

Igor AGBOSSOU

Enseignant-Chercheur à l'Université de Franche-Comté

IUT Belfort-Montbéliard - Laboratoire ThéMA, UMR 6049 - CNRS

Contacts :

igor.agbossou@univ-fcomte.fr

Poste : 76 01 ==> Tél : 03 84 58 76 01

BUT 2

Année 2022-2023

RESSOURCE : Nouvelles problématiques et politiques énergétiques

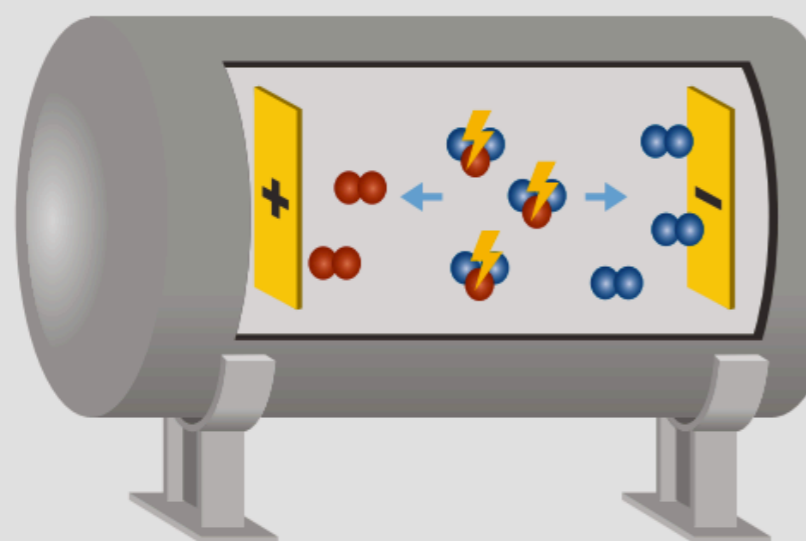
CM6

PRODUCTION & TYPOLOGIE

Électricité

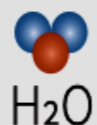
Nucléaire
et renouvelable

Alimente un
électrolyseur

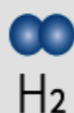


Dissociation
de l'eau

Oxygène



Hydrogène

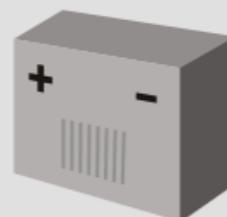


Utilisations

Mobilité :
alimentation
de véhicules
électriques
à hydrogène



**Pile à
combustible**

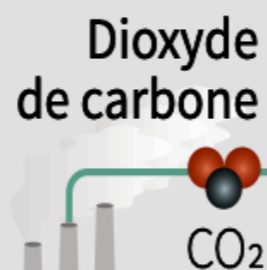


Couplage direct
au gaz naturel

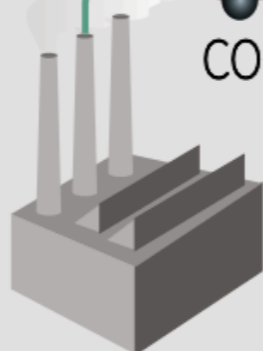
Méthanation

Réaction de molécules de CO₂ et H₂
pour former du méthane et de l'eau

Stocké
ou utilisé



Valorisation
du CO₂



Recyclage de l'eau

Chauffage
de bâtiments,
biocarburants,
matière première
pour l'industrie,
etc

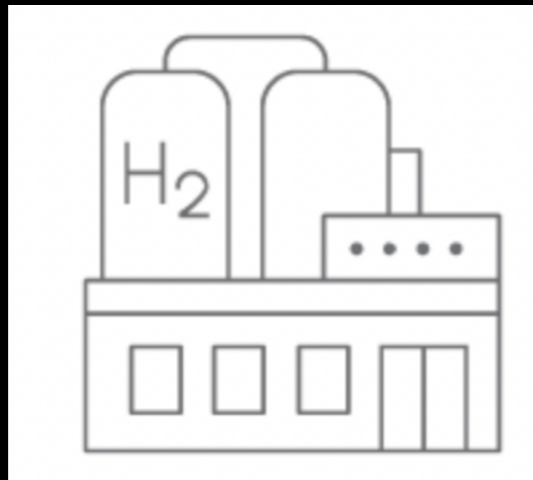
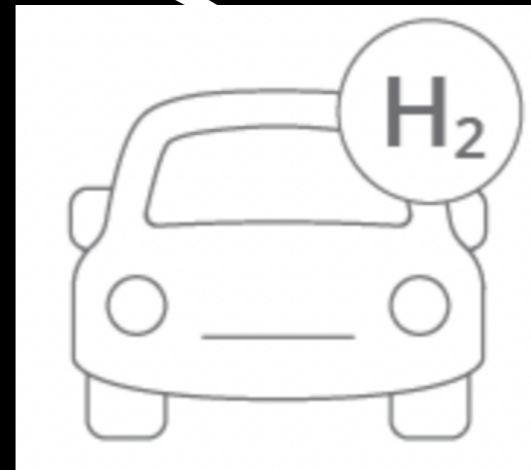


Injection
dans le réseau
de gaz naturel

Méthane



**VÉHICULE À
PILE À
HYDROGÈNE**

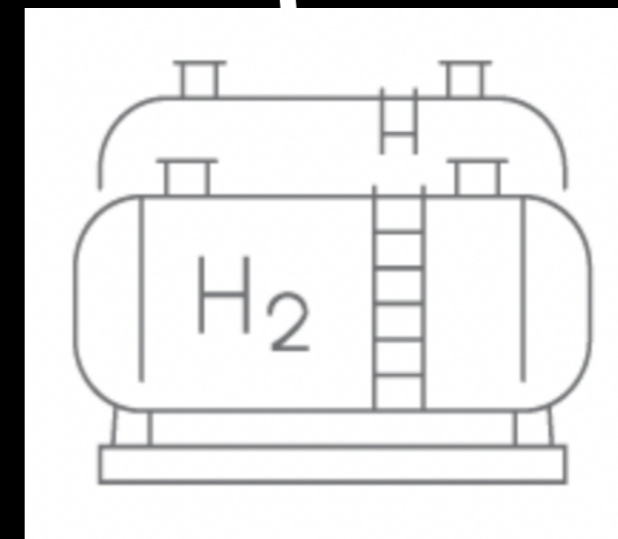


PRODUCTION



R&D

**PRODUCTION
ÉCOLOGIQUE
D'ACIER**



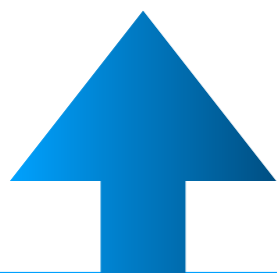
**CONJUGUER
HYDROGÈNE ET
GAZ NATUREL**

OFFRE

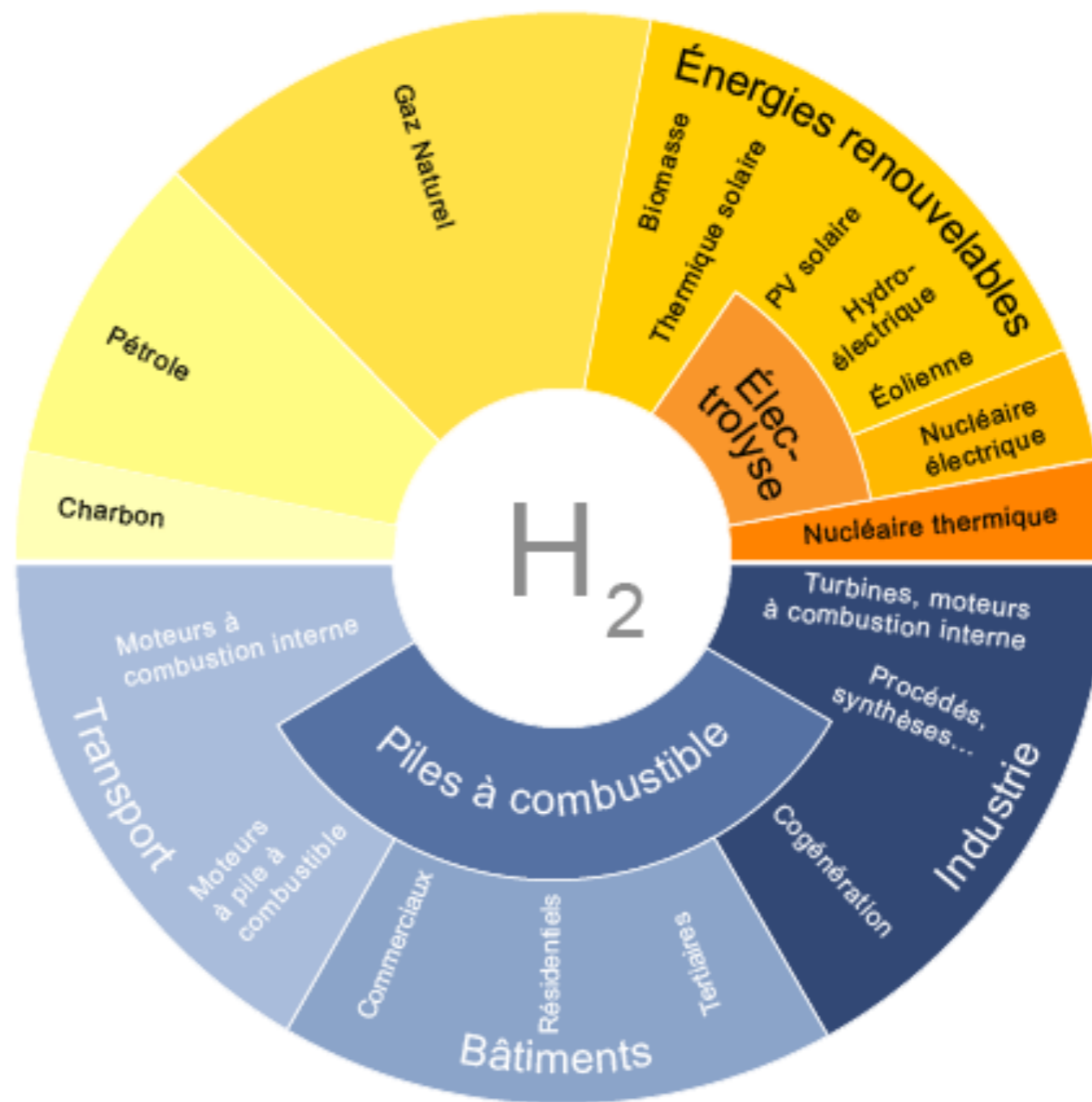


PROCÉDÉS DE
PRODUCTION

APPLICATIONS



DEMANDE



Les couleurs de l'hydrogène

En fonction de la technologie employée et du type d'énergie utilisé pour sa production, l'empreinte carbone de l'hydrogène (H_2) peut aller de basse à très élevée. Traditionnellement, c'est un code couleur qui permet d'identifier chacun de ces hydrogènes. Entre le « noir » qui correspond à l' H_2 fabriqué au charbon et le « vert » pour l' H_2 issu d'énergies renouvelables, il y a tout un nuancier d'hydrogènes : marron, gris, turquoise, bleu, jaune et rose. Un arc-en-ciel

complexe auquel les spécialistes préfèrent aujourd'hui distinguer l'hydrogène en trois grands types :

1/ l'hydrogène renouvelable :

il comprend l' H_2 « vert » issu des renouvelables (biomasse, biométhane, hydroélectricité, éolien, solaire).

2/ l'hydrogène bas carbone :

il rassemble le « rose » et le « jaune » fabriqués par le nucléaire, le « bleu » et le « turquoise » à base de gaz naturel.

3/ l'hydrogène carboné :

à base d'énergies fossiles, il réunit l' H_2 « noir » (gazéification du charbon bitumineux), le « marron » (gazéification de lignite) et le « gris » (vaporeformage de gaz naturel).

Pour le grand public, dans un souci pédagogique de simplification, on se limite souvent à opposer l'hydrogène « vert » (renouvelable et bas carbone) à l'hydrogène « gris » (carboné), sans entrer dans les nuances techniques.

HYDROGÈNE RENOUVELABLE







HYDROGÈNE BAS CARBONE



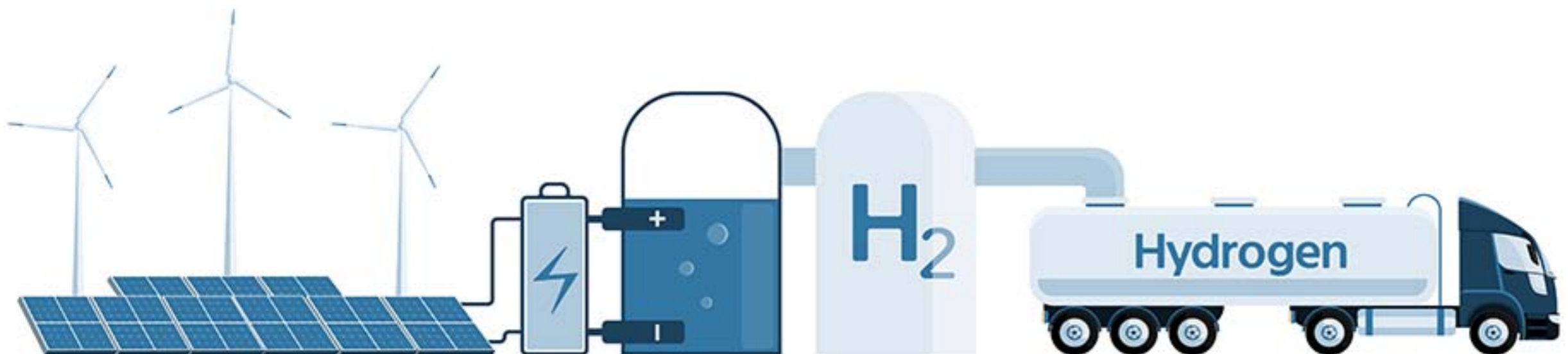
HYDROGÈNE CARBONÉ



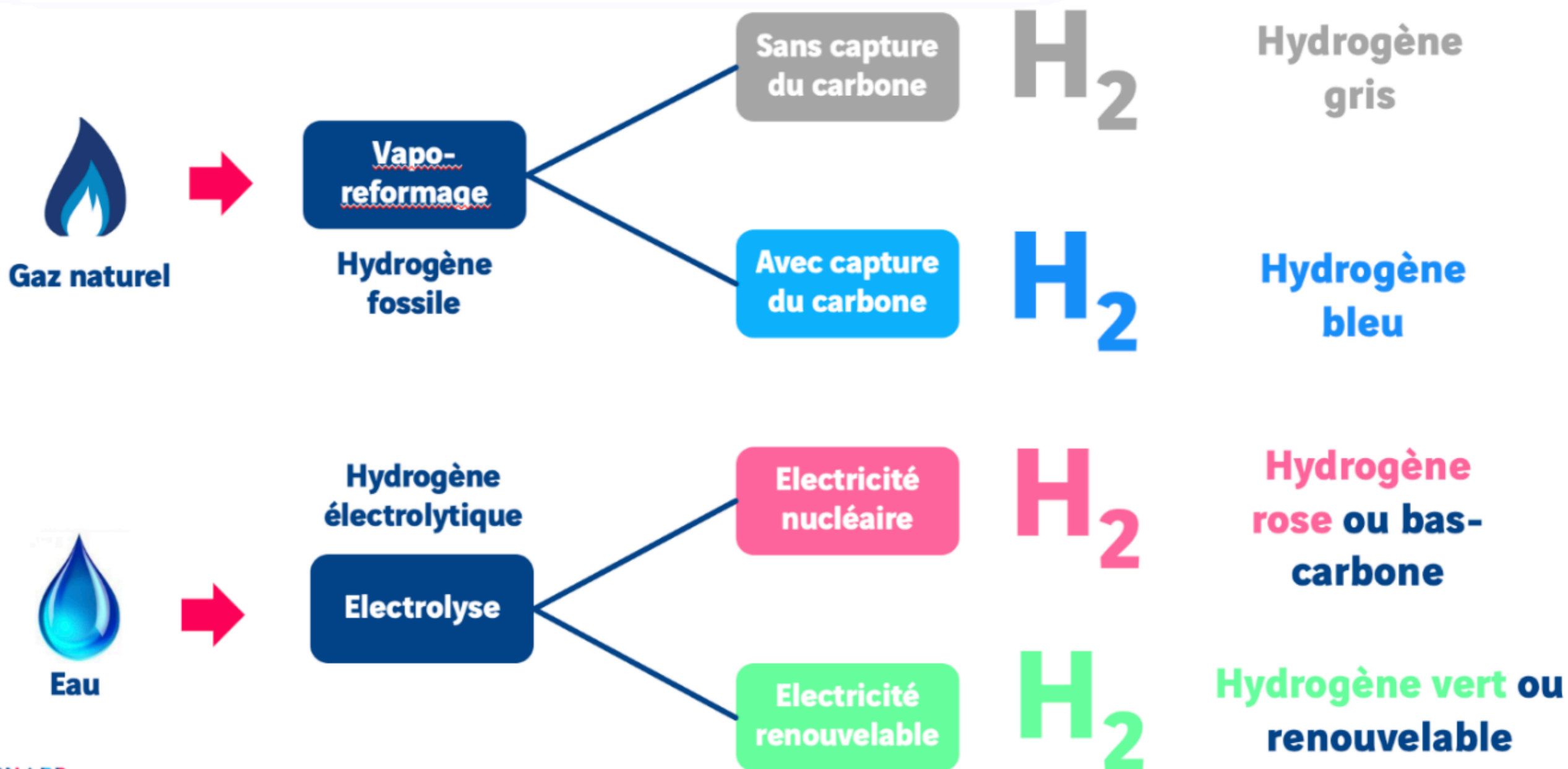
Couleur	HYDROGÈNE GRIS	HYDROGÈNE BLEU	HYDROGÈNE TURQUOISE*	HYDROGÈNE VERT
Process	Vaporeformage ou Gazéification	Vaporeformage ou Gazéification avec Capture de Carbone (85-95%)	Pyrolyse	Électrolyse
Source	Méthane ou Charbon 	Méthane et Charbon 	Méthane 	Électricité Renouvelable 

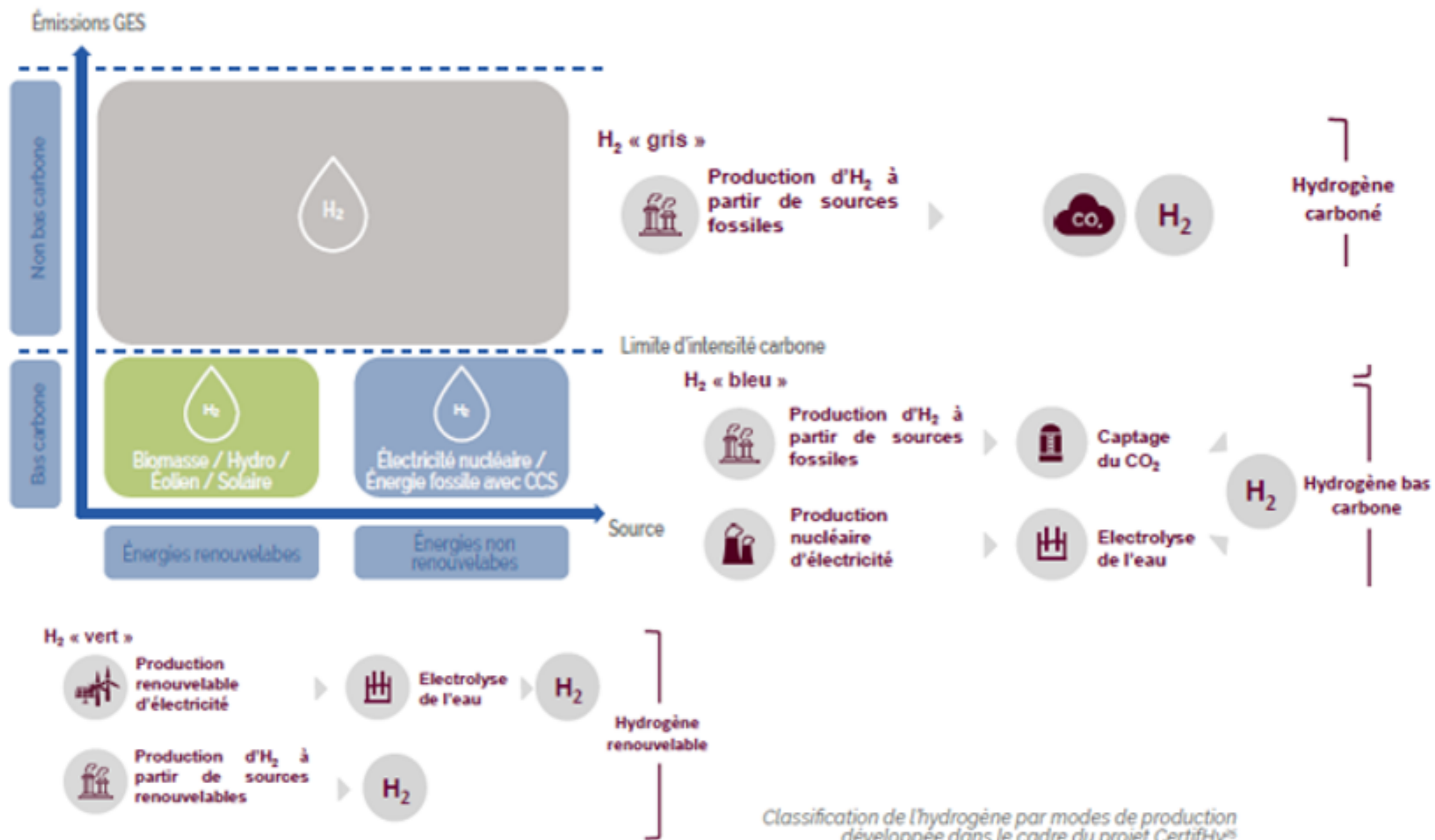
*L'hydrogène turquoise est une option de décarbonation émergente

Source: IRENA, Green Hydrogen policy, 2020



HYDROGENE : TOUTES SES COULEURS





POLITIQUE FRANÇAISE

Plans nationaux pour l'hydrogène en France

UNE TECHNOLOGIE DE RUPTURE



POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

2018

2050

Plan hydrogène

2021

Neutralité carbone

Conseil national de l'hydrogène

STRATÉGIE NATIONALE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'HYDROGÈNE DÉCARBONÉ
7 milliards d'euros

3 Objectifs

1

Décarboner l'industrie en faisant émerger une filière de l'électrolyse

3

Soutenir la recherche, l'innovation et le développement des compétences

2

Développer des mobilités lourdes à l'hydrogène

MOTEURS ET INDICATEURS DE LA DYNAMIQUE DE L'HYDROGÈNE

Moteurs du regain d'intérêt pour l'hydrogène



Une pression plus forte pour limiter les émissions de CO₂

10

Années restant dans le budget carbone mondial pour atteindre l'objectif de 1,5 °C

66

Pays qui ont annoncé un objectif d'émissions nettes nulles d'ici 2050



Baisse des coûts des énergies renouvelables et des technologies de l'hydrogène

80%

Baisse des prix moyens mondiaux des énergies renouvelables depuis 2010

55x

Croissance de la capacité d'électrolyse d'ici 2025 par rapport à 2015



Offensive stratégique dans les feuilles de route nationales

70%

Part du PIB mondial liée aux feuilles de route des pays sur l'hydrogène, à ce jour¹

10 m

Objectif 2030 de déploiement des VEPC³ annoncé lors de la réunion ministérielle de l'énergie au Japon



Alliances industrielles et dynamique croissante

60

Membres du Conseil de l'hydrogène aujourd'hui, contre 13 en 2017

30+

Investissements majeurs² annoncés mondialement depuis 2017, dans de nouveaux segments, par ex. poids lourds et trains

1. Sur la base de 18 feuilles de route nationales annoncées lors de la publication

2. Non exhaustif; 3. Véhicule Électrique à Pile à Combustible

Source: Hydrogen Council, janvier 2020

LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE LA LOI DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



-40% d'émissions
de gaz à effet de serre
en 2030 par rapport
à 1990



-30% de consommation
d'énergies fossiles
en 2030 par rapport
à 2012



Porter la part des énergies
renouvelables à **32%** de
la consommation finale
d'énergie en 2030 et à **40%**
de la production d'électricité



Réduire la consommation
énergétique finale
de **50% en 2050**
par rapport à 2012

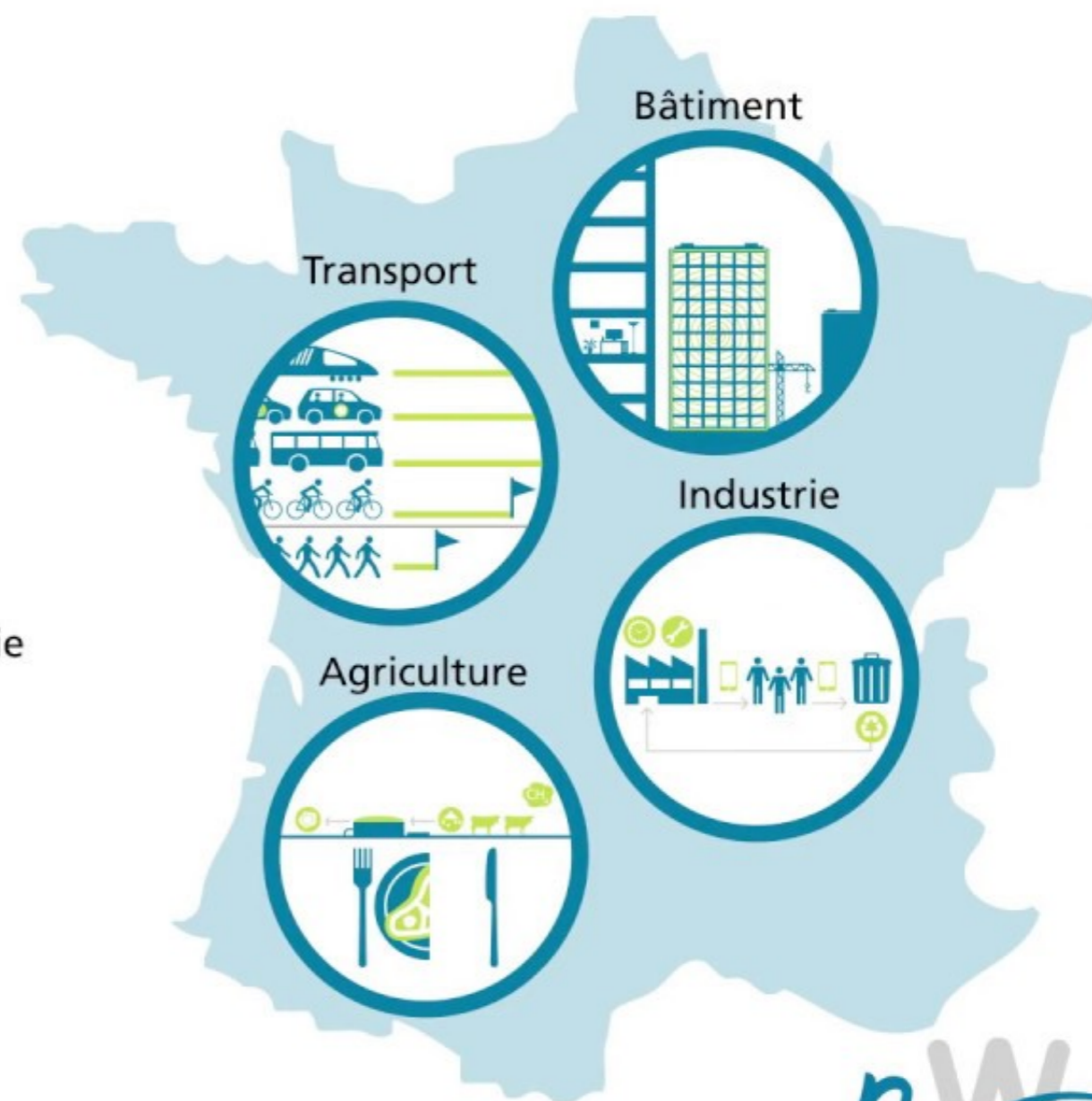


-50% de déchets
mis en décharge
à l'horizon 2025



Diversifier la production
d'électricité et baisser
à **50%** la part du nucléaire
à l'horizon 2025

La transition énergétique est possible



STRATÉGIES PESTEL



STRATÉGIES PESTEL

P

Politique



L'impulsion politique est majeure pour **favoriser la création d'écosystèmes** hydrogène.



Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. **L'Etat doit être moteur** pour faire émerger cette politique au niveau national.

E

S

T

E

L



STRATÉGIES PESTEL

P

Politique



L'impulsion politique est majeure pour **favoriser la création d'écosystèmes** hydrogène.



Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. **L'Etat doit être moteur** pour faire émerger cette politique au niveau national.

E

Economique



Une **baisse des coûts** d'achat des véhicules permettra d'inciter les utilisateurs à les utiliser.



La pérennité de l'utilisation de l'hydrogène doit être démontrée avec des **projets performants économiquement (rentables)**.

S

T

E

L

STRATÉGIES PESTEL

P	Politique	 <p>L'impulsion politique est majeure pour favoriser la création d'écosystèmes hydrogène.</p>	 <p>Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. L'Etat doit être moteur pour faire émerger cette politique au niveau national.</p>
E	Economique	 <p>Une baisse des coûts d'achat des véhicules permettra d'inciter les utilisateurs à les utiliser.</p>	 <p>La pérennité de l'utilisation de l'hydrogène doit être démontrée avec des projets performants économiquement (rentables).</p>
S	Sociologique	 <p>L'utilisation de l'hydrogène pour la mobilité doit être acceptée par le grand public (qui doit notamment être convaincu de sa fiabilité).</p>	 <p>De nombreux projets, comme les premières lignes de bus ou de trains contribuent à démontrer le potentiel de l'hydrogène.</p>
T			
E			
L			

STRATÉGIES PESTEL

P	Politique	 <p>L'impulsion politique est majeure pour favoriser la création d'écosystèmes hydrogène.</p>	 <p>Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. L'Etat doit être moteur pour faire émerger cette politique au niveau national.</p>
E	Economique	 <p>Une baisse des coûts d'achat des véhicules permettra d'inciter les utilisateurs à les utiliser.</p>	 <p>La pérennité de l'utilisation de l'hydrogène doit être démontrée avec des projets performants économiquement (rentables).</p>
S	Sociologique	 <p>L'utilisation de l'hydrogène pour la mobilité doit être acceptée par le grand public (qui doit notamment être convaincu de sa fiabilité).</p>	 <p>De nombreux projets, comme les premières lignes de bus ou de trains contribuent à démontrer le potentiel de l'hydrogène.</p>
T	Technologique	 <p>Le développement de composants performants, à coûts maîtrisés, doit permettre de faciliter l'acquisition de véhicules.</p>	 <p>Les composants essentiels au développement de la mobilité sont la pile à combustible et le réservoir haute pression.</p>
E			
L			

STRATÉGIES PESTEL

P	Politique	 <p>L'impulsion politique est majeure pour favoriser la création d'écosystèmes hydrogène.</p>	 <p>Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. L'Etat doit être moteur pour faire émerger cette politique au niveau national.</p>
E	Economique	 <p>Une baisse des coûts d'achat des véhicules permettra d'inciter les utilisateurs à les utiliser.</p>	 <p>La pérennité de l'utilisation de l'hydrogène doit être démontrée avec des projets performants économiquement (rentables).</p>
S	Sociologique	 <p>L'utilisation de l'hydrogène pour la mobilité doit être acceptée par le grand public (qui doit notamment être convaincu de sa fiabilité).</p>	 <p>De nombreux projets, comme les premières lignes de bus ou de trains contribuent à démontrer le potentiel de l'hydrogène.</p>
T	Technologique	 <p>Le développement de composants performants, à coûts maîtrisés, doit permettre de faciliter l'acquisition de véhicules.</p>	 <p>Les composants essentiels au développement de la mobilité sont la pile à combustible et le réservoir haute pression.</p>
E	Ecologique	 <p>Les véhicules à hydrogène (renouvelable) ne rejetent que de l'eau, leur performance écologique n'est plus à démontrer.</p>	 <p>Le développement de l'hydrogène renouvelable doit être privilégié pour que la mobilité hydrogène puisse garantir son potentiel de décarbonation.</p>
L			

STRATÉGIES PESTEL

P	Politique	 <p>L'impulsion politique est majeure pour favoriser la création d'écosystèmes hydrogène.</p>	 <p>Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. L'Etat doit être moteur pour faire émerger cette politique au niveau national.</p>
E	Economique	 <p>Une baisse des coûts d'achat des véhicules permettra d'inciter les utilisateurs à les utiliser.</p>	 <p>La pérennité de l'utilisation de l'hydrogène doit être démontrée avec des projets performants économiquement (rentables).</p>
S	Sociologique	 <p>L'utilisation de l'hydrogène pour la mobilité doit être acceptée par le grand public (qui doit notamment être convaincu de sa fiabilité).</p>	 <p>De nombreux projets, comme les premières lignes de bus ou de trains contribuent à démontrer le potentiel de l'hydrogène.</p>
T	Technologique	 <p>Le développement de composants performants, à coûts maîtrisés, doit permettre de faciliter l'acquisition de véhicules.</p>	 <p>Les composants essentiels au développement de la mobilité sont la pile à combustible et le réservoir haute pression.</p>
E	Ecologique	 <p>Les véhicules à hydrogène (renouvelable) ne rejetent que de l'eau, leur performance écologique n'est plus à démontrer.</p>	 <p>Le développement de l'hydrogène renouvelable doit être privilégié pour que la mobilité hydrogène puisse garantir son potentiel de décarbonation.</p>
L	Légal	 <p>Un véhicule hydrogène, au même titre que les autres véhicules, doit recevoir de la part d'organismes d'homologation une autorisation de circuler.</p>	 <p>La législation doit faciliter ou ne pas contraire le développement de la filière et de ses infrastructures.</p>

STRATÉGIES PESTEL



Politique



L'impulsion politique est majeure pour **favoriser la création d'écosystèmes** hydrogène.



Ce sont les régions qui jouent ce rôle depuis plusieurs années. **L'Etat doit être moteur** pour faire émerger cette politique au niveau national.



Economique



Une **baisse des coûts** d'achat des véhicules permettra d'inciter les utilisateurs à les utiliser.



La pérennité de l'utilisation de l'hydrogène doit être démontrée avec des **projets performants économiquement (rentables)**.



Sociologique



L'utilisation de l'hydrogène pour la mobilité doit **être acceptée par le grand public** (qui doit notamment être convaincu de sa fiabilité).



De nombreux projets, comme les premières **lignes de bus ou de trains** contribuent à démontrer le potentiel de l'hydrogène.



Technologique



Le développement de **composants performants**, à coûts maîtrisés, doit permettre de faciliter l'acquisition de véhicules.



Les composants essentiels au développement de la mobilité sont la **pile à combustible et le réservoir** haute pression.



Ecologique



Les véhicules à hydrogène (renouvelable) ne **rejetent que de l'eau**, leur performance **écologique** n'est plus à démontrer.



Le développement de **l'hydrogène renouvelable** doit être privilégié pour que la mobilité hydrogène puisse garantir son **potentiel de décarbonation**.



Légal



Un véhicule hydrogène, au même titre que les autres véhicules, doit recevoir de la part d'organismes d'homologation une **autorisation de circuler**.



La **législation doit faciliter** ou ne pas contraire le **développement de la filière** et de ses infrastructures.



LUNDI 16 MAI

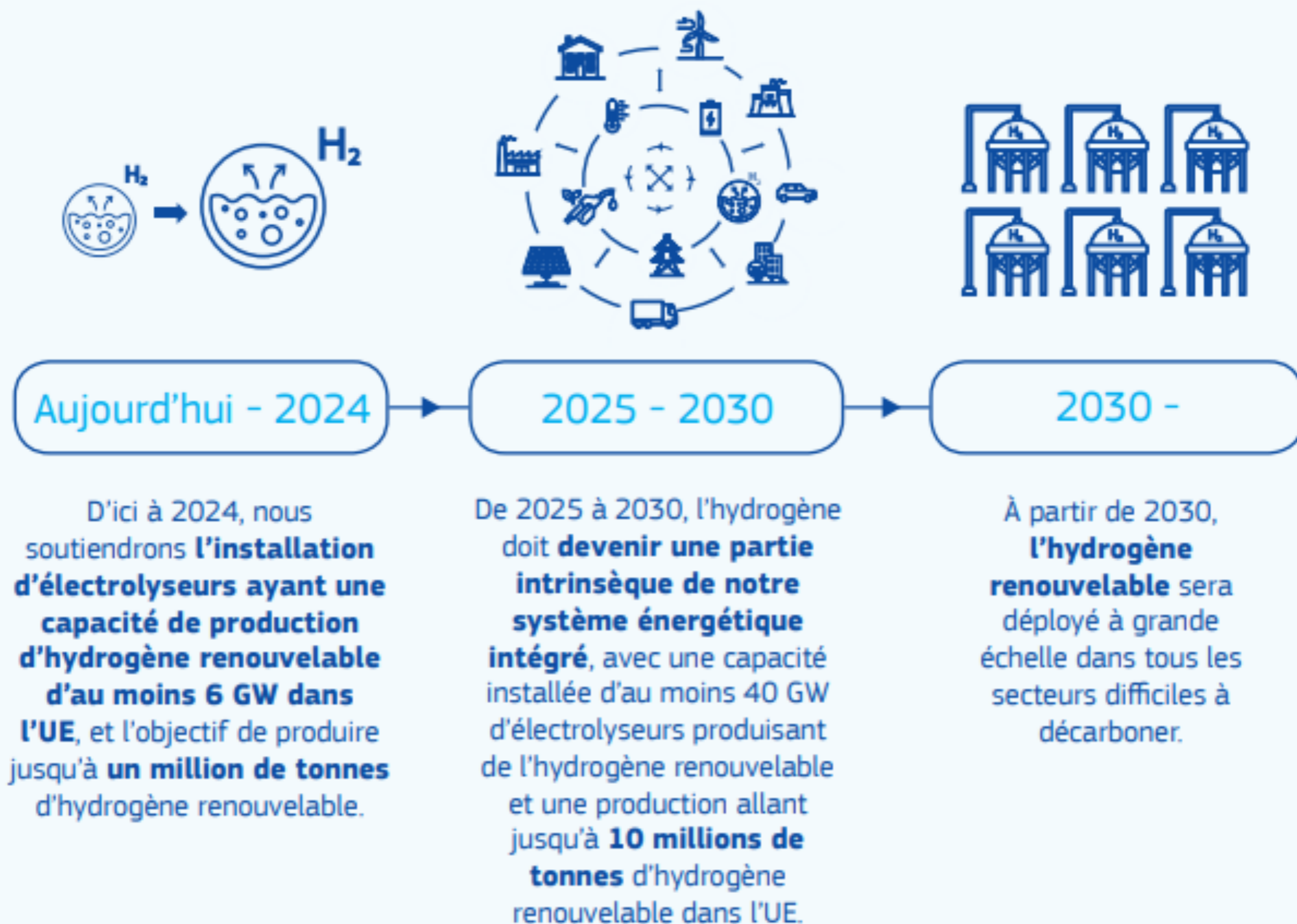
— Conférence & évènement de réseautage —

HYDROGÈNE

*Comment décarboner
l'Europe ensemble,
au-delà des frontières ?*

2022

La voie vers un écosystème européen de l'hydrogène étape par étape :



STOCKAGE

DISTRIBUTION

UTILISATIONS

L'hydrogène est un gaz extrêmement léger qui occupe un volume important dans les conditions de pression standard, c'est-à-dire à la pression atmosphérique.

Pour le stocker et le transporter efficacement, il faut fortement réduire ce volume.

Volume de stockage pour 1 kg d'hydrogène



Pression atmosphérique



Sous forme d'ammoniaque



Compressé à 700 bars



Liquéfié



PRODUCTION

Entrants



Eau et
électricité



Biomasse



Gaz naturel³

Processus de production



Électrolyse¹



Gazéification²



Captage, utilisation
et stockage
du carbone⁴



Reformage du
méthane
à la vapeur⁵

Extrants

Hydrogène
gazeux à
faible teneur
en carbone

Hydrogène
gazeux à
intensité
carbonique



STOCKAGE et DISTRIBUTION

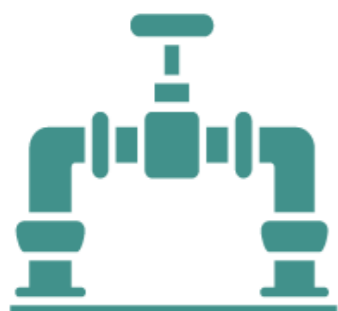


Postes de
ravitaillement



Réseau de
distribution du
gaz naturel

DISTRIBUTION



Pipeline



Camion



Train



Bateau



Poste de ravitaillement

UTILISATIONS FINALES



Industrie

(matière première, combustible)



Transport

(véhicules à pile à combustible)



Électricité

(stockage, équilibrage du réseau)



Bâtiments et collectivités

(combustible)