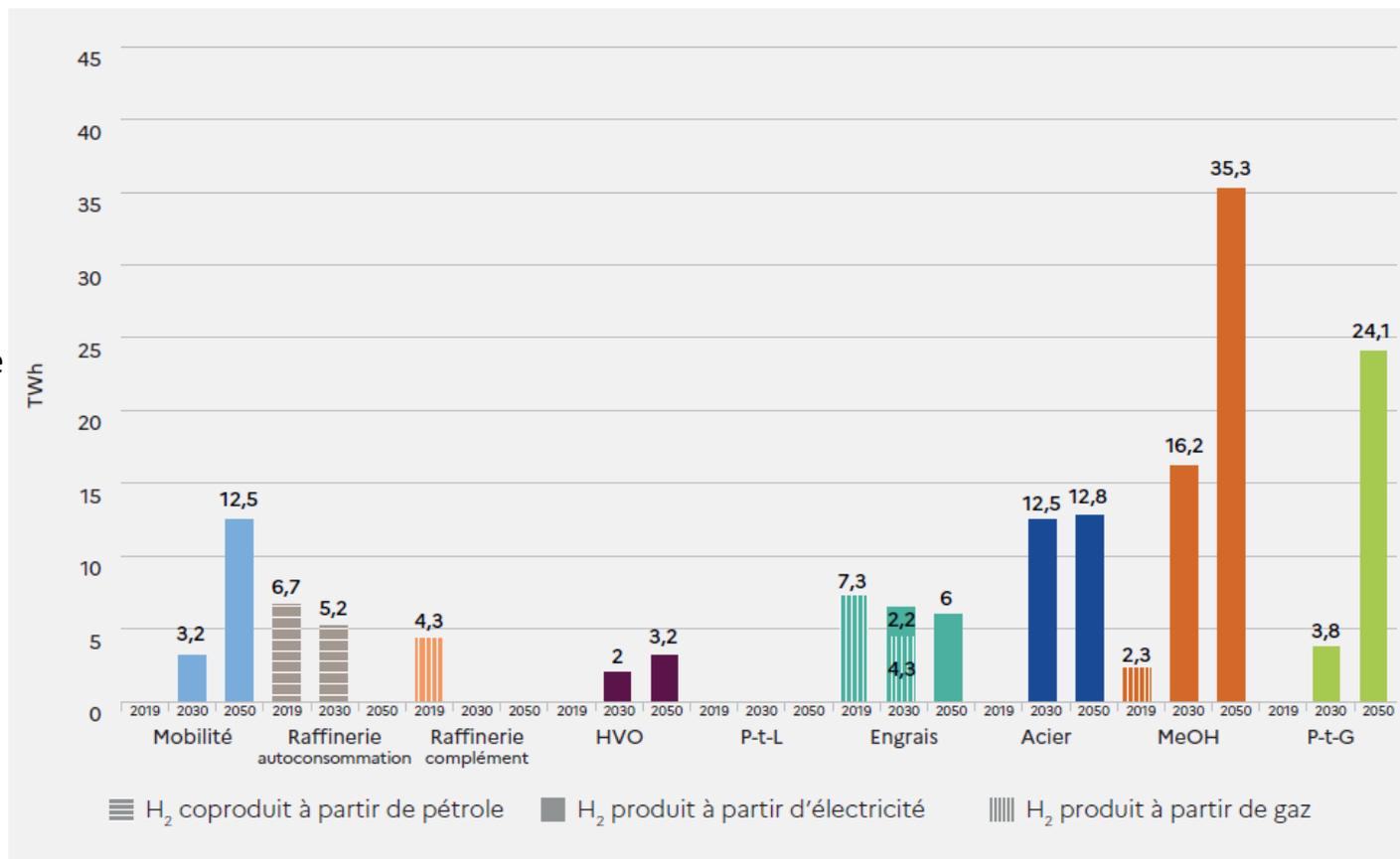
- ❑ Usages diffus : **forte émergence des usages en mobilité lourde** (train, bus, PL) et P2G
- ❑ Usages centralisés : **usage majoritaire de l'hydrogène dans l'industrie (acier HF, méthanol) dès 2030**
 - => Mise en place d'un réseau de **transport par pipe** et de stockage d'hydrogène dès 2030
 - => **Importation** d'hydrogène depuis Europe du Sud soulageant le réseau électrique

93,9 TWh H₂ en 2050 dont 48 importés

100% ex-électricité

28,8 GW d'électrolyse

55 TWh de capacité de stockage en cavités salines



La place de l'hydrogène – Scénario S4

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

❑ Recours à l'électrolyse et à l'hydrogène limités :

- CCS sur les secteurs industriels historiques (engrais, méthanol)

- Emergence de pipes CO₂, conditions favorables au DACCS et en défaveur du P2G

- Fortes avancées technologiques sur les batteries dans la mobilité limitant le recours à l'hydrogène

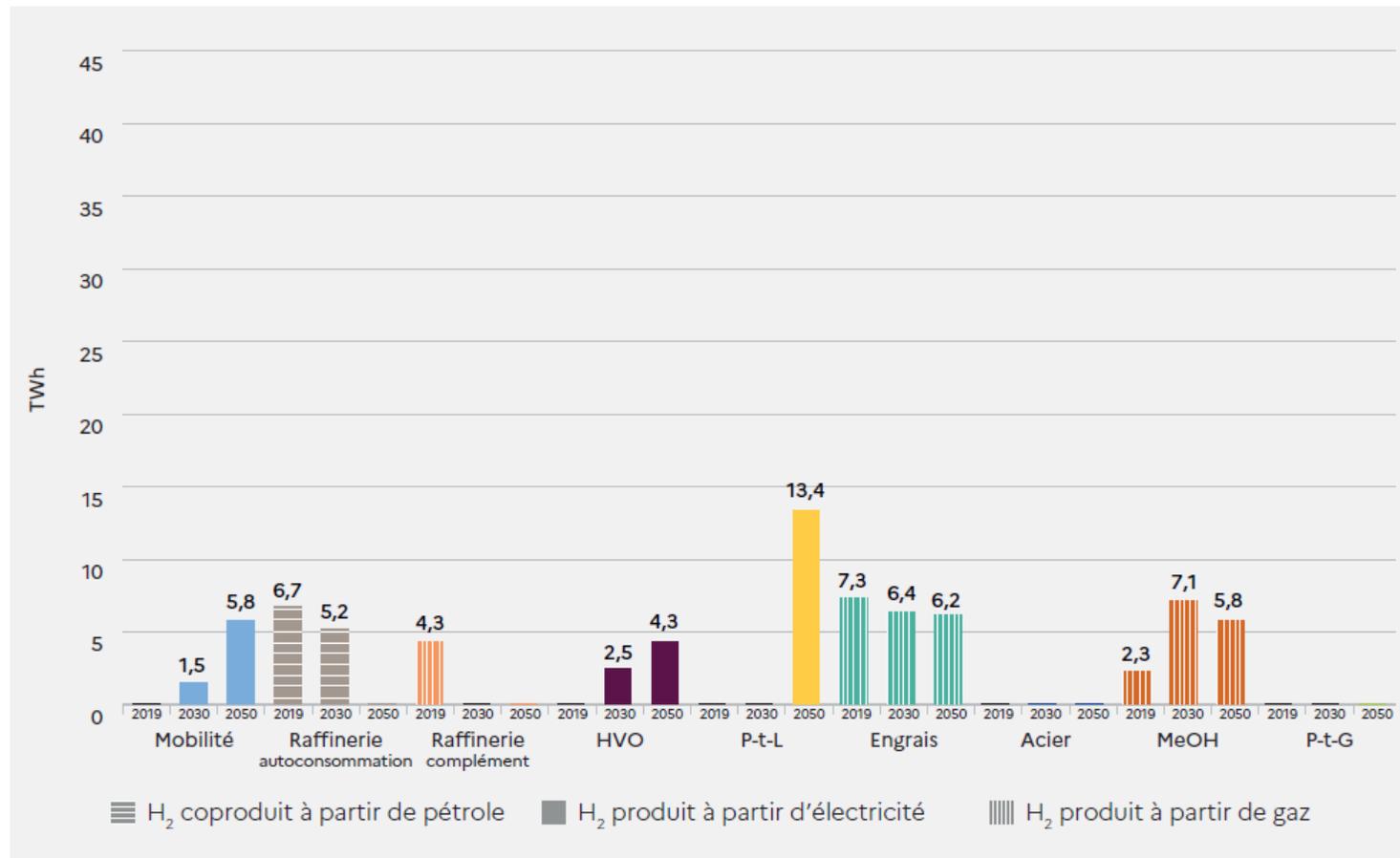
❑ Développement de l'électrolyse pour de nouveaux usages industriels (P2L, HVO) et mobilité.

35,6 TWh H₂ en 2050

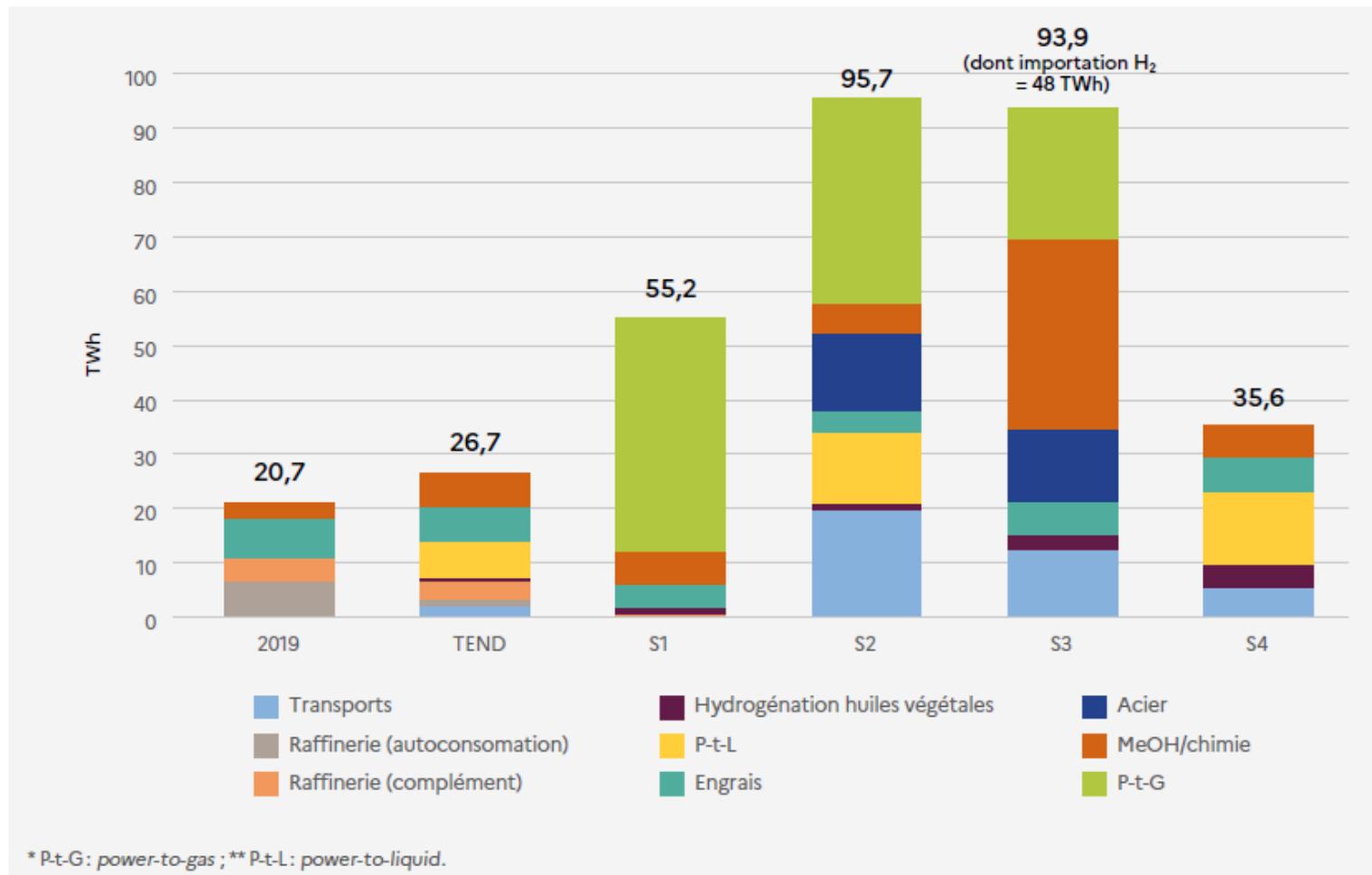
66% ex-électricité, 34% ex-gaz+ CCS

4,8 GW

électrolyseurs du MW à la centaine de MW



Synthèse des scénarios



Consommation totale d'H₂ en 2050 (TWh H₂)

