



Filière Hydrogène France :

*le moment est venu
de changer d'échelle !*

Philippe BOUCLY
Président de l'AFHYPAC

Cercle des Ambassadeurs d'ENGIE
20 Juin 2018



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

MEMBRES DE L'AFHYPAC

Groupes Industriels, ETI et institutions financières

Air Liquide , ENGIE
GRTgaz,
CMI Group ,
EDF-EIFER,
EFI Automotive,
Faurecia
AREVA Stockage d'Énergie
Compagnie Nationale du Rhône
Michelin,
Naval Group,
Plastic Omnium,
TOYOTA
Caisse Des Dépôts , AXA

Utilisateurs finaux

Dassault Aviation,
SNCF, Keolis, Transdev

Organismes de Recherche, laboratoires, universités et Centres techniques

CEA, CNRS, INERIS
Fédération FC-LAB, LEMTA
CNRS GdR HysPAC,
Institut Carnot Mines

30 Membres Individuels

PME, PMI et Start up

AD-VENTA, 2BEGAS H2
AAQUIUS, Actys-BEE
Alca Torda Applications
ALCRYS
ATAWEY
AREVA H2Gen
Avenhyr Conseil
Bulane, Cesame-Exadebit,
ENERCAT, ERGOSUP, ETIA,
FlexFuel Energy Développement
Green GT Technologies, H2SYS,
H2V Product,
Haffner Energy,
Hera France/ALBYON,
Howden BC Compressors
HASKEL France, HEROSE,
HINICIO, HP Systems,
Hydrogène de France,
Justy, MAHYTEC, Maximator,
ITM Power
McPhy Nova Swiss,
NEXEYA, POWIDIAN
Pragma Industries, Proviridis,
PV Puech Long , RAIGI
SEED-Energy, Seiya Consulting
Sertronic , Sylfen, Top Industrie,
STELIA Composites, STEP,
SWAGELOK
Symbio,Tronico-Alcen , VDN

Associations, collectivités, poles de compétitivité, syndicats d'énergie

AprISTHY, COENOVE
Association Française des Gaz
Comprimés, AVERE France, CNPA,
Mission Hydrogène
TENERRDIS, Capenergies,
Pole Energie 2020,
Pôle Véhicule du Futur
Wind for Future

Chambre de Commerce et d'Industrie du Var

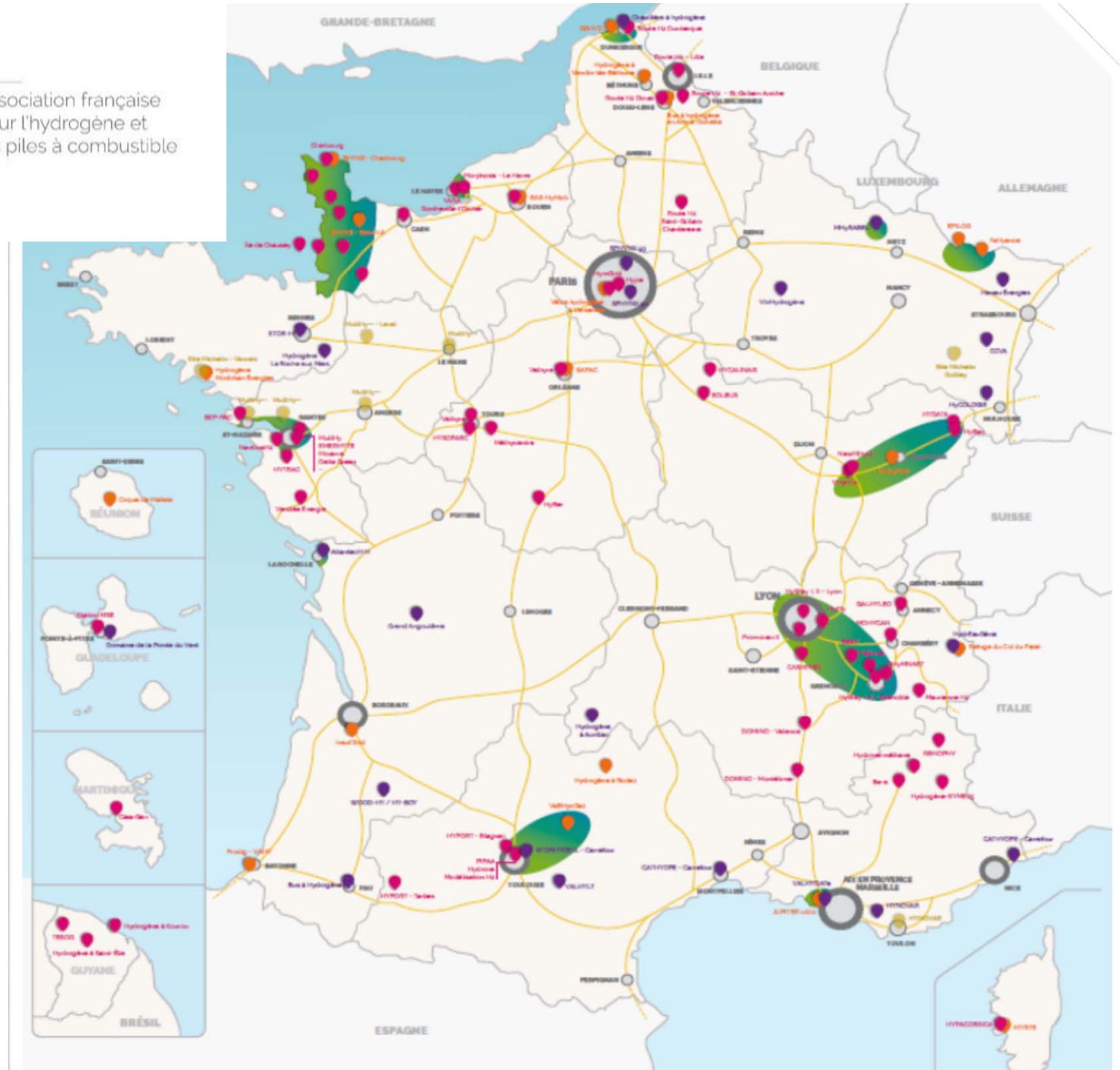
Région Bourgogne-Franche-Comté,
Région Centre-Val de Loire,
Région Normandie,
Région Nouvelle Aquitaine,
Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée

Communauté d'Agglo. du Grand Dole,
Conseil Départemental de la Manche
Grenoble Alpes Métropole
Métropole Rouen Normandie
Durance Luberon Verdon Agglomération
Nantes Métropole,
Valence Romans Agglo

Morbihan Energies, SIPPAREC, SyDEV,
SMTU de Pau, Trifyl



Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible





Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Objectifs

- Proposer une **vision globale et quantifiée**, adaptée au paysage énergétique français
- Poser les jalons du déploiement de l'hydrogène en France
- Aller au-delà des simples prévisions, pour élaborer une prospective à la fois **ambitieuse et réaliste**

Participants



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

McKinsey a apporté son concours analytique pour établir les quantifications et projections



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

L'hydrogène peut jouer un rôle majeur dans la transition énergétique

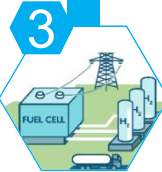
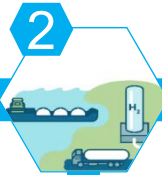
Favoriser le développement des énergies renouvelables

« Décarboner » les usages énergétiques finaux

1 Permettre une intégration à grande échelle des énergies renouvelables dans la production d'électricité



2 Distribuer l'énergie dans tous les secteurs et toutes les régions



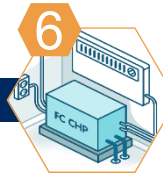
3 Stocker de l'énergie et accroître la résilience des systèmes



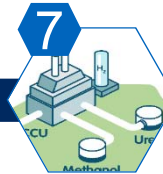
4 Décarboner le secteur des transports



5 Décarboner l'énergie dans l'industrie



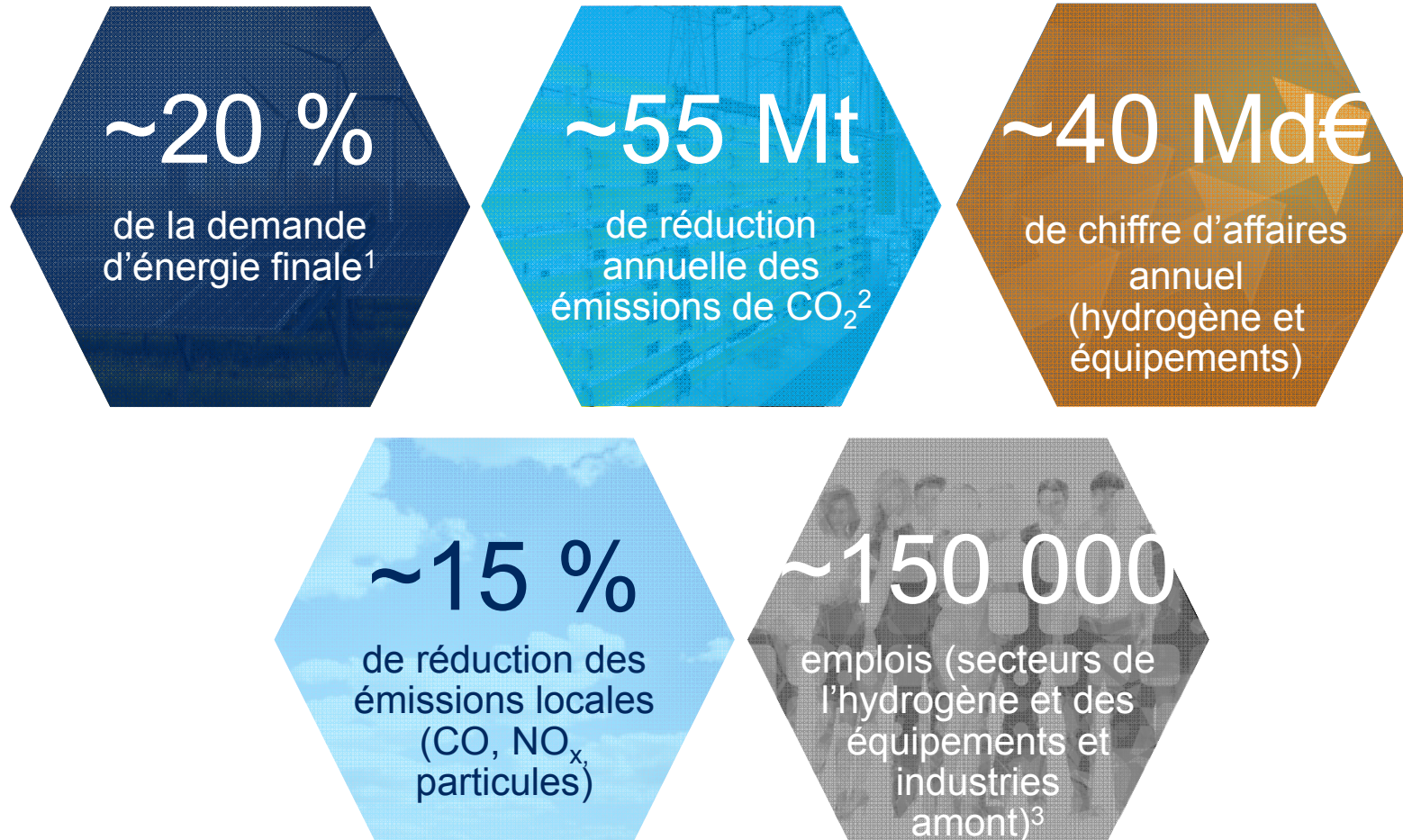
6 Contribuer à décarboner chaleur et électricité dans le résidentiel/tertiaire



7 Fournir une matière première renouvelable



A l'horizon 2050, l'hydrogène pourrait profiter au système énergétique, à l'environnement et à l'économie de la France



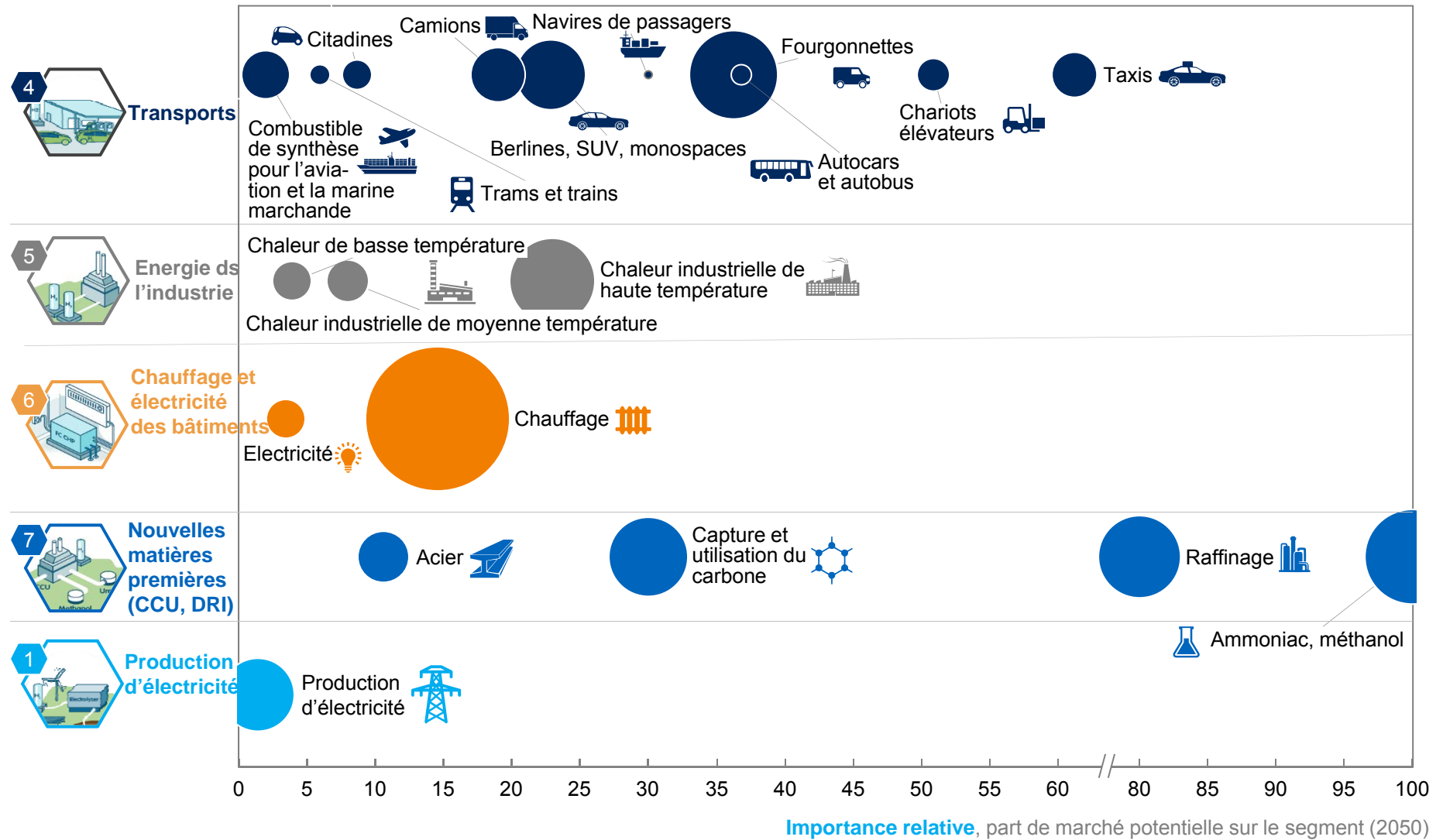
Vision Hydrogène 2050 (chiffres annuels)

1 Inclus matière première ; 2 Par rapport au scénario de référence ; 3 Hors effets indirects

SOURCE : Hydrogen Council ; AIE : Perspectives technologiques de l'énergie - Hydrogène et piles à combustible - CBS ; National Energy Outlook 2016

VISION : Les taux d'adoption et le potentiel global de l'hydrogène à horizon 2050 varient suivant les secteurs et les segments

○ La taille des bulles indique le potentiel de l'hydrogène en 2050 en EJ



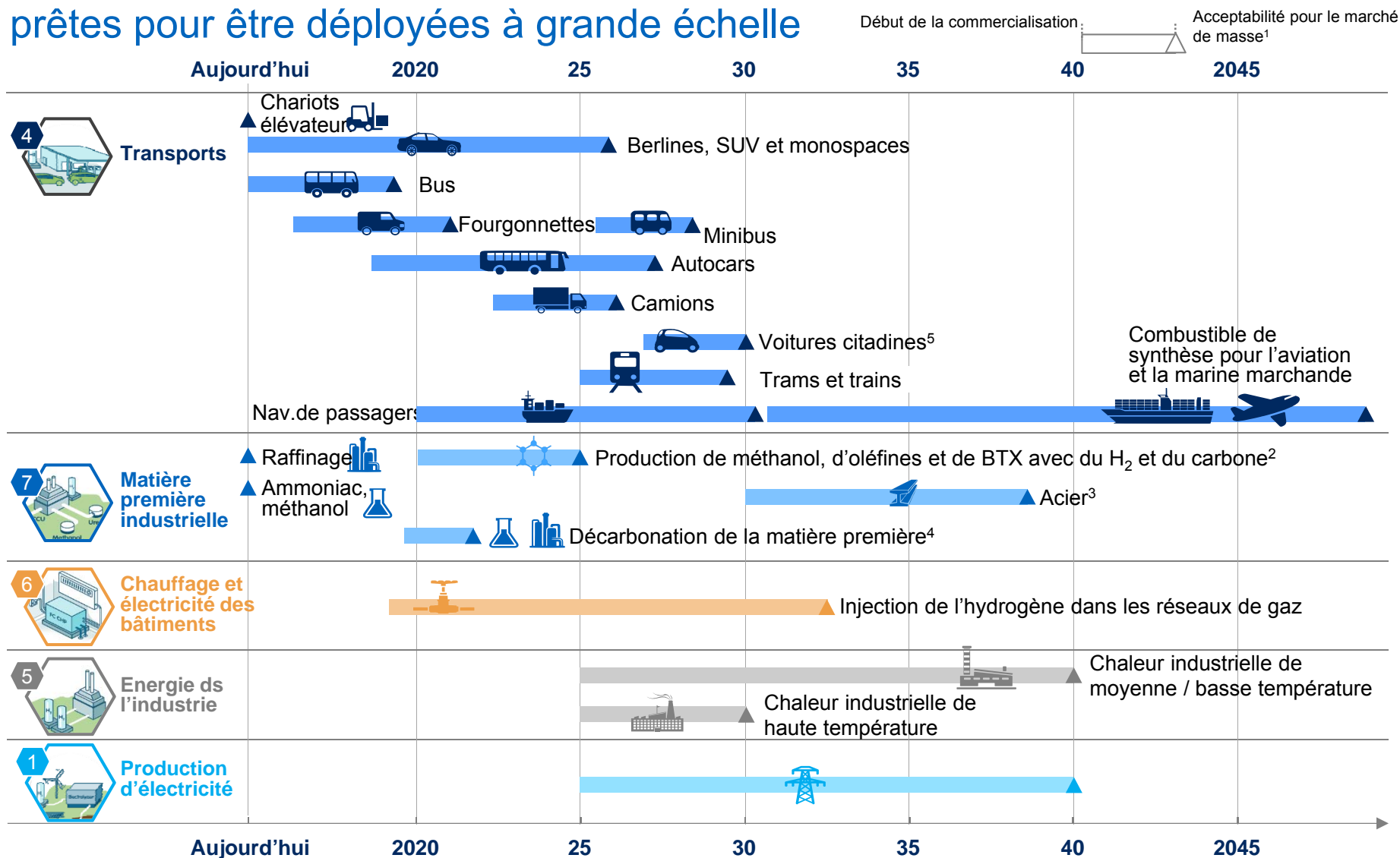


**REALISER LA VISION 2050
IMPOSE DE
CHANGER D'ECHELLE
DES MAINTENANT**



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

De nombreuses technologies d'utilisation de l'hydrogène seront bientôt prêtes pour être déployées à grande échelle



1 Défini comme représentant plus de 1 % des ventes sur le segment

2 La part de marché correspond au volume de production qui utilise de l'hydrogène et du carbone capturé pour remplacer la matière première

3 Minerai pré-réduit avec réduction écologique via le H₂, en haut fourneau, et autres procédés faiblement intensifs en carbone utilisant du H₂ pour l'élaboration de l'acier

4 La part de marché correspond au volume de matière première produit à partir de sources faiblement intensives en carbone

5 La date de commercialisation, pour la France, a été réajustée en fonction de la feuille de route globale et en cohérence avec la date de la montée en puissance



Des jalons à court et moyen terme cohérents avec la vision à long terme

	2023	2028	
<p>Il y aura... et 1 taxi vendu sur... Seront déployées...</p>	~10 000	~200 000	... véhicules électriques à PAC sur les routes
	~50	~8-10	... sera un véhicule électrique à hydrogène
	~140 ¹	~400	...stations de recharge hydrogène
<p>Les premiers projets utiliseront...</p>	~2 000 t	~12 000 t d'hydrogène pour générer de la chaleur de haute température dans le cadre de dispositifs de grande envergure
<p>Il y aura... ...soit un taux de mélange de...</p>	~0,1 TWh	~1,5 TWh	... d'hydrogène mélangé dans les réseaux de gaz naturel
	<0,1 %	~0,5-1 %	
<p>Les projets CCU utiliseront</p>	~40 000 t	~300 000 t de CO ₂ pour la production de produits chimiques tels que le méthanol
<p>Globalement</p> <p>L'hydrogène sera fourni par... ...pour une consommation d'électricité de...</p>	< 100 MW	800 à 1000 MW de capacité d'électrolyse
	~0,5 TWh	6 à 8 TWh d'électricité

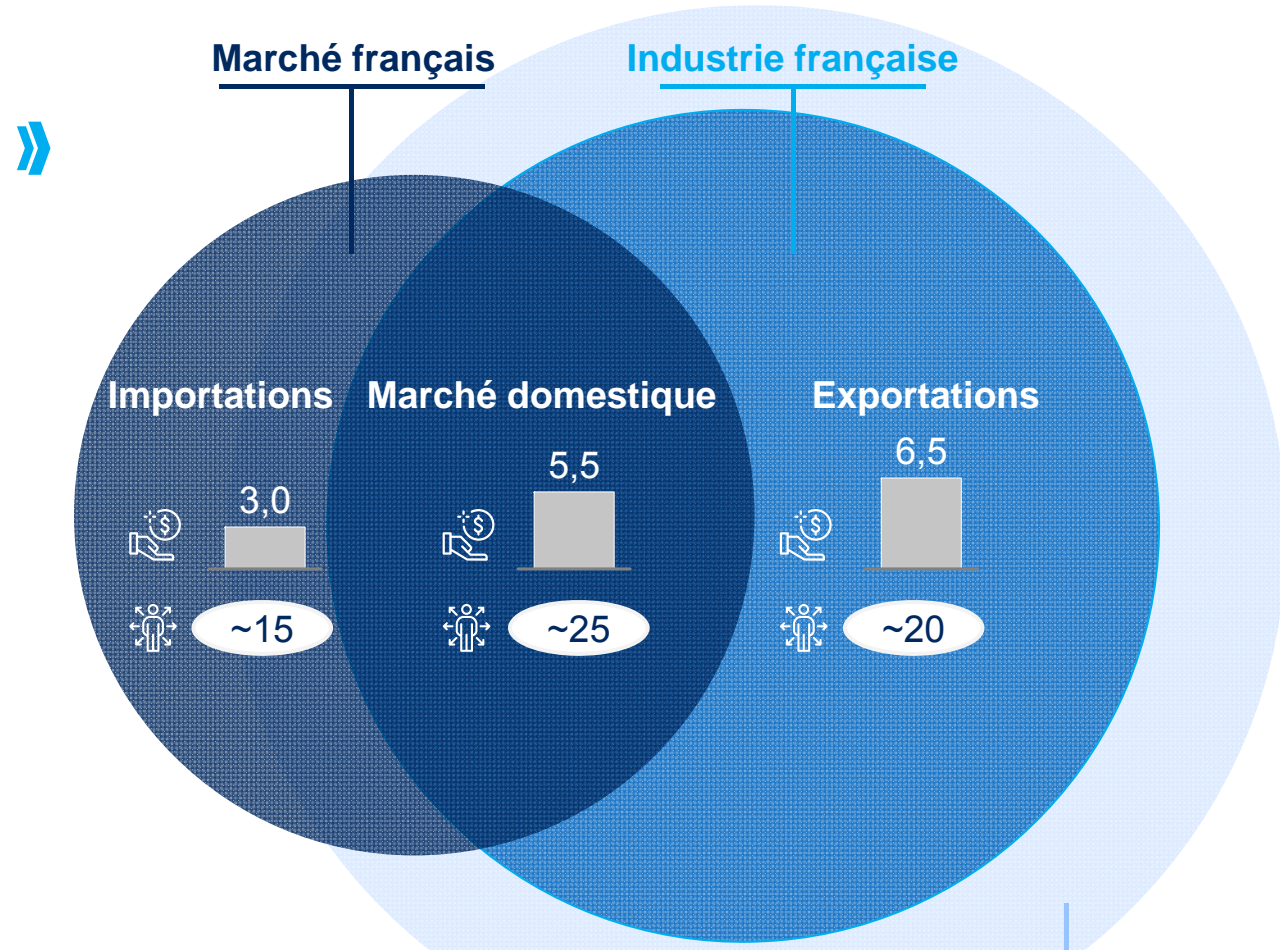
¹ Mix de petites, moyennes et grandes stations de recharge

A l'horizon **2030**, stimulée par les exportations d'équipements et de composants, la production de l'industrie française pourrait dépasser la taille du marché intérieur


 Taille du marché, Md€ Emplois, milliers

Méthodologie d'estimation

- Potentiel des marchés français et européen d'après la vision pour l'hydrogène
- Estimation de la part de l'industrie française sur les marchés français et européen, d'après les données statistiques fournies par l'industrie et les entretiens avec les industriels
- Multiplicateurs de chiffre d'affaires et d'emplois estimés d'après les modèles globaux d'entrée-sortie
- Participation supposée limitée des constructeurs automobiles français



Note : la participation active des constructeurs automobiles français représenterait un potentiel industriel supplémentaire estimé à +4 Md€ (-1-2 Md en importations, 2-3 Md en exportations)



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Les mesures du plan Hydrogène – 1^{er} Juin

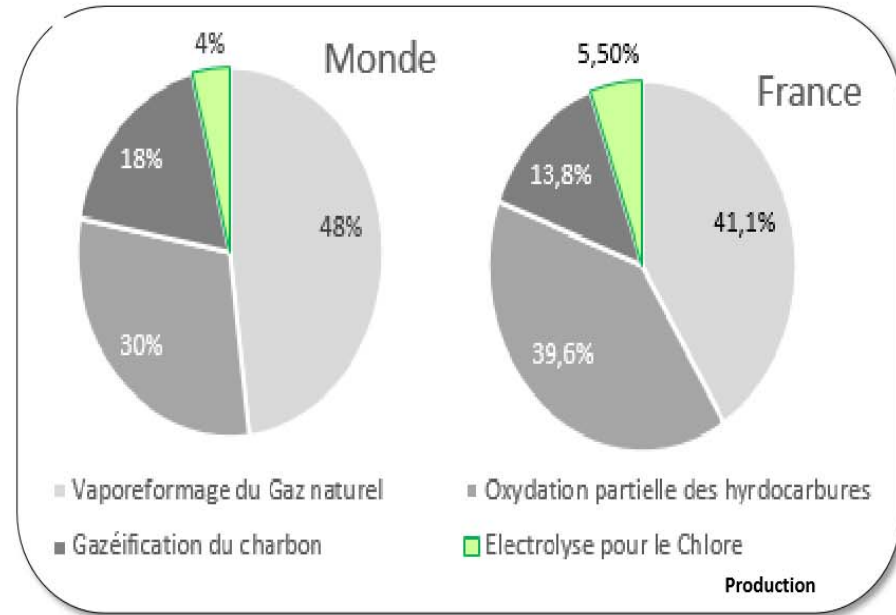
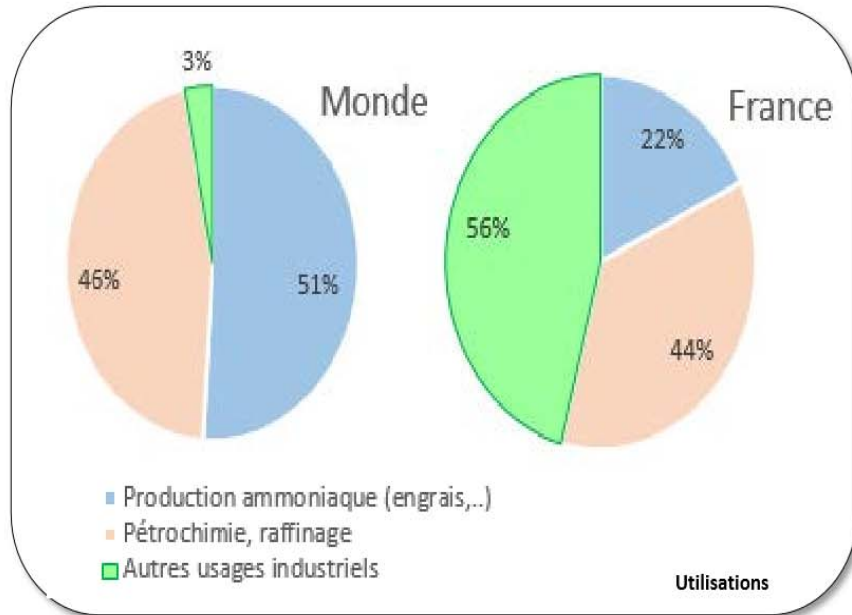
- Créer une filière industrielle décarbonée
- Développer des solutions zéro émission pour les transports routiers, ferrés, fluviaux, etc.
- Développer des capacités de stockage des énergies renouvelables



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Créer une filière industrielle décarbonée

Le marché mondial de l'H₂ est aujourd'hui essentiellement industriel (Monde 61 Mt, France 900kT)



■ Usages principaux

- Production d'ammoniaque
- Raffinage des carburants
- Chimie

■ avec un H₂ d'origine fossile

- Reformage du méthane (10 kg_{CO2}/kg_{H2})
- Oxydation partielle des hydrocarbures (15 kg_{CO2}/kg_{H2})
- Gazéification du charbon (20 kg_{CO2}/kg_{H2})



Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Décarboner la Mobilité

2028

Généralisation de l'infrastructure
Verdissement de la production H2
Marché du véhicules particuliers amorcé

<p>Utilitaires légers et fourgons pour logistique 'dernier kilomètre'</p>	<p>Engins d'entretien et manutention</p>	<p>Véhicules d'intervention et de secours</p>	<p>Véhicules particuliers</p>	<p>Généralisation du modèle à toutes les régions</p>	<p>H2 distribué</p>
<p>Flottes de bus</p>	<p>Flottes de taxis</p>	<p>Flottes de véhicules publics et auto partage</p>	<p>Mini cars pour transport personnes</p>		<p>Electrolyse on site</p>
<p>Autocars</p>				<p>Hub Hydrogène – Electrolyse avancée</p>	

50.000 véhicules
1000 stations

2023

Qualité de l'air dans les métropoles
Mobilité à usage intense en zone urbaine et péri-urbaine
6+i Hy régions pilotes

<p>Utilitaires légers et fourgons pour logistique 'dernier kilomètre'</p>	<p>Engins d'entretien et manutention</p>	<p>Véhicules d'intervention et de secours</p>	<p>Maillage métropolitain de stations + corridors</p>	<p>H2 distribué</p>
<p>Flottes de taxis</p>	<p>Flottes de véhicules publics et auto partage</p>	<p>Flottes de bus</p>		<p>Mini cars pour transport personnes</p>
<p>Production mutualisée sur hub territorial – Electrolyse</p>				

6.000 véhicules
250 stations

2017

Modèle flottes captives

<p>Flottes utilitaires légers</p>	<p>1 station par flotte</p>	<p>H2 distribué</p>	<p>Flottes de taxis à Paris</p>	<p>1 station par flotte</p>	<p>H2 distribué</p>	<p>Electrolyse on site</p>
-----------------------------------	-----------------------------	---------------------	---------------------------------	-----------------------------	---------------------	----------------------------

300 véhicules
20 stations



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Décarboner toutes les mobilités

2040



APU embarqué
en vol aviation
commerciale

2030



Navire de croisière



APU embarqué
en vol aviation
d'affaire



APU embarqué au sol
aviation commerciale
(alimentation et roulage)



Dirigeable
stratosphérique
(surveillance,
télécommunication)

2024



Bateau de pêche



APU au sol



APU Sous-marin

2021



2017



Navette fluviale



Laboratoire naval
Energy Observer



L'hydrogène au service d'une mobilité décarbonée



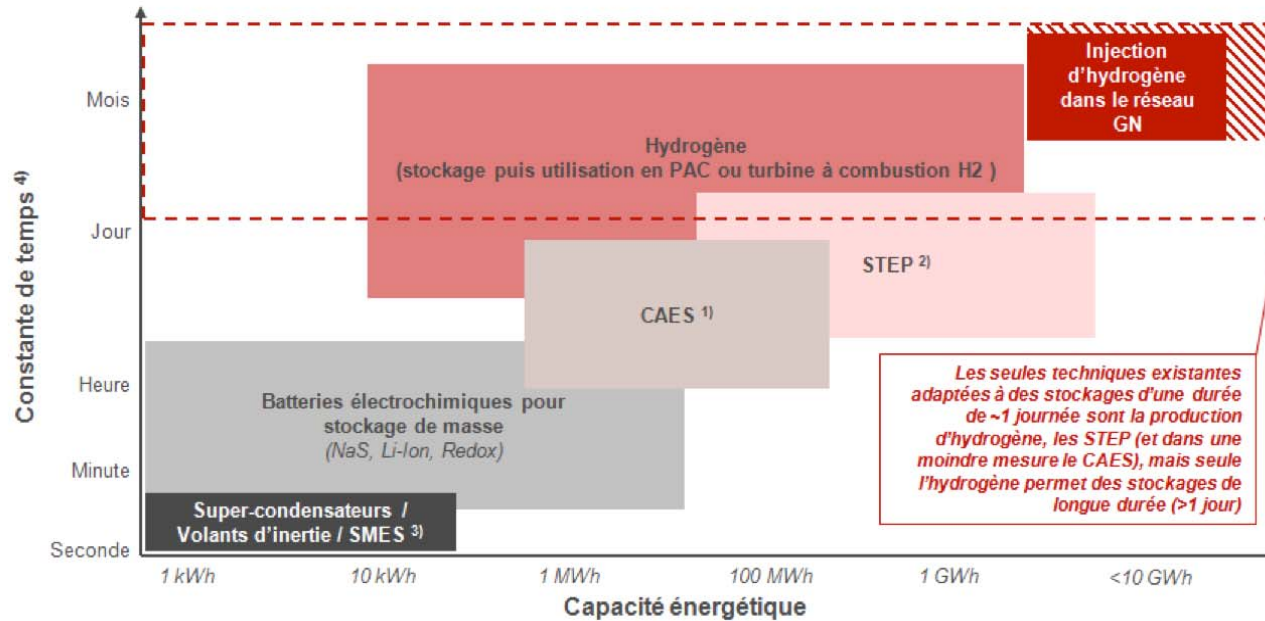
Développer des capacités de stockage des énergies renouvelables

- Lancer rapidement des expérimentations dans les territoires isolés
- Identifier les besoins de stockage par hydrogène pour les ZNI
- Identifier les services rendus par l'hydrogène aux réseaux électriques
- Déterminer les conditions techniques et économiques d'injection d'hydrogène acceptables pour les réseaux gaziers



L'hydrogène est aujourd'hui la technologie la plus adaptée pour le stockage massif de longue durée

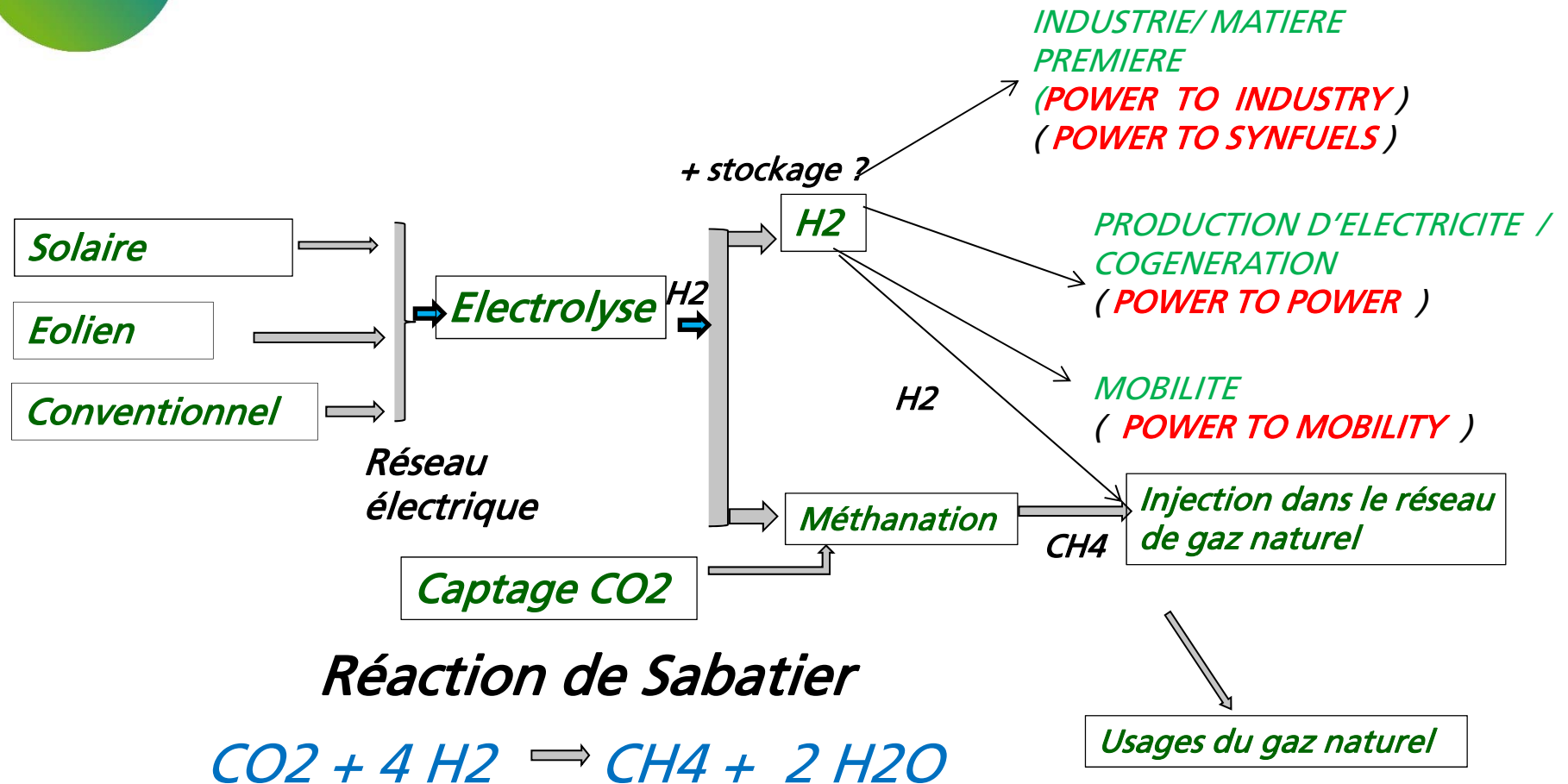
CAPACITE ENERGETIQUE ET CONSTANCE DE TEMPS DES DIFFERENTES SOLUTIONS DE STOCKAGE D'ELECTRICITE



1) « Compressed Air Energy Storage » : Stockage d'Énergie par Air Comprimé
 2) Station de transfert d'énergie par pompage - De l'eau est pompée dans un réservoir haut, puis turbinée pour régénérer l'électricité, sur le même principe qu'un barrage hydroélectrique
 3) « Superconduction magnetic energy storage » = Stockage d'énergie par supraconducteurs - A très basse température, les matériaux supraconducteurs permettent de stocker de l'électricité dans des boucles, le courant pouvant y tourner indéfiniment puisque soumis à aucune perte.
 4) La constante de temps d'un stockage est égale au ratio « Capacité énergétique / Puissance maximale » du stockage. Elle caractérise le temps mis par un stockage pour se vider (ou se charger) entièrement lors d'un fonctionnement à puissance maximale. Son unité est une unité de temps (le plus souvent, l'heure)

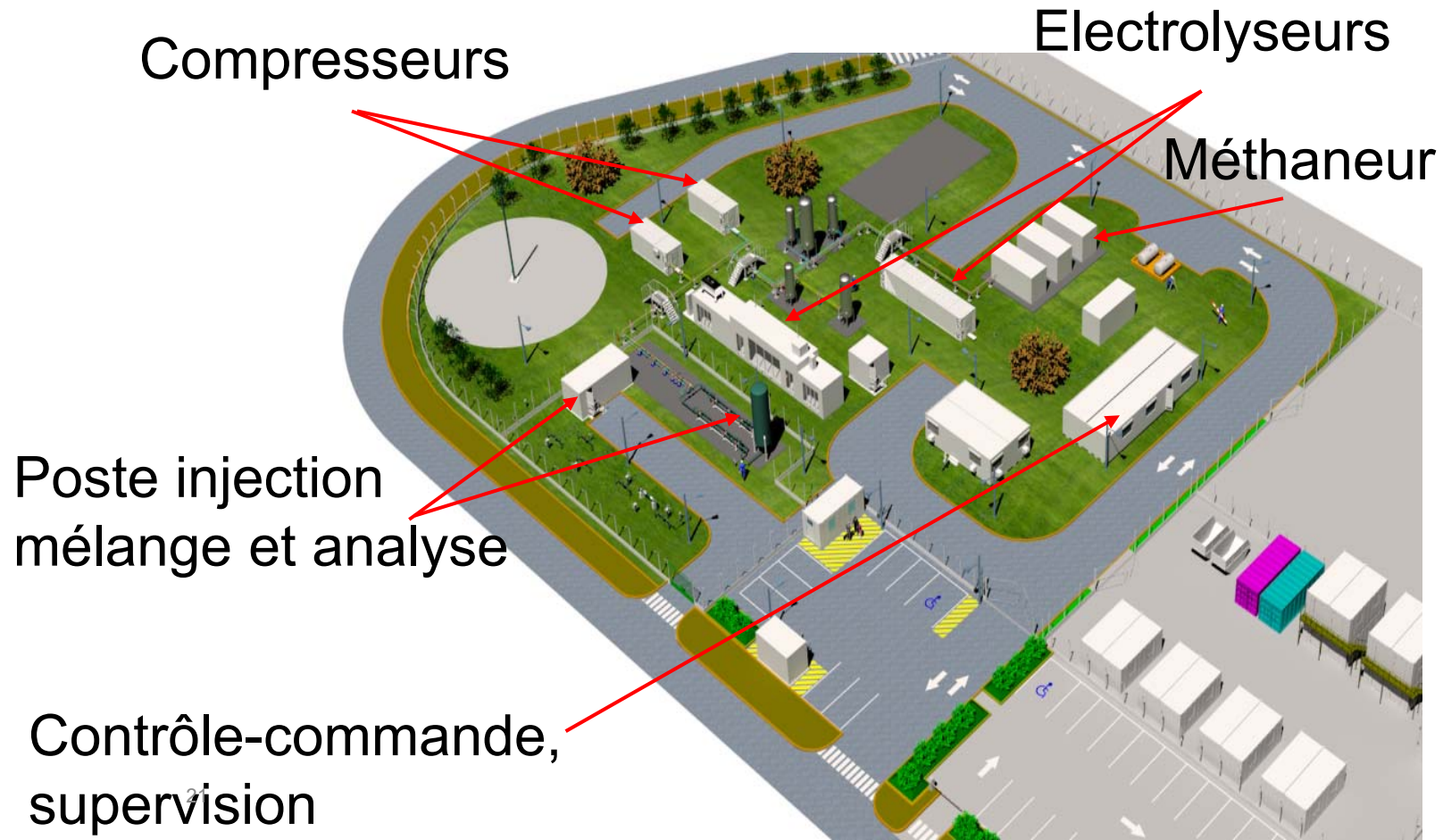


Qu'est ce que le Power To Gas ?





JUPITER 1000 en 3D



Compresseurs

Electrolyseurs

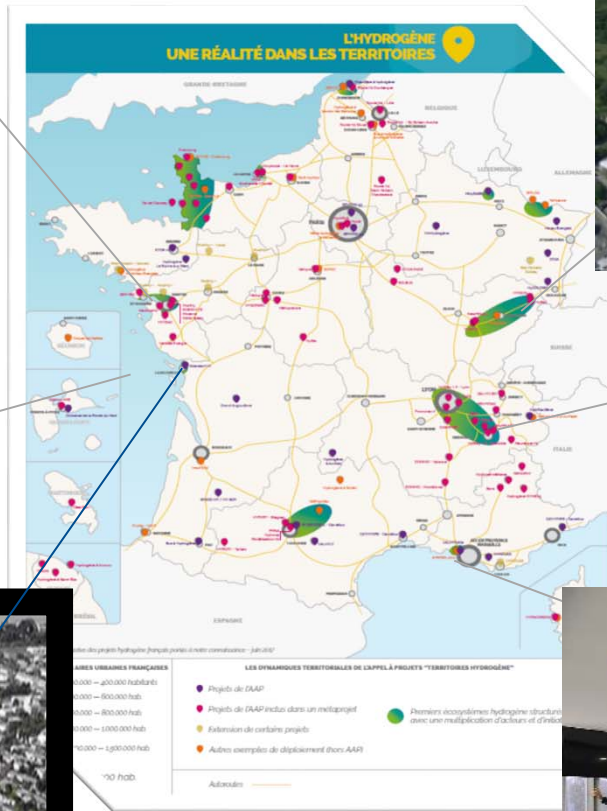
Méthaneur

Poste injection
mélange et analyse

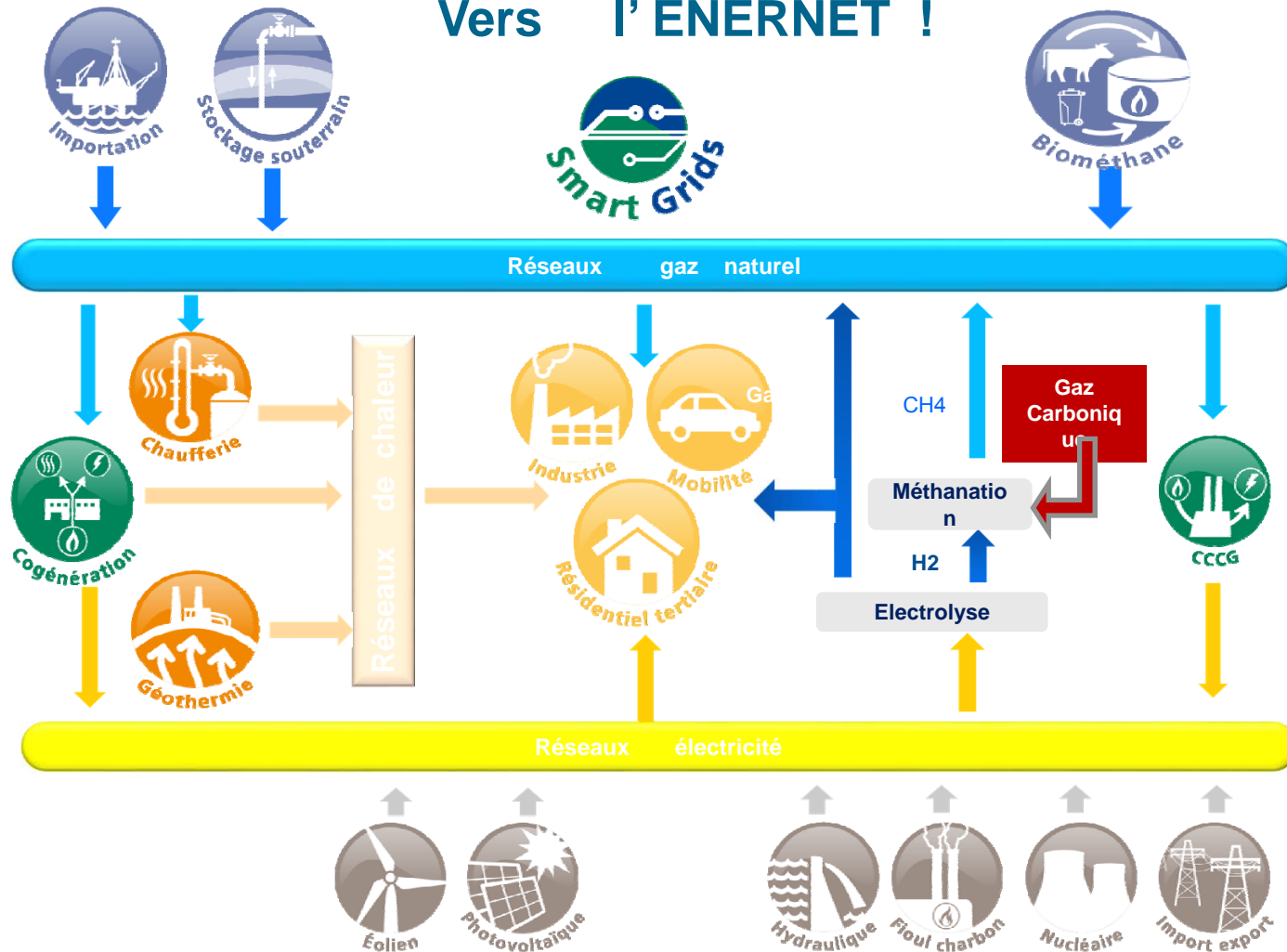
Contrôle-commande,
supervision



Développer des capacités de stockage des EnR

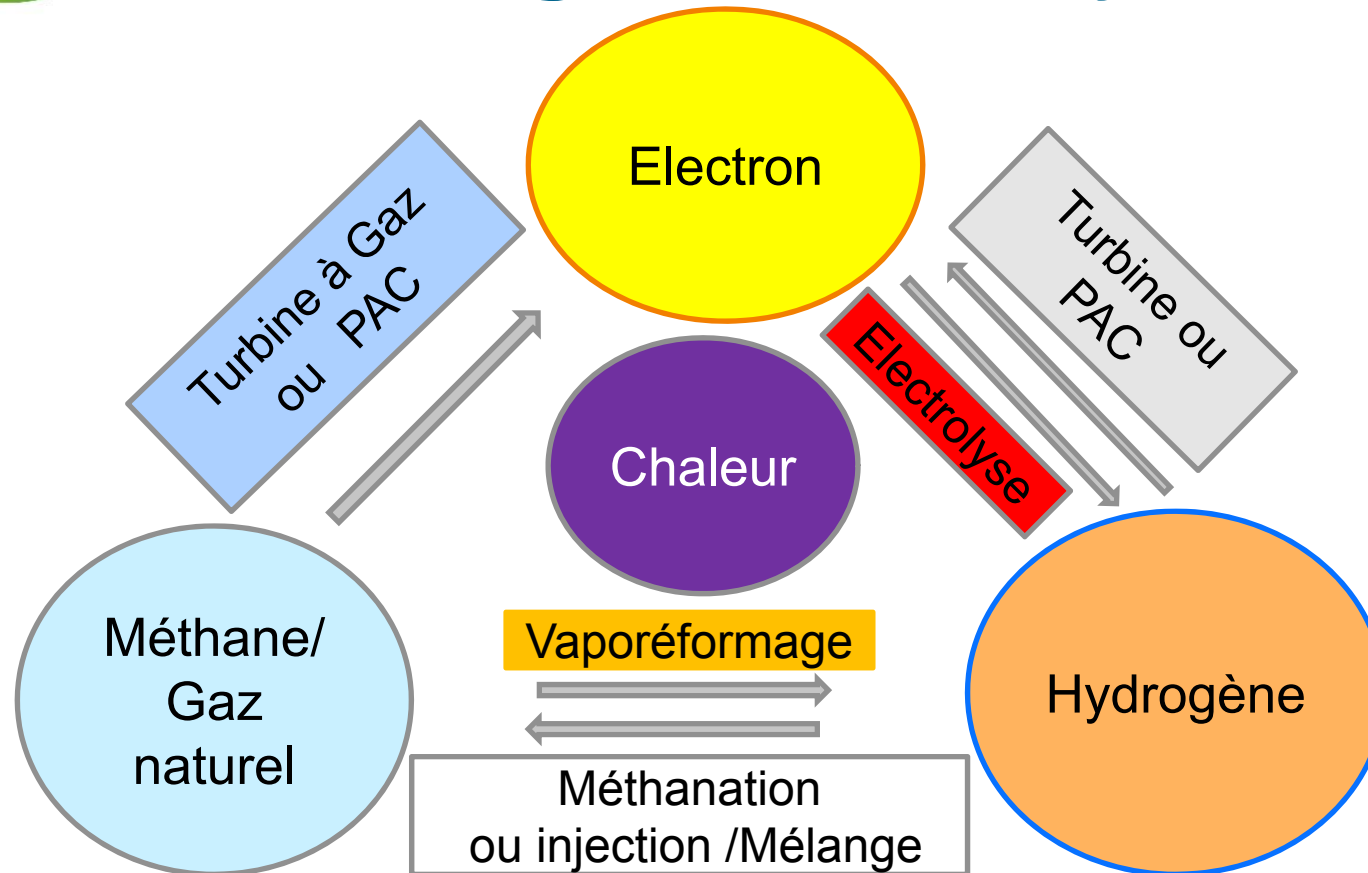


Vers l'ENERNET !





L'hydrogène, vecteur énergétique polyvalent





**Merci pour
votre attention**



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible