



# Introduction de la thématique



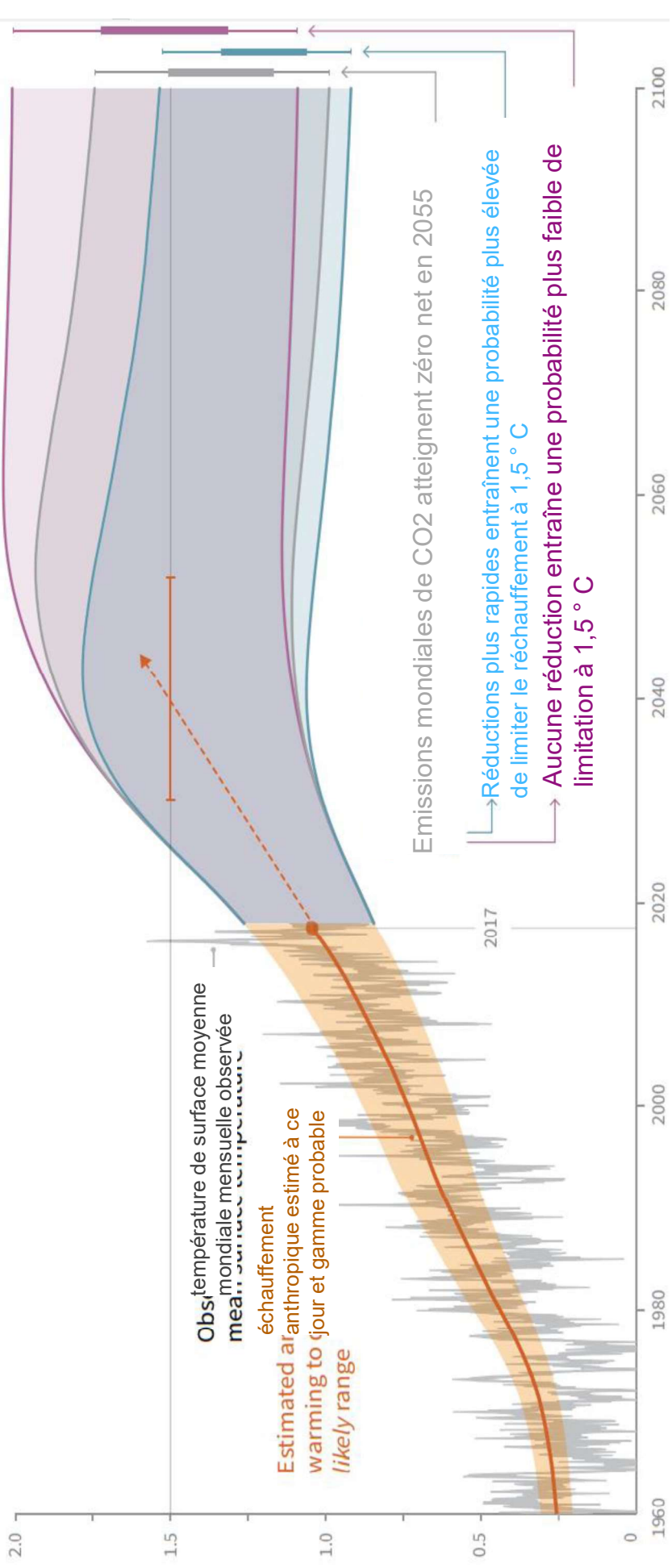
15/02/2021

Etude d'orientation sur le potentiel du Power-to-X pour l'Algérie: Atelier de lancement

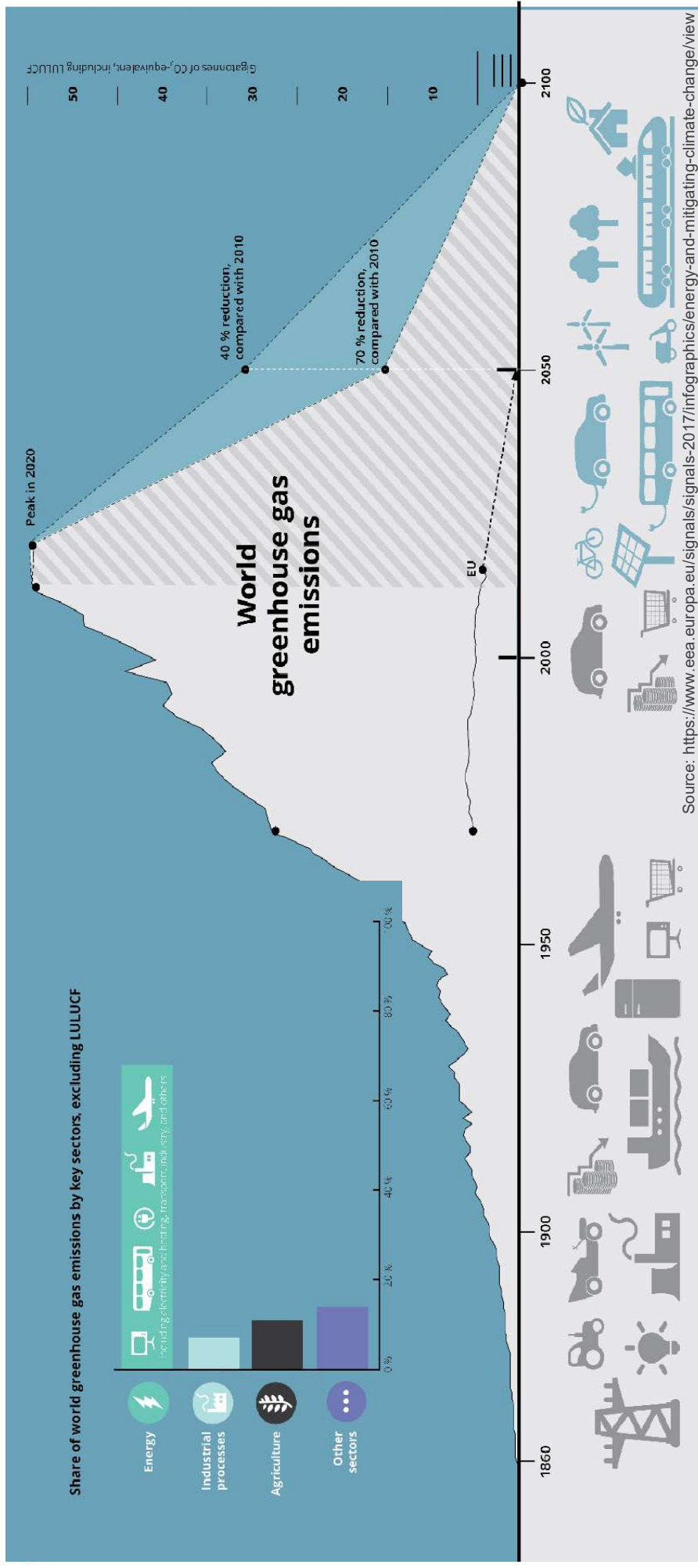


# L'objectif de limitation du réchauffement climatique à 1,5° C nécessite une action immédiate

— Réchauffement climatique par rapport à 1850-1900

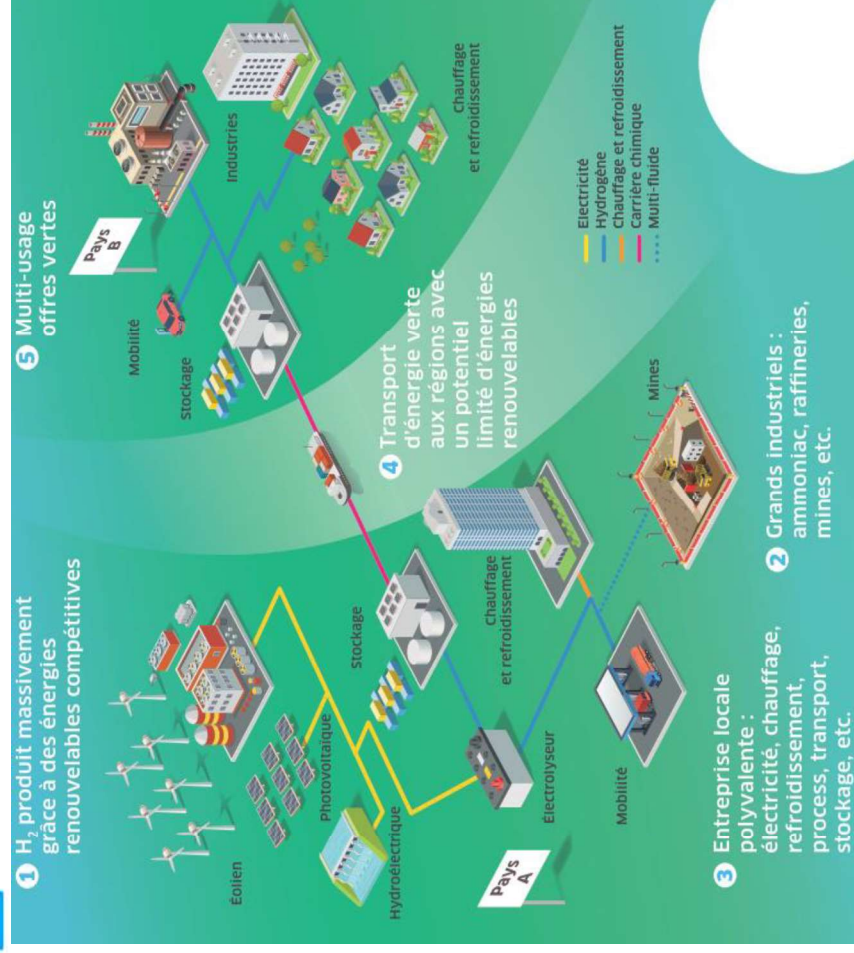


# D'où vient le changement climatique?

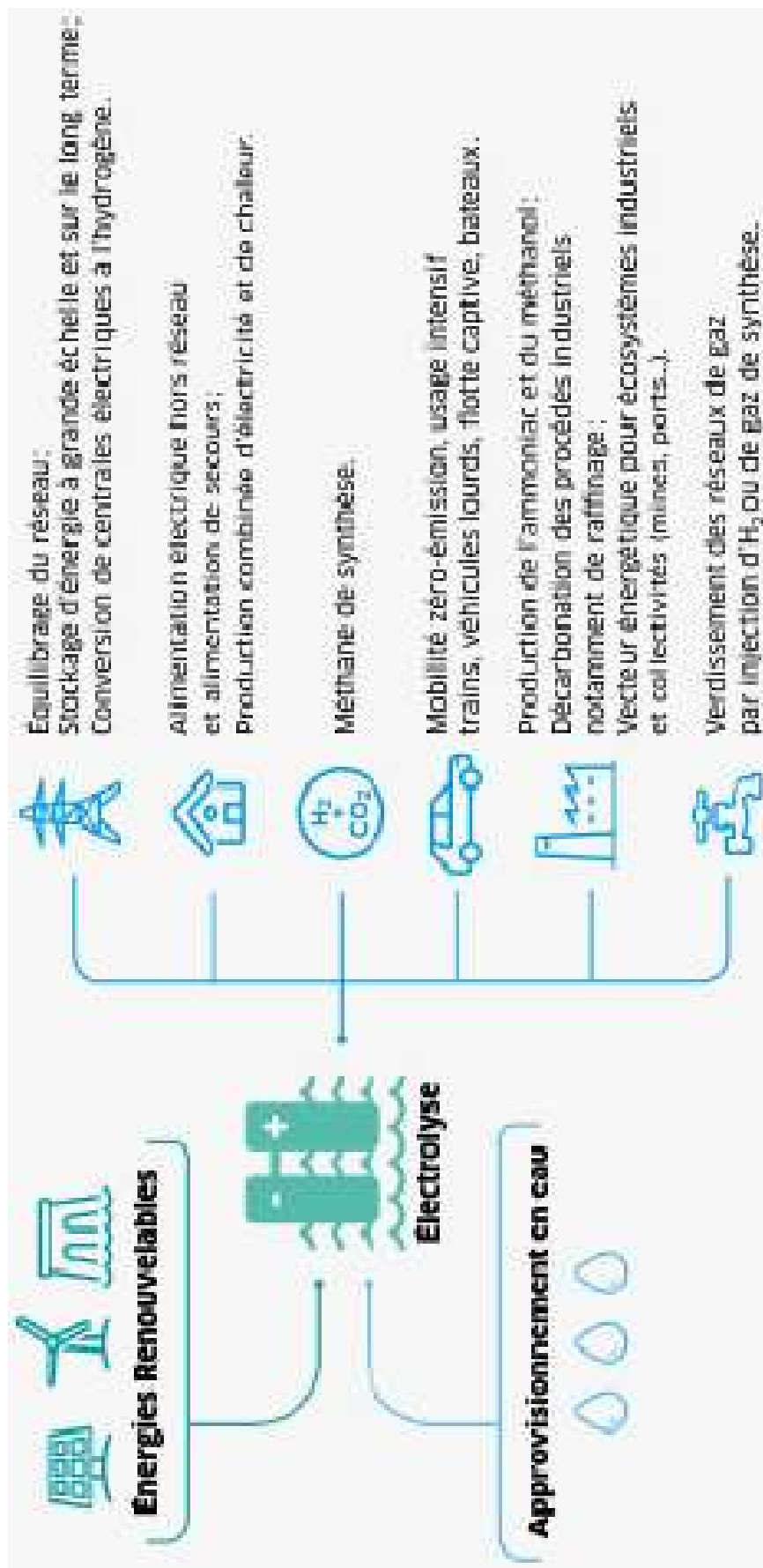


# Décarbonisation via les technologies « Power-to-X » (PtX) 1/2

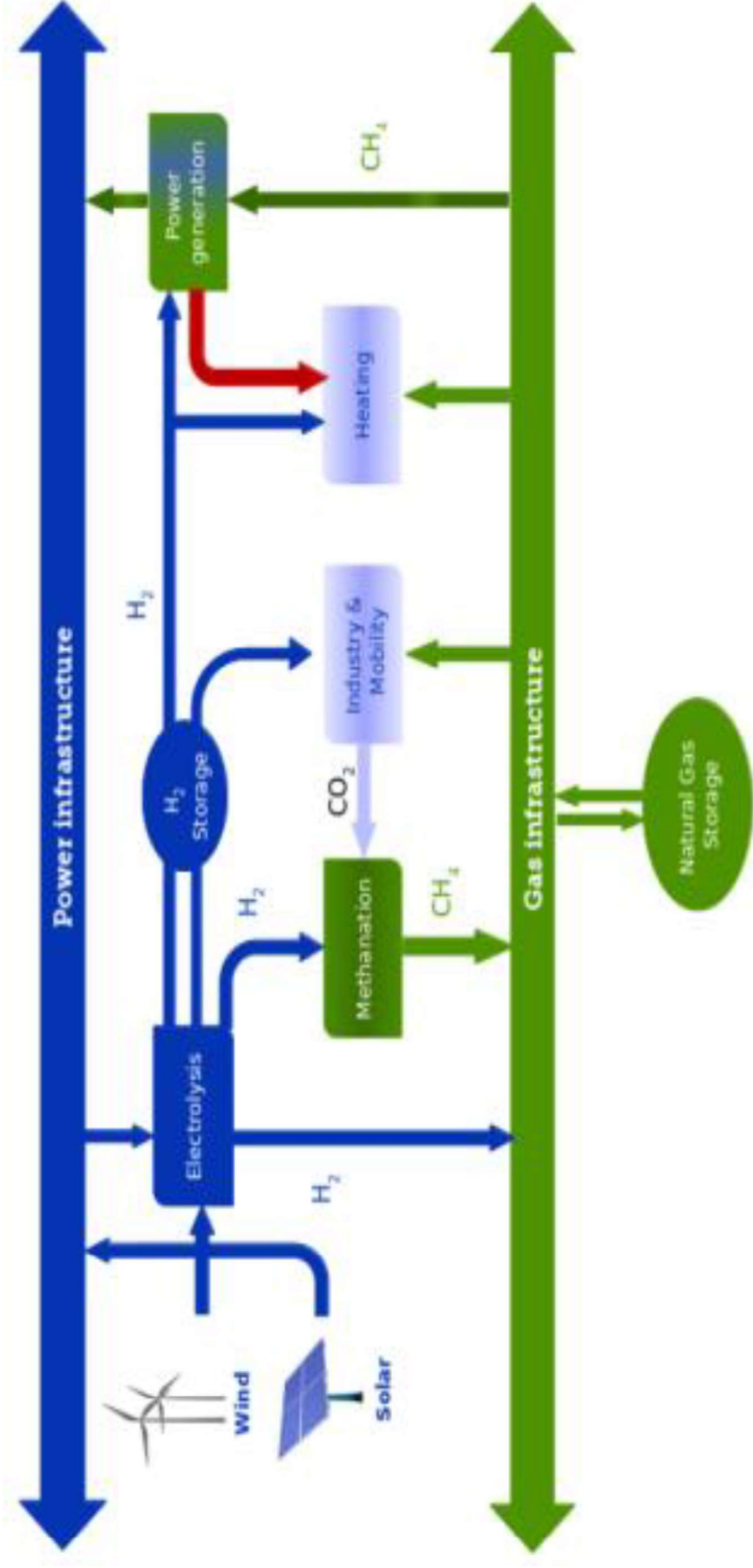
- L'hydrogène est au centre des technologies PtX :
  - Production d'hydrogène via électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant de sources renouvelables
  - Utilisation directe de l'hydrogène (comme combustible ou réactif), ou transformation en un autre composé chimique de base pour l'industrie (ammoniac, méthanol, etc.), ou en méthane
  - Transport de l'hydrogène sous forme gazeuse ou liquide, ou via un vecteur énergétique intermédiaire (ammoniac, méthanol, méthylcyclohexane, etc.)



# Décarbonisation via les technologies « Power-to-X » (PtX) 2/2



# Exemple de PtX : « Power-to-Gas »



# Généralités à propos de l'hydrogène

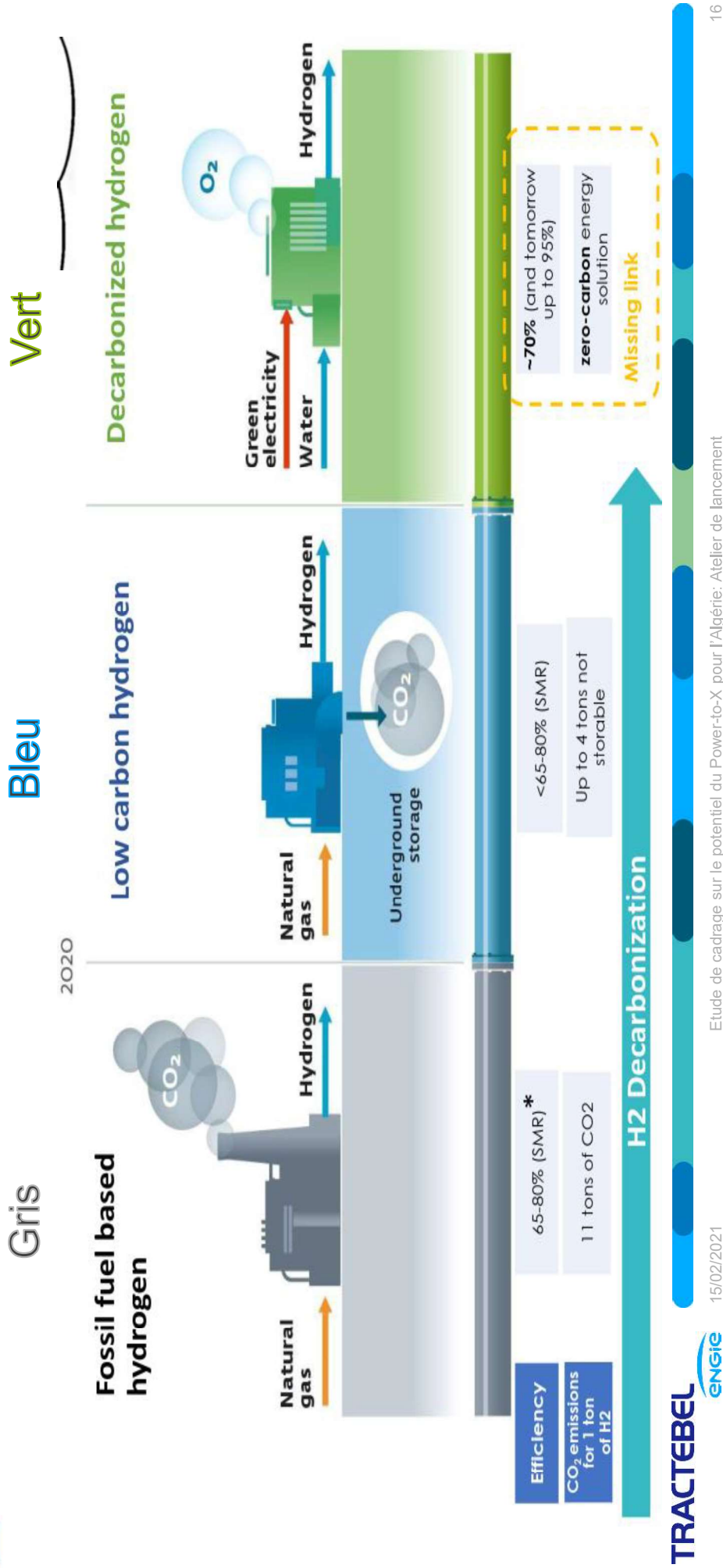
- Le plus léger et le plus abondant
- L'hydrogène est le premier élément du tableau périodique des éléments. C'est l'élément chimique le plus léger, le plus abondant et l'un des plus anciens de l'univers
- Jamais seul
- Sur Terre, l'hydrogène se retrouve dans des molécules plus complexes, telles que l'eau ou les hydrocarbures. Afin d'être utilisé sous sa forme pure, il doit être extrait
- Inodore et non toxique
- C'est un gaz incolore, inodore, non métallique et insipide, dont la formule moléculaire est H<sub>2</sub>

# Principaux avantages et inconvénients de l'hydrogène

- Principaux avantages de l'hydrogène :
  - Il contient une grande quantité d'énergie par rapport à d'autres vecteurs énergétiques
    - Bois : 15 MJ/kg
    - Gasoil : 44,8 MJ/kg
    - Gaz naturel : 50 MJ/kg
    - Hydrogène : 120,5 MJ/kg
  - Il est très abondant sur Terre
  - Sa combustion n'émet aucun polluant
  - Il s'agit d'un gaz léger; il s'élève et se disperse rapidement dans des espaces ventilés et ouverts
- Principaux inconvénients de l'hydrogène :
  - Sa faible densité
    - Stocker l'hydrogène est vraiment un problème
  - L'efficacité de son transport est bien inférieur à celui du pétrole ou gaz.
  - Il existe certains risques d'inflammabilité et détonation avec de l'air
  - Le coût reste élevé

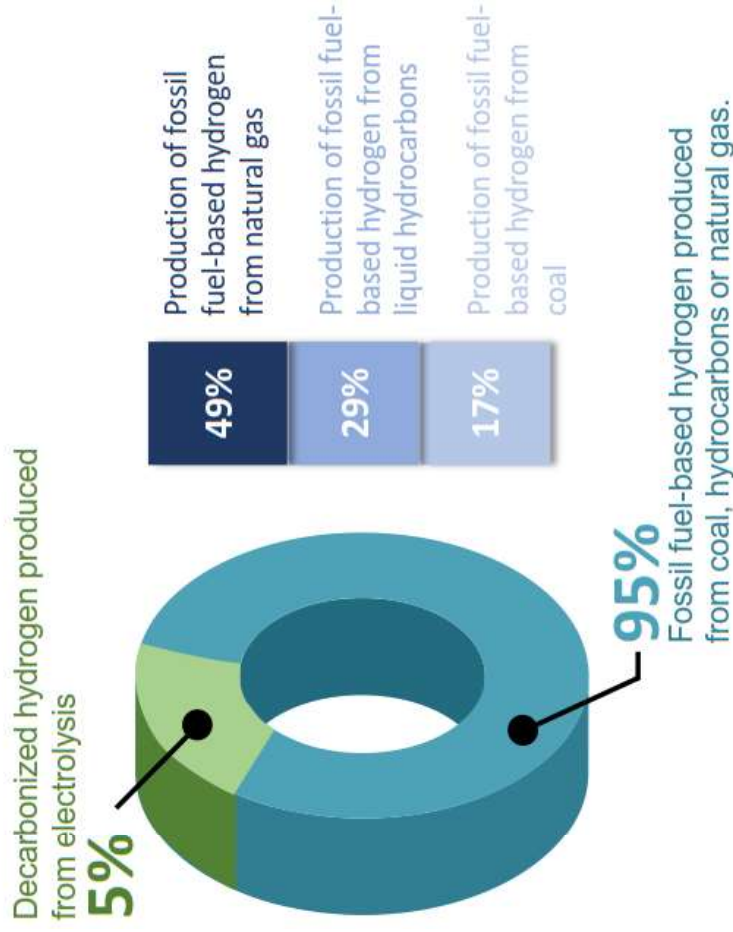


# Les différentes « couleurs » de l'hydrogène

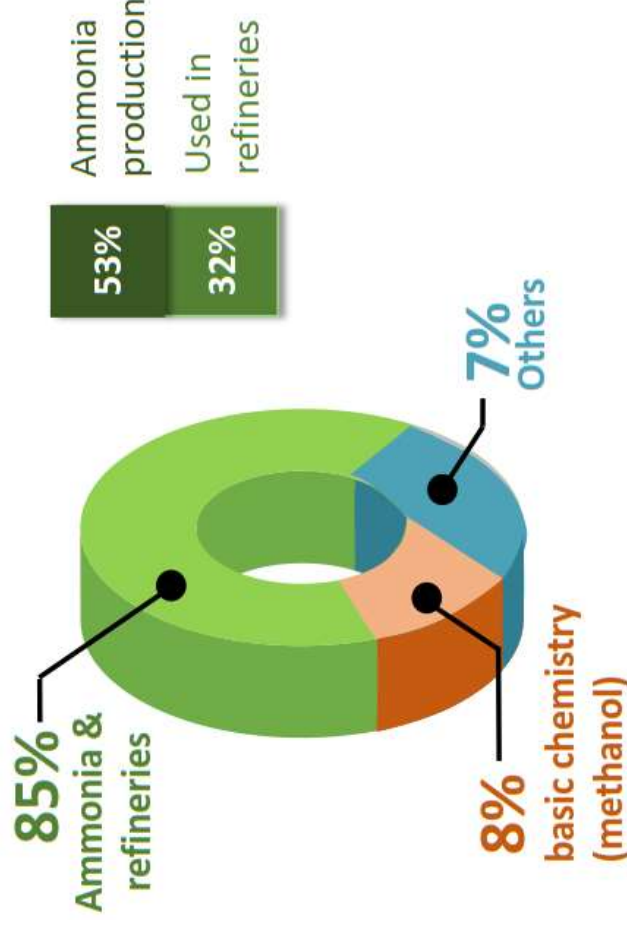


# Chiffres clés (production / utilisation actuelle de l'hydrogène)

## Means of production of hydrogen



## Typical uses of hydrogen



# Quelques explications sur l'électrolyse de l'eau 1/2

## • Technologies :

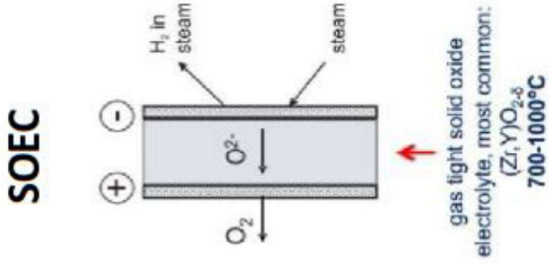
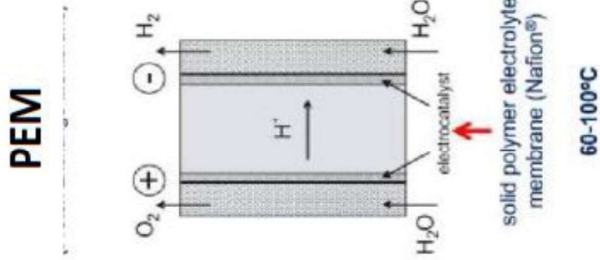
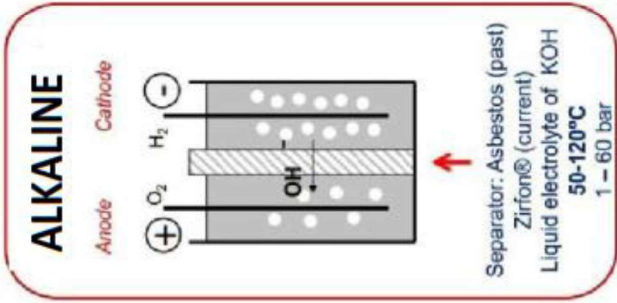
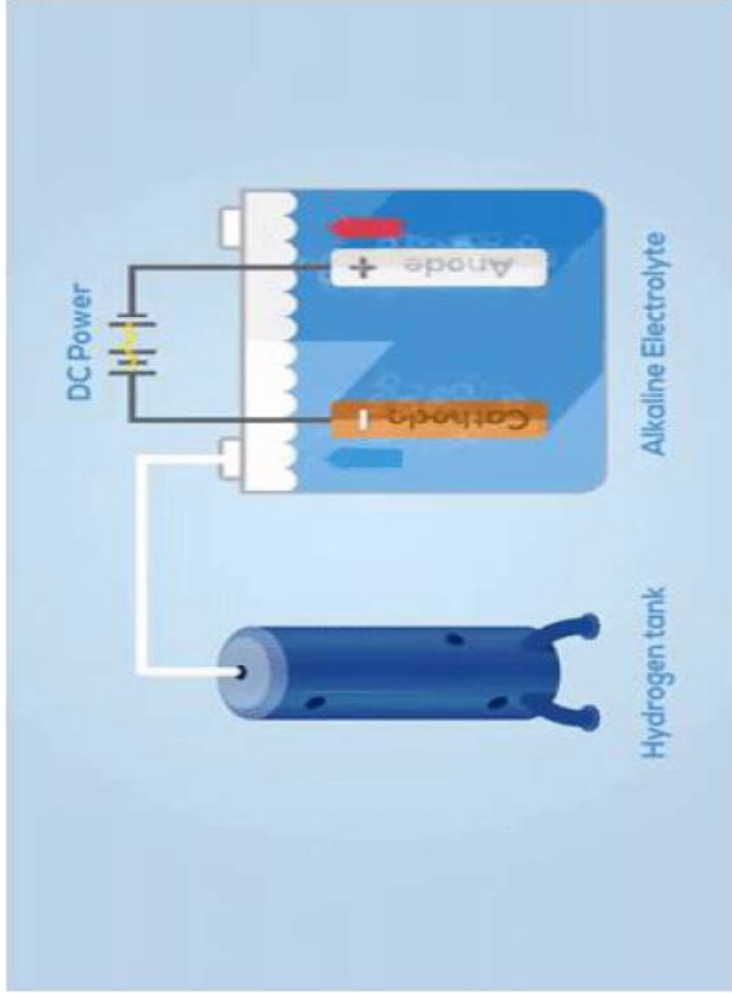
- Electrolyse alcaline (la plus mature)
  - Electrolyte liquide (hydroxyde de potassium)
- Electrolyse PEM (plus compacte)
  - Electrolyte solide (membrane échangeuse de protons)
- Electrolyse SOEC (meilleur rendement, en cours de développement)
  - Electrolyte solide à haute température

- Pression opératoire : de 200 mbarg à 40 barg, en fonction du fournisseur

## • Quelques chiffres clés :

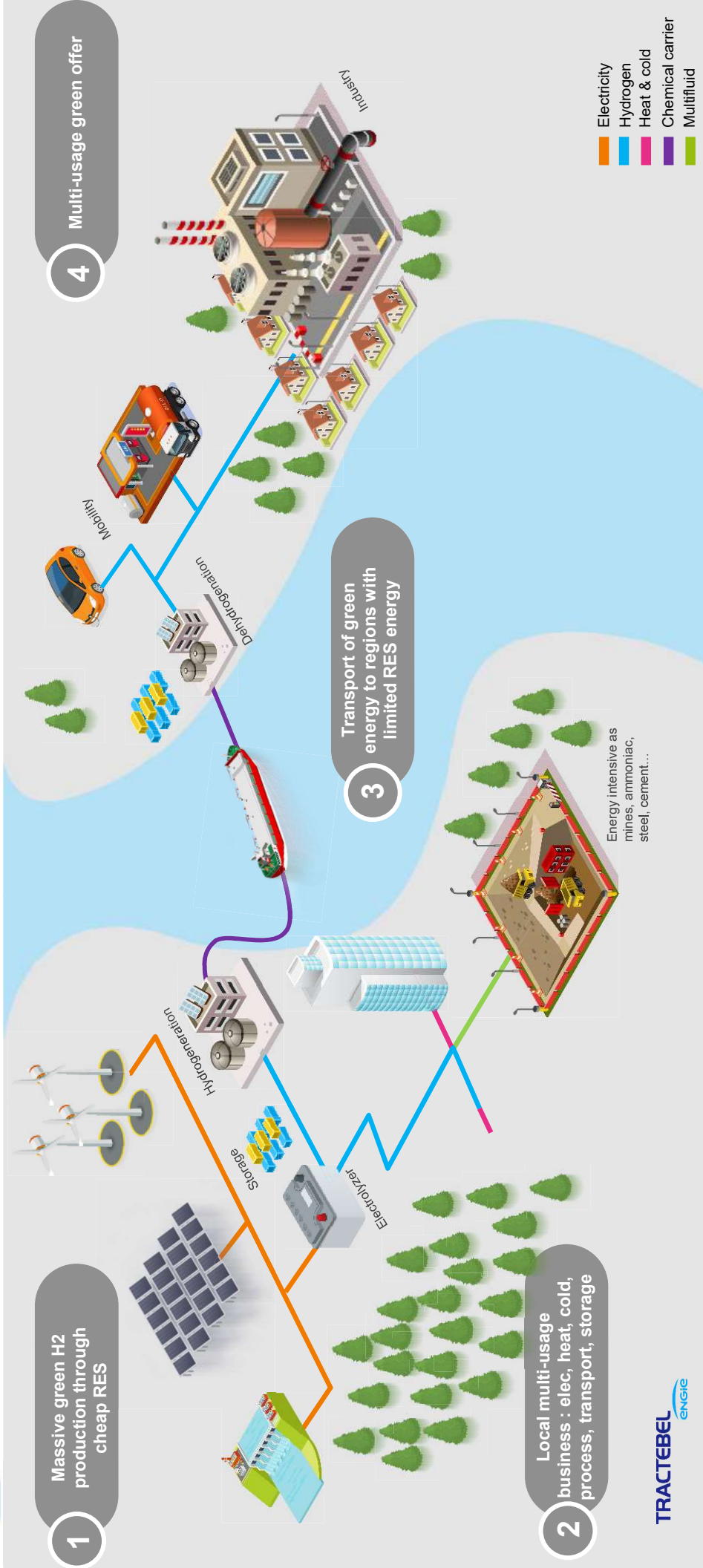
- Consommation électrique
  - Environ 5 kWh / Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub> (1 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub> = 0,0899 kg H<sub>2</sub>)
- Consommation d'eau déminéralisée
  - Environ 1 litre / Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>
- Consommation d'eau (non déminéralisée)
  - Environ 1,5 à 2 fois la consommation en eau déminéralisée, en fonction de la qualité de l'eau disponible

# Quelques explications sur l'électrolyse de l'eau 2/2

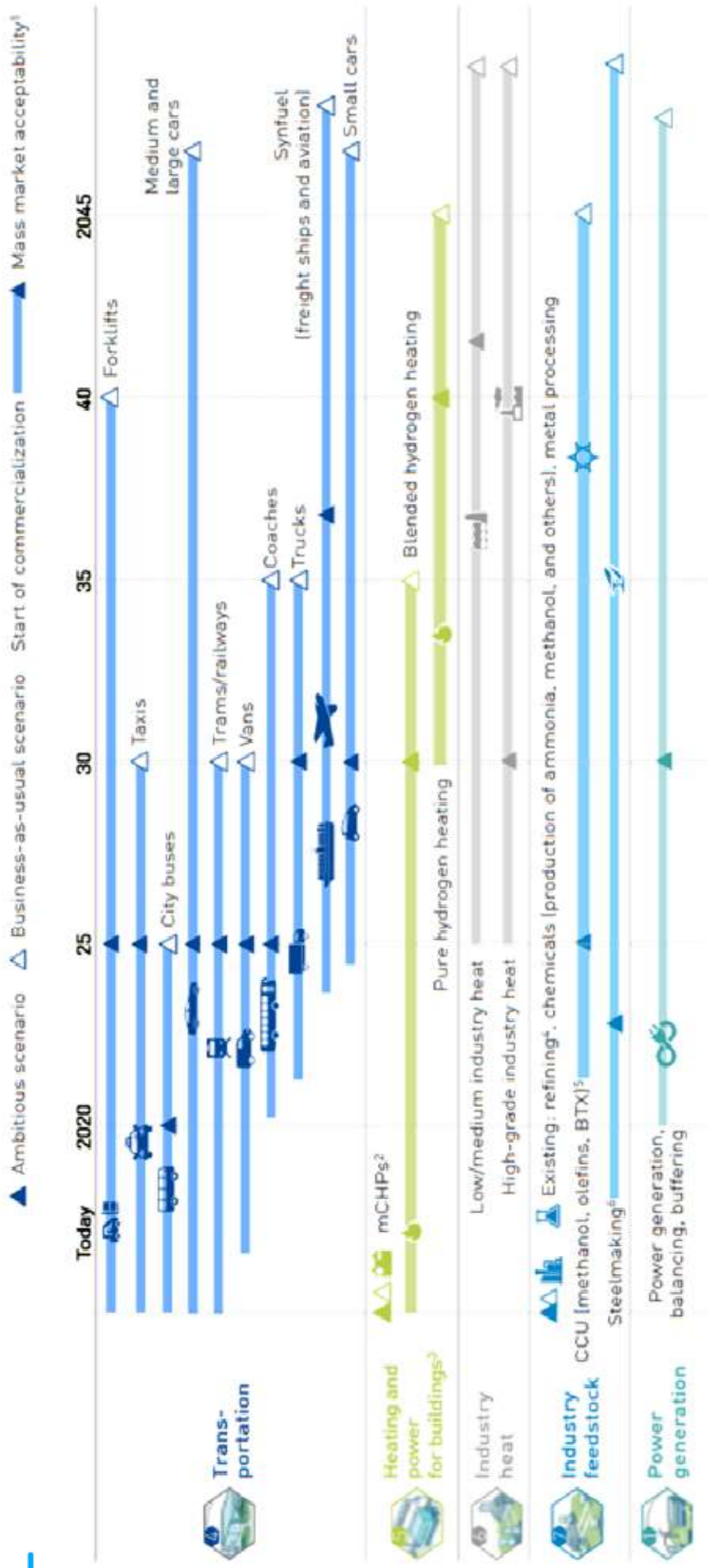


	Alkaline	PEM	SOEC
Efficiency	65-70%	65-70%	Up to 95%
CAPEX range €/kWe	500-1000	900-1200	6000 -8000
Power	>MW	MW	kW

# Couplage de secteurs / Power-to-X: Game Changer Hydrogène



# Développement d'applications liées à l'hydrogène en Europe



# Consommation de l'hydrogène en Algérie aujourd'hui

Résultats de la recherche préliminaire:

	Production [ktpa]	Consommation de l'hydrogène [ktpa]	Potentiel de capacité d'électrolyseur estimée [MW]
Hydrocarbures liquides	58 700	410	2 300
Exportation de l'ammoniac*	1 549	260	3 600
Méthanol	91	10	50
Ciment ???			
Autres ???			

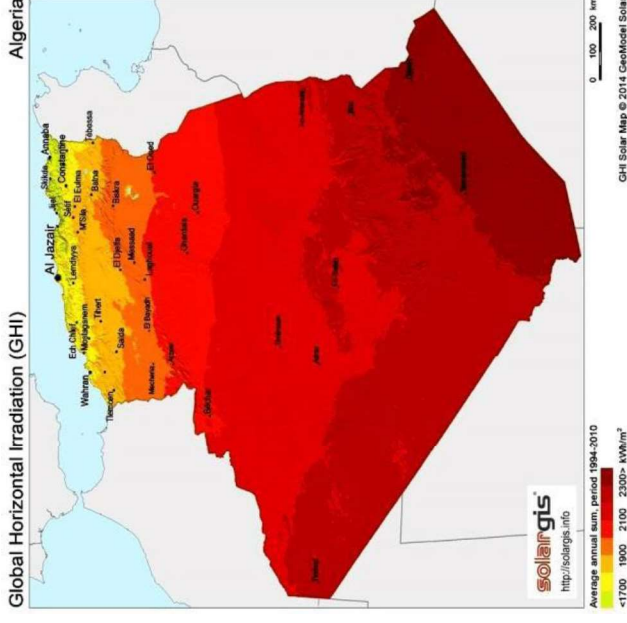
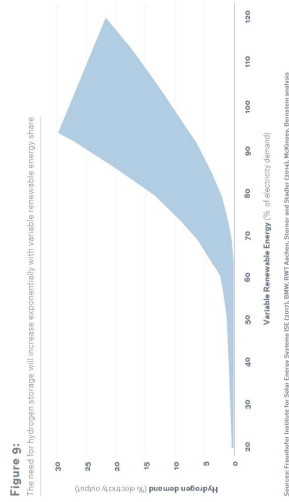
si converti  
entièrement à  
l'électrolyse

\* Chiffre de production non disponible pour l'instant

# Motivation algérienne pour l'hydrogène vert

- Décarbonisation (objectif 22% en moins (Accord de Paris))
- Economiser du gaz naturel („hotelling“)
- Utilisation de la ressource solaire (éolienne?) renouvelable abondante pour l'exportation (création de devises)

## Exemples d'applications à l'échelle globale:





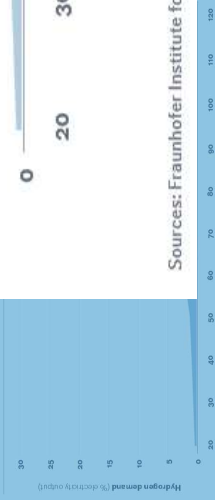
# Motivation algérienne pour l'hydrogène vert

Le besoin d'hydrogène augmentera de façon exponentielle avec les ER variables

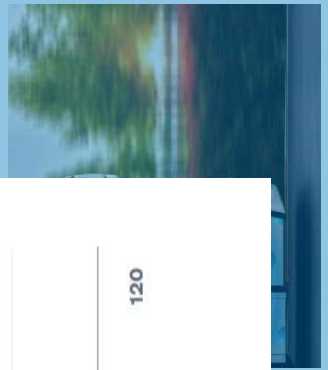
- Décarb
- Econon
- Utilisati
- abonda

## Exemples d'a

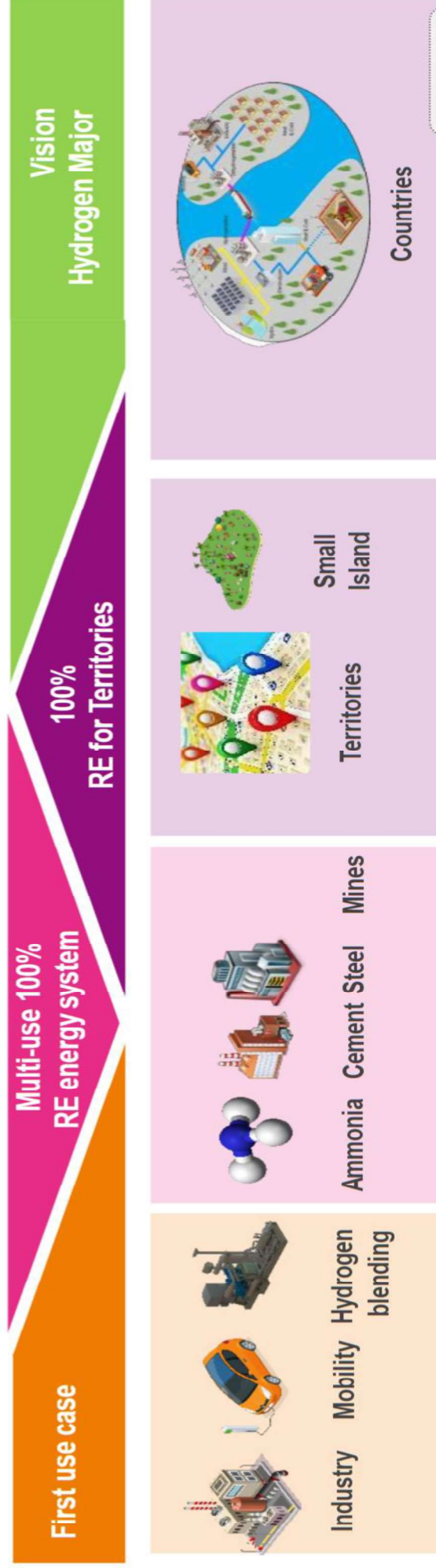
Figure 9:  
The need for hydrogen storage will increase expo



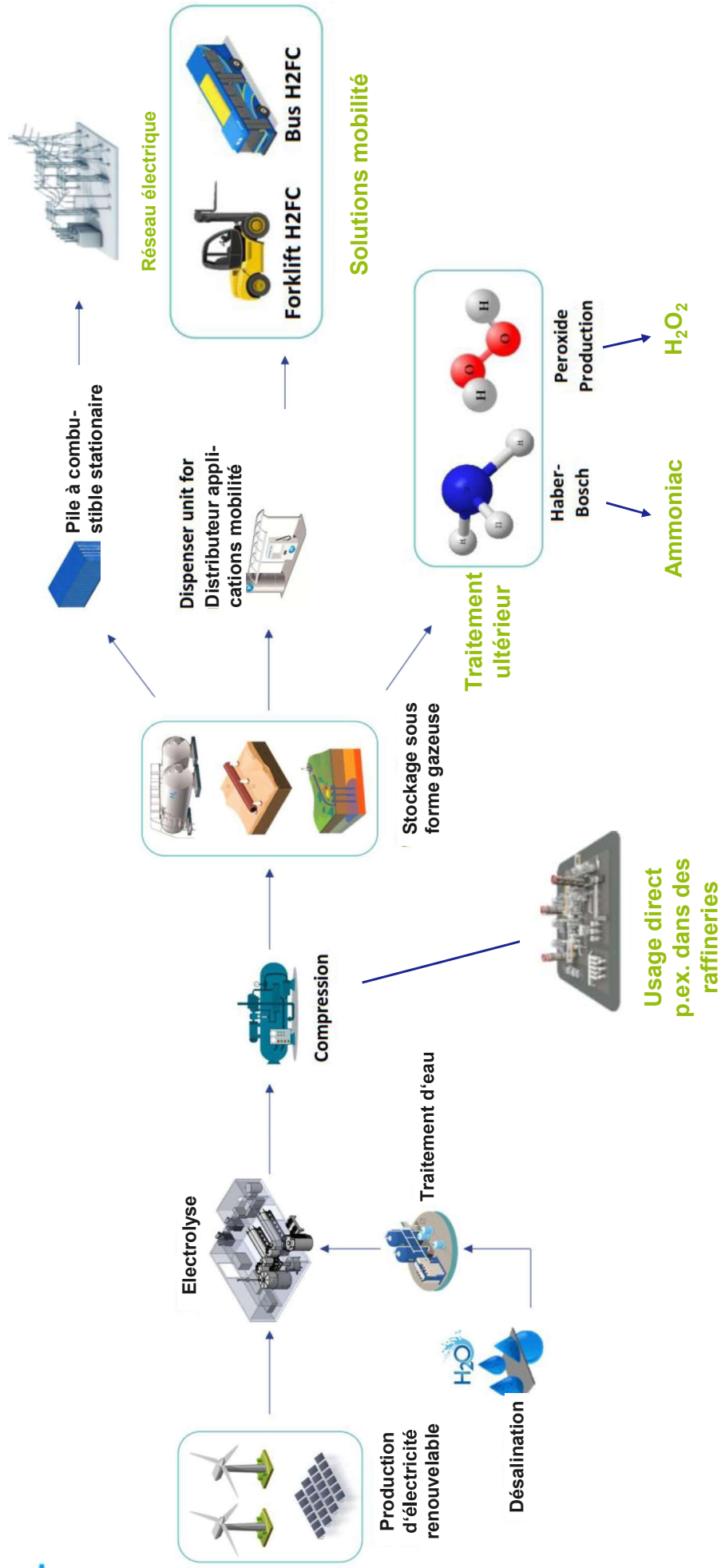
Sources: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE (2017), BMW, RWT Aachen, Sterner and Stadler (2014), McKinsey, Bernstein analysis



# „L'hydrogène vert est le pétrole de demain“



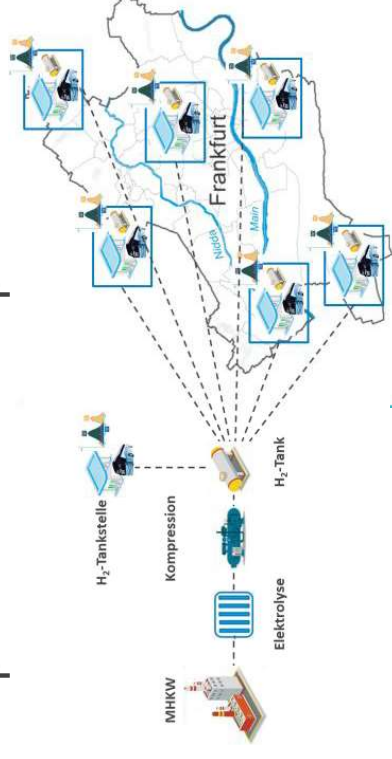
# Chaînes de processus production et utilisation principales de H2



# Perspective allemande sur l'hydrogène vert (1/2)

„L'hydrogène vert est le pétrole de demain“ (Ministère de la Recherche Allemande)

- L'hydrogène devient un élément de base de la transition énergétique  
(Lien manquant pour un « monde zéro carbone »)
- Changements profonds dans les transports, l'industrie et l'approvisionnement énergétique
- L'Allemagne doit épuiser son potentiel pour limiter sa dépendance aux importations  
=> Quand même il y aura une **grande demande** pour **l'importation de l'hydrogène vert**



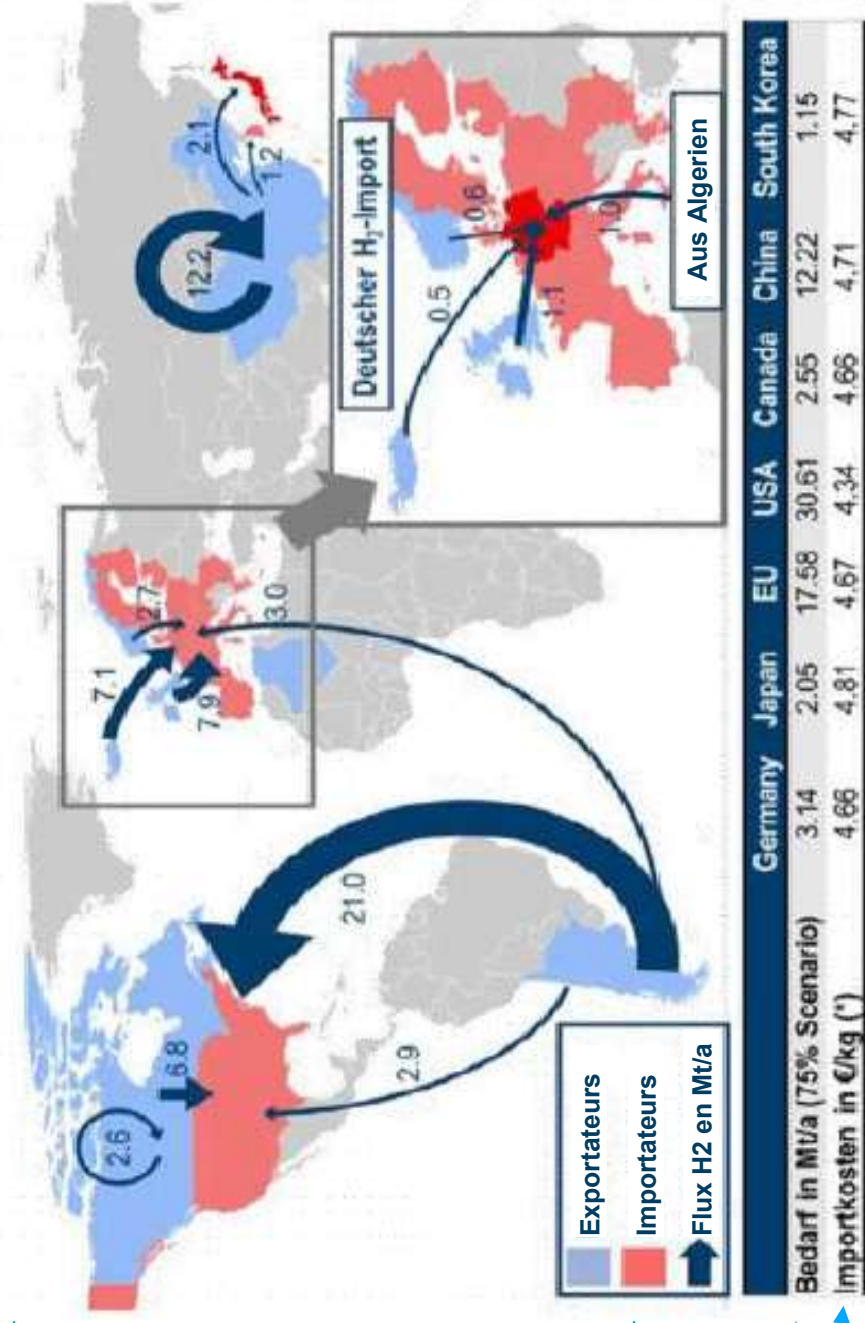
# Perspective allemande sur l'hydrogène vert (2/2)

Besoin en hydrogène en Allemagne 2050 et approvisionnement exemple:

L'Allemagne devient importateur net de l'hydrogène

Besoin en Mt/a

Coût d'importation en €/kg

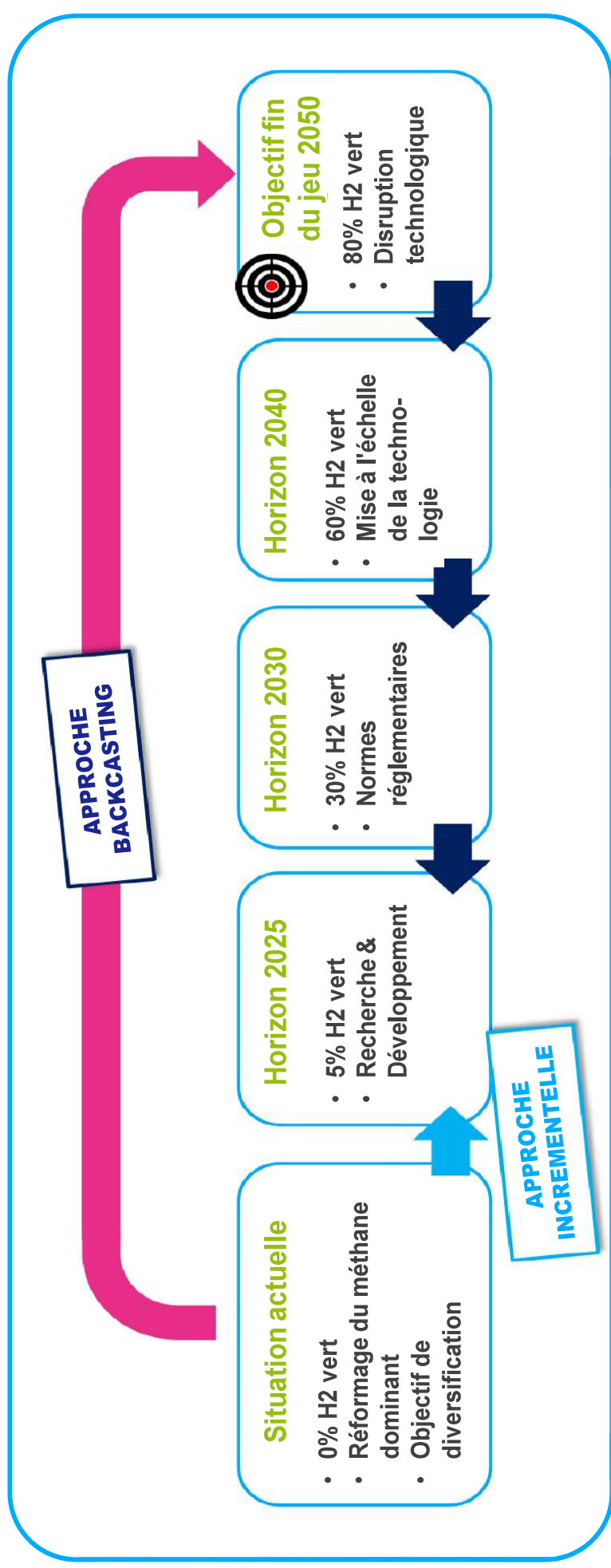


# Etude d'orientation sur le potentiel du Power-to-X (hydrogène vert) pour l'Algérie

## Objectifs du projet :

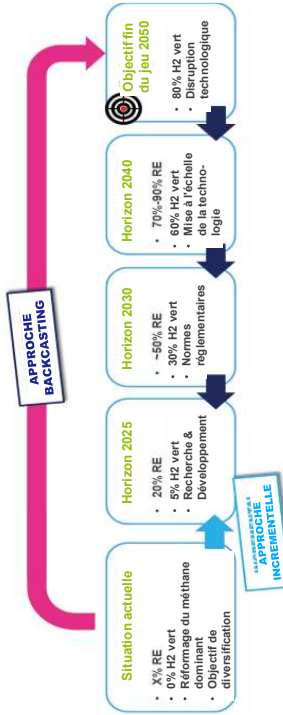
- Identification du **potentiel technique et commercial** des technologies **Power-to-X** et des industries connexes en Algérie
- Présentation d'un **premier projet de feuille de route** pour établir une industrie PtX en Algérie (horizon temporel: 2030 et 2050)
- Elaboration d'un **plan d'action** pouvant être mis en pratique par les Autorités algériennes

# Approche de l'étude rétrospective

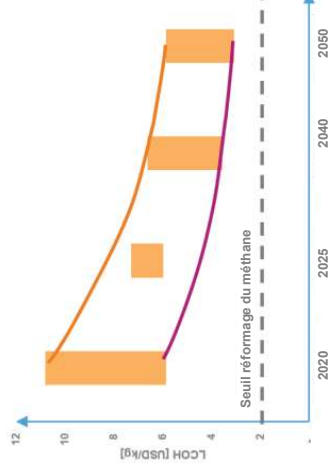


# Approche générale

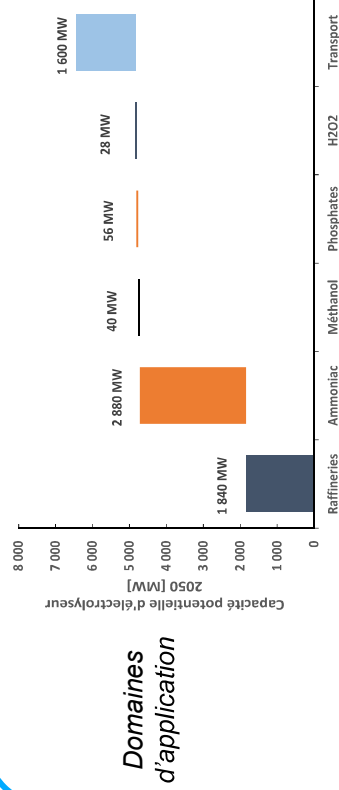
## Etude rétrospective (backcasting)



Estimation LCOH à long-term → Envisager la "fin du jeu" (objectif stratégique)



## Etude de préaisabilité



Optimisation de la chaîne H<sub>2</sub> → Analyse d'effectivité de coûts

