



Filière Hydrogène France :

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

Fondation Tuck

Philippe BOUCLY, Président

Rueil Malmaison, 20 Mai 2019



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'Énergie
AKUO Energy
Compagnie Nationale du Rhône
Michelin, Faurecia
Naval Group,
Plastic Omnium,
TOTAL
TOYOTA, Hyundai
Caisse Des Dépôts , 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
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, 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
Département 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

Un changement de paradigme dans le système énergétique

Production de l'énergie

Conversion

Stockage de l'énergie

Application

Énergie Solaire



Énergie Eolienne

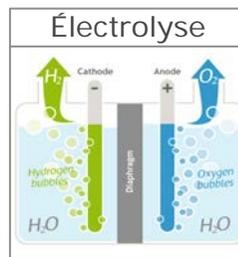


Énergie Fossile

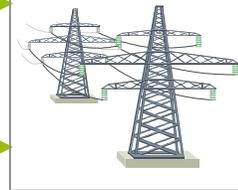


Production irrégulière

Production constante



Réseau



H₂

H₂

H₂

CO₂



Bulk H₂-Storage



Stockage de gaz réseau



Méthanation / utilisation du CO₂ / autres

Mobilité (H₂-Fuel)



Voitures à PAC

Batiments



Industrie (Usage Industriel du H₂)



Industrie

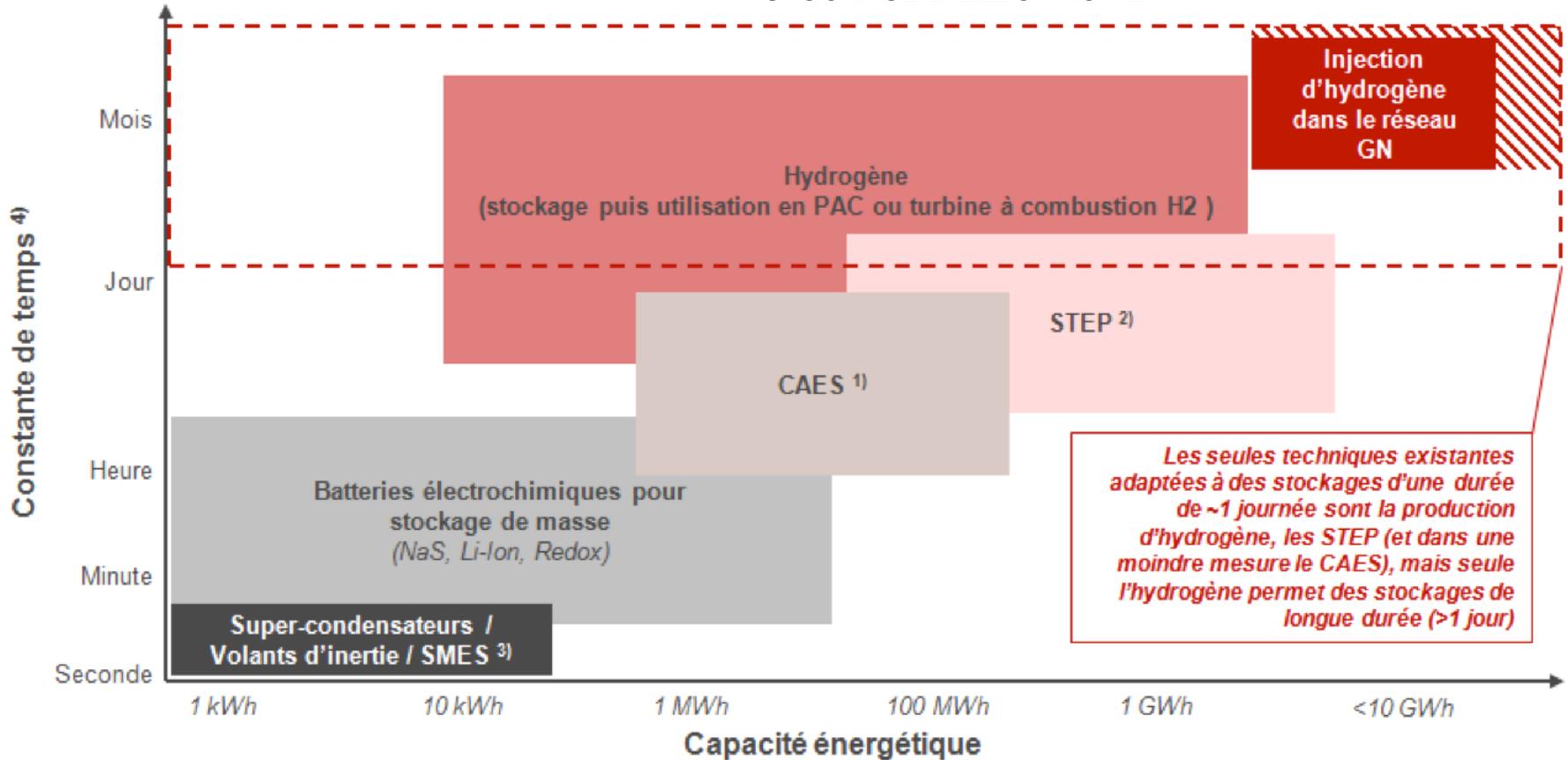


Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible



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

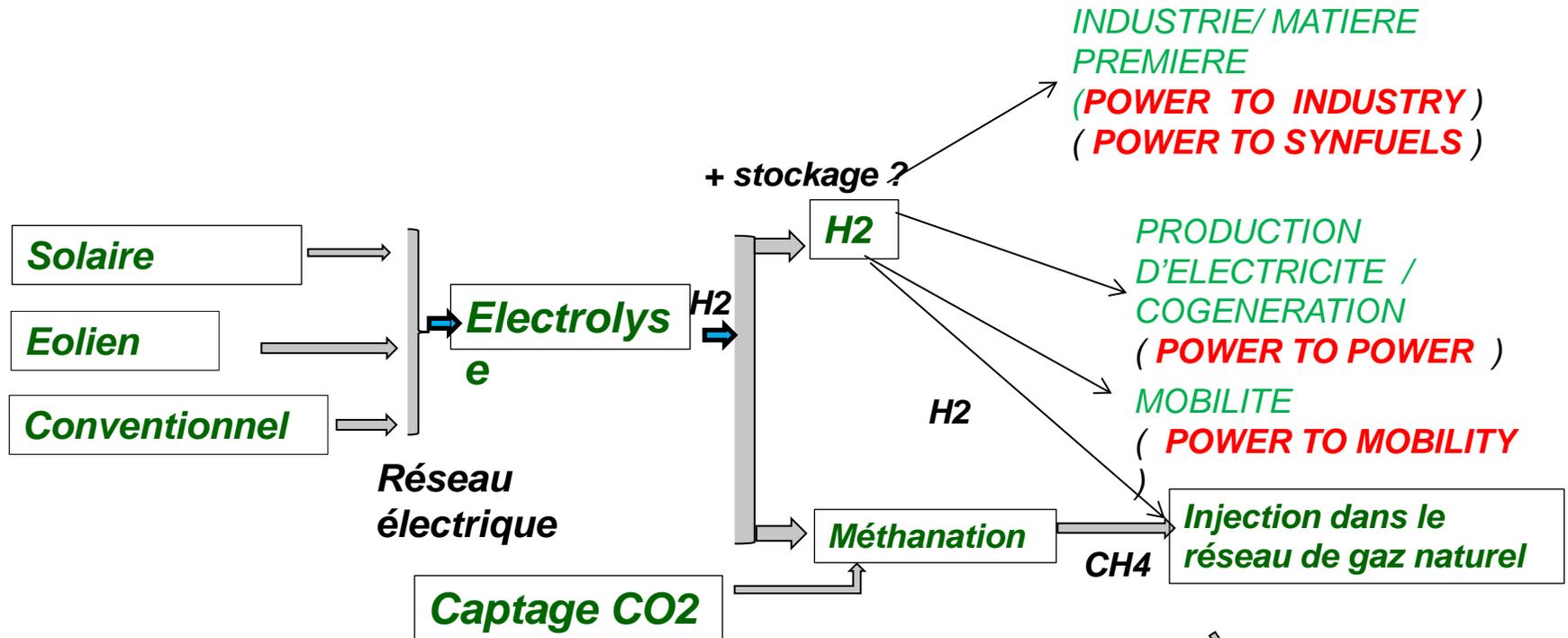
CAPACITE ENERGETIQUE ET CONSTANCE DE TEMPS DES DIFFERENTES SOLUTIONS DE STOCKAGE D'ELECTRICITE



Les seules techniques existantes adaptées à des stockages d'une durée de ~1 journée sont la production d'hydrogène, les STEP (et dans une moindre mesure le CAES), mais seule l'hydrogène permet des stockages de longue durée (>1 jour)

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 ?



Réaction de Sabatier



Usages du gaz naturel





Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

ETUDE PROSPECTIVE

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



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

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

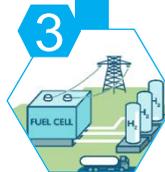
Favoriser le développement des énergies renouvelables

« 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 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

~20 %

de la demande
d'énergie finale¹

~55 Mt

de réduction
annuelle des
émissions de CO₂²

~40 Md€

de chiffre d'affaires
annuel
(hydrogène et
équipements)

~15 %

de réduction des
émissions locales
(CO, NO_x,
particules)

~150 000

emplois (secteurs de
l'hydrogène et des
équipements et
industries
amont)³

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



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



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible



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



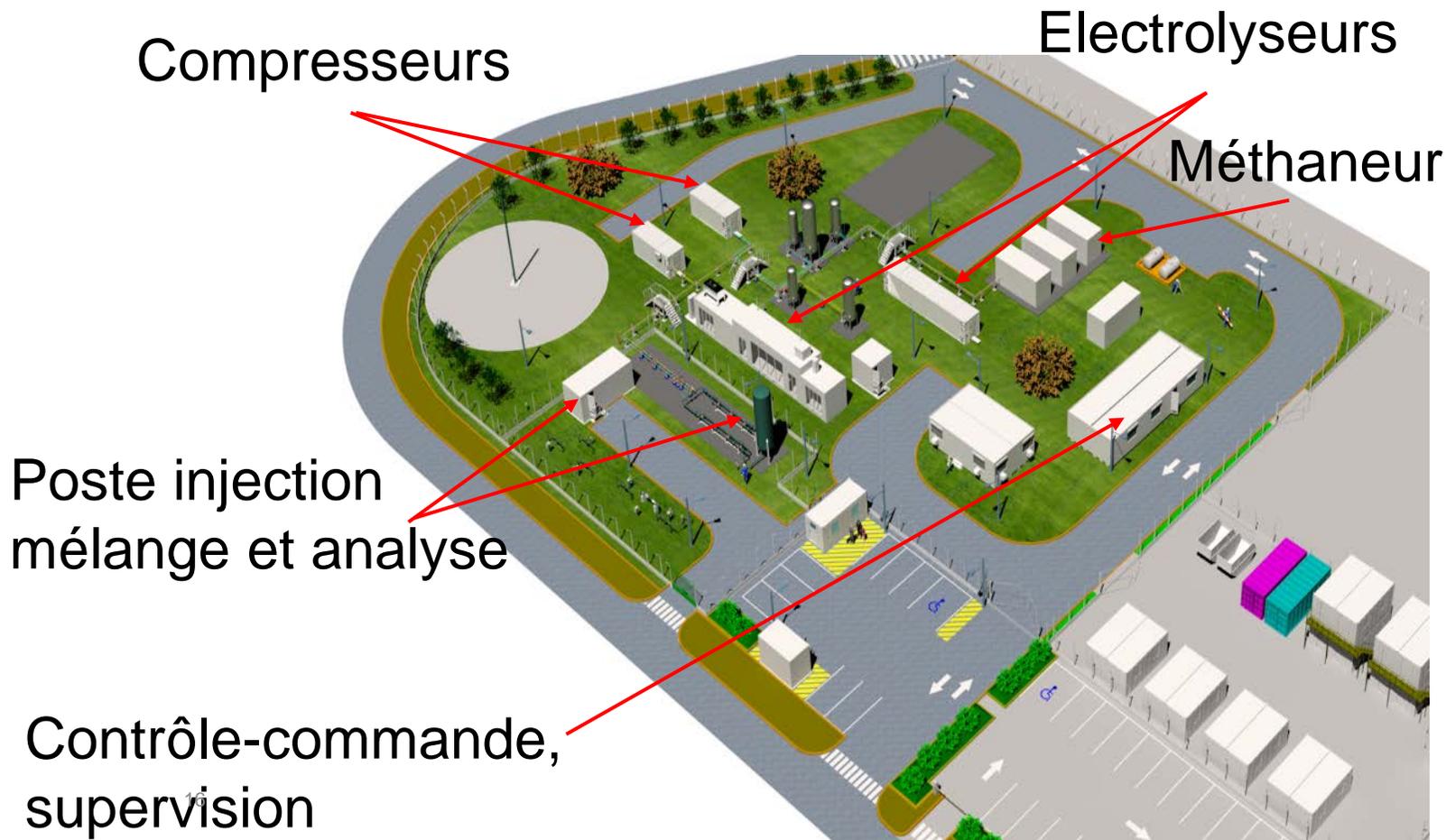


Développer des capacités de stockage des EnR





JUPITER 1000 en 3D



Compresseurs

Electrolyseurs

Méthaneur

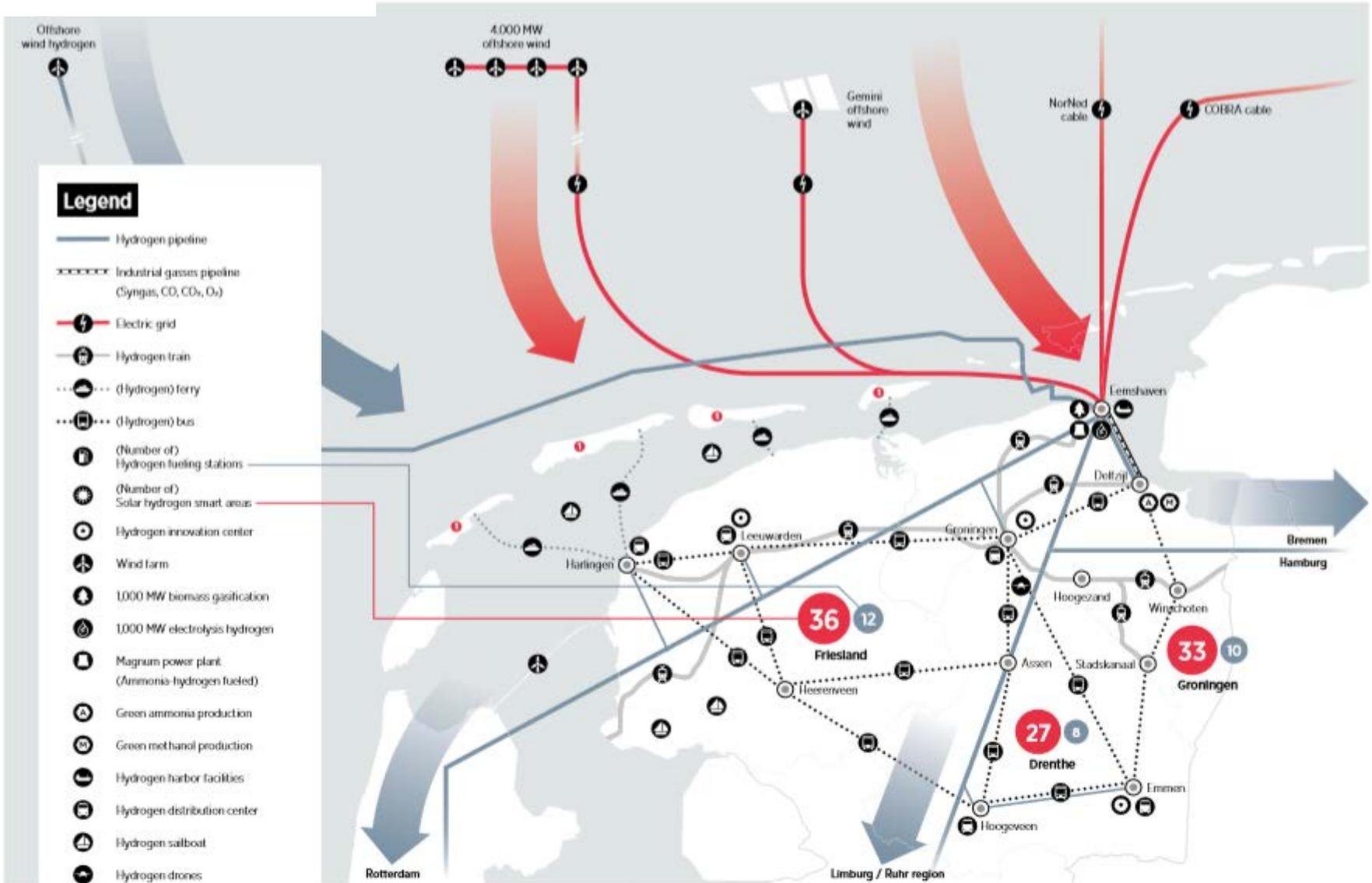
Poste injection
mélange et analyse

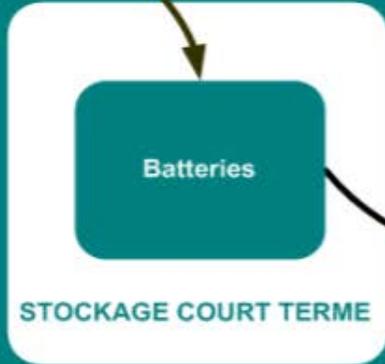
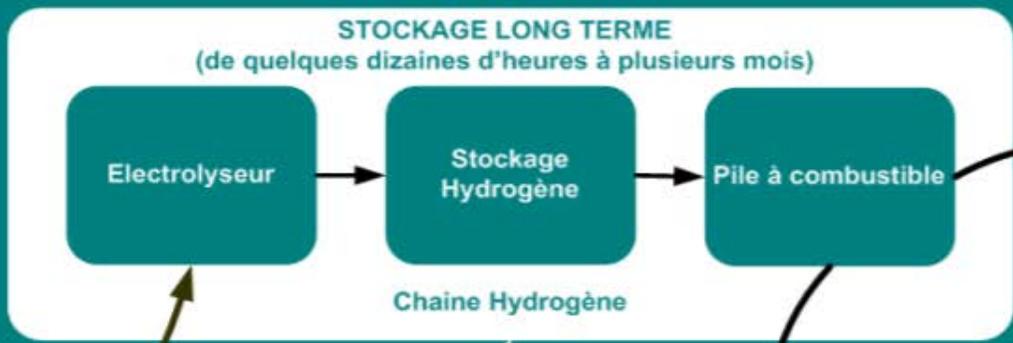
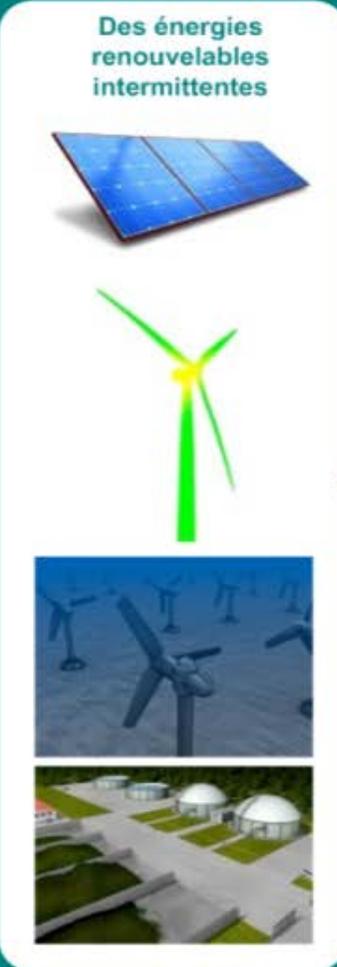
Contrôle-commande,
supervision



Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

The Northern Netherlands project





Valorisation possible de la chaleur produite pour faire du chaud ou du froid



Villages, hameaux, sites touristiques, ... isolés ou désirant être autonomes



Prise en compte des besoins et des usages

Restitution d'électricité

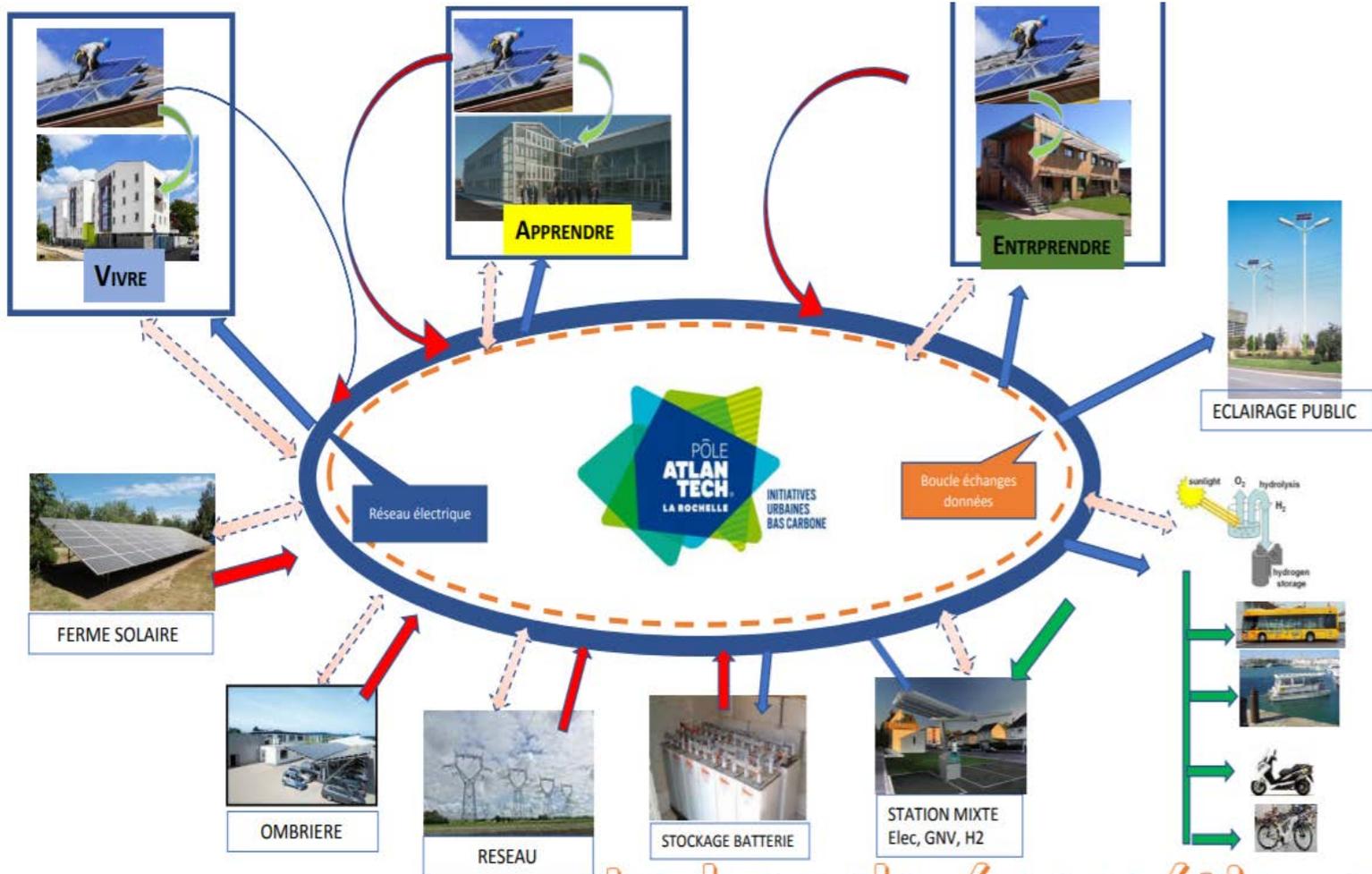


Réseau électrique local



Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

ATLANTECH – La Rochelle (27 ha)



Communauté
d'Agglomération de
La Rochelle

ENGIE

FROM BUSINESS TO INNOVATION
cea tech

NEXEYA

HP
Systems

Sylfen

tipee
Technology & Innovation Platform
for Universities & Research

UNIVERSITE
La Rochelle



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

La boucle énergétique

Technoparc (Angoulême) – 1500 m²

Autonomie de 95% à 98%
suivant les scénarios de
pré dimensionnement

Des énergies renouvelables intermittentes



Panneaux photovoltaïques

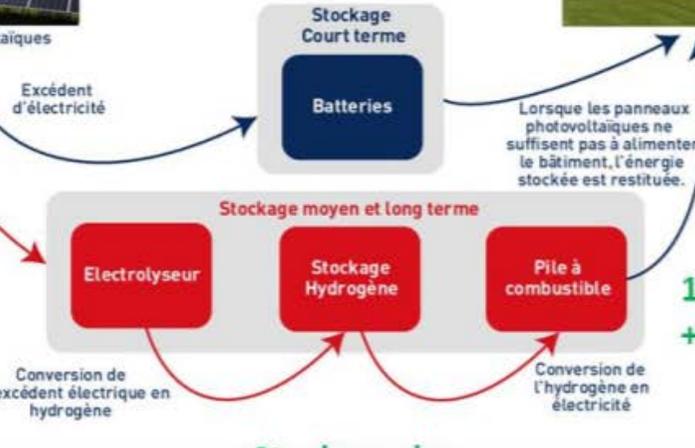
Consommation directe
par le bâtiment

Bâtiment Technoparc à proximité de la pépinière



Contrôle commande
et supervision
centralisé du
système

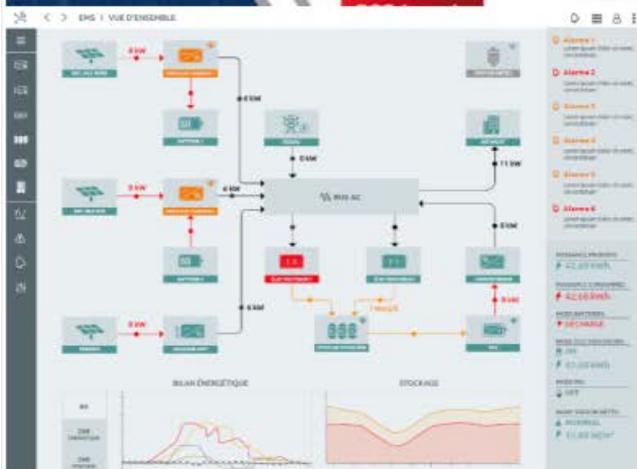
NEXEYA
LETTRE NOUVEAUX TALENTS



10kWc élec.
+ chaleur

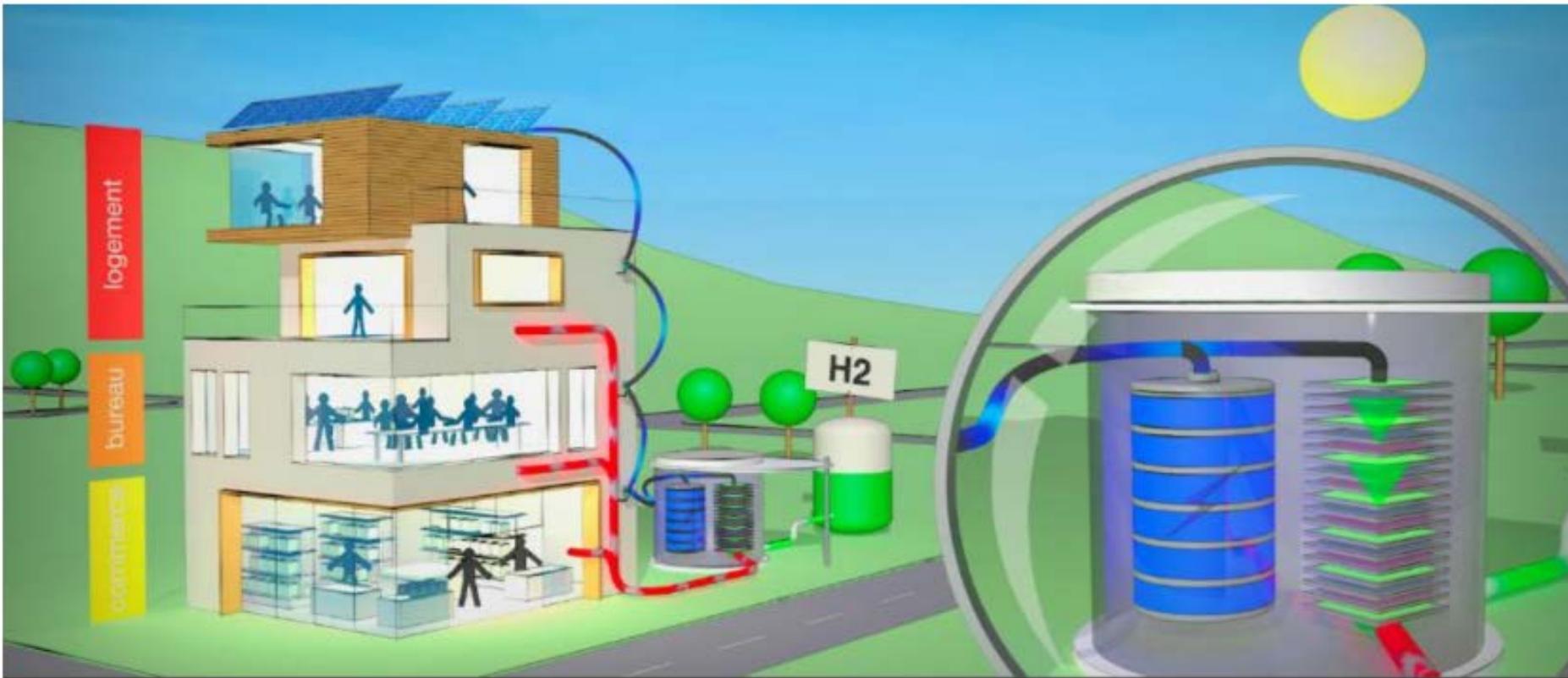
2Nm³/h

Stockage de
36kg d'H₂ soit
550 kWh
électrique



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

SMART ENERGY HUB de Sylfen

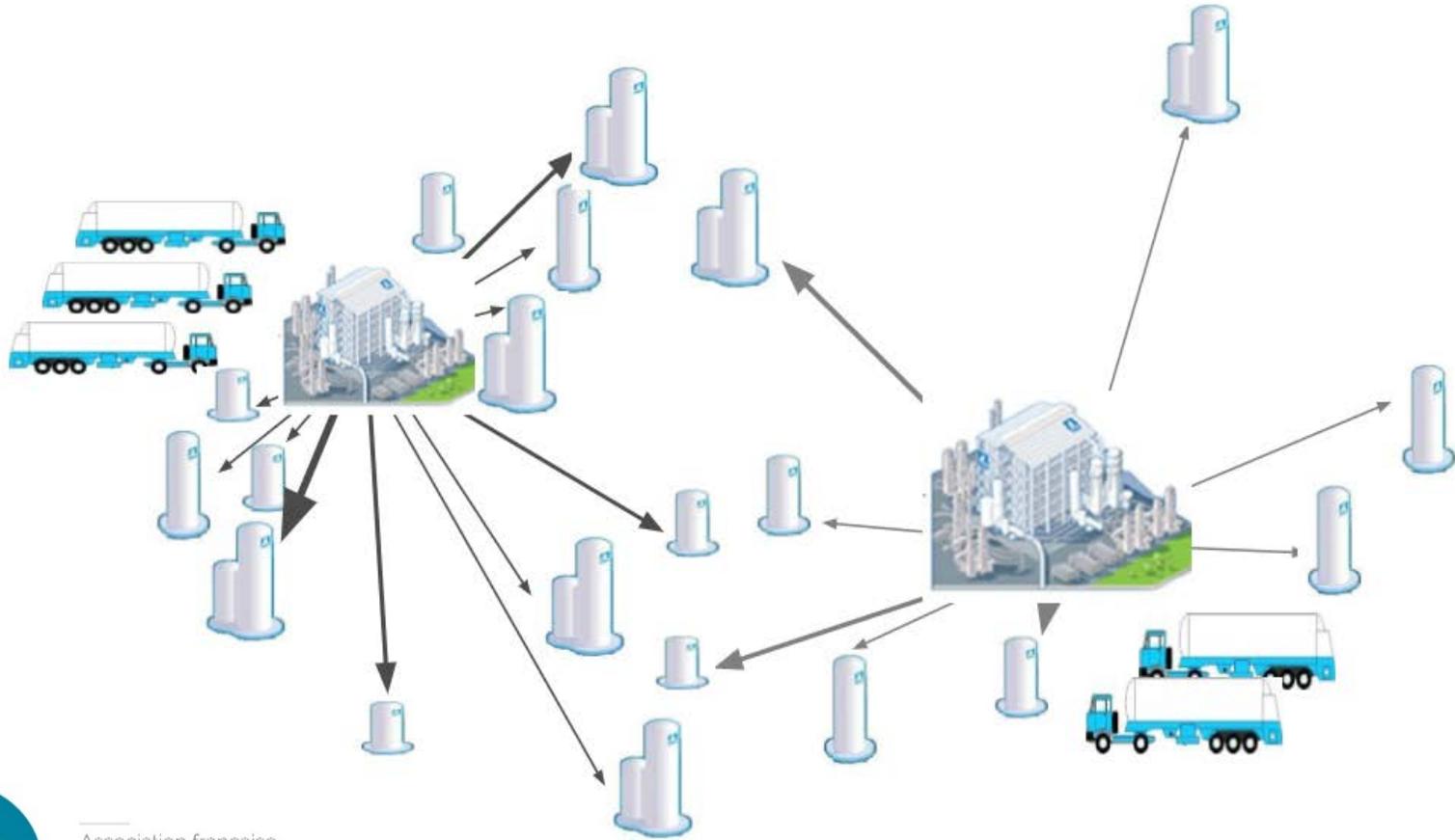


Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Des écosystèmes territoriaux



Des gros électrolyseurs placés chez les consommateurs importants

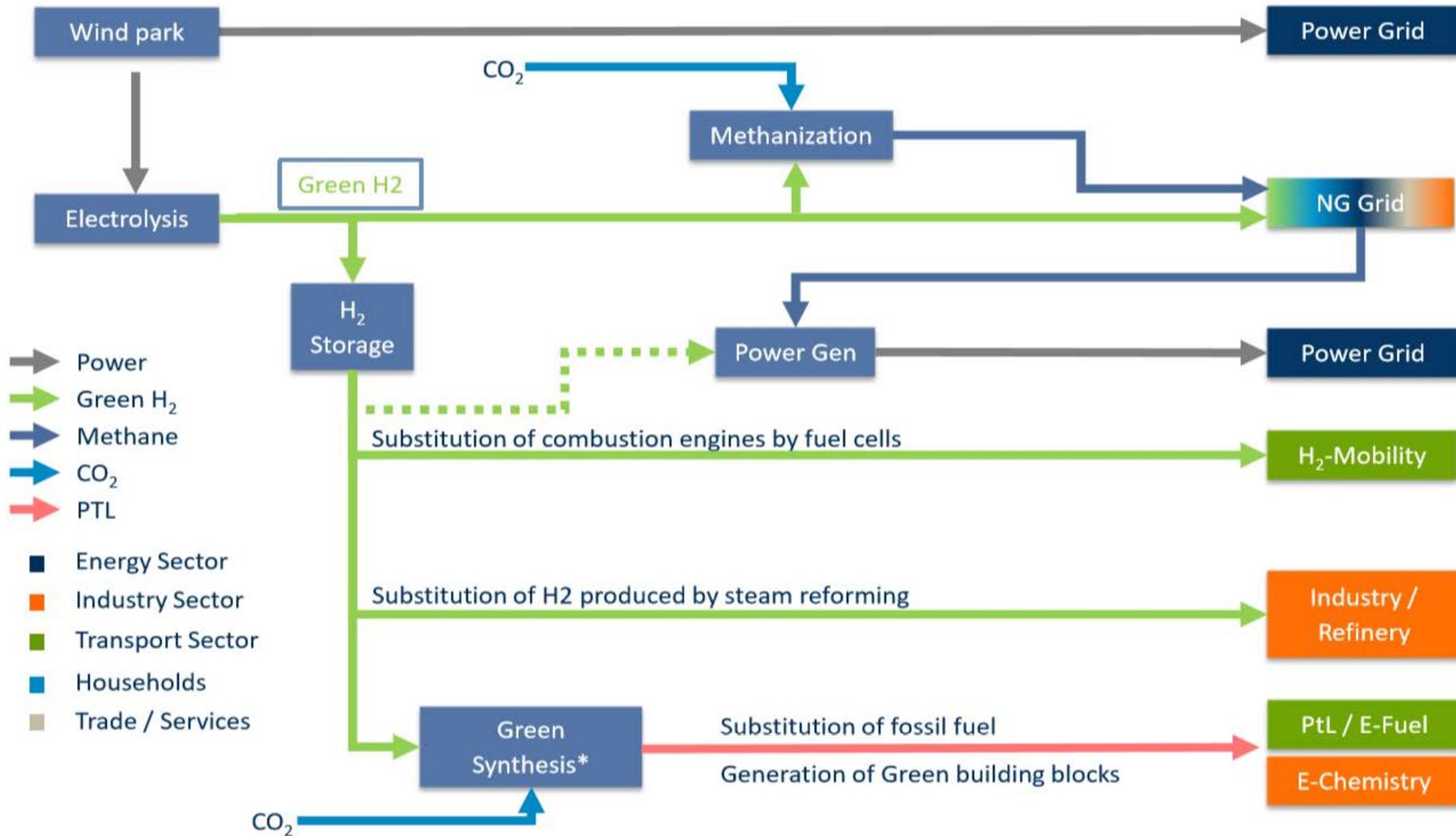


Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible



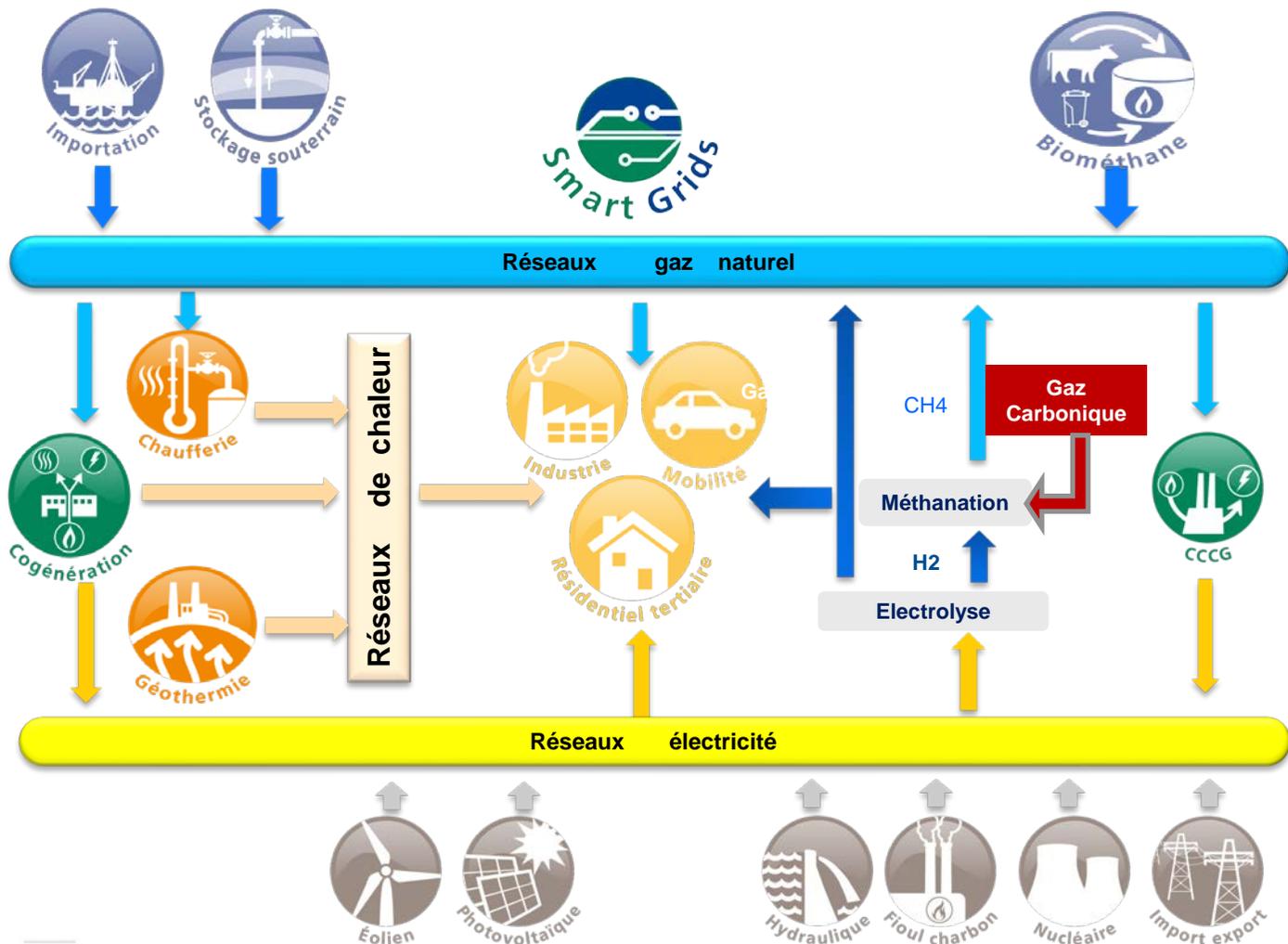
Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

L'hydrogène des possibles



*e.g. Fischer-Tropsch, Methanol-Synthesis, DME-Synthesis

Sector coupling



Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Merci pour votre attention



Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

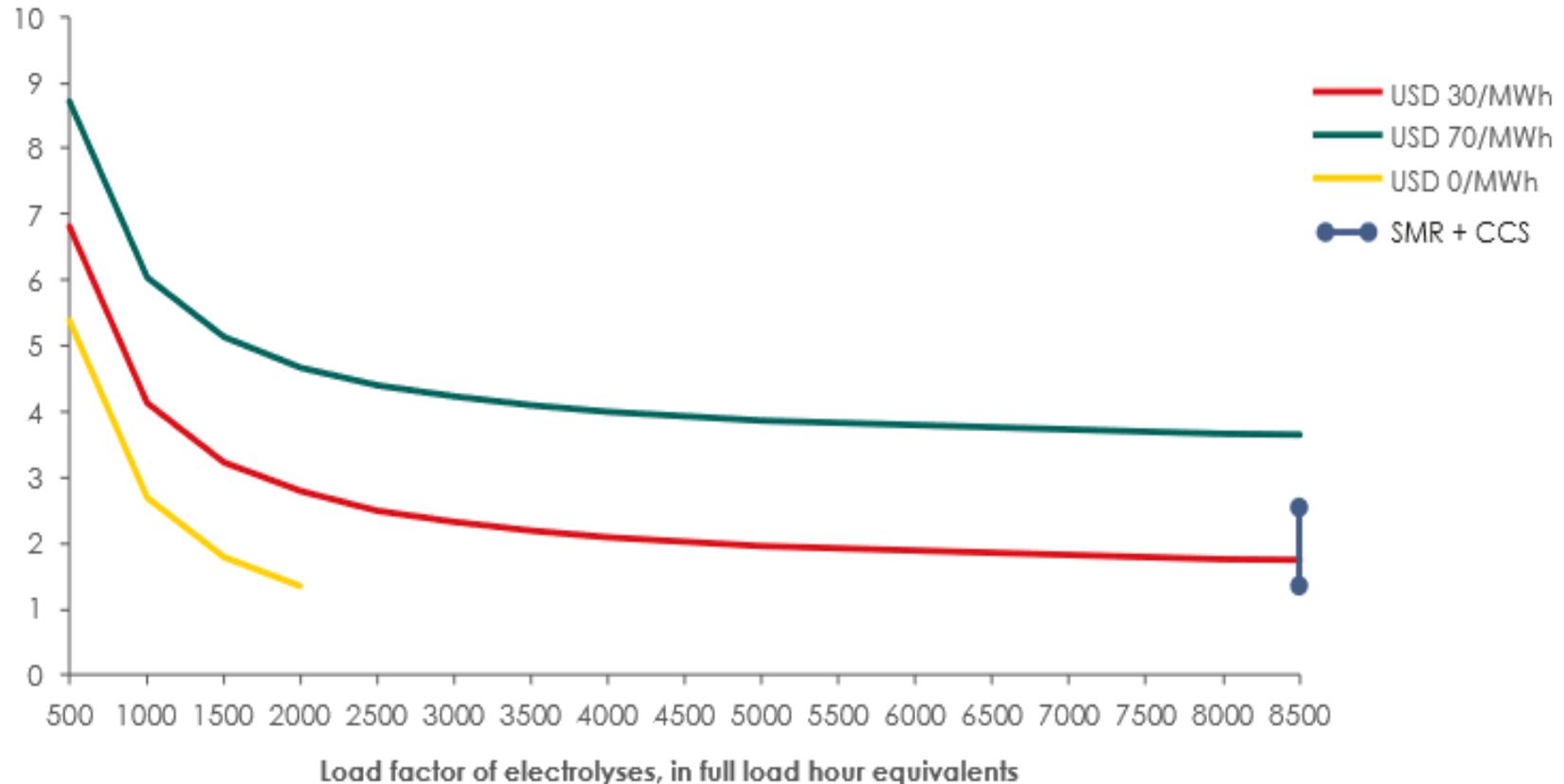


Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

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

Hydrogen production cost depending on cost of electricity and load factor

US\$ per kg of hydrogen



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



Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

Une logistique difficile



Pressurized H2



Metal hydrides

