AFHYPAC

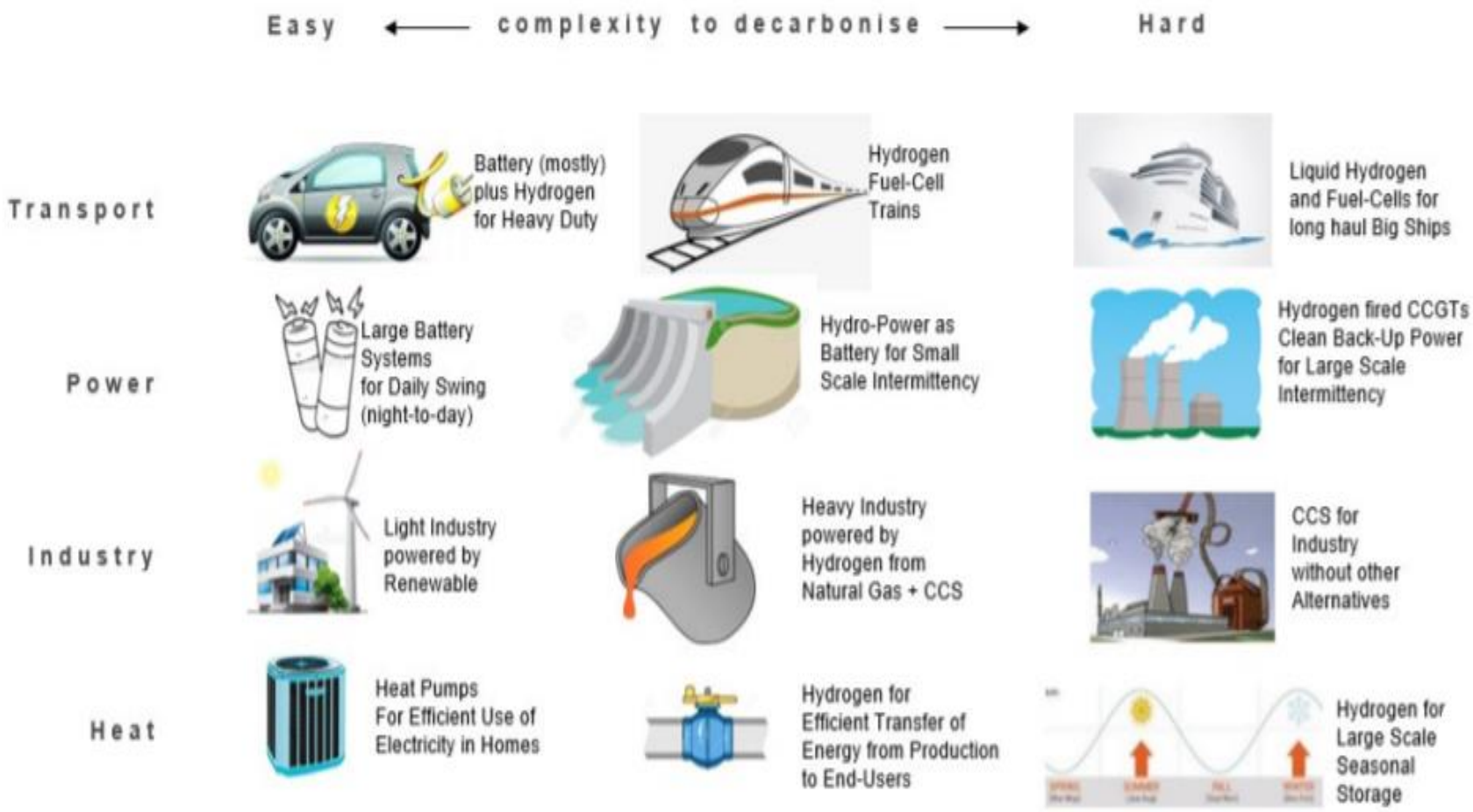
Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

A l'aube d'une ère nouvelle

18eme Forum de Nice
2 Décembre 2020

Philippe BOUCLY, Président

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

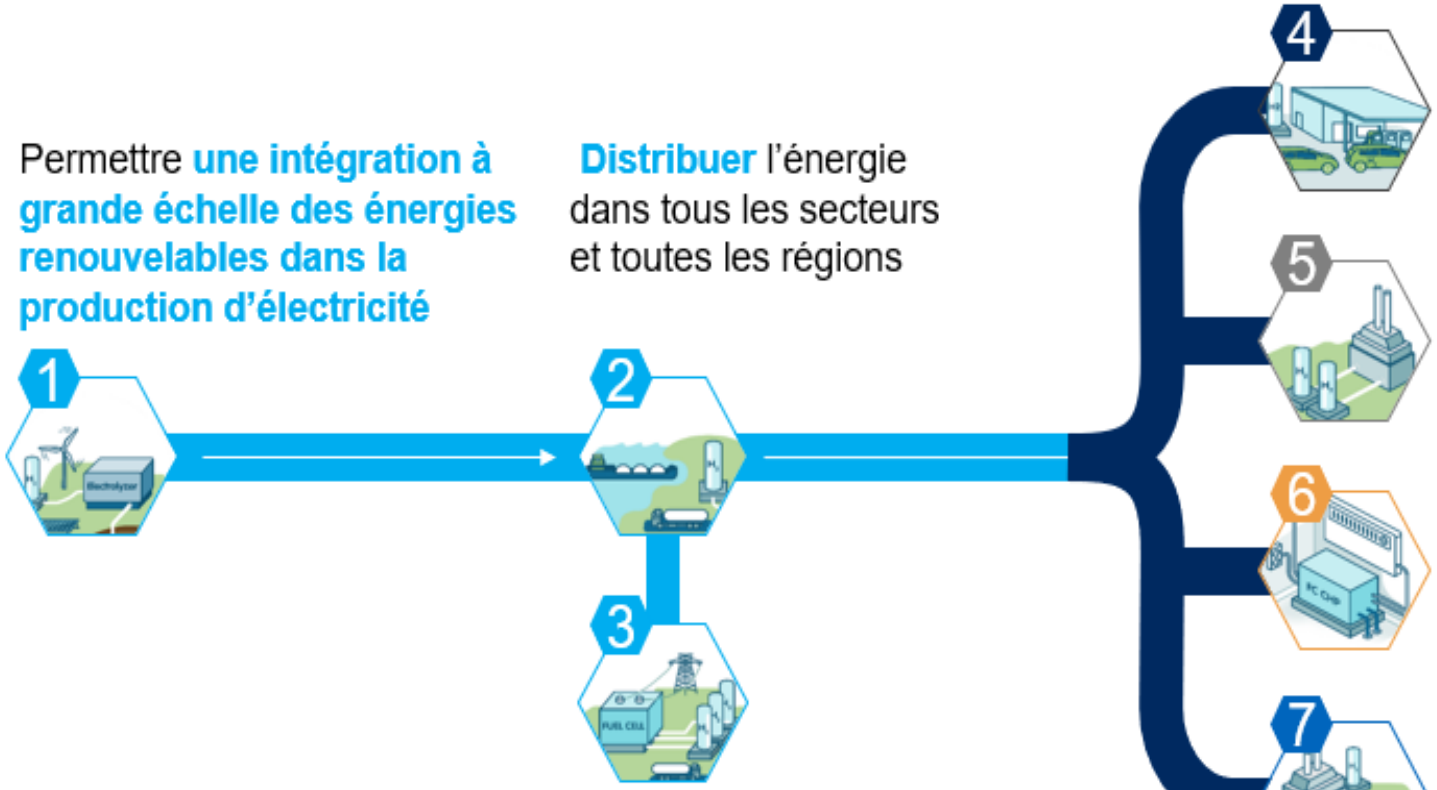


L'hydrogène va jouer un rôle majeur dans la transition énergétique

Favoriser le développement des énergies renouvelables → **« Décarboner » les usages énergétiques finaux**

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

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



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**

En 2030

- **En matière de mobilité , c'est un parc de**
  - **300 000** VUL et taxis (Chiffres PFA)
  - **5 000** Poids Lourds
  - **250** trains
  - **1000** bateaux

  Soit une consommation de **342 500 tonnes** d'hydrogène
- **Dans l'industrie, décarbonation par la production de 337 500 tonnes**

- Au total, production de **680 000 tonnes** d'hydrogène renouvelable ou bas carbone

  Produit par **7 GW** d'électrolyseurs (550 000 t) et par des unités de CCUS (pour 130 000 t)

- La réalisation de ces objectifs exige sur la période 2020 – 2030 un investissement total de **23,6 Milliards d'Euros**
  - **780 M€** en R&D
  - **8,85 milliards d'Euros** de la part des industriels et porteurs de projets
  - **14 Milliards d'€** pour l'achat des véhicules
- Le soutien attendu de l'Etat est de **6,75 milliards d'Euros** et une subvention à la production d'hydrogène de **3,6 G€** sur la période 2020-2030

Au final, c'est **21 M tCO2** qui seraient évitées sur la période 2020-2030

Stratégie hydrogène française (8 Septembre 2020)

- **Un plan ambitieux et cohérent articulé autour de 3 grands axes**

- **Axe 1 : Accélérer l'investissement pour une industrie de l'hydrogène décarbonée et compétitive**

➢ Objectif : décarboner l'industrie grâce à l'émergence d'une filière française de l'électrolyse

- **Axe 2 : Développer les mobilités professionnelles**

➢ VUL, poids lourds, bus, BOM, trains, navires, avions - 2 AAP lancés par l'ADEME en octobre

- **Axe 3 : Développer la R&D&I**

➢ Mise en place d'un programme prioritaire de recherche « Applications de l'hydrogène » via l'ANR et

Campus des métiers et des qualifications dédiées à l'hydrogène

✓ Au total : **7,2Md €** d'ici 2030 (dont **3,4** sur la période 2020-2023)

✓ Cette stratégie se donne pour objectif de générer entre **50 000** et **150 000** emplois directs et indirects

✓ Coopération avec les partenaires européens notamment pour la constitution d'un **IPCEI**

UN PROGRAMME PRIORITAIRE DE RECHERCHE (PPR)

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

a priority research programme on Hydrogen

work in progress with CNRS and CEA

1. Axis 1 Hydrogen production by electrolysis

a. Towards a sustainable and high performance high temperature electrolysis system.
b. - Towards a flexible, pressurized, low temperature electrolysis system (proton and anion membrane), system without critical metals

2. Axis 2 hydrogen storage

a. - Cryogenic liquid storage: towards an improvement in its energy efficiency.
b. - Massive storage of hydrogen in liquid media (LOHC, ammonia): towards new storage vectors with high efficiency and increased safety.
c. - Storage in natural or dedicated gas networks: towards a massification of hydrogen storage.
d. - Reversible storage in solid materials: towards research and optimization of breakthrough materials to combine safety, efficiency and flexibility of use.
e. - Type IV or V hyperbaric storage: towards durability and compatibility with high-volume filling with higher kinetics for intensive use transport applications.

3. Axis 3 Hydrogen conversion

a. PEM fuel cell systems
b. SOFC systems
c. Up to combustion in hydrogen turbines

4. Axis 4 Accompagnying the deployment of hydrogen systems

a. Life cycle analysis
b. Socio-economic studies
c. Regulatory tools
d. Safety

Une dynamique européenne très forte : Stratégie de l'UE (8 Juillet 2020)

➢ **Feuille de route jusqu'en 2030 :**

❑ **Phase 1** (2020-2024) :

6 GW électrolyse – **1Mt H2**

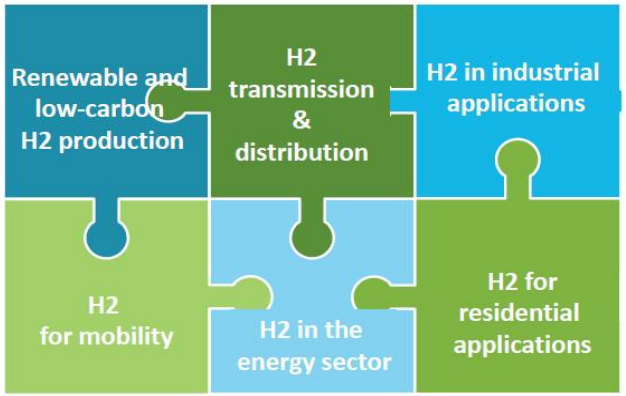
❑ **Phase 2** (2025-2030) :

2 x 40 GW installés – **10 Mt H2** –

Cadre et Outils

- ❑ Plan de relance européen (**Next GenerationEU**) et **Green Deal**
- ❑ **Politique industrielle**
- ❑ **Clean Hydrogen Alliance** : accélérer les projets concrets et lever les freins et verrous
- ❑ **ICPEI** : plusieurs Etats membres ont déjà manifesté leur intérêt – La France et l'Allemagne souhaitent une décision avant fin 2020.

La Clean Hydrogen Alliance



6 CEO Roundtables

European Clean Hydrogen Alliance

High level progress meeting

European Hydrogen Forum

Hydrogen Europe

Germany		€7bn (+ €2bn external partnerships)
Spain		€8.9bn
France		€7.2bn
Portugal		€1bn
Italy		€4bn
Austria		€2bn

La démarche IPCEI (En cours d'élaboration)

- **De « chaine de valeur stratégique européenne » à l'élaboration d'un IPCEI**

  - IPCEI : mécanisme européen de soutien à la R&D&I pour favoriser des projets d'intérêt transnational dans des domaines stratégiques

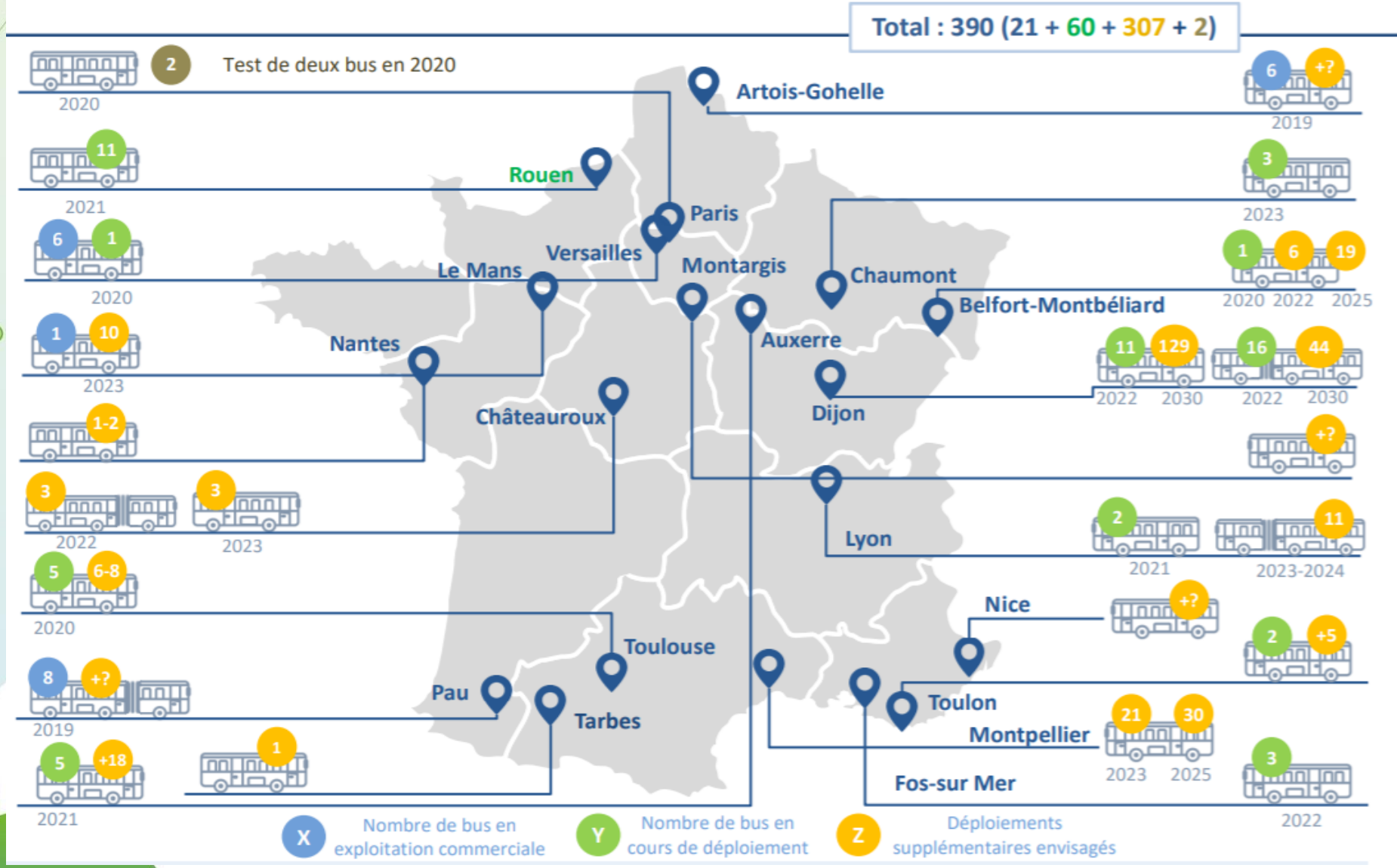
  - Autorise les pouvoirs publics nationaux à soutenir les participants au-delà du stade de la recherche, en finançant également les premiers déploiements industriels
  - France et Allemagne souhaitent un IPCEI (CP du 13 Octobre)

- **Axes retenus par la France pour un IPCEI**
  - Gigafactory d'électrolyseurs
  - Composants clés pour la mobilité hydrogène
  - Décarbonation d'unités industrielles

Réserve PIA4 : **1,5 Mds€**

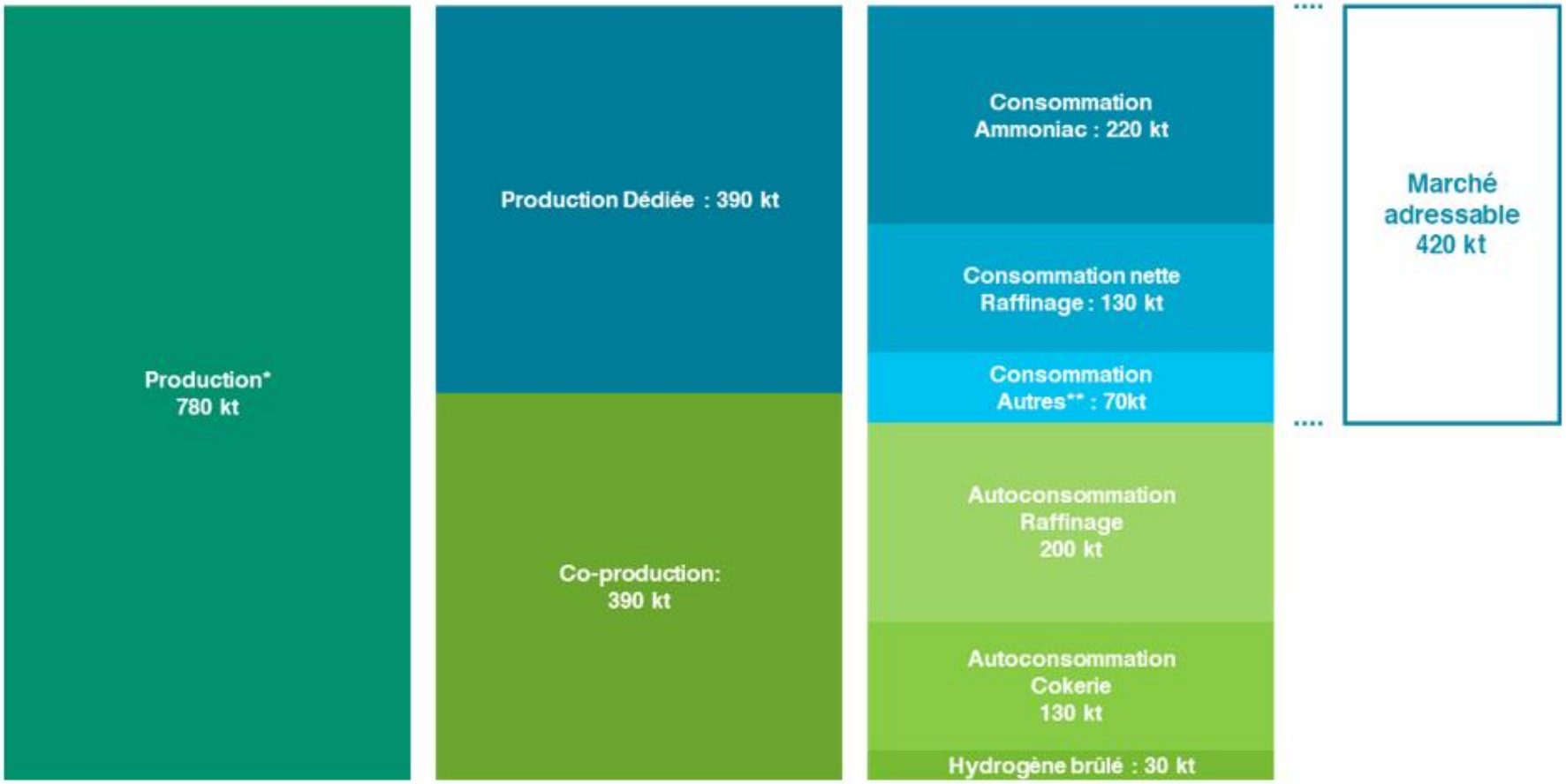
L'hydrogène au service d'une mobilité décarbonée

PLAN 1000 BUS (2024)



Soutiens à l'AMI 1000 Bus
2 Régions, 21 Collectivités, 3 constructeurs, 2 opérateurs, 4 acteurs de la filière

Estimation de la demande actuelle en France

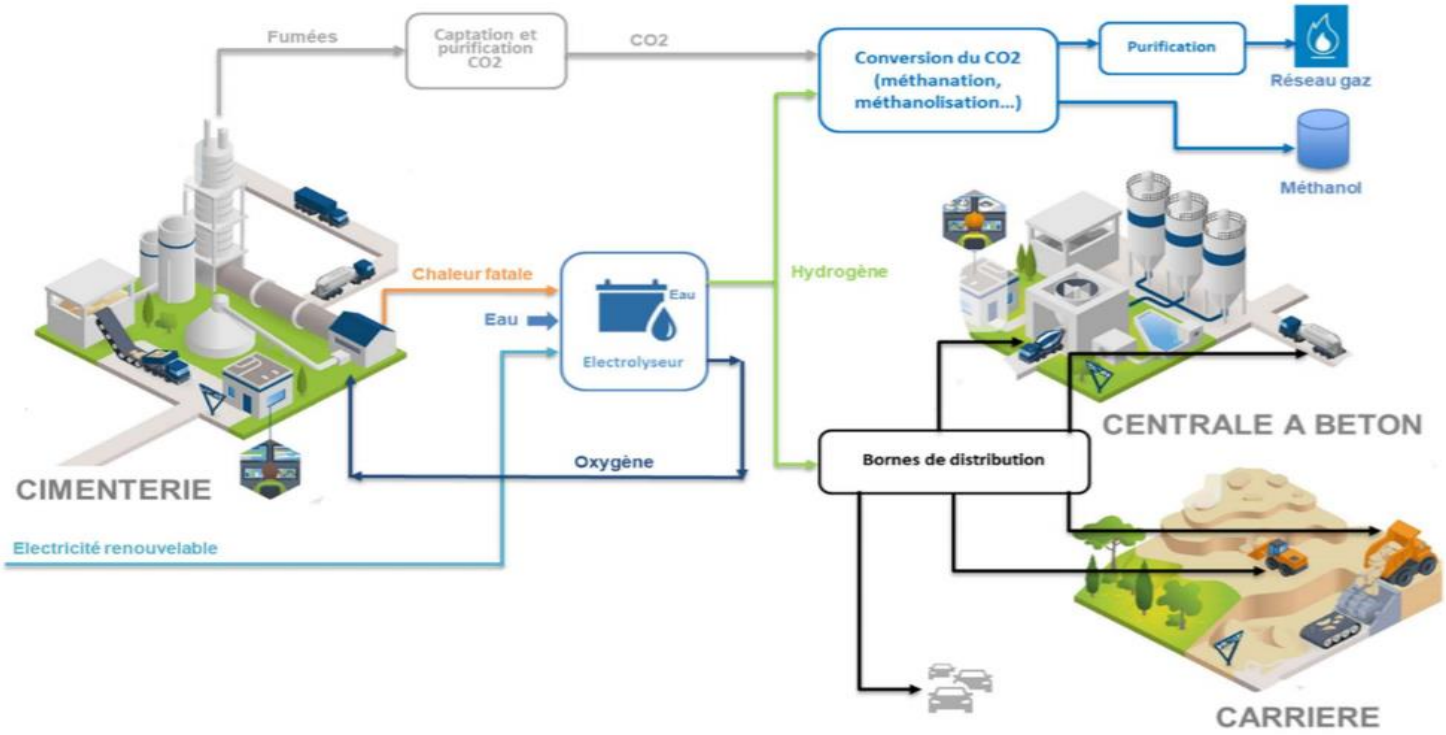


*Sources : HINICIO & EY, 2020 I *Production : H_2 issu de procédés générant de l'H_2 pur ou en mélange avec d'autres gaz*
***Dont HMD : 40 kt, Traitement de surface du métal : 10 kt, Peroxyde d'H_2: 7kt*

Un potentiel de développement important

➢ Leviers

- ❑ Transposition de la directive sur les énergies renouvelables (**RED II**), qui donne un signal fort pour les raffineries
- ❑ **Mécanisme de soutien** à la production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour remplacer la consommation d'hydrogène issu de fossiles
- ❑ Mesures incitatives et règlementaires autour du **véhicule électrique** et aide à l'achat de véhicule H2
- ❑ **Infrastructure de recharge** suffisamment dense



Enjeux pour la Filière Française

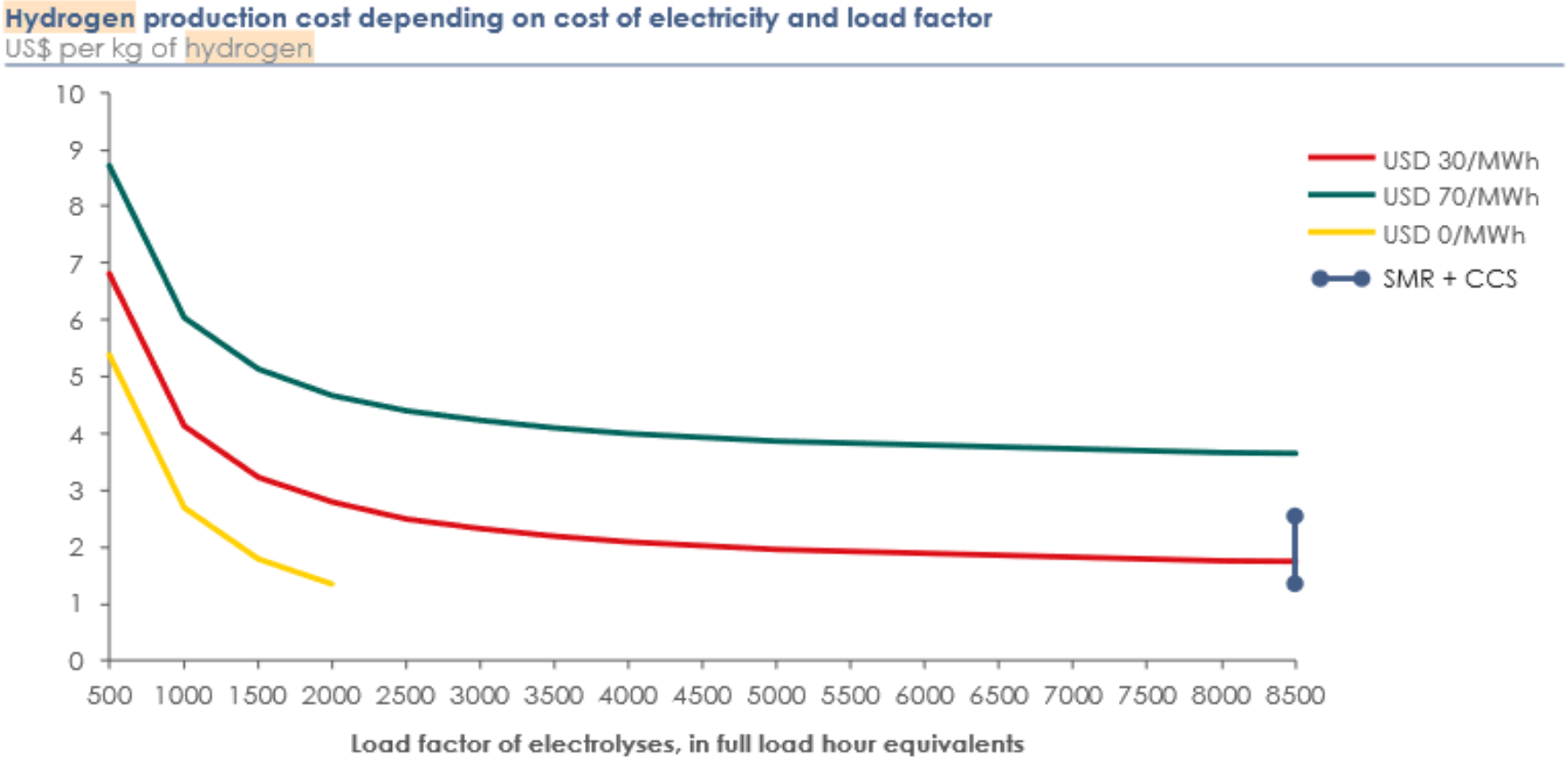
- Promouvoir la **neutralité technologique**
- Proposer une vision de l'hydrogène dans les systèmes énergétiques (Disponibilité de l'hydrogène renouvelable ?)
- **Changer d'échelle** : contribuer à l'émergence d'écosystèmes structurants et développer l'offre industrielle.
- Développer les usages : poursuivre les travaux avec les filières avales.
- Participer à la **réindustrialisation** : maximiser le contenu local et renforcer les maillons de la chaine de valeur.
- Développer les compétences et la formation

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

55 kWh →1kg H2 Elec à 30 €/MWh → **1,65** €/kg

Electrolyseur à 700 €/kW – 4 000 heures - Taux = 5% - 20 ans – Opex=2% → **0,95** €/kg

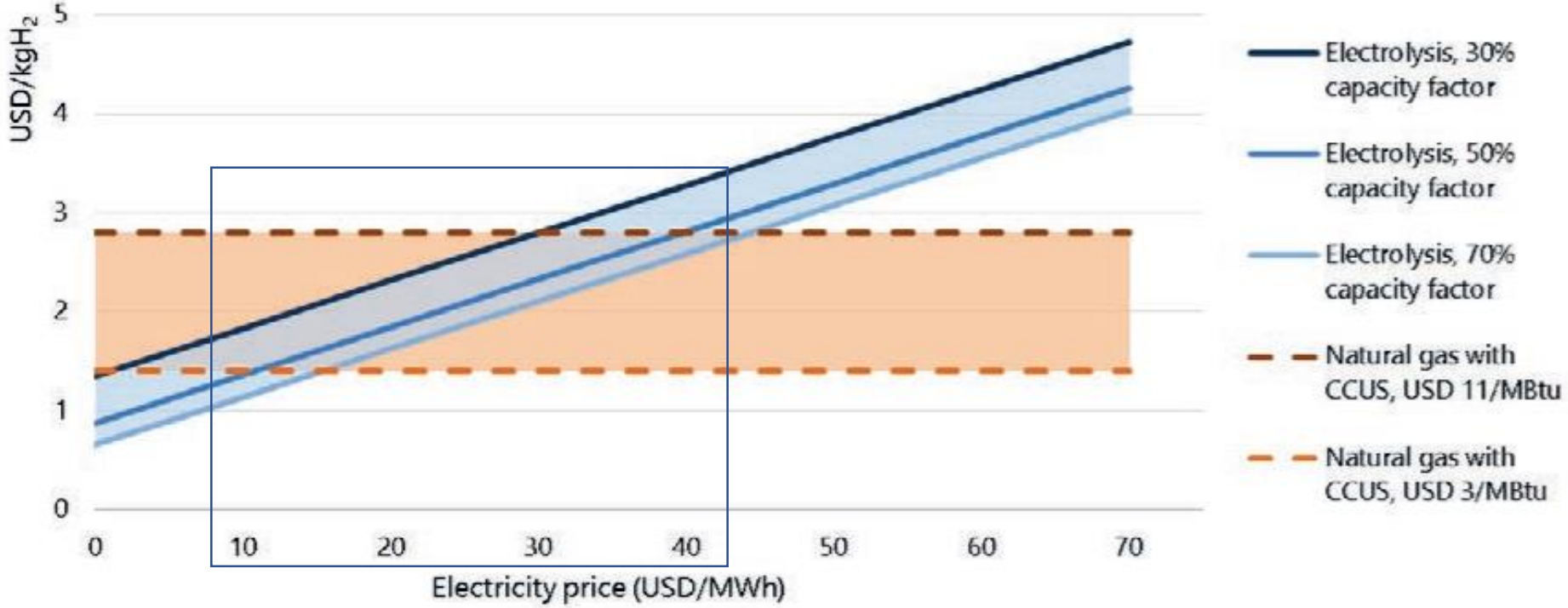
COUT TOTAL = **2,60** €/kg



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*

Deux paramètres clefs pour la compétitivité des électrolyseurs : le prix de l'électricité et le facteur de charge



Notes: More information on the underlying assumptions is available at www.iea.org/hydrogen2019.

Source: IEA 2019. All rights reserved.

Pour un prix du gaz naturel variant entre 10 et 35 €/MWh (yc CCUS), il faut un prix de l'électricité compris entre 10 et 40 €/MWh (rendu électrolyseur) sur 4000 heures pour que l'hydrogène produit soit compétitif (Électrolyseur : 700 €/kW)

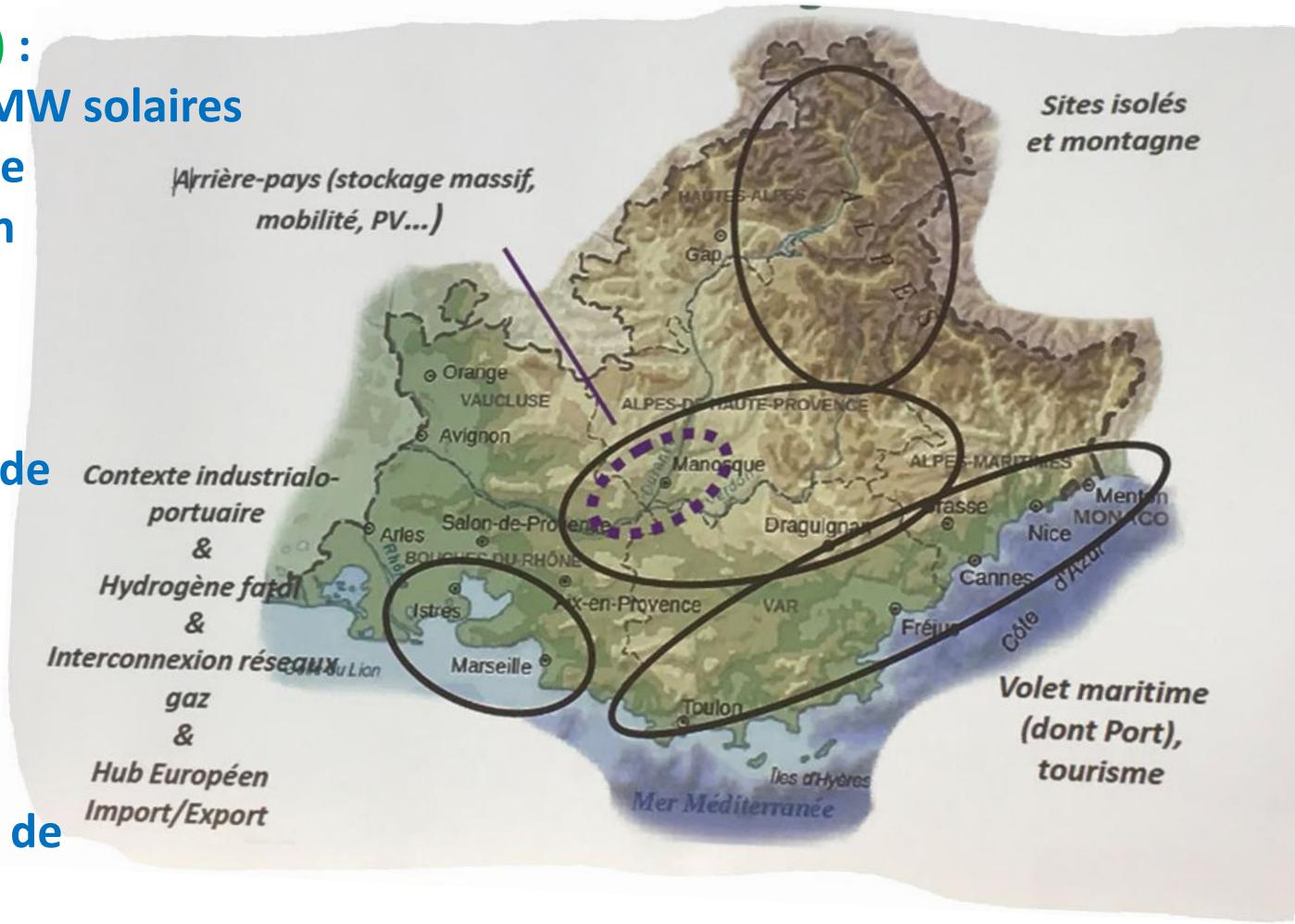
Des écosystèmes territoriaux

Des écosystèmes territoriaux
Projet HyGreen

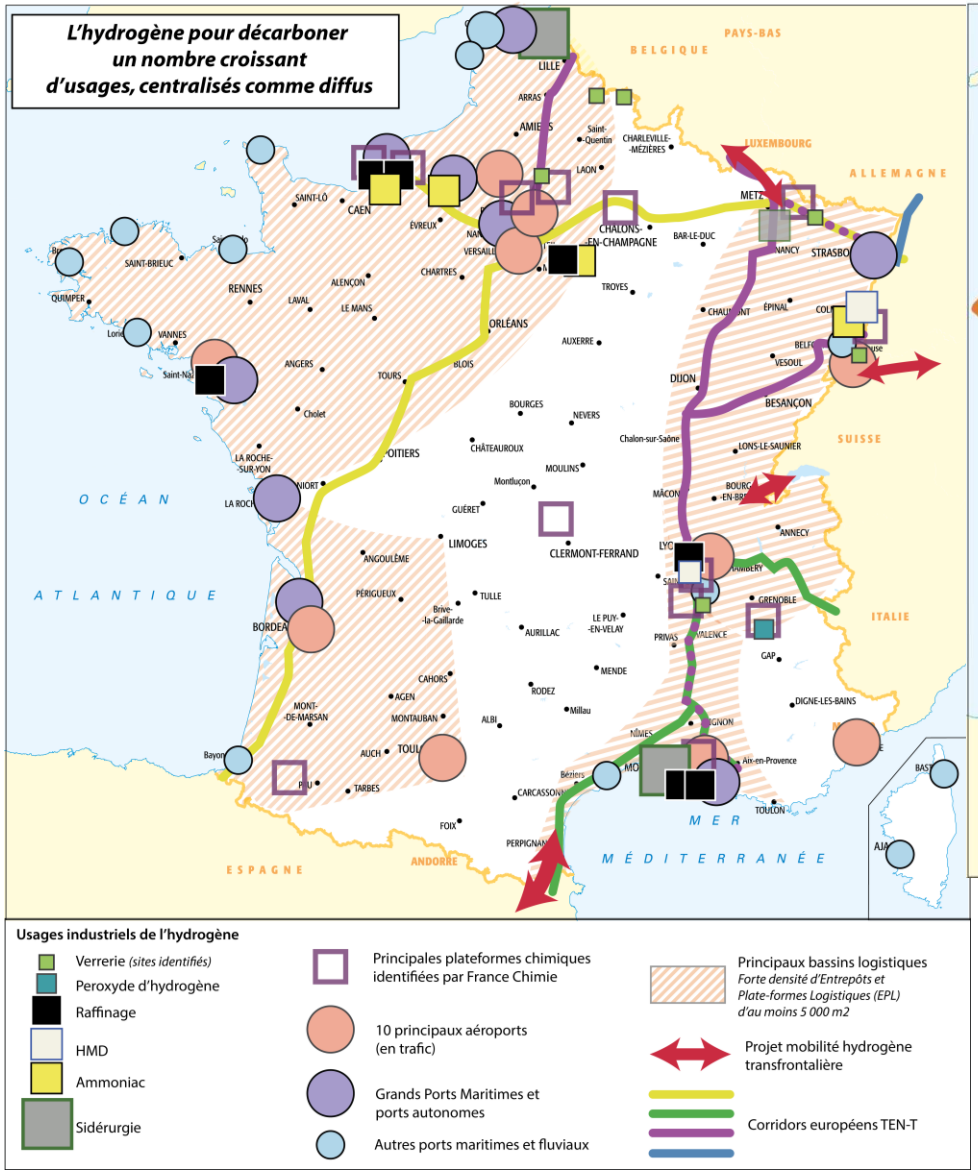
Phase 1 (2021-2023) :
l'installation de 120 MW solaires
Production (12MW)de
280 tonnes H2 par an

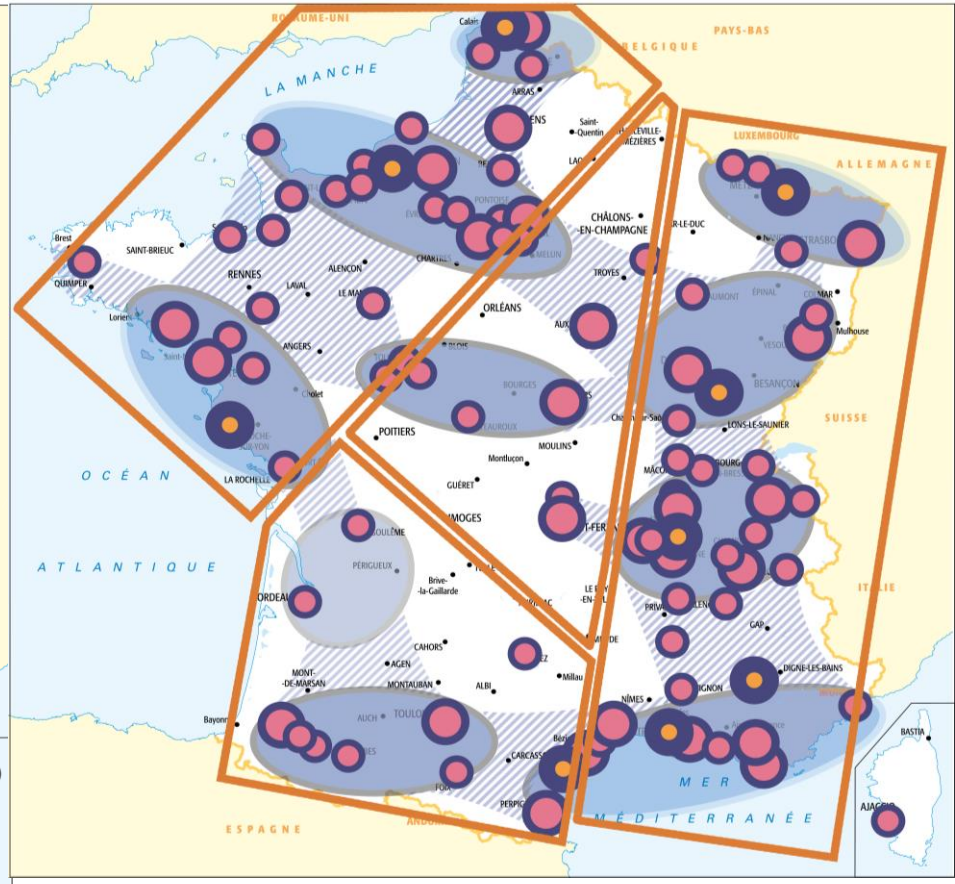
Phase 2 (2026) :
440 MW solaires
Production (150MW)de
3 000 tonnes H2
par an

Phase 3 (2030) :
900 MW solaires
Production(435MW) de
10 500 tonnes H2
par an.



Le déploiement de l'hydrogène en France à 2030

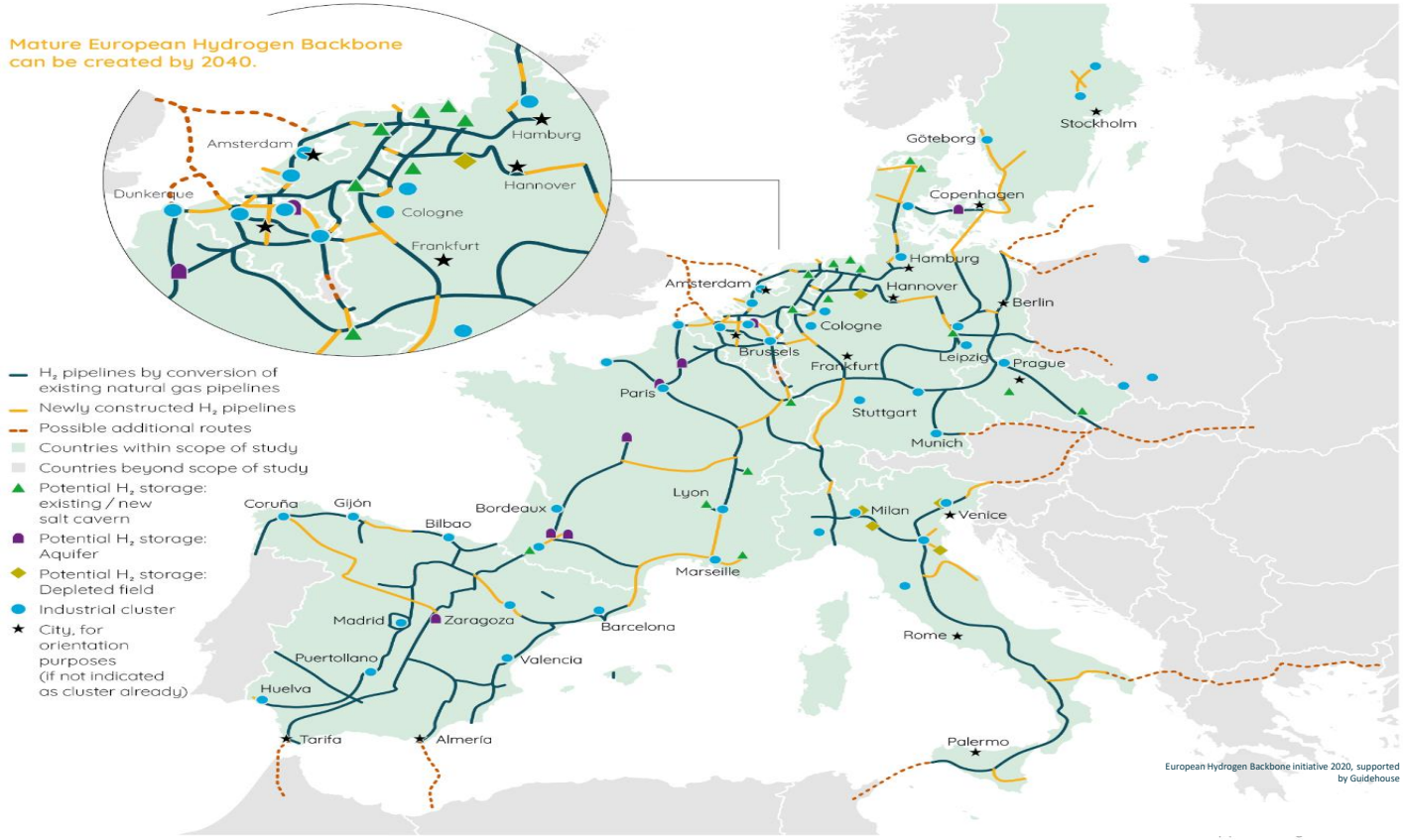




AFHYPAC

Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible

La Dorsale Européenne de l'hydrogène - The European Hydrogen Backbone ("EHB")



- **11 TSO** - **6 800** km en 2030; **23,000 km by 2040**,
- Des gazoducs **36** et **48** pouces donnent des capacités de transport
- de **7** et**13 GW** respectivement
- Coût estimé : **27 à 64 milliards d'Euros d'ici 2040**,
  sur la base de 75% de gazoducs convertis et 25% neufs.
- Estimation du coût de transport : **0.09-0.17 €/kg per 1000 km**,

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

Des industriels français présents tout le long de la chaine de valeur de l'hydrogène

Production

EDF, ENGIE, CNR, SIEMENS energy, hynamics, Air Liquide, storengy, AREVA H2Gen, TOTAL, ITM POWER, McPhy, atawey, ERGOSUP, John Cockerill, Sertronic, NEL HYDROGEN, ABB, Sylfen, bulane, ETIA ECOTECHNOLOGIES, HAFFNER energy, VDN-H2, PowiDian, H2V, ENERTRAG, VALOREM, Lhyfe, Dhamma Energy, VOL-V, Qair, eurowatt, OXYGEN

Logistique

Air Liquide, hynamics, ENGIE, GRTgaz, SIEMENS energy, TERÉGA, storengy, GEOMÉTHANE, arianeGROUP, vallourec

Stations

McPhy, TOTAL, Sertronic, NEL HYDROGEN, atawey, TSM, THEVENIN & DUCROT DEPUIS 1929, AVIA, Air Liquide, PROVIRIDIS

Composants

TRONICO, SRT Micro Granique, TOP INDUSTRIE, CAHOUET, Swagelok, tei TECHNOLOGIES, acaplast, Sertronic, altcrys, AD-VENTA, CEAME exadébit SA, MAXIMATOR France, NOVA SWISS, FCE SMR PONTICELLI, HEROSE, DUNGS Combustion Controls

Usages

Piles à combustible, stockage

faurecia, MICHELIN, OP PLASTIC OMNIUM, SYMBIO, Helion HYDROGEN POWER AREVA, HDF ENERGY, ENERGY OBSERVER DEVELOPMENTS, NEXEYA, green GT, MAHYTEC, Sylfen, H2SYS, PowiDian, ABB, HYUNDAI, ROUGEOT, SNCF, TOYOTA, Safra CONSTRUCTEUR, RATP, hype, GAUSSIN MANUTIGISTIQUE, SEABUBBLES, AAQIUS, Pragma industries, delta service location, CHEREAU, ENTREPOSE, OMEXOM, VICAT, ARKEMA, HYSEAS, transdev, KEOLIS, Mobivia

L'enjeu est industriel

2014, EDF et Total Energy Ventures investissent dans la start-up allemande Sunfire

2015 Air Liquide et plusieurs autres fonds au capital de la start-up française Ergosup

2017 NEL Hydrogen rachète Proton OnSite

2017 Plastic Omnium acquiert Swiss Hydrogen, spécialisé dans les PAC mobilité, et Optimum CPV, spécialisé dans le stockage à haute pression de l'hydrogène

Juin 2018, Prise de participation de EDF dans McPhy (16M€)

Janvier 2019, Air Liquide prend une participation de 18,6 % au sein d'Hydrogenics, société canadienne spécialiste des équipements de production d'hydrogène.

Mars 2019, Michelin et Faurecia détiennent Symbio à parts égales

Juillet 2019, Toyota et FAW (chinois) se lancent dans une coopération sur les véhicules utilitaires à hydrogène ;

Septembre 2019, l'acteur chinois Sinopec Capital réalise des investissements stratégiques pour développer le système des piles combustibles

Septembre 2019, Partenariat Iveco et Nikola Motors pour développer un camion à H2. Le motoriste américain Cummins rachéte Hydrogenics (81%)

Octobre 2019, joint-venture entre le britannique ITM Power et Linde Group

Avril 2020 Collaboration Daimler-Volvo sur Piles à Combustible pour la mobilité lourde

Septembre 2020 , Levée de fonds pour EODev (20 Meur)

Octobre 2020 ,Prise de participation de Bouygues Construction dans Powidian . Rachat de AREVA H2 Gen par GTT . Partenariat Plastic Omnium / ElringKlinger . Levée de fonds pour McPhy (180 Meur)

Novembre 2020 , Accords de Gaussin avec Magna et Plug Power . Partenariat EO Dev avec Eneria

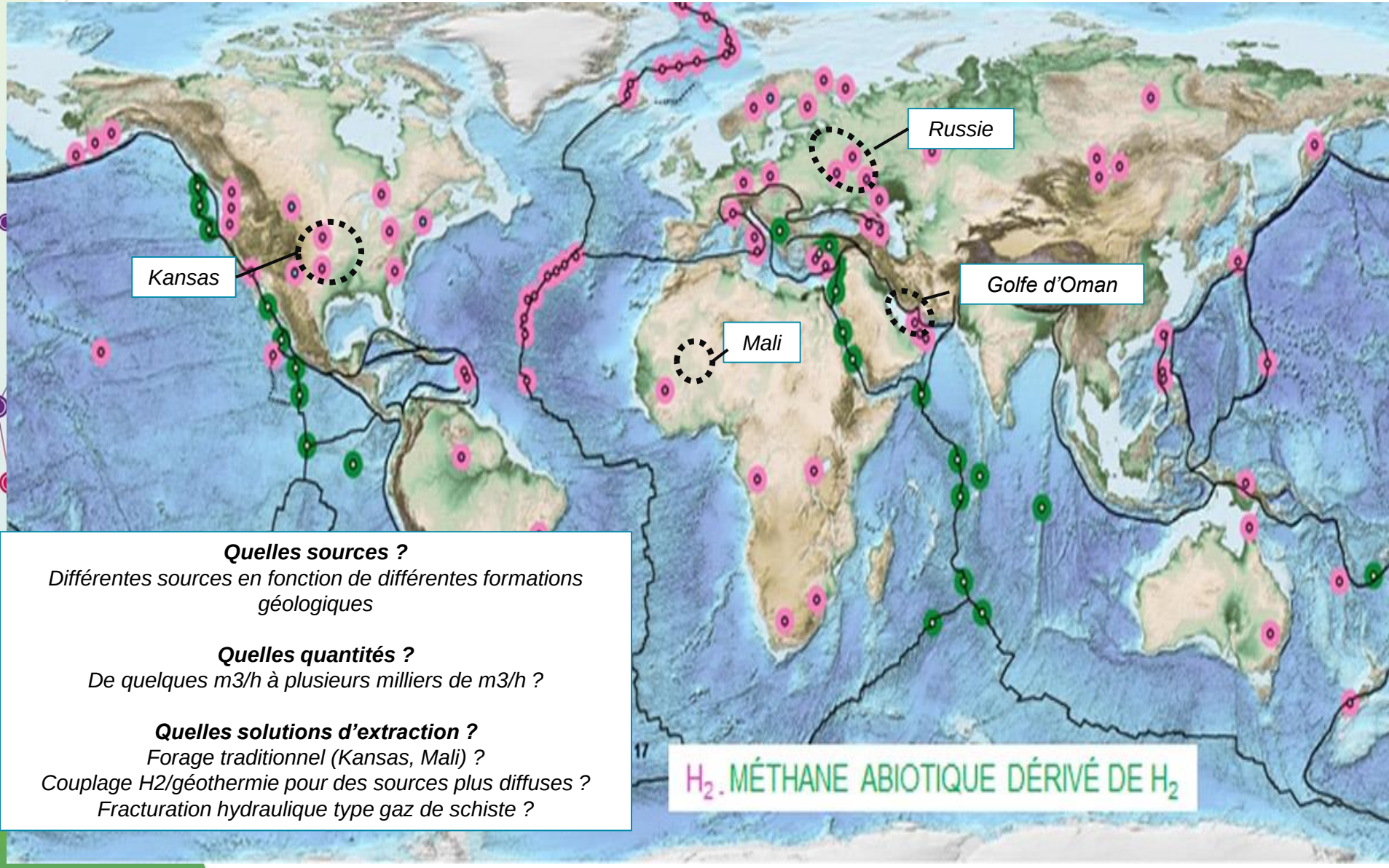
EN CONCLUSION

- Pas de réussite de la transition énergétique sans Hydrogène : l'hydrogène est la clé de voute
- Vecteur énergétique polyvalent – Approche systémique
- Massifier : construire des écosystèmes territoriaux, changer d'échelle, importation ?
- Poursuivre la R&D et encourager l'innovation
- L'Europe a de forts atouts : l'enjeu est aussi industriel
- Réglementation ET soutien financier public

AFHYPAC

Association française
pour l'hydrogène et
les piles à combustible

Hydrogène « naturel » ou « natif »



Quelles sources ?
Différentes sources en fonction de différentes formations géologiques

Quelles quantités ?
De quelques m3/h à plusieurs milliers de m3/h ?

Quelles solutions d'extraction ?
Forage traditionnel (Kansas, Mali) ?
Couplage H2/géothermie pour des sources plus diffuses ?
Fracturation hydraulique type gaz de schiste ?