



Conférence ECAM

Enjeux et cas concrets d'application du plan Hydrogène en France

15 octobre 2024

Cloé CHEVRON
EGIS CONSEIL

SOMMAIRE

1. Introduction
2. La stratégie nationale hydrogène
3. Les usages de l'hydrogène
4. Cas concrets en région Auvergne-Rhône-Alpes

1.

CONTEXTE

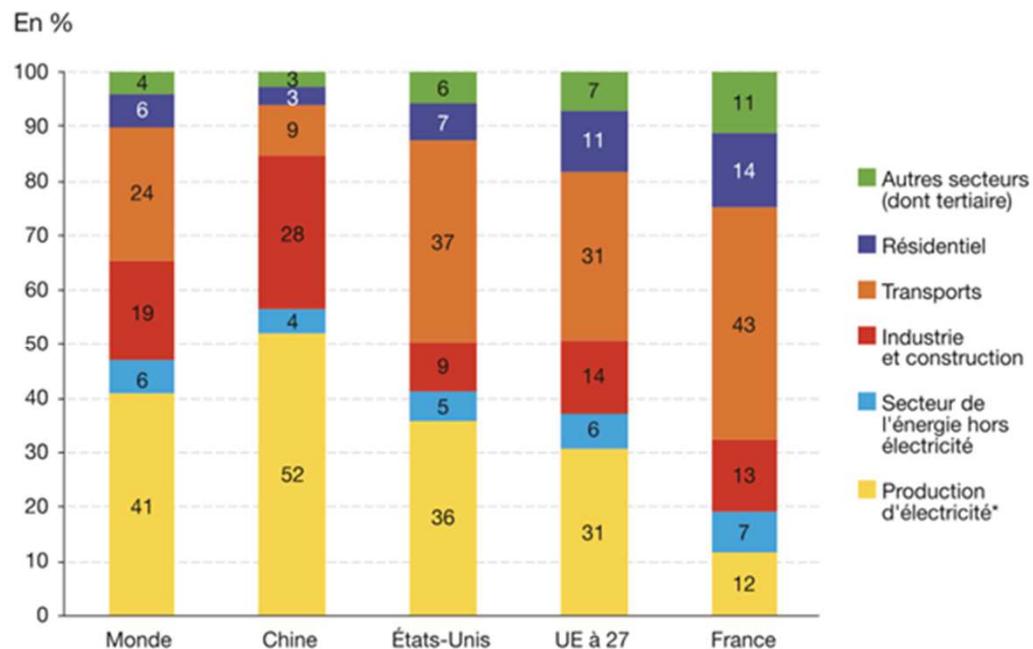
La stratégie nationale bas carbone

- atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050
- réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français

1.

CONTEXTE

ORIGINE DES ÉMISSIONS DE CO₂ DUES À LA COMBUSTION D'ÉNERGIE EN 2019



* Y compris cogénération et autoproduction.
Source : AIE, 2021

L'hydrogène est l'un des moyens identifiés pour décarboner les transports, l'industrie et l'agriculture, la construction

1.

LES PRINCIPALES VOIES DE PRODUCTION

96% de la production d'hydrogène est d'origine fossile

4% de la production d'hydrogène

CH₄ METHANE +
HYDROCARBURES

VAPOREFORMAGE

Dissociation des atomes carbonés en présence de vapeur d'eau et de chaleur

H₂ + CO₂

CHARBON

GAZEIFICATION

Charbon brûlé dans un réacteur très haute température (1 200°C à 1 500 °C)

H₂ + CO

BIOMASSE

PYROGAZEIFICATION

Pyrolyse puis gazéification de la biomasse dans un réacteur très haute température (900 à 1200 °C)

H₂ + CO

H₂O EAU

ELECTROLYSE

A l'aide d'un courant électrique : décomposition de l'eau

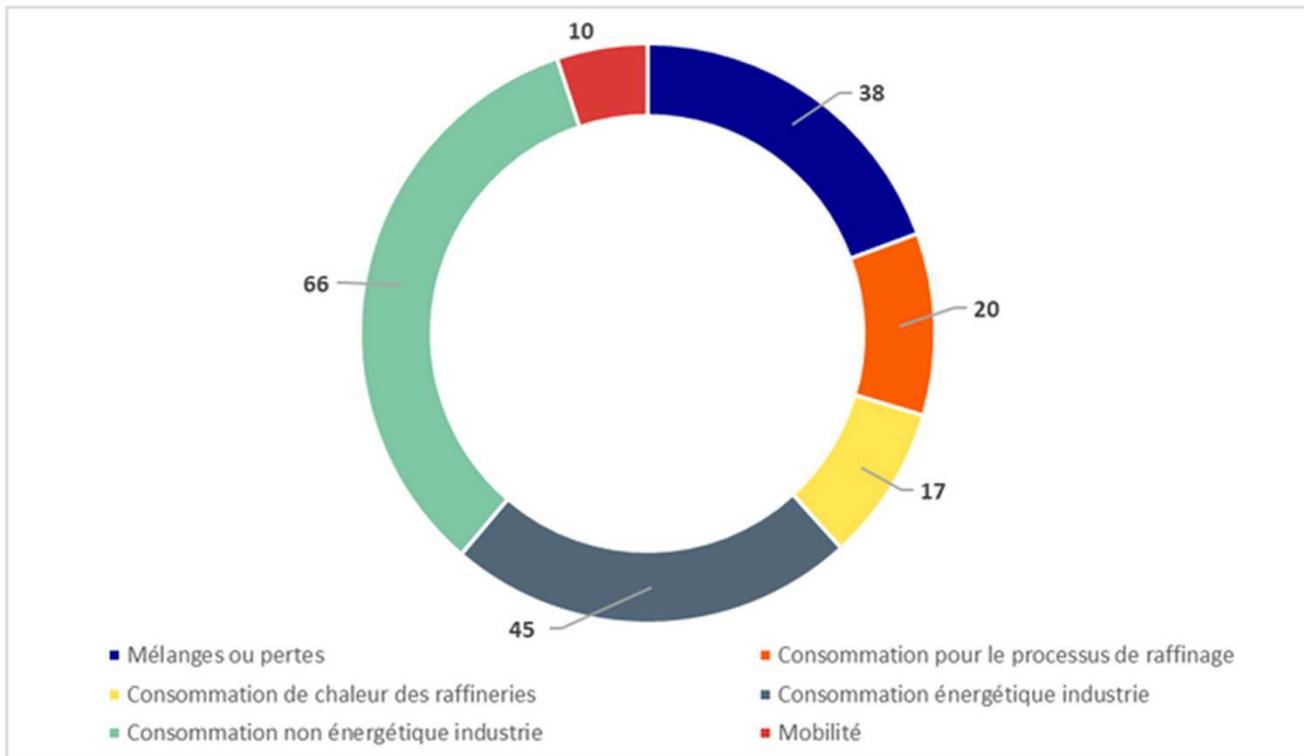
H₂ + O₂

production décarbonée

1.

UNE CONSOMMATION CONCENTRÉE SUR L'INDUSTRIE, À DATE

Usages d'hydrogène pur en 2022
En milliers de tonnes



© SDES

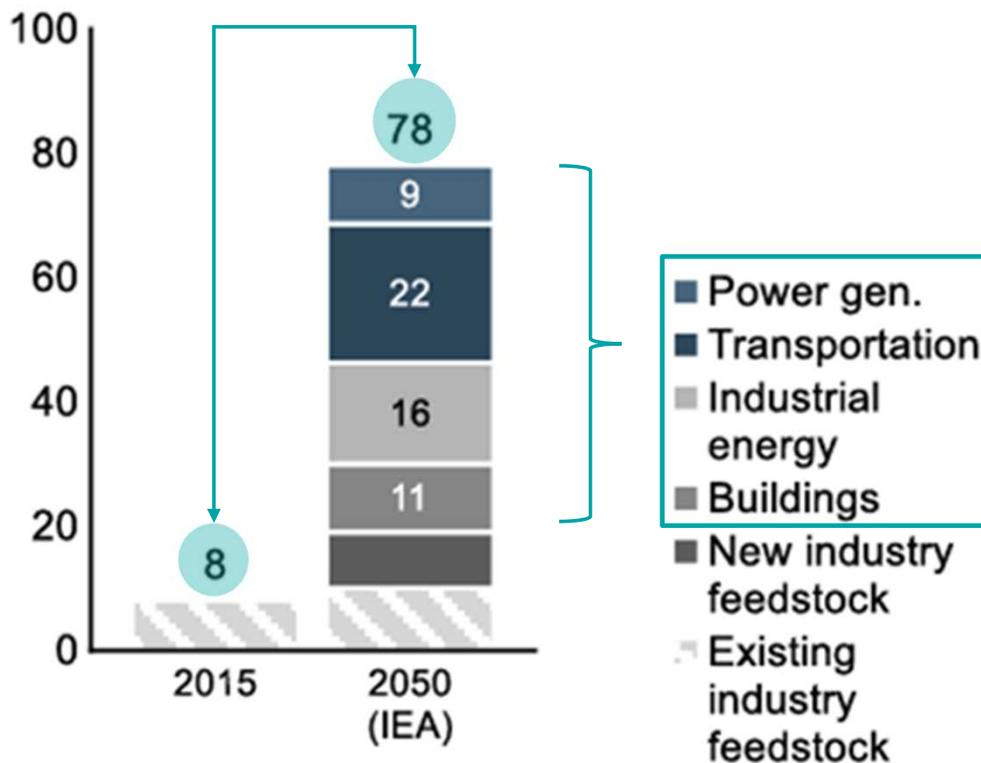
Sources : EACEI ; EAPE ; enquête auprès des raffineurs. Calculs SDES

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lhydrogene-pur-premiere-evaluation-des-ressources-et-des-usages-en-france-en-2022>

1.

UNE DEMANDE MONDIALE EN FORTE ÉVOLUTION

Hydrogen demand (EJ)



*Des **coûts de production** de l'hydrogène en constante baisse*

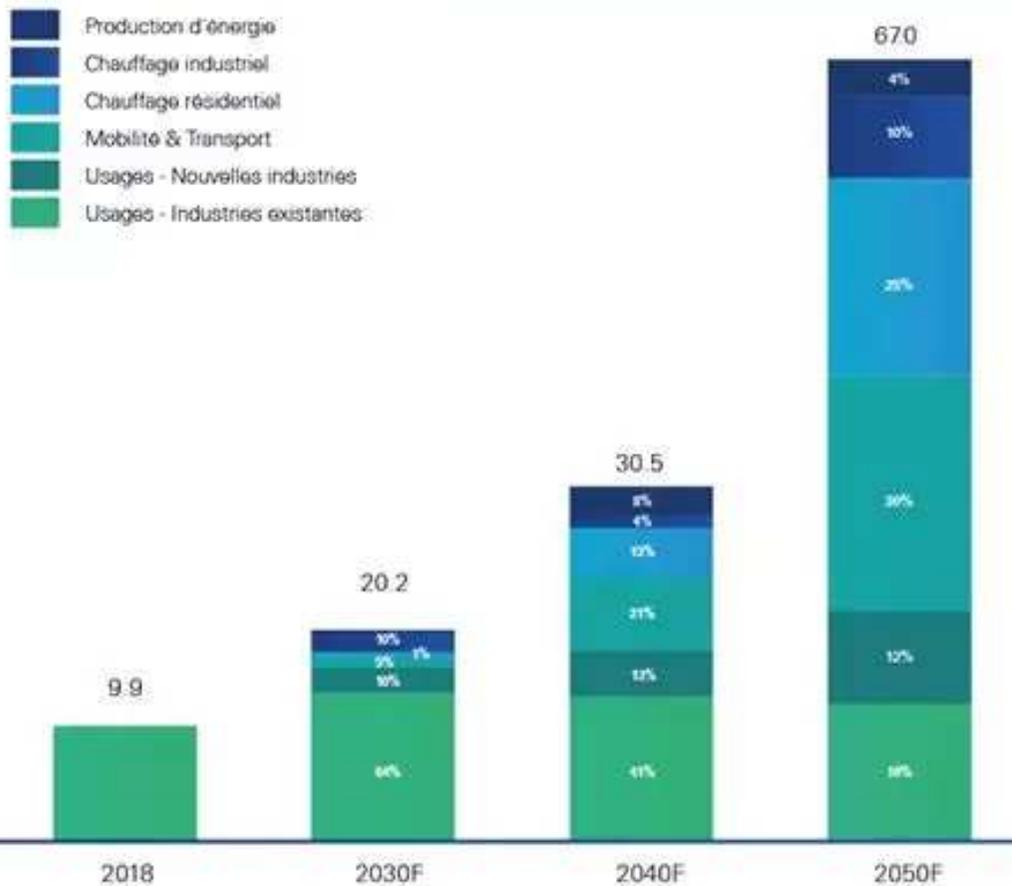
*Des **soutiens gouvernementaux** en augmentation, surtout en Europe et en Chine*

*De **forts investissements** de la part des grandes entreprises*

1.

ZOOM SUR LA DEMANDE EUROPÉENNE PAR SECTEUR

Demande d'hydrogène par secteur
million de tonnes, Europe, 2018-2050



<https://kpmg.com/fr/fr/blogs/home/posts/2021/11/hydrogene-decarbone-une-energie-d-avenir.html>

LA STRATÉGIE NATIONALE HYDROGÈNE 2020

Accompagner l'émergence de la filière hydrogène décarboné en France

En partenariat avec l'UE

Des moyens : 7 milliards d'euros pour construire une filière de l'hydrogène en France

Une ambition :

« positionner la France comme un leader mondial de l'hydrogène propre et développer une filière industrielle compétitive et durable »

LA STRATÉGIE NATIONALE HYDROGÈNE : PRIORITÉS

DECARBONER L'INDUSTRIE



Faire émerger une filière française de l'électrolyse

Décarboner l'industrie en remplaçant l'hydrogène carboné

MOBILITE LOURDE



Développer une offre de mobilité lourde

Mise en œuvre d'une stratégie territoriale de mutualisation des usages (industriels et transports)

SOUTENIR LA RECHERCHE



Soutenir la recherche et l'innovation (voir appels à projets)

Développer les compétences

Axes et objectifs :

1. Développement de l'hydrogène renouvelable et bas carbone :

- **Objectif** : Produire de l'hydrogène à partir de sources renouvelables (éolien, solaire) et bas carbone (électrolyse de l'eau utilisant de l'électricité décarbonée).
- **Investissements** : 7 milliards d'euros d'ici 2030, dont 2 milliards d'euros d'ici 2022.

2. Déploiement des applications industrielles :

- **Objectif** : Utiliser l'hydrogène pour décarboner les secteurs industriels tels que la chimie, la sidérurgie, et le raffinage.
- **Actions** : Soutenir des projets pilotes et des démonstrateurs industriels, encourager les partenariats public-privé.

3. Développement de la mobilité hydrogène :

- **Objectif** : Promouvoir l'utilisation de l'hydrogène dans les transports, notamment pour les véhicules lourds (camions, bus, trains).
- **Actions** : Financer des projets d'infrastructure, tels que des stations de recharge, et soutenir l'achat de véhicules à hydrogène.

4. Recherche, innovation et formation :

- **Objectif** : Soutenir la recherche et l'innovation pour améliorer les technologies de production, de stockage et d'utilisation de l'hydrogène.
- **Actions** : Financer des programmes de recherche, développer des formations spécialisées pour répondre aux besoins de la filière.

5. Structuration de la filière industrielle :

- **Objectif** : Créer une chaîne de valeur complète pour l'hydrogène en France, de la production à l'utilisation finale.
- **Actions** : Encourager la création de clusters industriels, soutenir les PME et les startups innovantes, favoriser les partenariats entre les acteurs de la filière.

6. Coopération européenne et internationale :

- **Objectif** : Collaborer avec d'autres pays européens et au niveau international pour développer des normes et des standards communs, et pour promouvoir l'hydrogène comme vecteur énergétique global.
- **Actions** : Participer à des projets européens, renforcer les alliances stratégiques avec d'autres pays leaders dans le domaine de l'hydrogène.

7. Cadre réglementaire et incitatif :

- **Objectif** : Mettre en place un cadre réglementaire favorable au développement de l'hydrogène, incluant des incitations financières et fiscales.
- **Actions** : Adapter les réglementations existantes, créer des mécanismes de soutien financier, tels que des subventions et des crédits d'impôt.

Installer une capacité de production électrolytique d'hydrogène bas-carbone de 6,5 GW en 2030 et de 10 GW en 2035.

**Déploiement en France de l'hydrogène décarboné et de ses infrastructures de transport : priorité au développement de hubs hydrogène Fos-sur-Mer, Dunkerque, Havre-Estuaire de la Seine, et Vallée de la chimie, et de leur connexion aux infrastructures de stockage
+ développements locaux pour les usages intensifs de mobilité**

Mécanisme de soutien de la compétitivité (4Md€ sur 10 ans) par rapport à l'H2 fossile

Accompagnement de la filière française dans son développement commercial à l'international

Flexibiliser notre système énergétique et développer des capacités de stockage

Accompagnement plus global : compétences, accès au foncier, délais des procédures, raccordement au réseau électrique, développement d'un cadre réglementaire complet et stable.

3. Usages H2

LE RECOURS À L'HYDROGÈNE

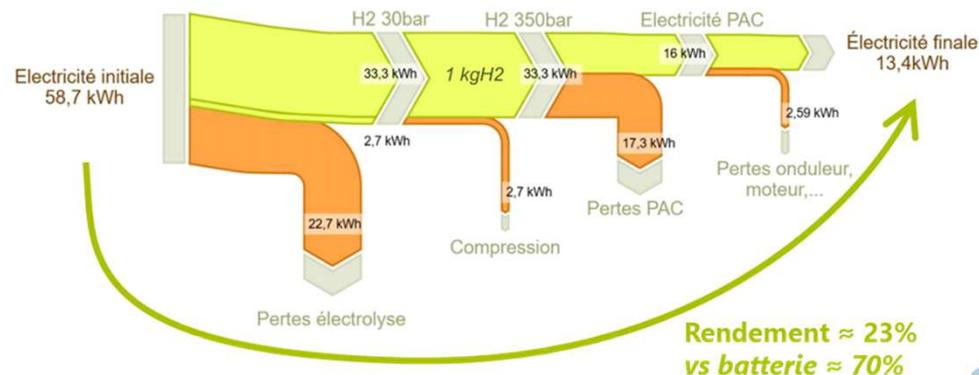
① L'hydrogène n'est **pas une source d'énergie primaire** → l'intérêt environnemental de son usage **dépend du mode de production choisi !**

② Il est primordial de n'**avoir recours à l'hydrogène** que lorsque **les solutions batteries ne répondent pas à l'usage** ou à ses contraintes d'exploitation (autonomie, charge utile, etc...)

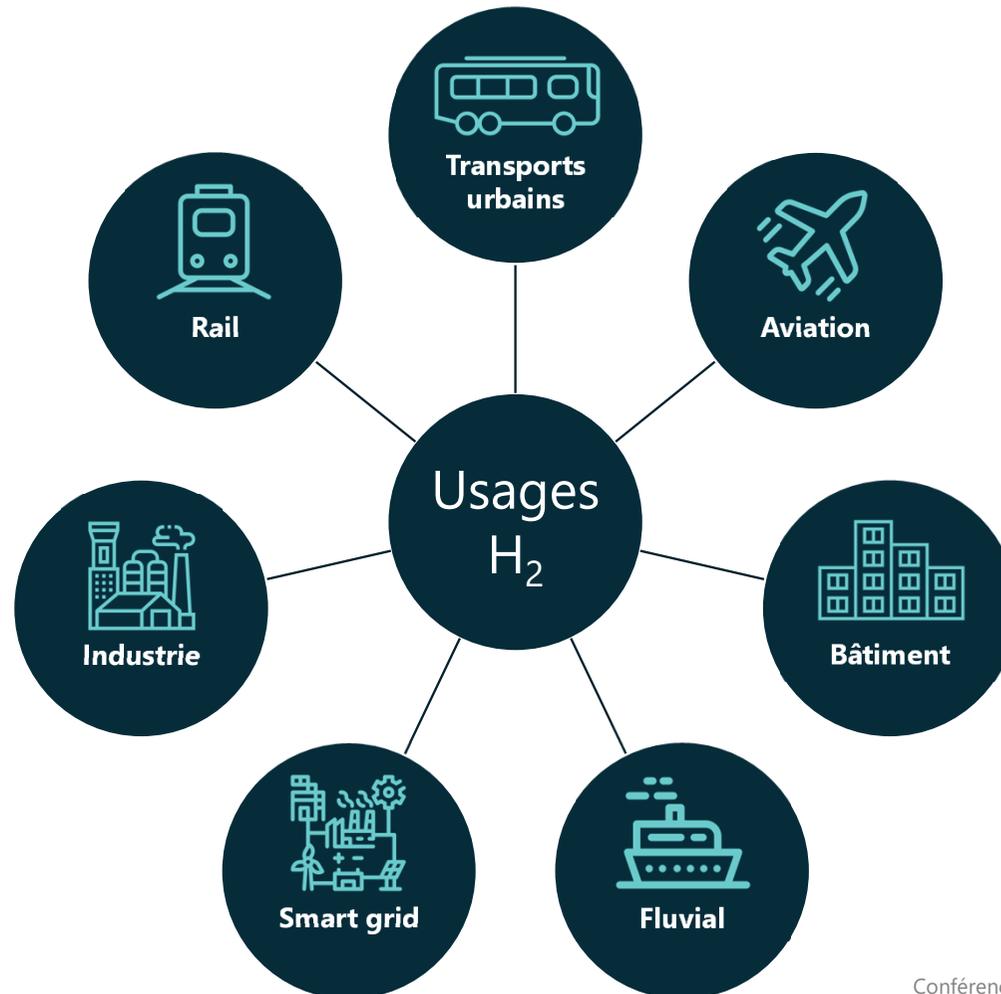
"POIDS CARBONE" ou quantité de gaz à effet de serre qu'a généré la fabrication d'1 kg d'H2 (source : Base carbone ADEME 2020)

Source		kgCO ₂ /kgH ₂	
Eau	Electrolyse	Electricité du mix réseau français	2,77
		Electricité éolienne	0,70
		Electricité photovoltaïque	2,58
		Electricité hydraulique	0,45
Gaz naturel	Vaporeformage	11,10	

DIAGRAMME DE SANKEY EXPRIMANT L'ENERGIE NECESSAIRE POUR PRODUIRE UN KG D'HYDROGENE PAR ELETROLYSE DE L'EAU AINSI QUE L'ENERGIE ELECTRIQUE RESULTANTE (SOURCE : ADEME)



PANORAMA DES USAGES



3. Usages H2

PANORAMA DES USAGES



Développement de **lignes ferroviaires décarbonées** (train, métro, tram) **sans infrastructures aériennes** (matériel roulant H₂)



Création de **dépôts avec station de recharge H₂** intégrées (rail, bus, tram)



Création d'**infrastructures publiques** de recharge H₂

Exploitation d'ouvrage (autoroute, aéroports) via des **équipements H₂ décarbonés**

Participation au **développement de l'avion à hydrogène** d'Airbus et des infrastructures au sol notamment

Hub énergétique à l'échelle du bâtiment / d'un quartier / d'un aéroport : d'une zone industrielle (production d'H₂ locale, lissage des pics de demande électrique via un stockage H₂, récupération de chaleur process pour le chauffage)

PANORAMA DES USAGES

Contribuer à rendre autonome les ouvrages via des **hubs énergétiques**, le stockage H₂ et la valorisation d'énergies fatales



Contribuer à la **conversion des bateaux / barges** à une mobilité H₂ en développant des stations de recharge dans les ports, le long des canaux

Oxygénation de l'eau stagnante derrière les barrages, écluses, etc... par **valorisation d'O₂** du process d'électrolyse



Participer à la **décarbonisation de l'industrie / de la Ville** par captation de CO₂ et synthèse de méthanol à partir d'H₂

Valoriser les calories perdues des industriels pour développer une filière de production d'H₂ par **électrolyse haute température**

3. Usages H2

PANORAMA DES USAGES



Développer des **circuits courts de production / utilisation d'H₂** à destination des industriels pour éviter le transport routier de l'H₂

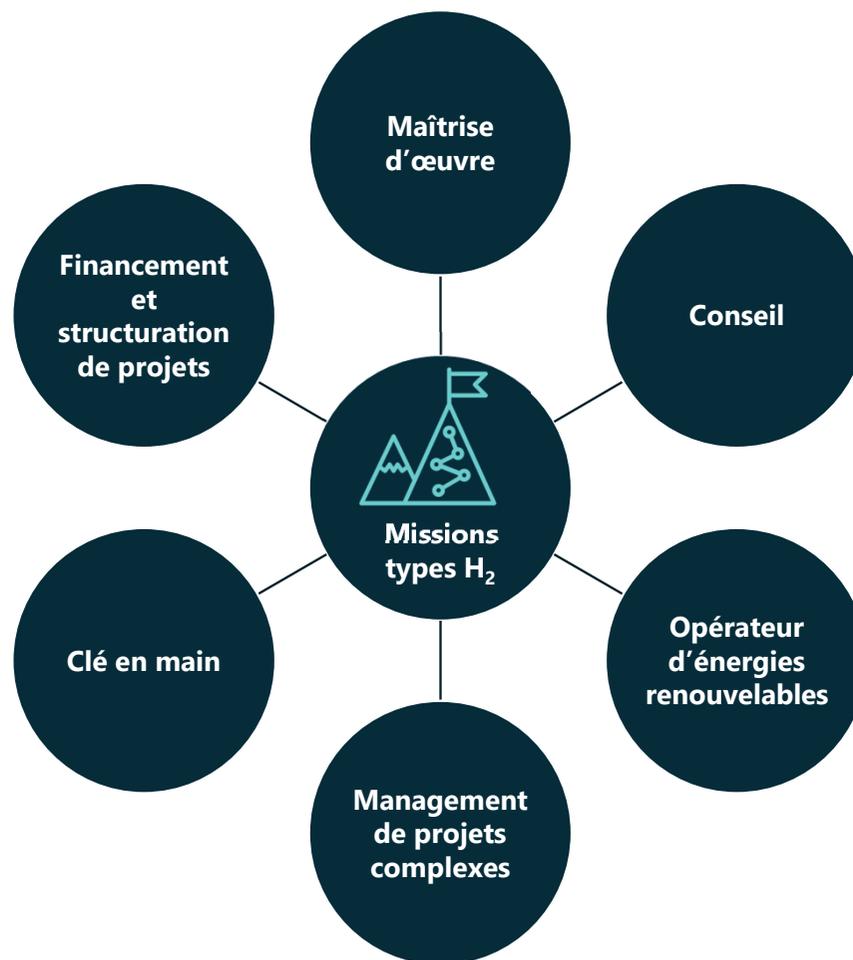
Développer **des réseaux de transport H₂** par *retrofit* de pipeline, création de nouveaux réseaux structurants



Création de **mini-réseaux à base de solaire et d'H₂** dans les pays où le manque de *base-load* empêche le développement d'énergies renouvelables

4. Cas concrets

LES MISSIONS D'EGIS SUR LES PROJETS HYDROGÈNE



4. Cas concrets

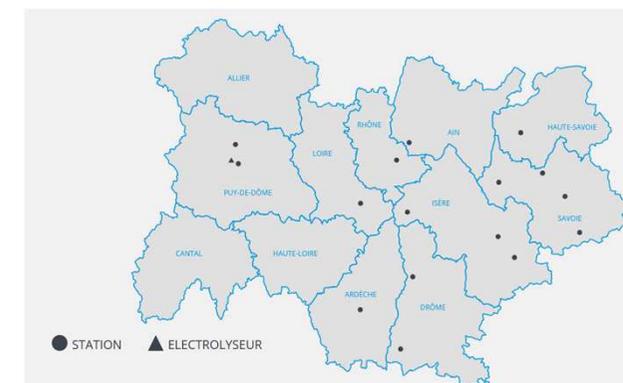
CAS D'APPLICATION 1 – HYMPULSION ZERO EMISSION VALLEY

Réseau de 18 stations de distribution d'hydrogène renouvelable en région AURA
+ 1 électrolyseur + 800 à 1100 véhicules

Gouvernance publique – privée +
Subventions européennes

Créer un marché viable en déployant la
production, le stockage, la distribution et les
véhicules (subventionnés)

Accompagnement contractuel et technique,
dialogue territorial



4. Cas concrets

CAS D'APPLICATION 2 - SYMBIO

Giga-factory production piles à Hydrogène

Assistance à Maîtrise d'ouvrage pour la construction d'une usine de production de piles à combustible dans la vallée de la Chimie

Achat d'un électrolyseur et pose sur site : production 2T/jour+ possibilité d'en ajouter 1T/j - Avec le traitement de l'eau, la compression, le stockage

Accompagnement achats-management contractuel, fonctionnel/technique



4. Cas concrets

QUELQUES RÉFÉRENCES H2 EGIS

– SYMBIO –

**GIGA-FACTORY
PRODUCTION PILES À
HYDROGÈNE**



Assistance à Maîtrise d'ouvrage pour la construction d'une usine de production de piles à combustible dans la vallée de la Chimie

– Communauté
Agglomération Pau
Béarn Pyrénées –
**STATION D'ÉPURATION DE
LESCAR**



Maîtrise d'œuvre intégrée des travaux de biométhanisation, production d'hydrogène et méthanation de la station d'épuration de Lescar.

– Sarawak Metro Sdn.
Bhd –

TRAMWAY À HYDROGÈNE



Construction du premier tramway propulsé grâce à l'hydrogène en Asie du Sud-Est avec préparation de l'appel d'offre pour l'acquisition du système à propulsion à hydrogène, expertise sur le matériel roulant, la signalisation, l'équipement du dépôt et la composante hydrogène du système

– Etat monégasque –

TOUR CARMELHA



Tour Carmelha, première tour en bois de la principauté monégasque équipée du procédé SMart Energy HUB conçu par la société Sylfen. Le système énergétique de la Tour met en œuvre un électrolyseur réversible pour stocker l'auto production des panneaux solaires photo voltaïques sous forme d'hydrogène et, de manière réversible, comme pile à combustible pour restituer électricité et chaleur.

– Hympulsion –

**RÉSEAU DE 20 STATIONS
HYDROGÈNE**



Assistance à Maîtrise d'ouvrage pour la contractualisation du projet de conception, construction et exploitation commerciale d'un réseau de 20 stations de recharge pour véhicules à hydrogène réparties sur le territoire de la Région Rhône-Alpes Auvergne.

RDV

L'ÉVÉNEMENT LEADER MONDIAL DE L'HYDROGÈNE

HYVOLUTION PARIS

LES 28, 29 ET 30 JANVIER 2025 | PARIS - PORTE DE VERSAILLES



Journées
Hydrogène
DANS LES
TERRITOIRES
12^{ème} édition
LYON 2025

SAVE THE DATE

Du 1^{er} au 3 juillet 2025 à Lyon
à l'Hôtel de Région

Organisées par :



France Hydrogène
Soutien pour la transition énergétique



La Région
Auvergne-Rhône-Alpes





Des questions?

Conférence ECAM
15 octobre 2024

Cloé CHEVRON
cloe.chevron@egis-group.com

LE RECOURS À L'HYDROGÈNE

Réponse à la question: combien de l d'eau pour produire 1T de H2?

L'alimentation minimale en eau d'un électrolyseur est de 0.8 l/Nm³ d'hydrogène produit. En pratique, la

valeur réelle est proche de 1 l/Nm³. L'eau introduite doit être la plus pure possible car les impuretés

demeurent dans l'équipement et s'accumulent au fil de l'électrolyse

Source : <https://s3.production.france->

hydrogene.org/uploads/sites/4/2021/11/Fiche_203.2.1_20-20Electrolyse_20de_20l_27eau_20rev_20Sept.202019-2_20ThA.pdf

Panorama des méthodes de production :

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/production-de-lhydrogene>

5. Q/R

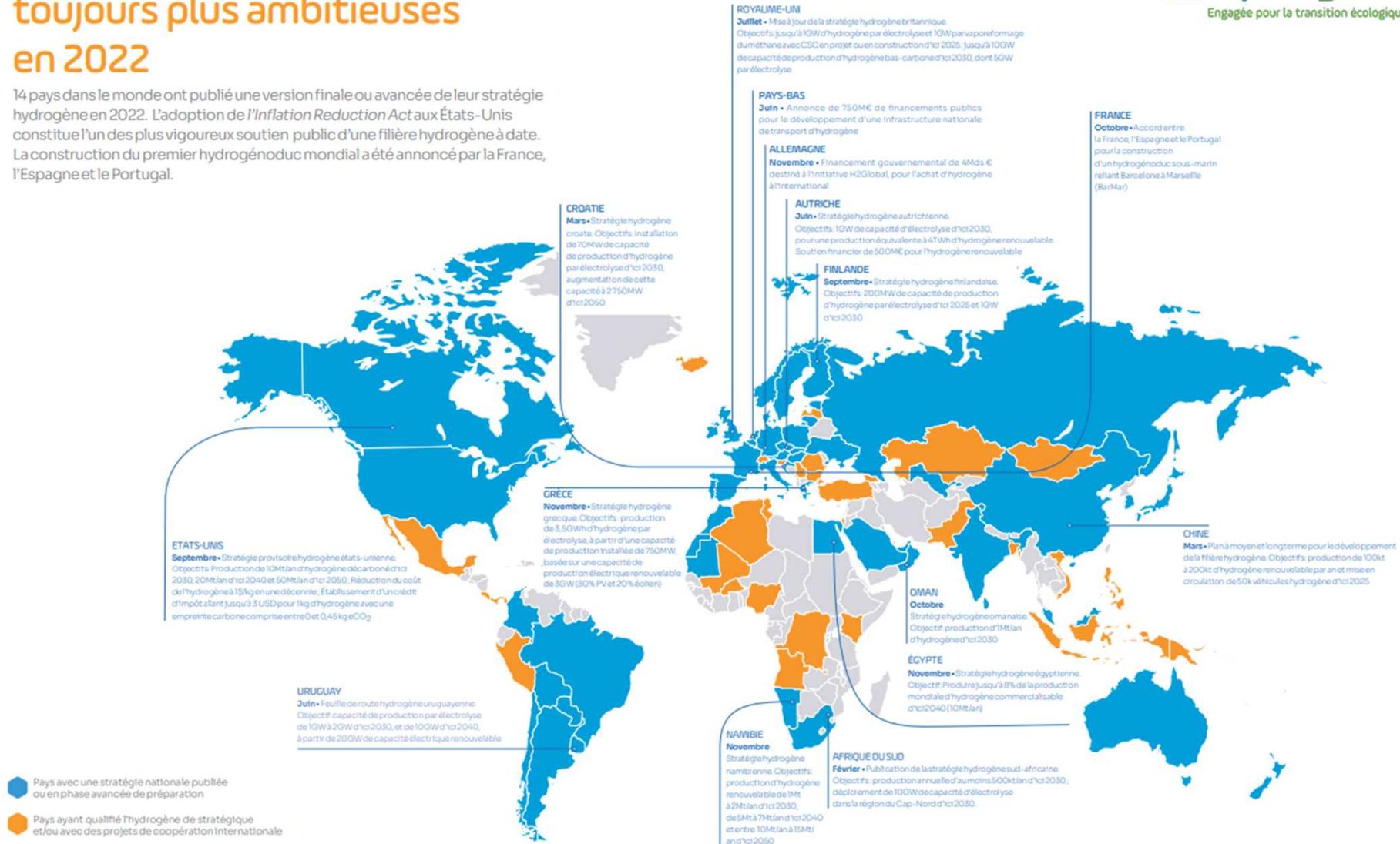
14 pays dans le monde ont publié une version finale ou avancée de leur stratégie hydrogène en 2022.

Source :

France Hydrogène

Monde : des politiques publiques toujours plus ambitieuses en 2022

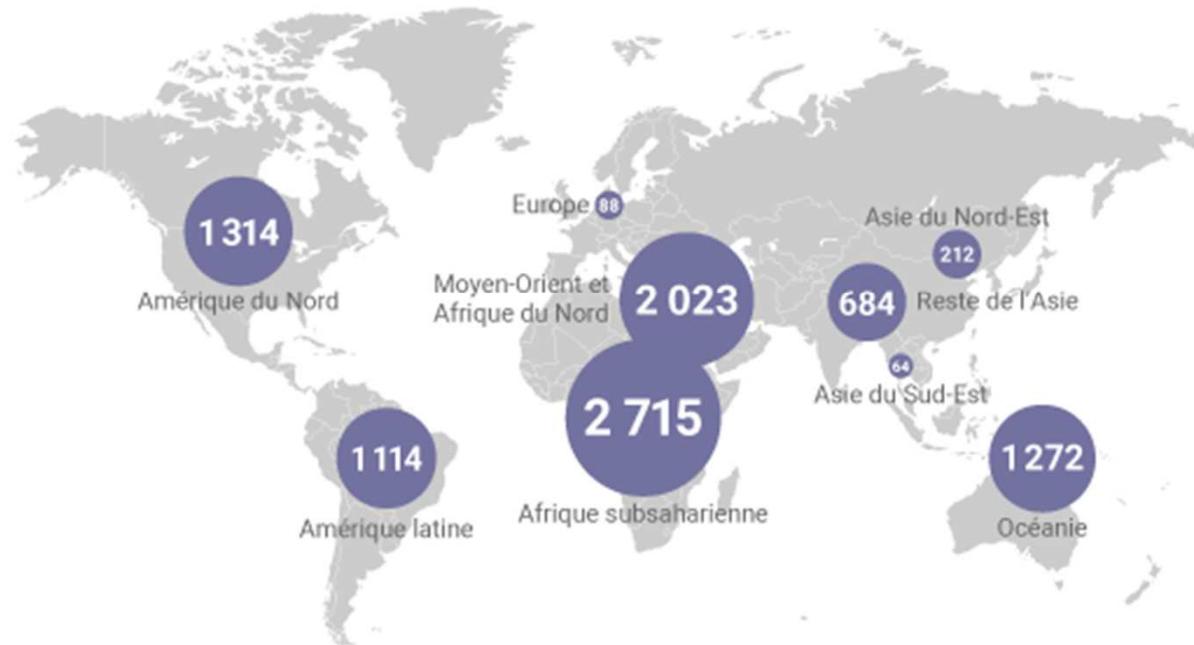
14 pays dans le monde ont publié une version finale ou avancée de leur stratégie hydrogène en 2022. L'adoption de l'*Inflation Reduction Act* aux États-Unis constitue l'un des plus vigoureux soutien public d'une filière hydrogène à date. La construction du premier hydrogénéoduc mondial a été annoncé par la France, l'Espagne et le Portugal.



PRODUCTION H2 RENOUVELABLE

Potentiel de production H2 renouvelable

Monde Répartition du potentiel technique de production d'hydrogène « vert » à moins de 1,5 \$/kg en 2050 selon les prévisions de l'Irena



Données en EJ (1 EJ = 10¹⁸ J)

Connaissance des Énergies | Source : Irena

APPLICATIONS CONCRÈTES

Exemples

Reportage comportant des exemples d'application :

<https://www.arte.tv/fr/videos/100300-082-A/arte-regards-l-hydrogene-l-energie-du-futur/>

**Véhicules disponibles réseau AURA
Hympulsion :**

<https://hympulsion.com/vehicules/>