Le rôle de l'hydrogène dans la transition énergétique

Colloque Hydrogène décarboné : enjeux et solutions ?

Philippe BOUCLY, Président

Paris, 13 Juin 2019

AFHYPAC

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 Groupe ,
EDF, Entrepose,
EFI Automotive,
AREVA Stockage d'Energie
AKUO Energy
Compagnie Nationale du Rhône
Michelin, Faurecia
Naval Group,
Plastic Omnium,
TOTAL
TOYOTA, Hyundai
Caisse Des Depôts , AXA

Utilisateurs finaux

Chéreau, Dassault Aviation,
SNCF, RATP, Keolis, Mobivia

Organismes de Recherche, laboratoires, universités et Centres techniques

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

PME, PMI et Start up

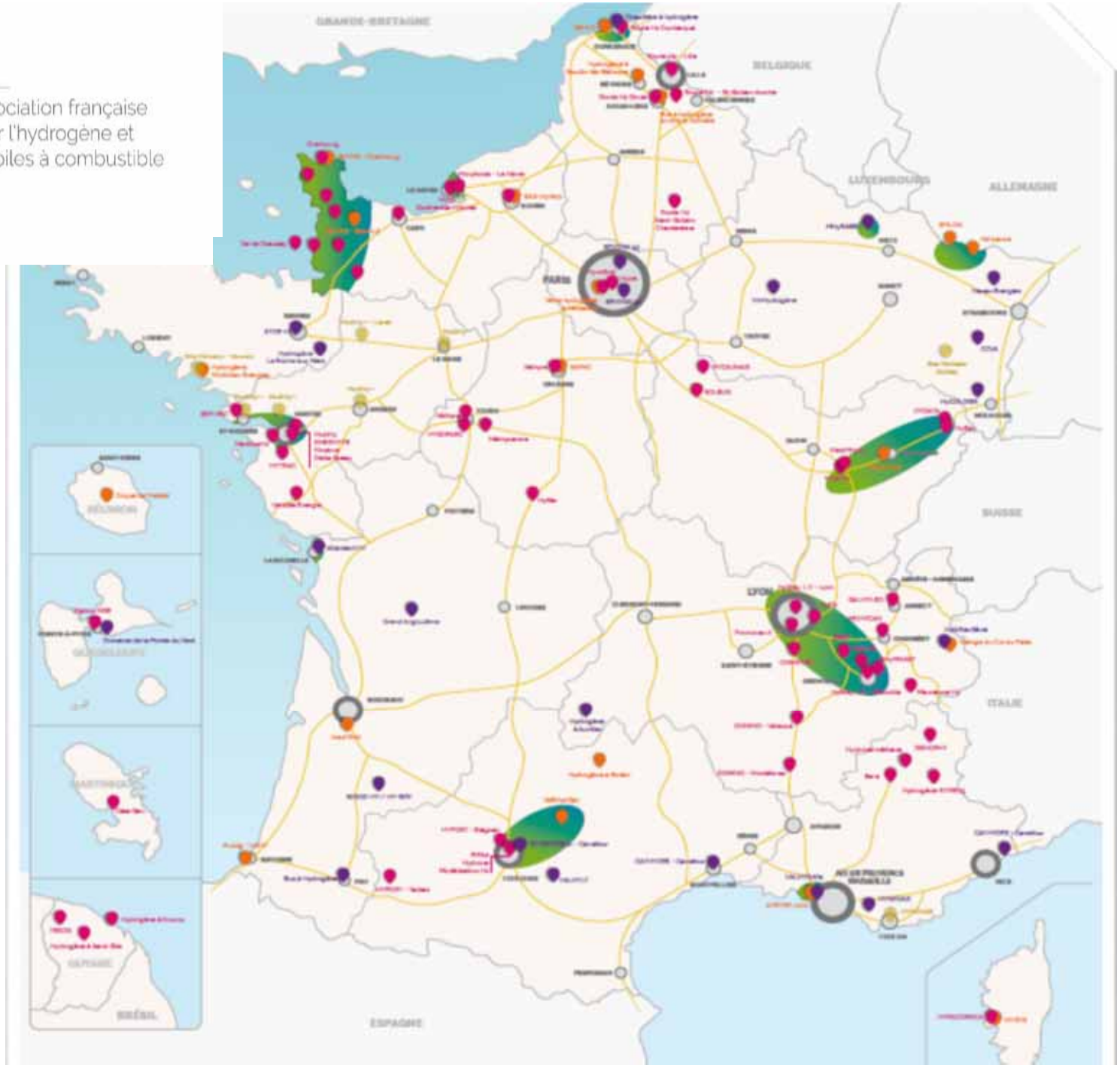
AD-VENTA, 2BEGAS H2
AAQIUS, Actys-BEE
Alca Torda Applications
ALCRYS
ATAWEY
AREVA H2Gen
Avenhyr Conseil
Bulane, Cesame-Exadebit,
ENERCAT, ERGOSUP, ETIA,
FlexFuel Energy Developpement
Green GT Technologies, H2SYS,
H2V Product,
Haffner Energy,
Hera France/ALBYON,
Howden BC Compressors
HASKEL France, HEROSE,
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, syndicats d'énergie, poles de compétitivité

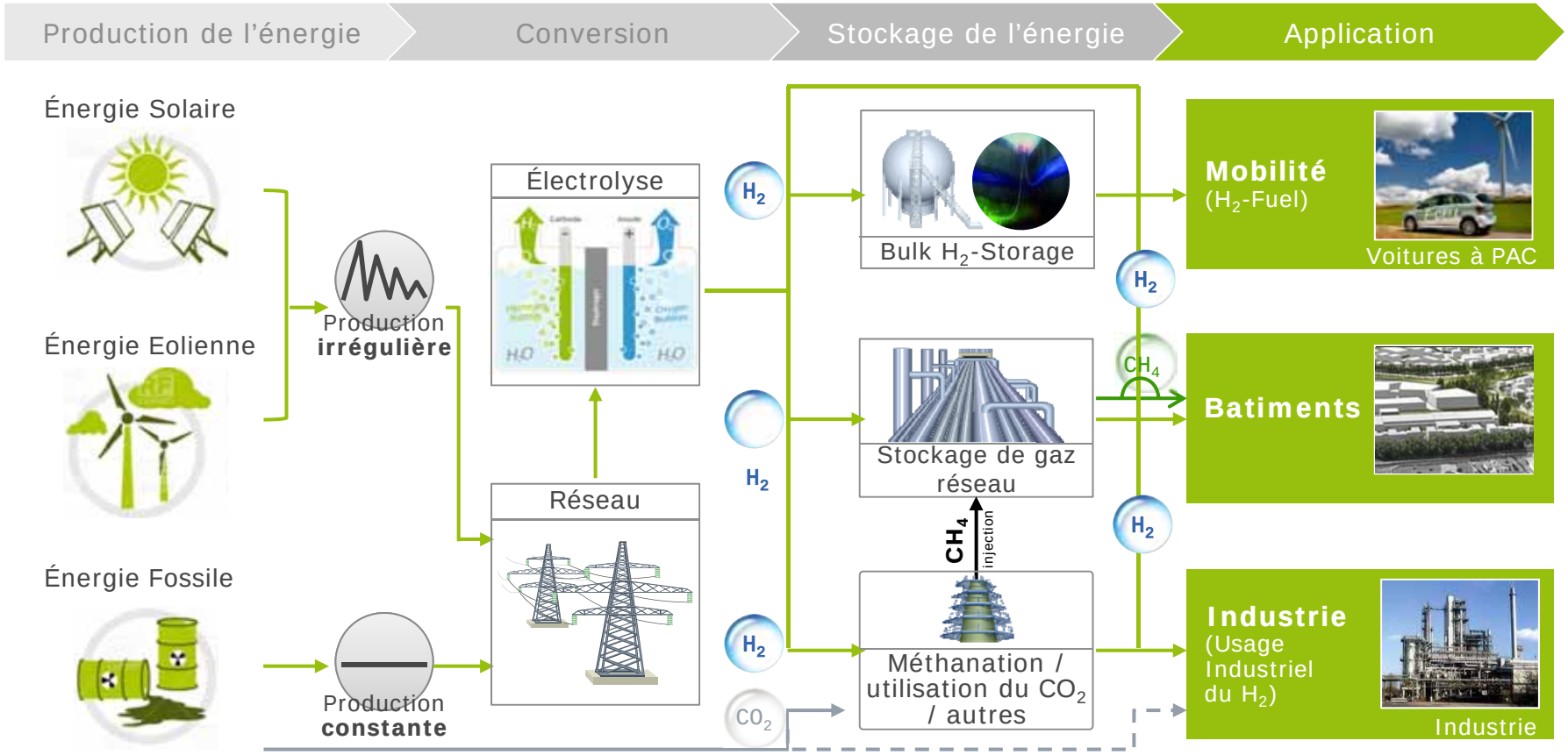
AprISTHY, COENOVE
Association Française des Gaz Comprimés,
AVERE France, CNPA,
Mission Hydrogène
TENERRDIS, Capenergies,
Pole Energie 2020,
Pôle Véhicule du Futur
Wind for Future
Chambre de Commerce et d'Industrie du Var
Région Bourgogne-Franche-Comté,
Région Centre-Val de Loire,
Région Hauts de France
Région Normandie,
Région Nouvelle Aquitaine,
Région Occitanie/Pyrénées-Méditerranée
Région Grand Est
Région Sud, Région Bretagne
Communauté d'Agglo. du Grand Dole, Conseil Départemental de la Manche
Métropole Aix Marseille Provence
Nice Métropole Côte d'Azur
Grenoble Alpes Métropole
Métropole Rouen Normandie,
Caux Seine Agglo, Agglomération Chaumont
Le Mans Métropole
Durance Luberon Verdon Agglomération
Nantes Métropole,Valence Romans Agglo
Morbihan Energies, SIPPEREC, SyDEV, SMTU de Pau, Syndicats d' énergie du Tarn et Ariège,
R-GDS, Trifyl

AFHYPAC

Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible



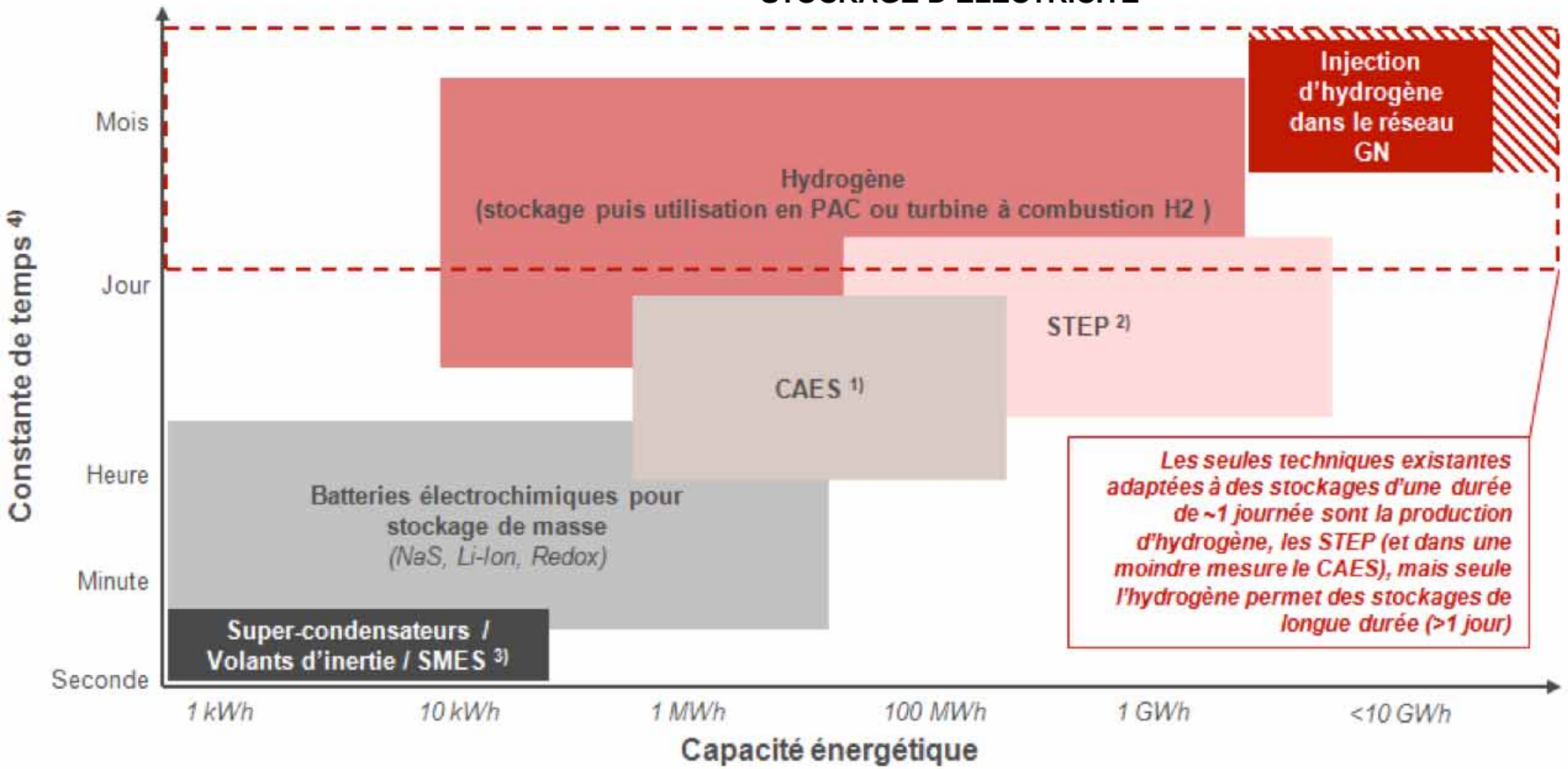
Un changement de paradigme dans le système énergétique



AFHYPAC
Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

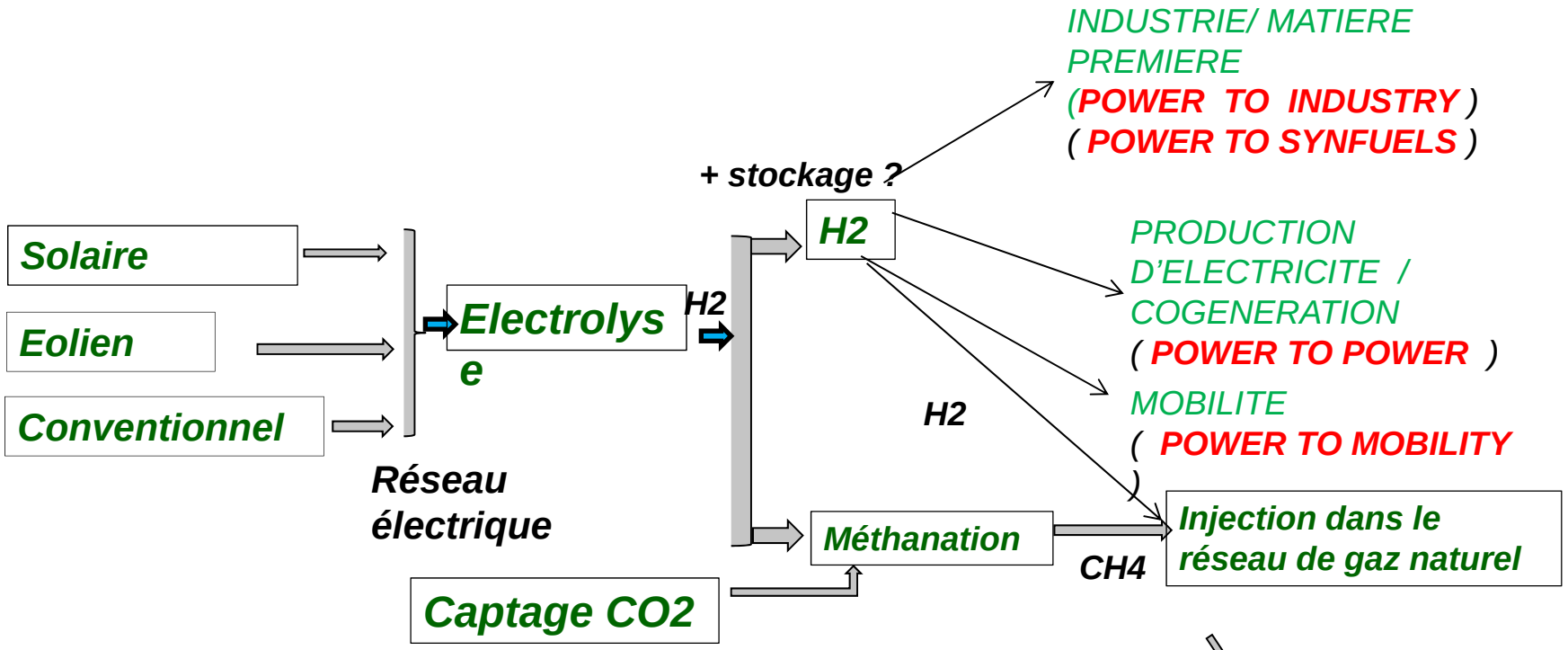
L'hydrogène est aujourd'hui la technologie la plus adaptée pour le stockage massif de longue durée

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



1) « Compressed Air Energy Storage » : Stockage d'Energie par Air Comprimé
2)Station de transfert d'energie 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 ?

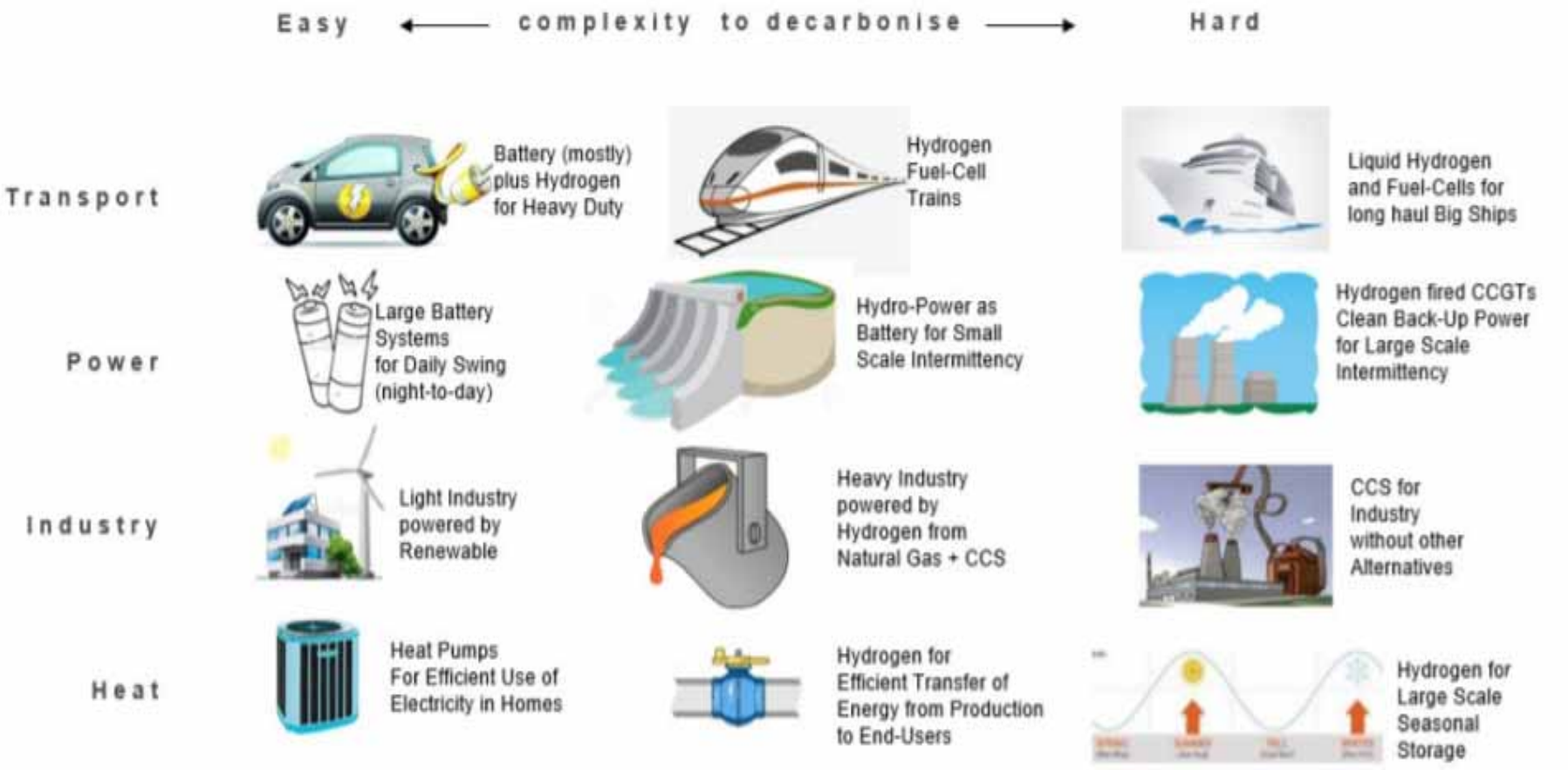


Réaction de Sabatier

$$CO_2 + 4\,H_2 \rightarrow CH_4 + 2\,H_2O$$

AFHYPAC
Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Décarboner les systèmes énergétiques : on ne peut pas tout électrifier !



AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

ETUDE PROSPECTIVE

Objectifs

- Proposer une **vision globale et quantifiée, a**daptée 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

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

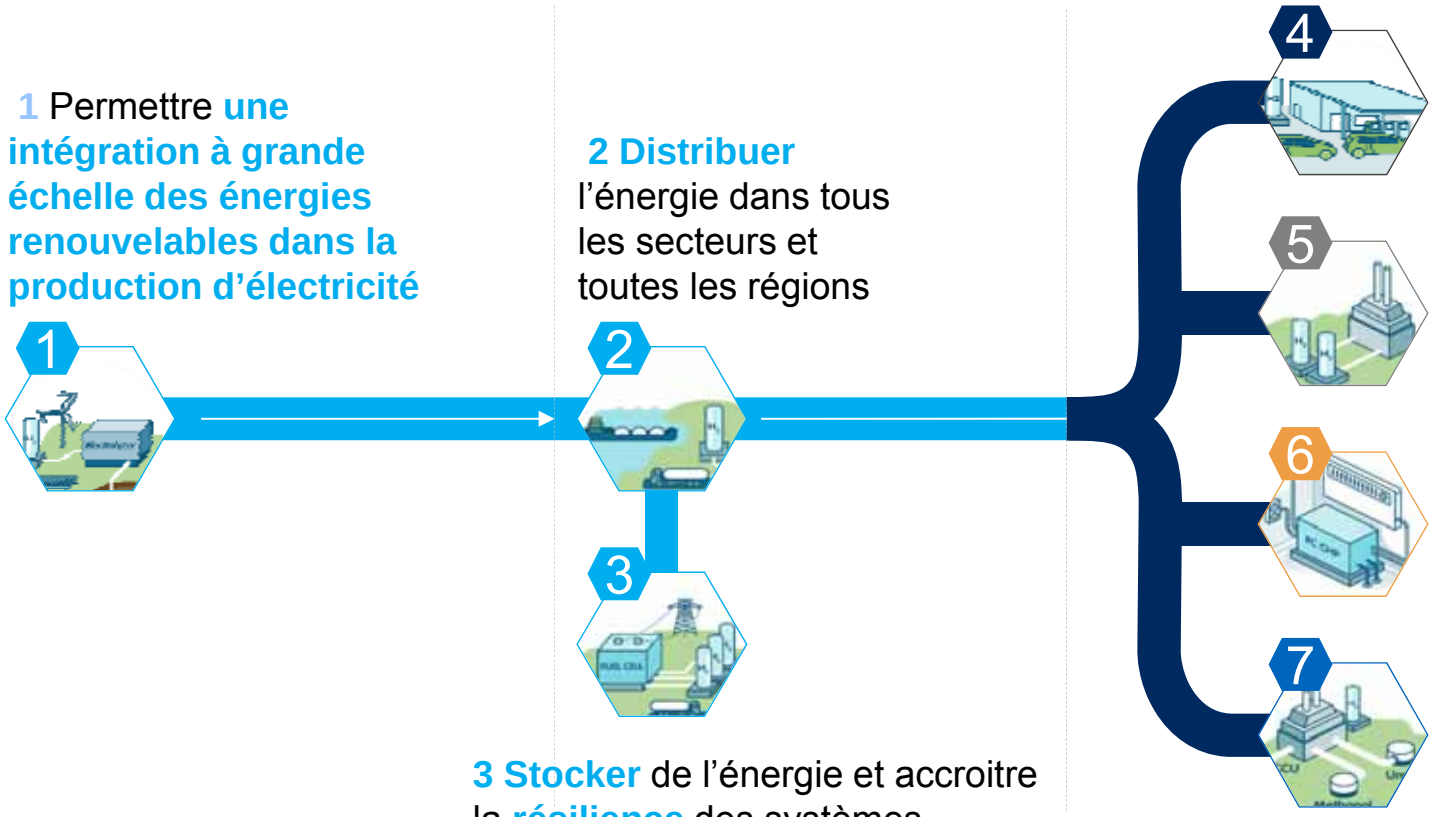
L'hydrogène peut jouer un rôle majeur dans la transition énergétique

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 accroitre la **résilience** des systèmes



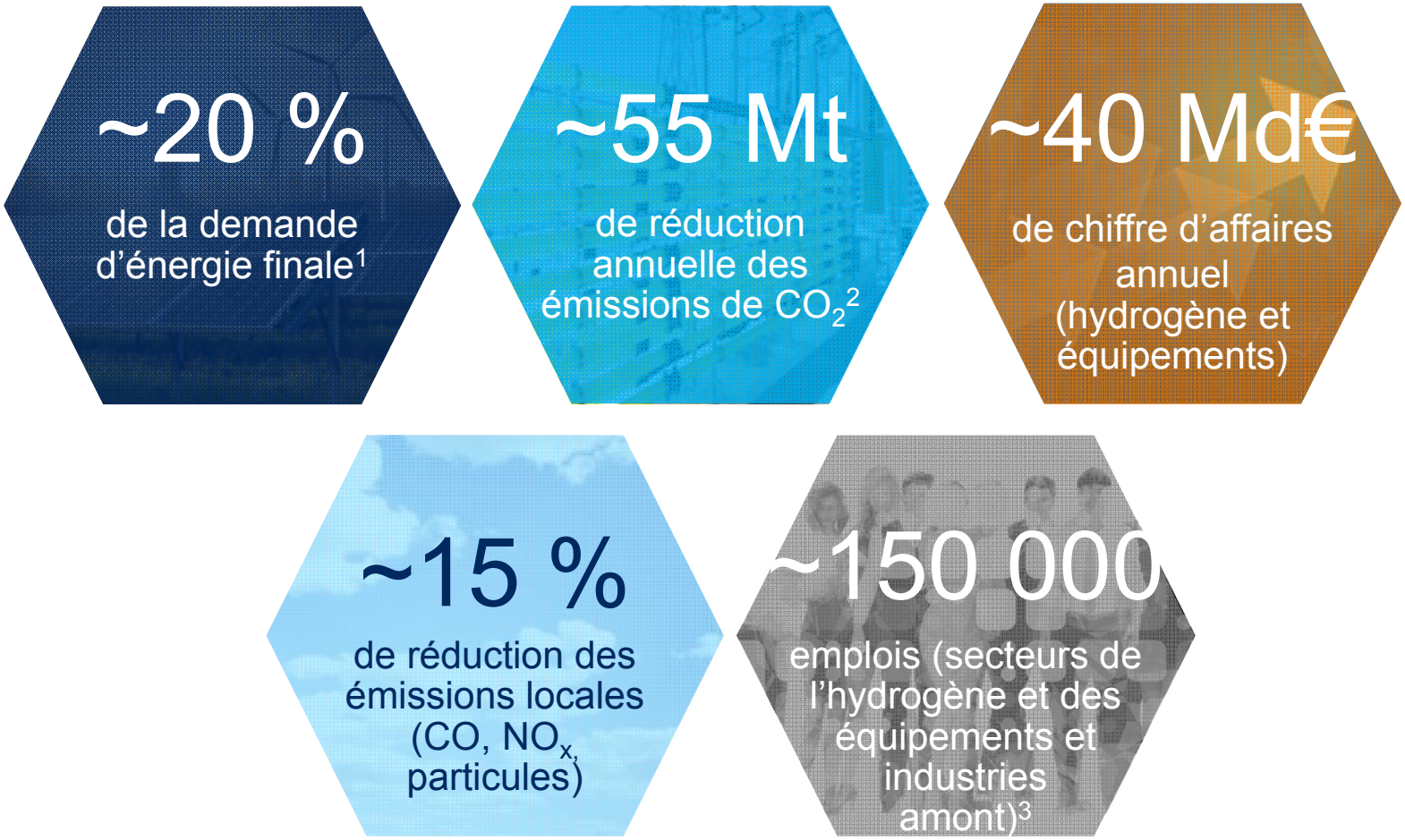
4 Décarboner le secteur des **transports**

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

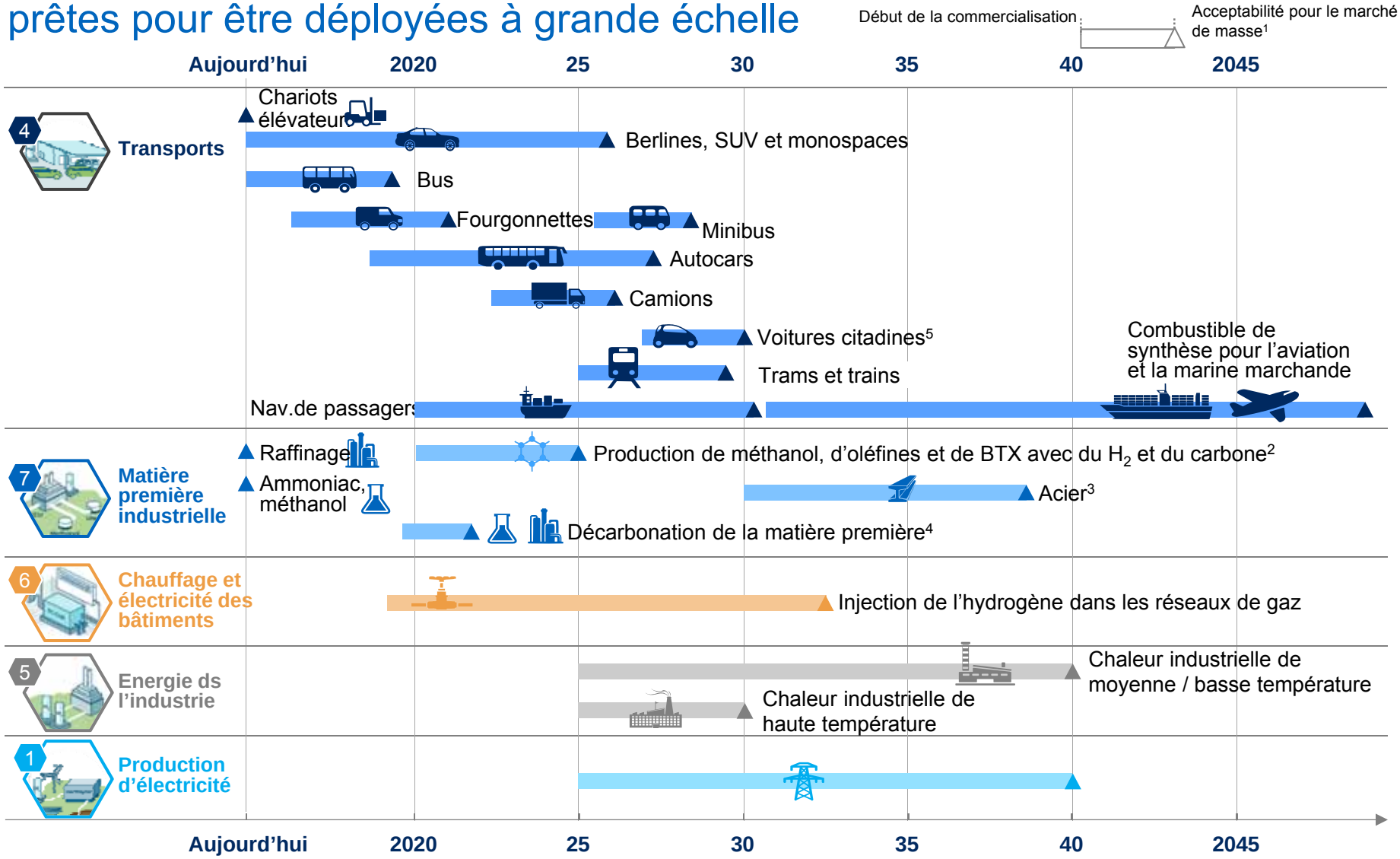


Vision Hydrogène 2050 (chiffres annuels)

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

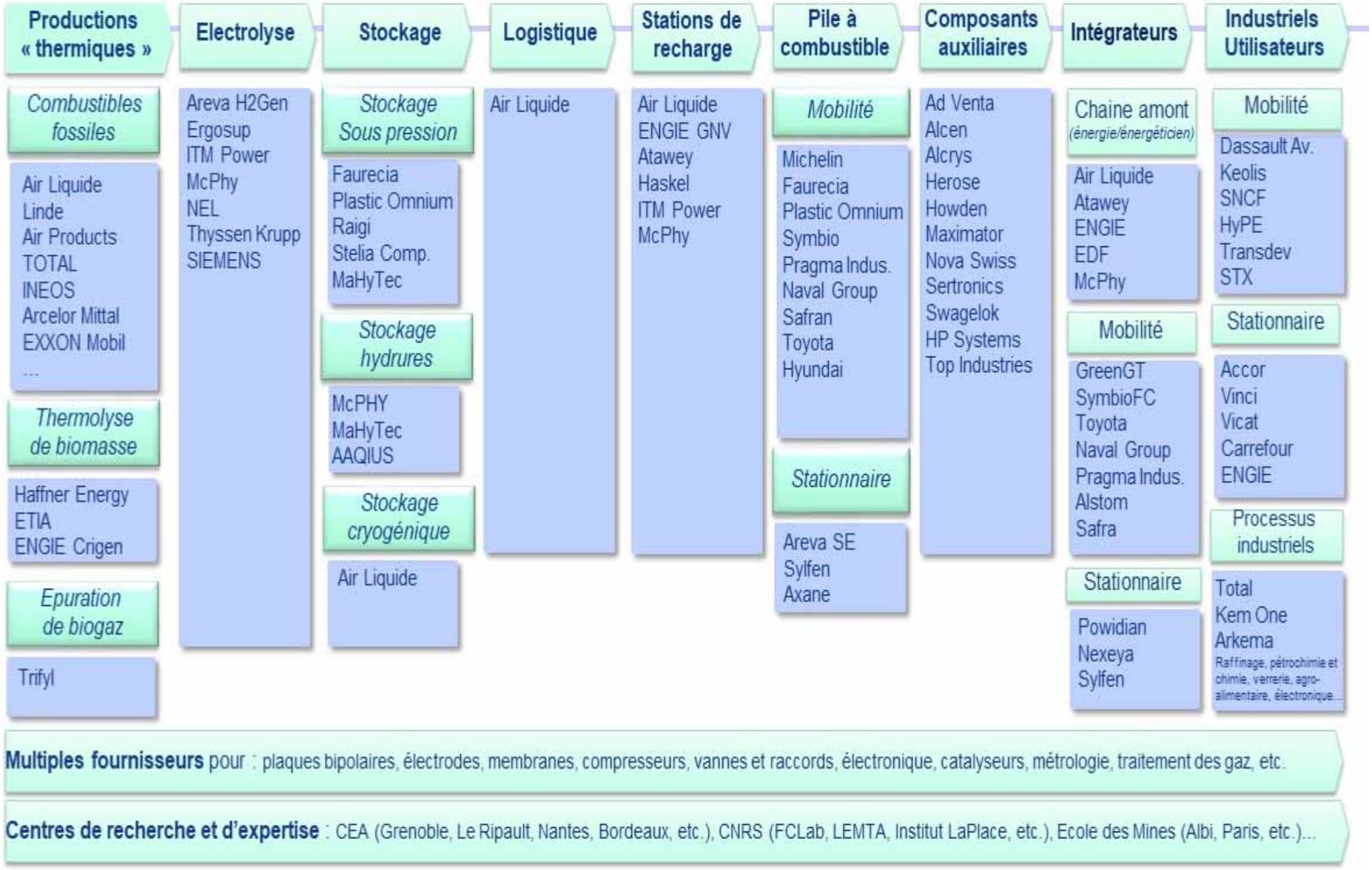
De nombreuses technologies d'utilisation de l'hydrogène seront bientôt prêtes pour être déployées à grande échelle



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 préréduit avec réduction écologique via le H_2, en haut fourneau, et autres procédés faiblement intensifs en carbone utilisant du H_2 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

SOURCE : équipe de l'étude prospective Hydrogène France

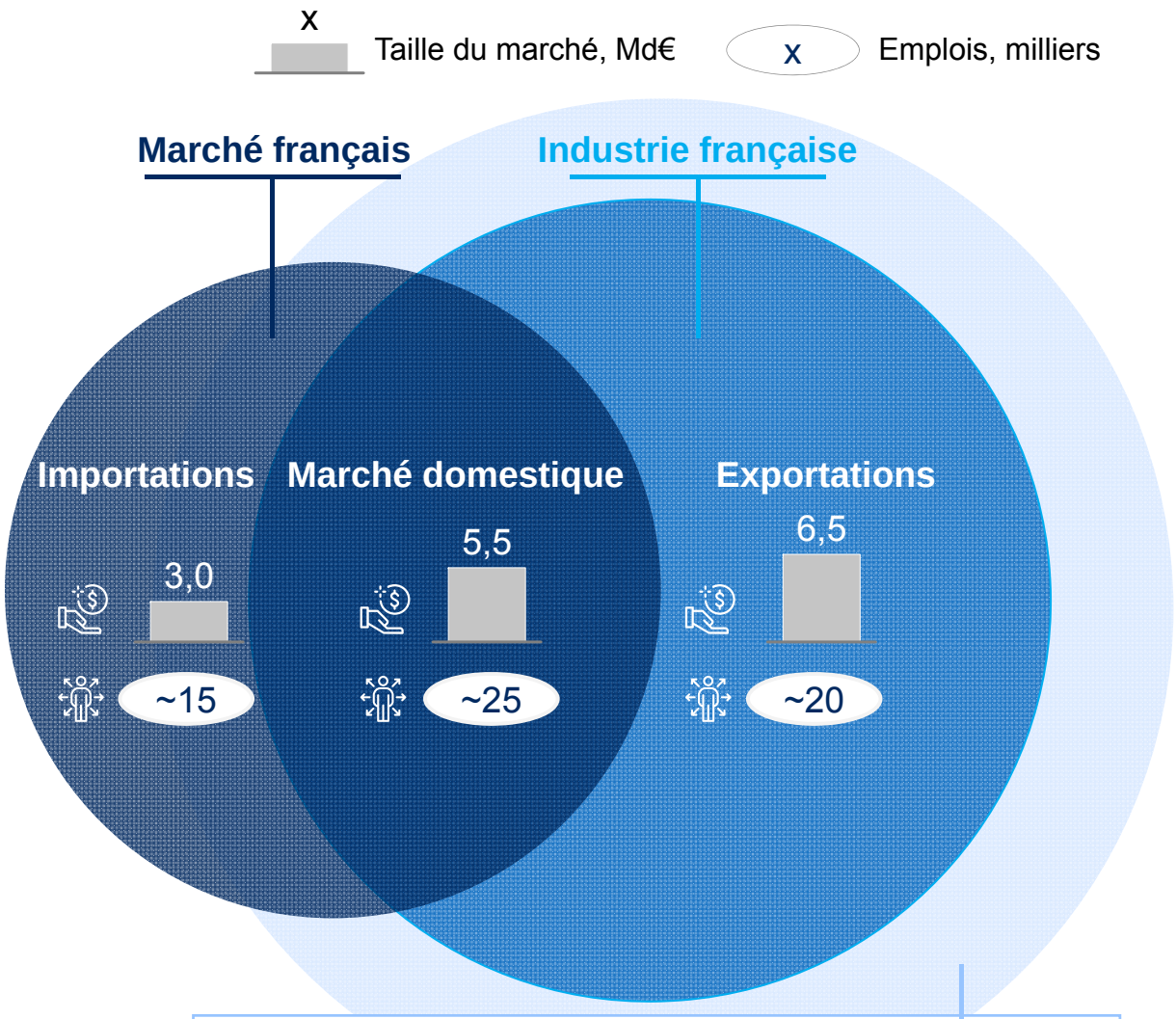
La chaine de valeur hydrogène : les acteurs industriels en France



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

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)

SOURCE : Réponses à l'enquête effectuée auprès de 25 entreprises / membres de l'AFHYPAC

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

AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

AFHYPAC
Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Les mesures du Plan National Hydrogène

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

Les mesures du Plan National Hydrogène

N°1 : Fixer des objectifs spécifiques à l'hydrogène dans les usages industriels :

- **10 %** d'hydrogène décarboné dans l'hydrogène industriel d'ici à 2023
- entre **20 à 40 %** d'ici 2028.

N°2 : Mettre en place dès 2020 un système de traçabilité de l'H2 (cadre européen)

N°3 : Assurer la mise en évidence de l'impact environnemental de l'hydrogène dans la réglementation relative aux gaz à effet de serre, ce qui permettra de différencier l'hydrogène en fonction de son mode de production .

N°8 : Déployer des écosystèmes territoriaux de mobilité hydrogène sur la base notamment de flottes de véhicules professionnels.

- **5 000** VUL et **200** véhicules lourds (bus, camions, trains, bateaux) ainsi que la construction de **100** stations, alimentées en hydrogène produit localement à l'horizon 2023 ;

- de **20 000** à **50 000** VUL, **800 à 2000** véhicules lourds et de **400 à 1000** stations à l'horizon 2028.

N°10 : Accompagner le déploiement de flottes territoriales, de véhicules hydrogène (camions, véhicules utilitaires, bus…), sur la base de l'hydrogène produit dans la phase d'amorçage industriel.

Les mesures du Plan National Hydrogène

Développer des capacités de stockage des énergies renouvelables

N°4 : Lancer rapidement des expérimentations dans les territoires isolés. Les électrolyseurs sont en mesure d'apporter immédiatement des services aux réseaux électriques et un débouché supplémentaire au développement des énergies renouvelables.

N°5 : **Identifier les services rendus par l'hydrogène**, pour leur donner une valeur. Pour la métropole continentale, **RTE** et **ENEDIS** auront pour mission d'identifier la valeur des services rendus au réseau par les électrolyseurs et les moyens existants ou à mettre en place pour valoriser ce type de service.

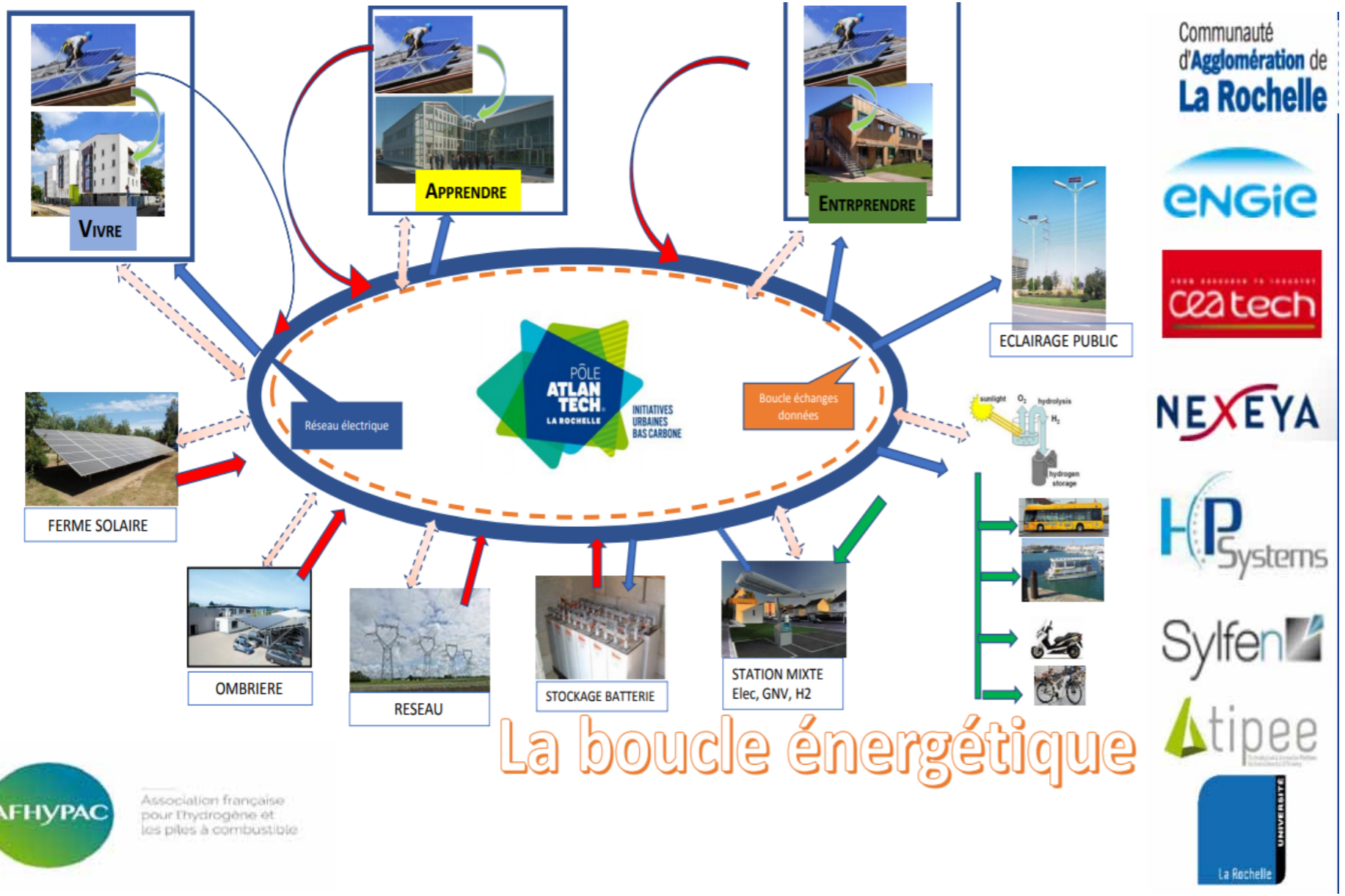
N°6 : Identifier les besoins pour le stockage par hydrogène pour chaque zone non interconnectée. **EDF SEI** (filiale d'EDF dans les territoires insulaires) et l'**ADEME** sont chargées de caractériser pour chaque zone non interconnectée les services que peuvent rendre les électrolyseurs afin de permettre aux collectivités concernées de prévoir dans leurs programmations pluriannuelles de l'énergie des mesures et objectifs spécifiques concernant le stockage et l'hydrogène.

N°7 : **Déterminer les conditions techniques et économiques d'injection d'hydrogène acceptables pour les infrastructures gazières**. Mission confiée aux **transporteurs** et **distributeurs**. Rapport attendu pour juin 2019.

L’hydrogène au service d’une mobilité décarbonée

Développer des capacités de stockage des EnR

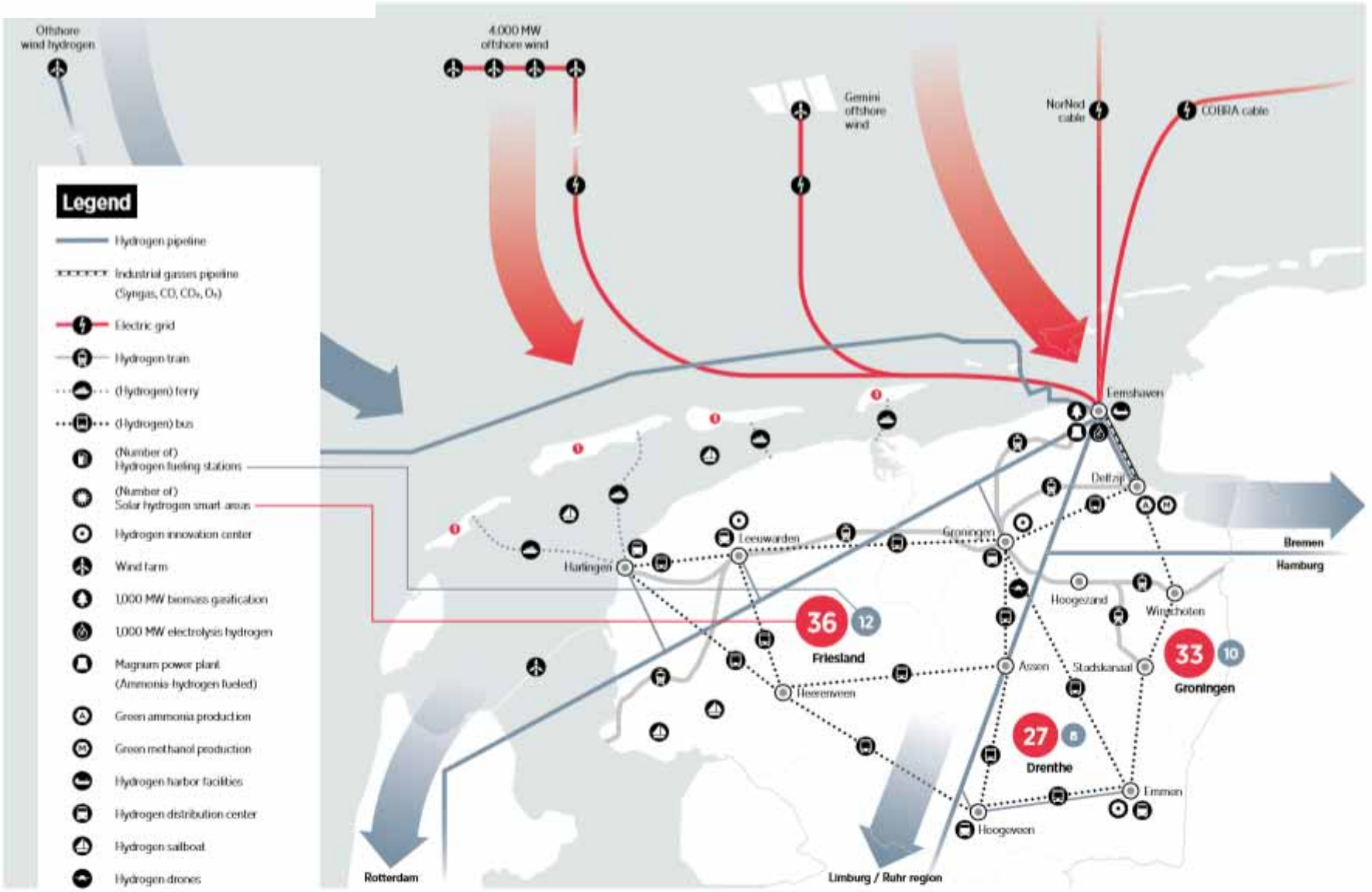
ATLANTECH – La Rochelle (27 ha)



AFHYPAC
Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Communauté d'Agglomération de La Rochelle
ENGIE
cea tech
NEXEYA
HP Systems
Sylfen
tipee
Université La Rochelle

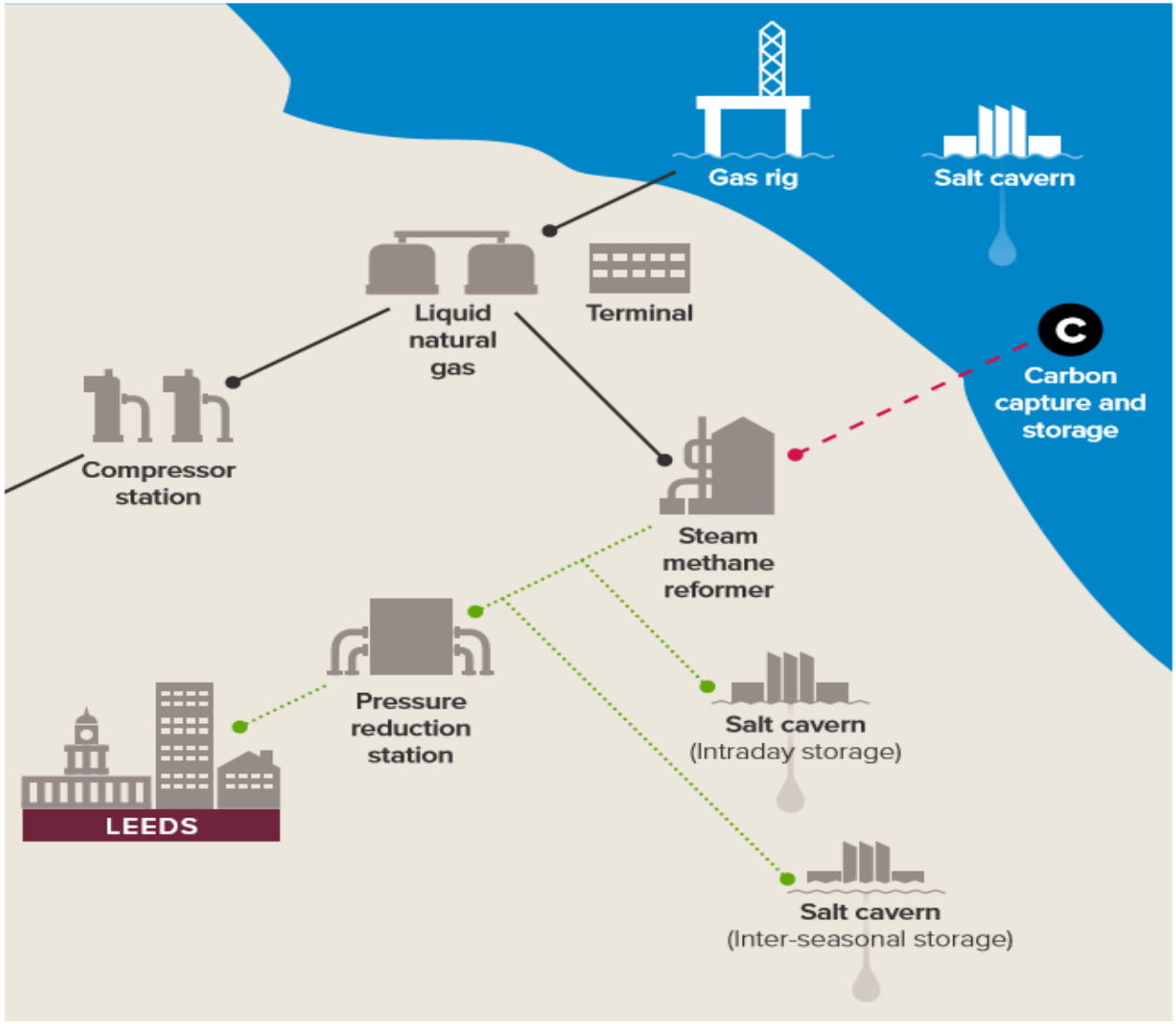
The Northern Netherlands project



AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

LE PROJET H21 (LEEDS)



Adapted from Leeds City Gate H21 report Northern Gas Networks. 2016 Leeds City Gate H21. See https://www.northerngasnetworks.co.uk/wp-content/uploads/2017/04/H21-Report-Interactive-PDF-July-2016.compressed.pdf (accessed 16 November 2017).

Des écosystèmes territoriaux

AFHYPAC

Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

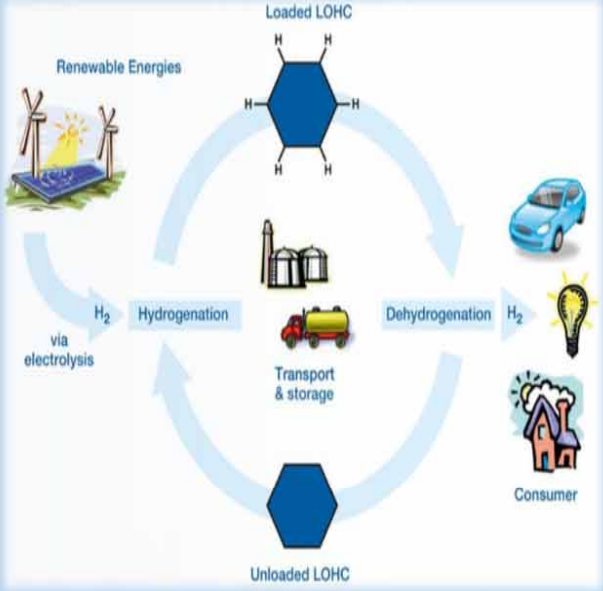
AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Une logistique difficile

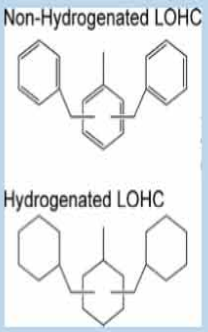
Pressurized H2

Metal hydrides



LOCH

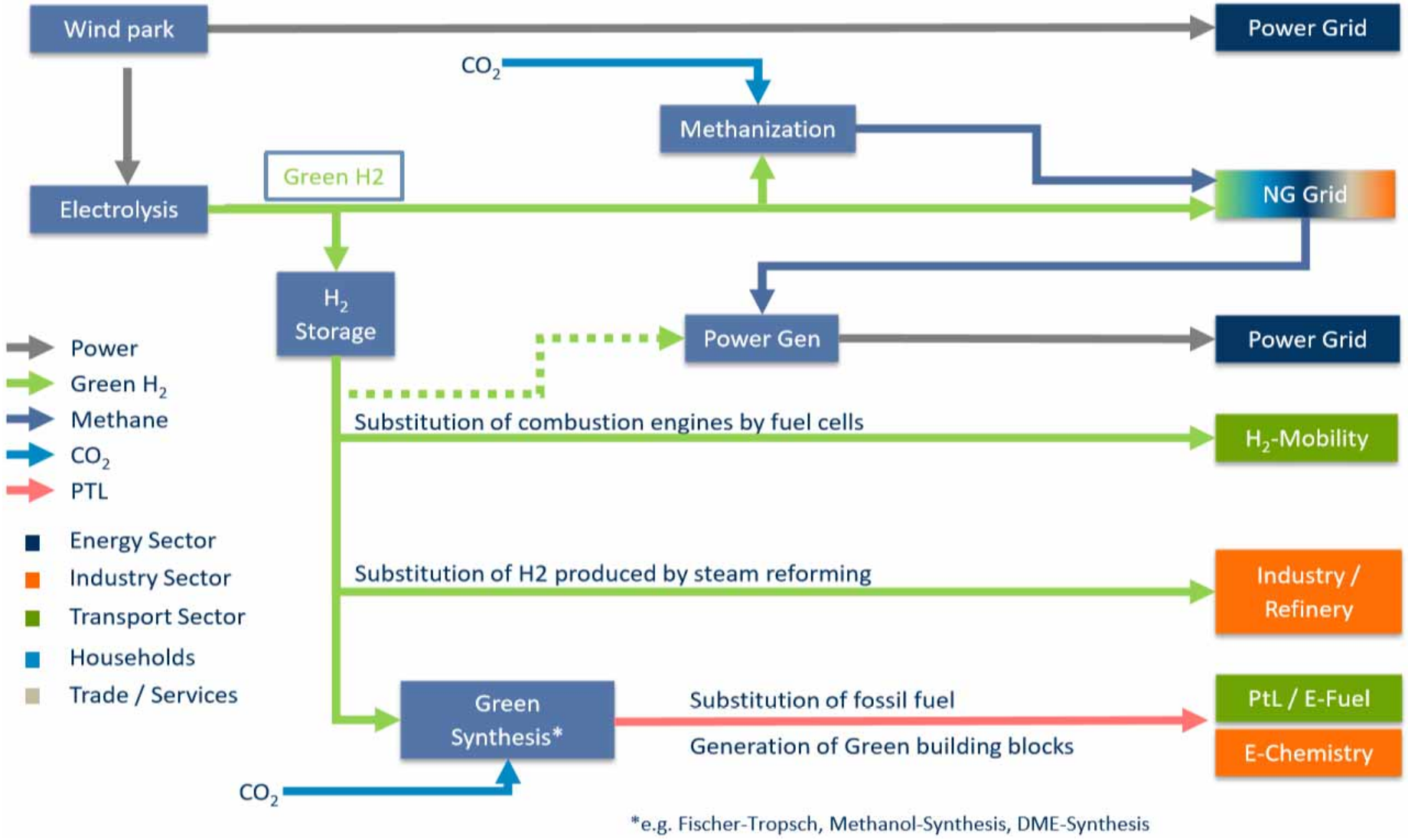
Liquid Organic Hydrogen Carrier



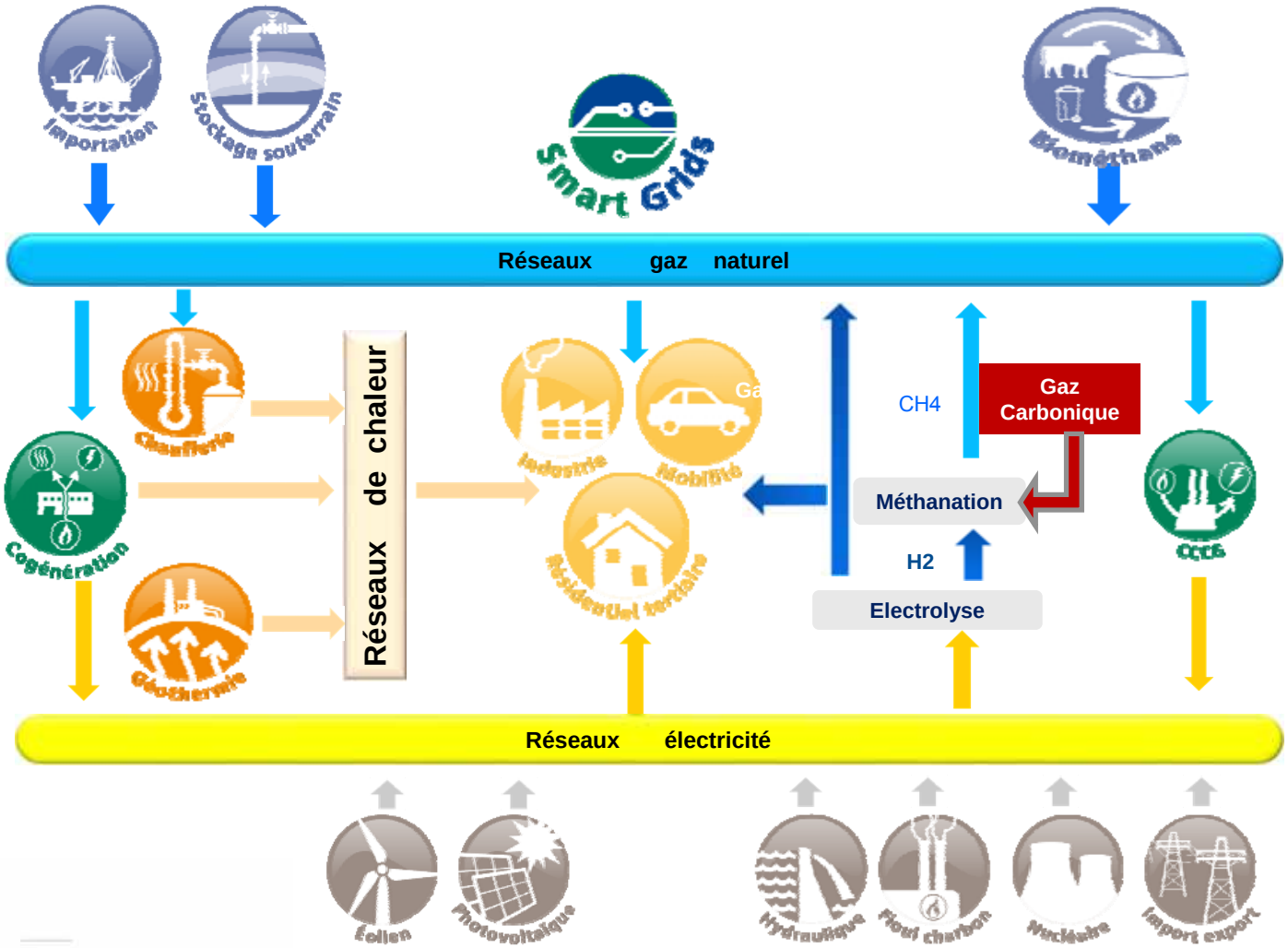
AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

L'hydrogène des possibles



Sector coupling



AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

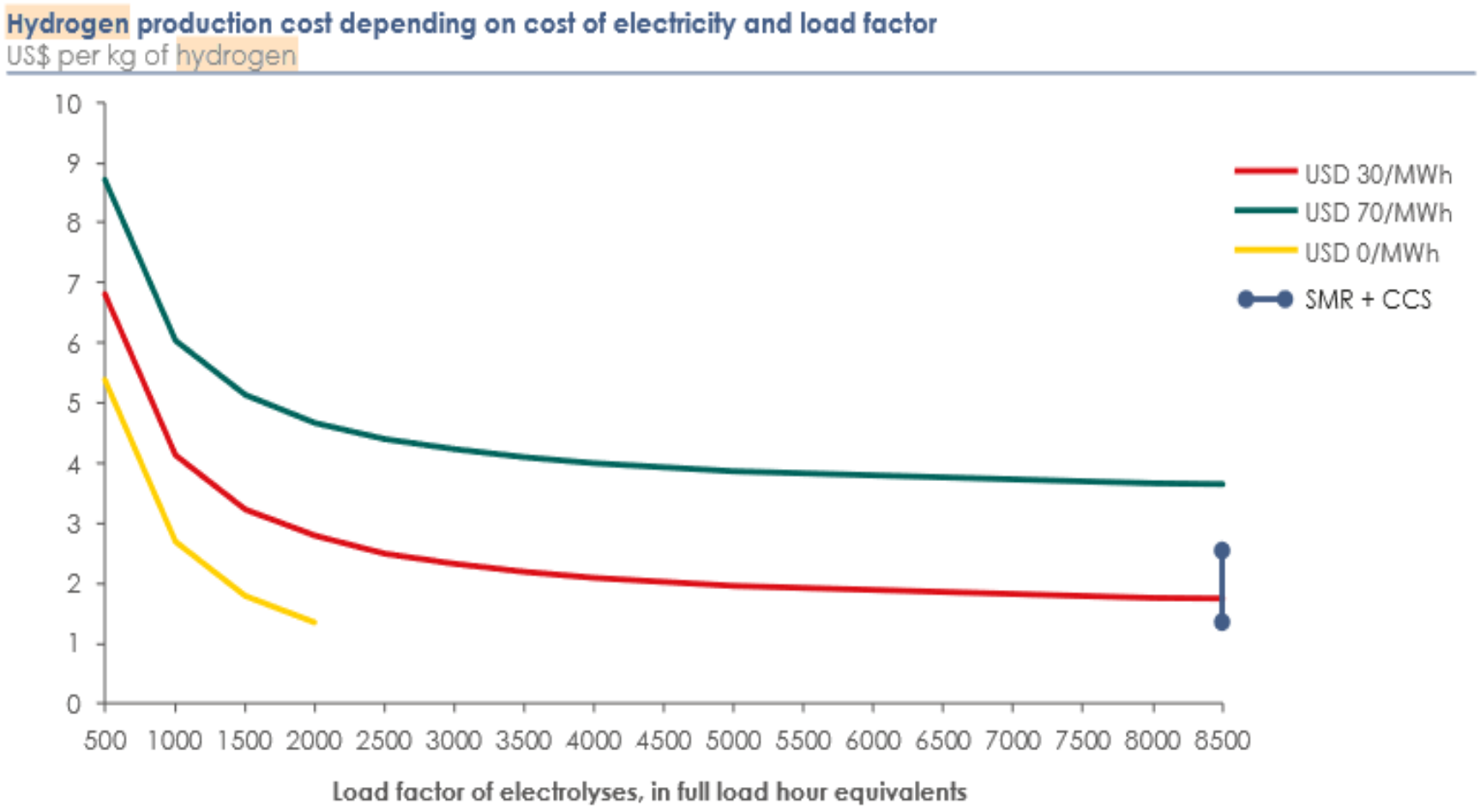
Merci pour votre attention

AFHYPAC

Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

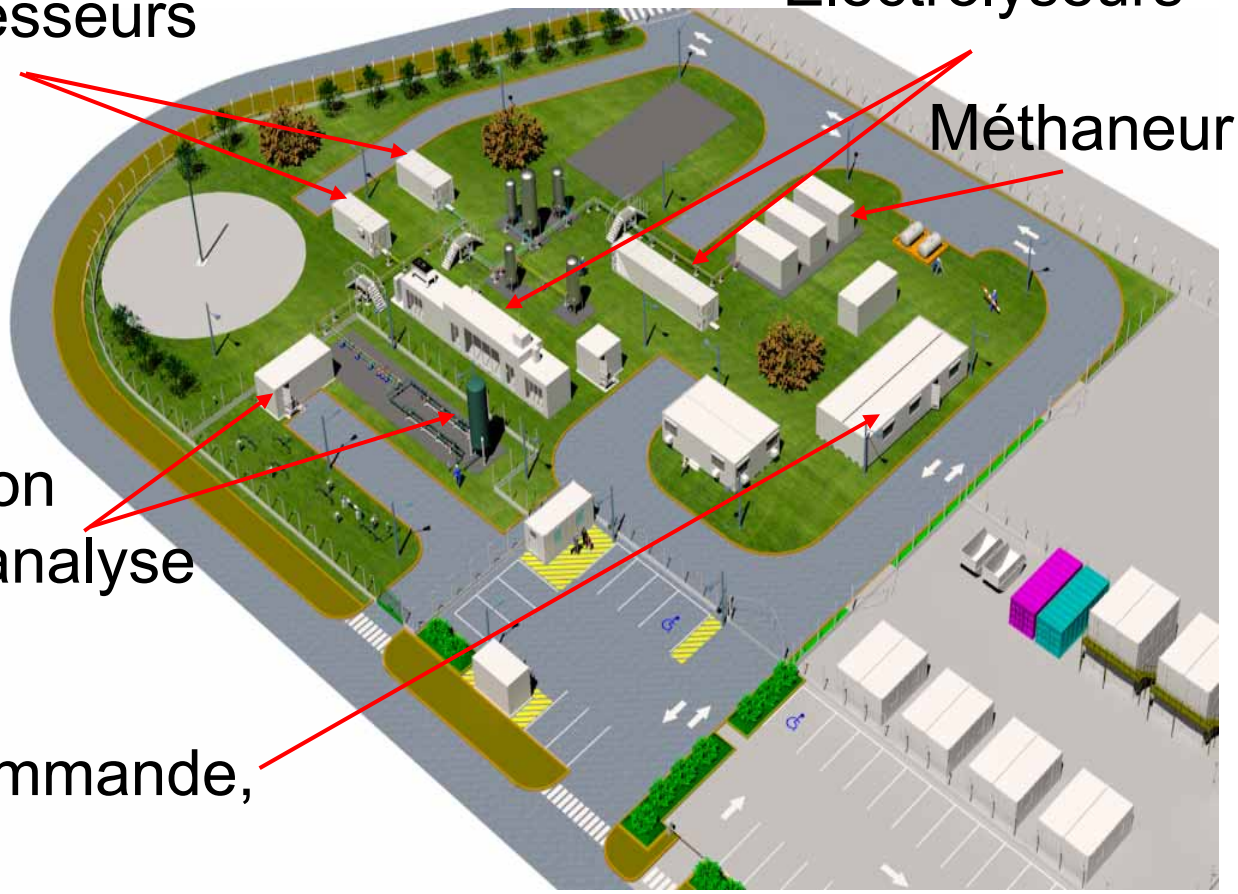
Coût de production de l'hydrogène en fonction du facteur de charge



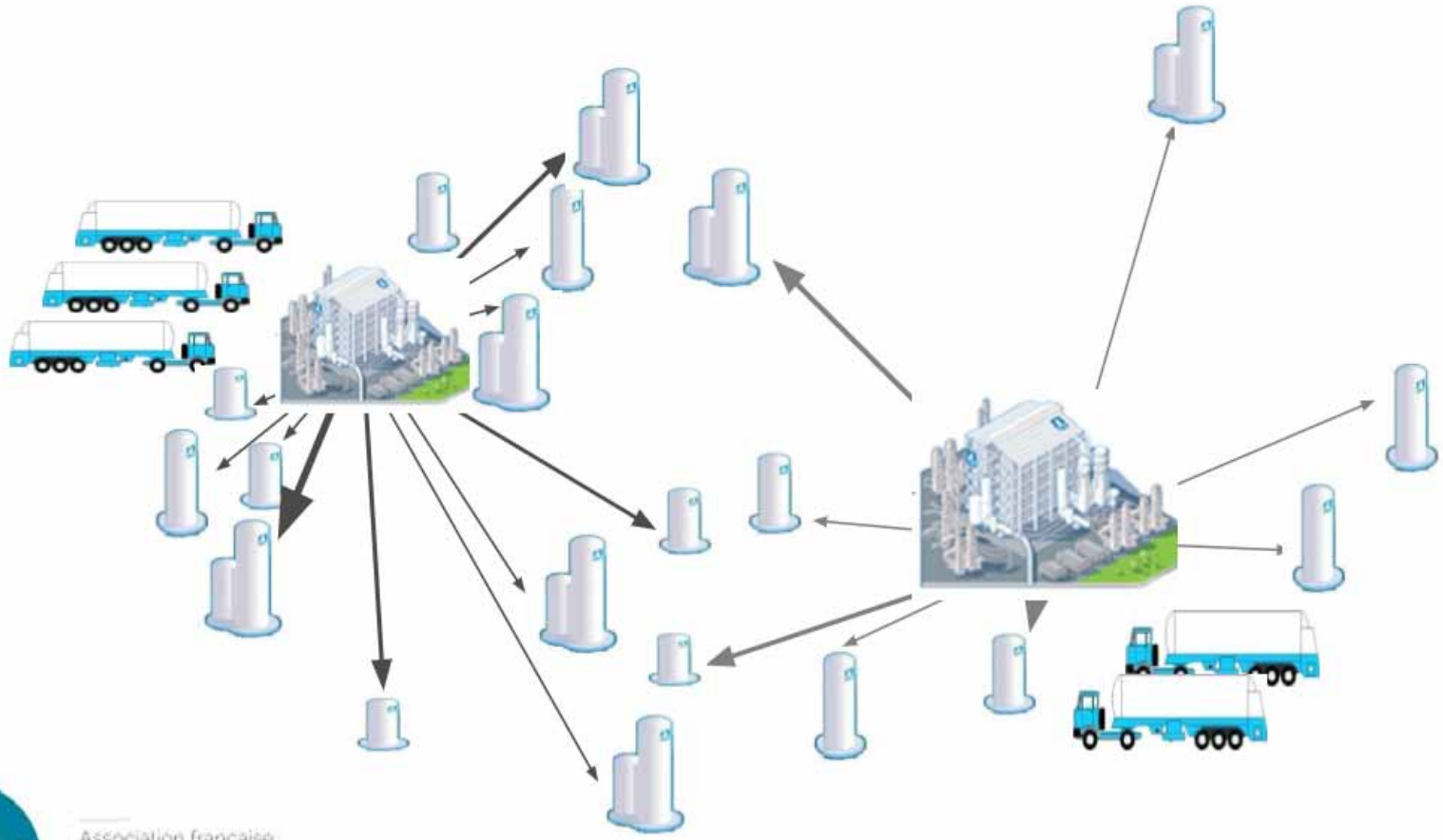
Assumptions: electrolyzers CAPEX US$450/kW, WACC 7%, 30 years lifetime, 70% efficiency

Source: Adapted from Philibert, C. (2017), REFI, Insight Papers, IEA, Paris, *Producing hydrogen from renewable energy*

JUPITER 1000 en 3D



Des gros électrolyseurs placés chez les consommateurs importants



AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible