

L'HYDROGÈNE EN SEINE-ET-MARNE, VECTEUR DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET D'INDUSTRIALISATION ?

Séminaire du **Club Hydrogène Île-de-France** et de la **Communauté départementale pour la transition énergétique en Seine-et-Marne**
Mardi 8 novembre 2022



Objectifs du séminaire

- **Accompagner la montée en compétence** des élus et agents des collectivités aux enjeux de l'hydrogène en Seine-et-Marne et son articulation avec les **politiques énergie climat** ;
- Introduire la **dynamique Seine-et-Marnaise** via des présentations **d'acteurs engagés** ;
- Présenter **les cadres de soutien** aux initiatives ;
- **Échanger entre les membres des deux réseaux** pour favoriser des synergies.

 Les présentations seront diffusées sur le site de l'AREC

Ordre du jour

Mot d'accueil

- **Jean-Paul Garcia Robin**, Maire de **Gretz-Armainvilliers**

L'hydrogène renouvelable et bas-carbone, quels potentiels et stratégies ?

- Introduction du séminaire : qu'est-ce que l'hydrogène ?
 - **Thomas Hemmerdinger**, Chargé de projet transition énergétique et économie circulaire, Coordinateur du Club Hydrogène Île-de-France, **AREC ÎdF**
- La stratégie hydrogène de la Région Île-de-France et les cadres de soutien
 - **Véronique Charbeaux**, Chef de projet énergie climat, référente hydrogène, **Région Île-de-France**

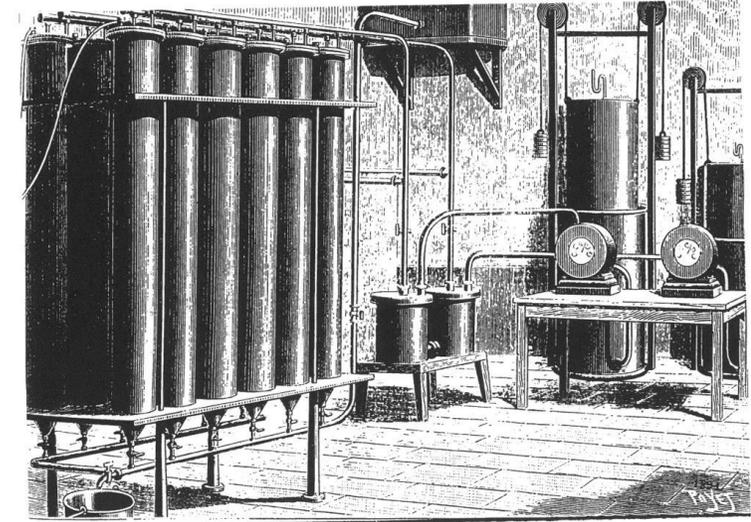
Quels acteurs et dynamiques de projet en Seine-et-Marne ?

- Le potentiel hydrogène en Seine-et-Marne, retour sur l'étude du SDESM et perspectives
 - **Gérald Gallet**, Directeur général des services, **SDESM 77**
- Des collectivités engagées dans le développement d'écosystèmes hydrogène :
 - **Yann Dubosc**, Maire de **Bussy-Saint-Georges**, accompagné de **Sébastien Le Quoy**, Directeur énergie et transition énergétique, **Groupe One Point**
 - **Gérard Geneviève**, Maire de **Poligny** et Délégué aux Energies renouvelables de la **Communauté de communes Gatinais Val-de-Loing**
- Des acteurs économiques engagés dans la filière hydrogène :
 - **Magali Kochanek**, Ingénieur recherche, Responsable de la plateforme de test d'électrolyseurs des Renardières, **EDF Lab**, accompagnée de **Jacques Ghisgant**, Développeur Île-de-France, **Hynamics**
 - **José Taborda**, Directeur commercial, **Top Industrie**
 - **Jean-Christophe Beziat**, responsable affaires publiques, **Hyvia** et **Laurent Copin**, Responsable commercial, **PVI**

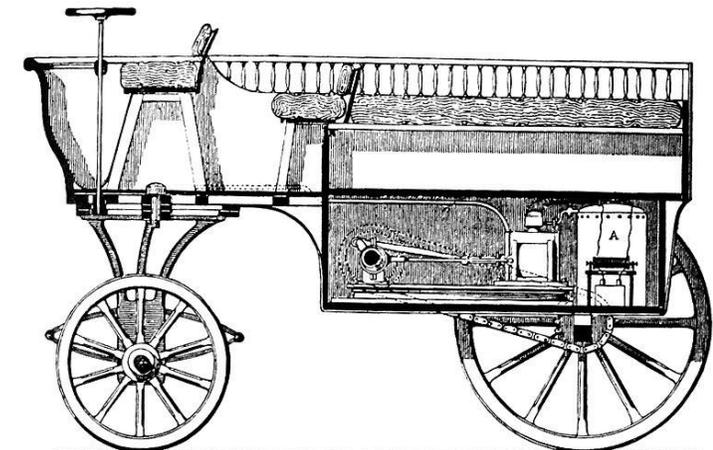
Visite de PVI

1 - Qu'est-ce que l'hydrogène ?

- Élément chimique le plus :
 - ✓ **Petit** (masse moléculaire de 1)
 - ✓ **Répandu** : 70% de la planète, présent dans 92% des molécules, dans 10% du corps humain
- La forme exploitable est le **gaz di-hydrogène** H₂
- **Massivement produit ou co-produit** à des fins industriels (usage « matière », usage « énergie » faible)
- Découvert au 15^{ème} siècle par Paracelse « air comme un souffle » dans l'eau, 1766 par Cavendish et 1783/1787 par Lavoisier, nommé *Hydro-gène* (engendre l'eau et fils de l'eau)
- **Incolore, inodore, non corrosif, inflammable, explosif**
- **Des découvertes** : électrolyse par Faraday en 1834, pile à combustible en 1839



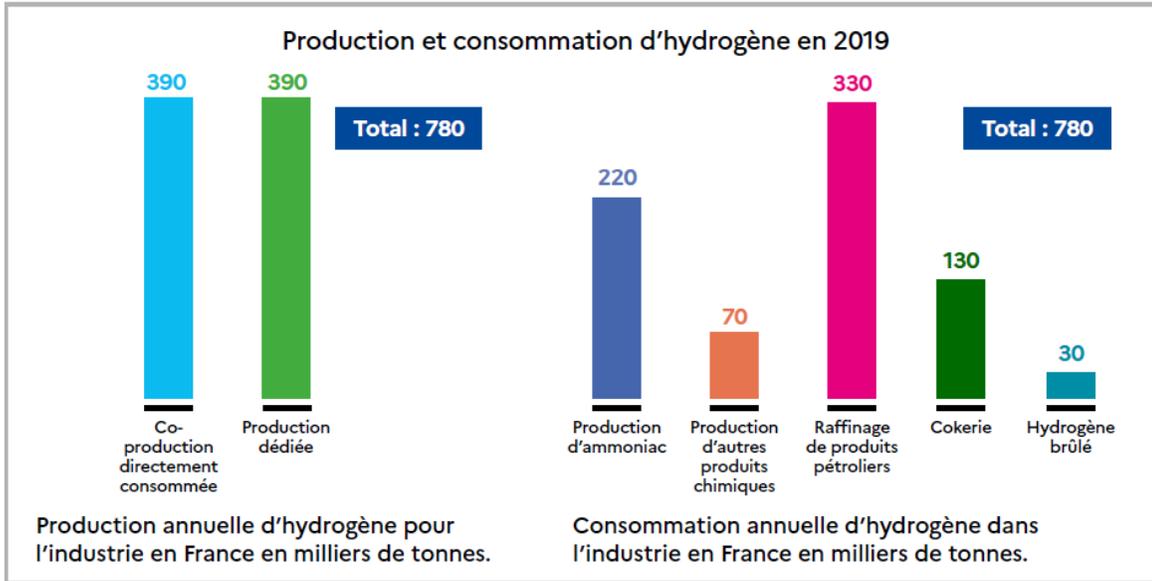
LE PREMIER ATELIER DE PRODUCTION D'HYDROGENE PAR ELECTROLYSE DE L'EAU
Electrolyseurs Renard. Chalais Meudon - 1890.



L'Hippomobile, voiture mue par une machine du système Lenoir.
Trajat Paris -> Joinville le Pont. 16/06/1860.

2 – Qui consomme de l'hydrogène ?

780 000 tonnes consommés en France en 2019 (880 000 tonnes en 2020)



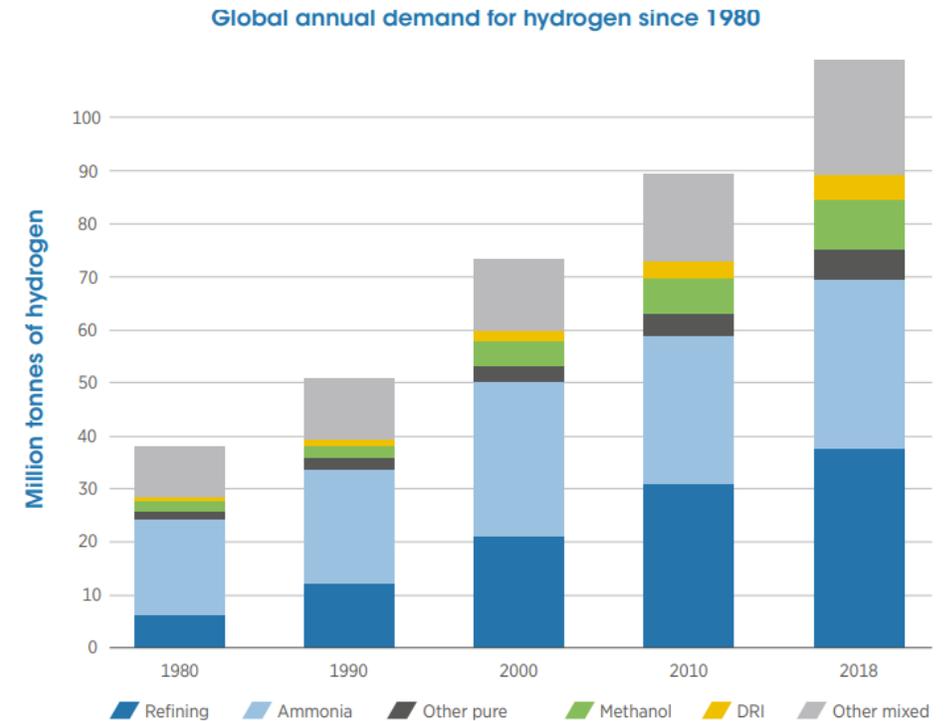
En 2020, seul 5% de l'hydrogène produit en France est décarboné

Grandpuits (77) : un des grands sites producteurs et consommateurs d'H₂ en France (ex. raffinerie TotalEnergies et usine d'engrais Borealis)

La mobilité = un usage anecdotique pour le moment (très inférieur à 1%)

94 millions de tonnes dans le monde en 2021, en augmentation continue

Figure 1: Hydrogen use trends, 1980 to 2018

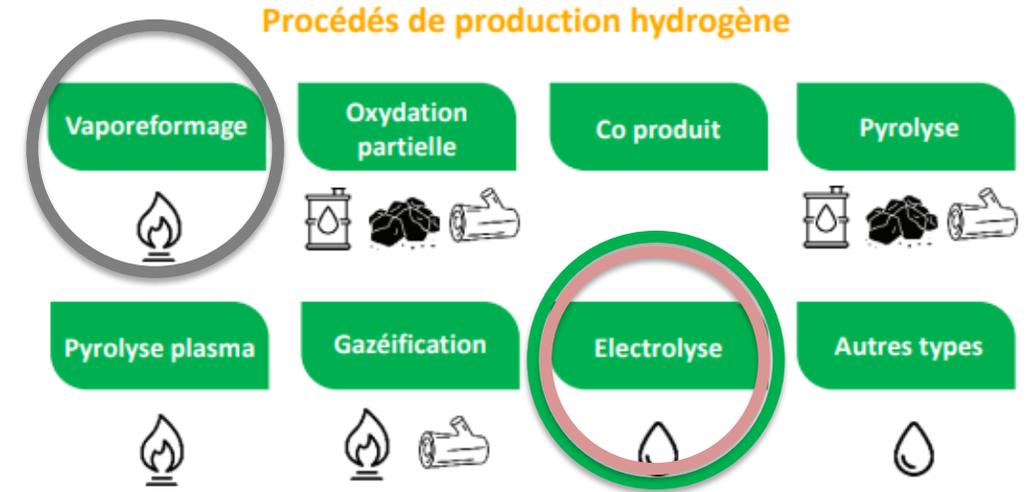


Source: IEA, 2019

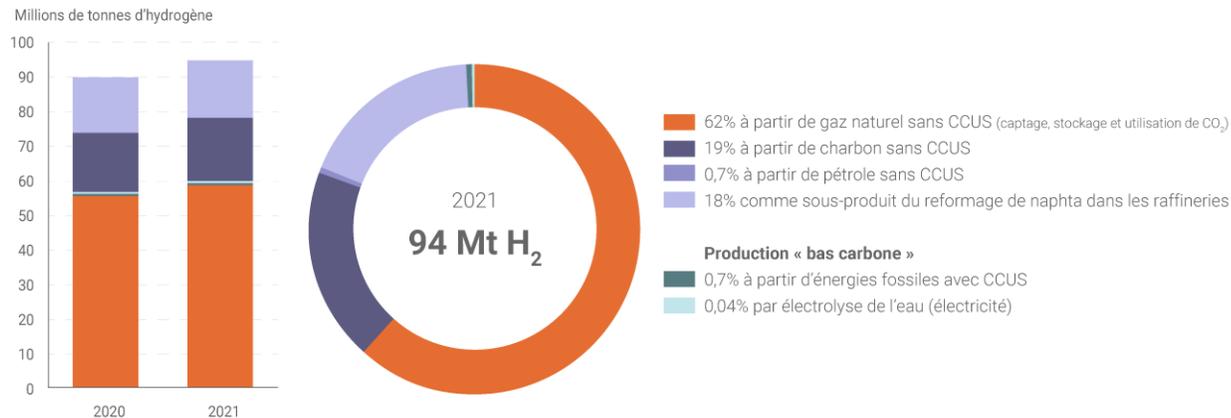
3 – Comment produit-on l'hydrogène ?

L'H2 un gaz issu :

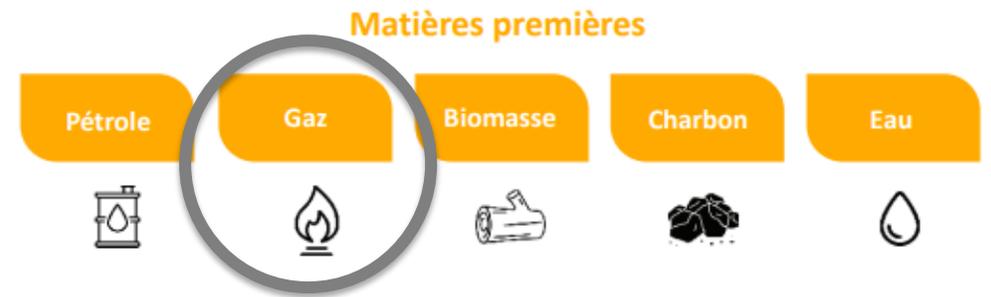
- de l'extraction de hydrogène de sources ou matières premières qui en contiennent (eau H₂O, sources fossiles gaz hydrocarbures et charbon, biomasse telle que le bois, biogaz...)
- grâce à un apport d'énergie (électricité, chaleur...)
- De gisements naturels à partir de cycles biogéochimiques (prospection et recherche en cours)



Hydrogène Sources de production dans le monde en 2020 et 2021



Connaissance des Énergies | Source : Source : Global Hydrogen Review 2022, AIE, septembre 2022.



95% H2 provient des énergies fossiles

4 – Qu'est-ce que sont les types d'hydrogène ?

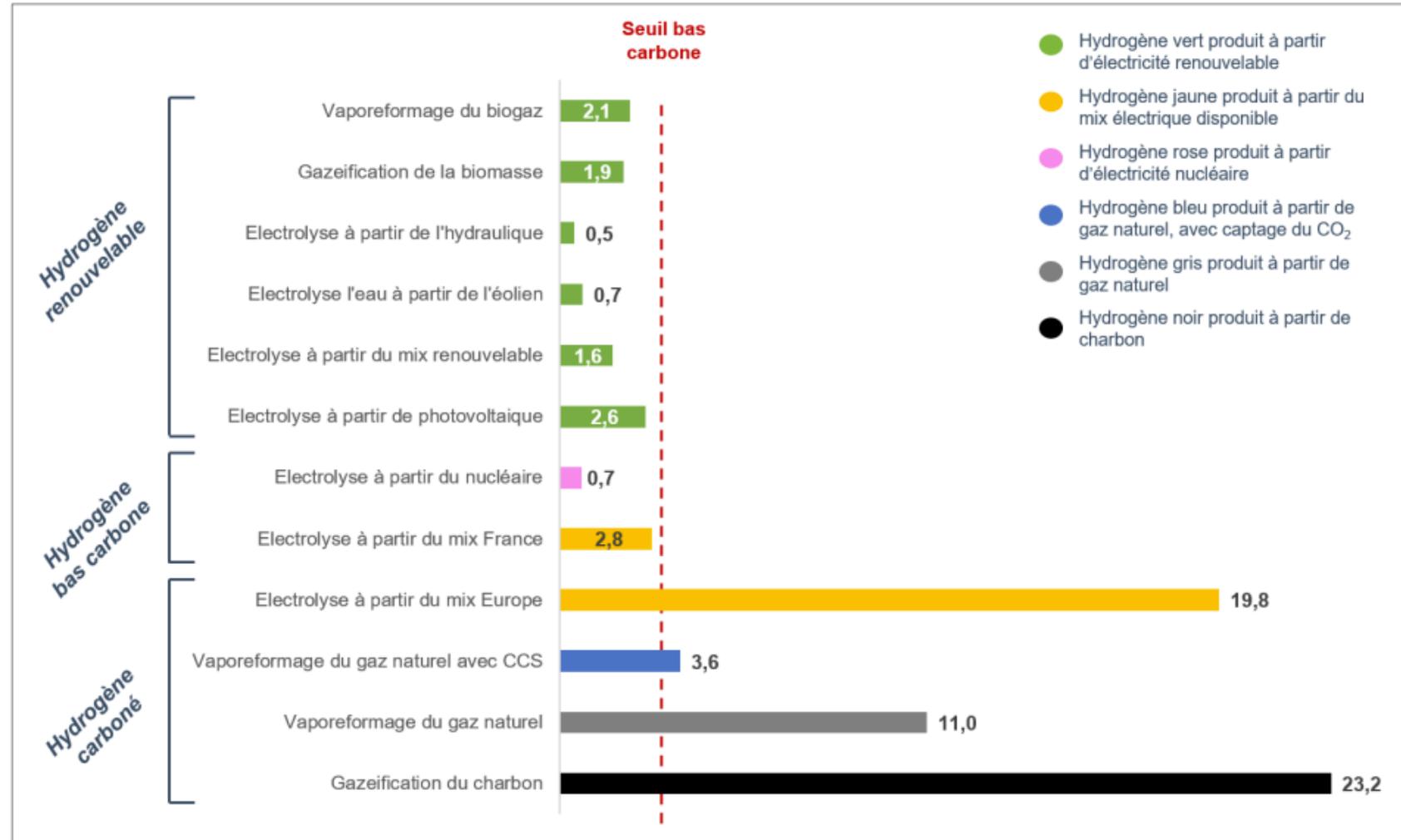
France : Ordonnance 2021-167 du 17/02/2021 définissant différentes catégories d'H₂ :

- Hydrogène renouvelable
- Hydrogène bas carbone
- Hydrogène carboné
- Hydrogène coproduit

Europe : valeur seuil pour être considéré comme de l'hydrogène bas-carbone = 3 kg CO₂/kg H₂

Transport routier de l'H₂ : ajoute des kgCO₂ / kg d'H₂

Emissions de CO₂ par Tonne d'hydrogène produit (en tCO₂/ tH₂)



Sources : Base Carbone ADEME / PPE 2019 / JRC – Etude WTT 2021

5 – Où produit-on l'hydrogène ?



Plateforme industrielle (énergies, chimie) de Port-Jérôme sur Seine
Au premier plan, dépôt pétrolier et raffinerie d'ExxonMobil
Au second plan à droite, unité SMR d'Air Liquide (avec installation CCUS Cryocap™
– 100 000 T CO₂ / an)

- Plateformes pétro-chimiques, sur site ou à proximité immédiate
- Fortes émissions de CO₂ (10 à 11 kg CO₂/ kg H₂, estimées à **3 % des émissions de GES de la France**)
- Coût de production 1,5 € / kg H₂, le plus économique (hors compression, conditionnement, transport, **prix du gaz naturel** et **prix du CO₂**)
- Transporté via des hydrogénoducs vers les sites consommateurs ou par camions



6 – L'hydrogène énergie, pourquoi ?

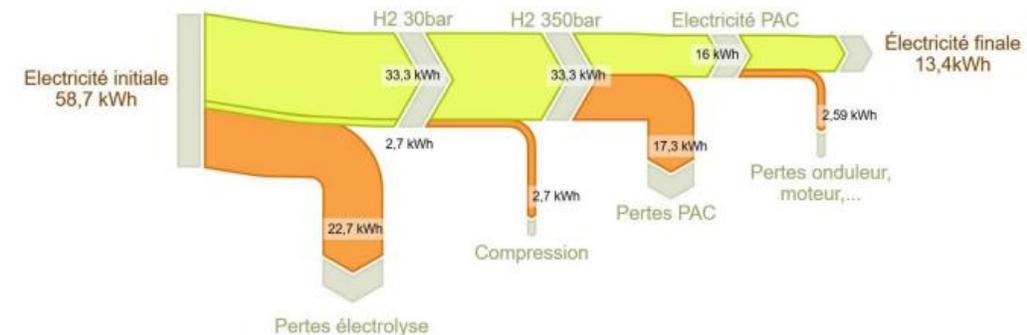
□ L'hydrogène

- Deux usages énergétiques : **pile à combustible (PAC)** pour produire de l'électricité, **moteur à combustion interne** ou **réacteur**
- **pas de CO₂ pas de particule**, uniquement de la chaleur et de l'eau à l'utilisation (avec la PAC)
- **Forte densité énergétique : 33 kWh/kg d'H₂** soit 2,5 fois plus que le gaz naturel et 3 fois plus que le pétrole
- **Faible densité volumique** : utilisé sous forme de **gaz comprimé** (350 à 700 bar), refroidi et **liquéfié** (-253°) ou stocké sous forme **solide** (hydrures métalliques...) ou **dérivé** (ammoniac, LOHC, méthanol, e-fuels)
- **Vecteur énergétique** (moyen de transférer de l'énergie)
- Des usages **actuels** faibles et une massification attendue
- **Rendement de la chaîne hydrogène faible**, à considérer en fonction des cas d'usages



Association d'hydrogène liquide (28T) et d'oxygène liquide (162T) pour lancer la fusée Ariane 5

De l'énergie nécessaire pour produire un kg d'hydrogène à l'énergie électrique finale disponible



Source : Ademe

Rendement de la chaîne énergétique hydrogène

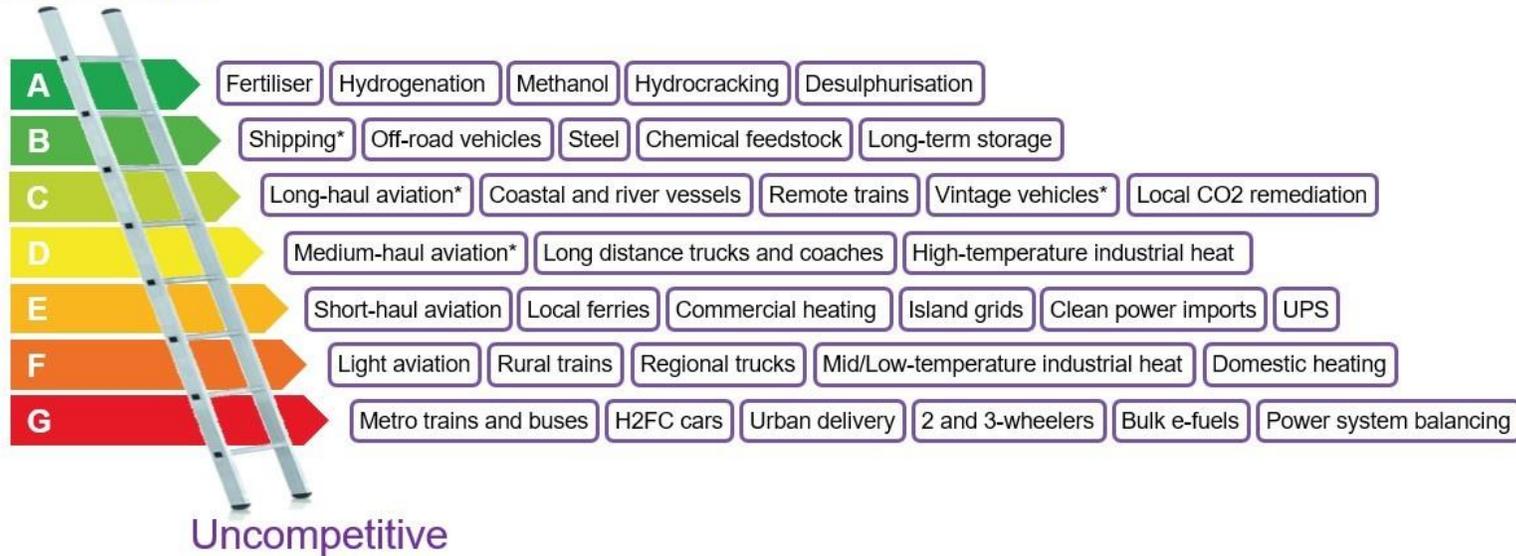
© Ademe

7 - Quels sont les meilleurs usages de l'hydrogène ?

L'hydrogène **indispensable** pour certains cas, mais **non compétitif** dans d'autres.

Les **cas d'usages** vont déterminer la **pertinence**, en particulier pour les **mobilités** (autonomie, infrastructures d'avitaillement, durée de recharge, charge utile, systèmes embarqués dans les véhicules, climat, relief...)

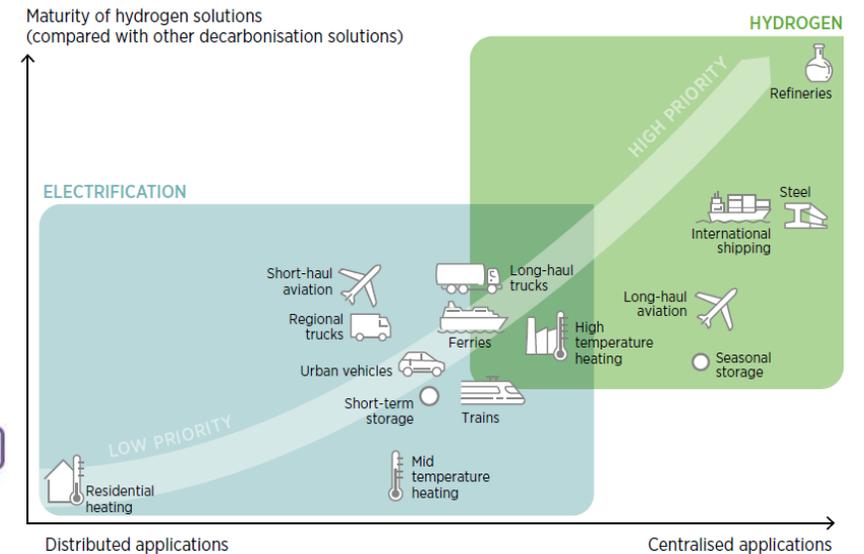
Unavoidable



* Via ammonia or e-fuel rather than H2 gas or liquid

Source: Liebreich Associates (concept credit: Adrian Hiel/Energy Cities)

Sources: IRENA (forthcoming-b).



8 - Quels sont les enjeux de l'hydrogène ?

□ Développer une production d'H2 renouvelable et bas carbone plus compétitive

- Par l'augmentation des énergies renouvelables électriques (éolien, photovoltaïque, hydraulique) dans le mix énergétique
- Par le déploiement massif de l'électrolyse de l'eau et des procédés bas carbone, dans deux logiques : des **écosystèmes territoriaux** (~1-10/50 MW) et par des **zones industrielles bas carbone** (~50-400 MW)
- Par l'accélération de l'industrialisation des équipements de la filière H2 (IPCEI) : électrolyseurs, stations, PAC, réservoirs...

□ Développer les usages de l'H2 renouvelable et bas carbone pour :

• La décarbonation de l'industrie :

- ✓ Usages existants : fabrication ammoniac et engrais, méthanol, (bio)raffinerie, nanomatériaux, verre...
- ✓ Nouveaux usages industriels : aciéries (DRI + four électrique), cimenteries, molécules de synthèse, chauffage industriel haute température

• La décarbonation de la mobilité lourde et intensive

- **Le stockage et la production d'électricité** (stockage intersaisonnier ENR), **stationnaire** (data centers, générateurs électrogènes H2, alimentation à quai des navires...)

□ Utiliser l'H2 vert comme vecteur énergétique (Power-to-gas, conversion du CO2 + H2 en méthane, injection réseau)

9 Et en Île-de-France ?

Le contexte francilien :

Consommation énergétique : 212 TWh (2017)
(35% gaz, 28% pétrole, 30% électricité)

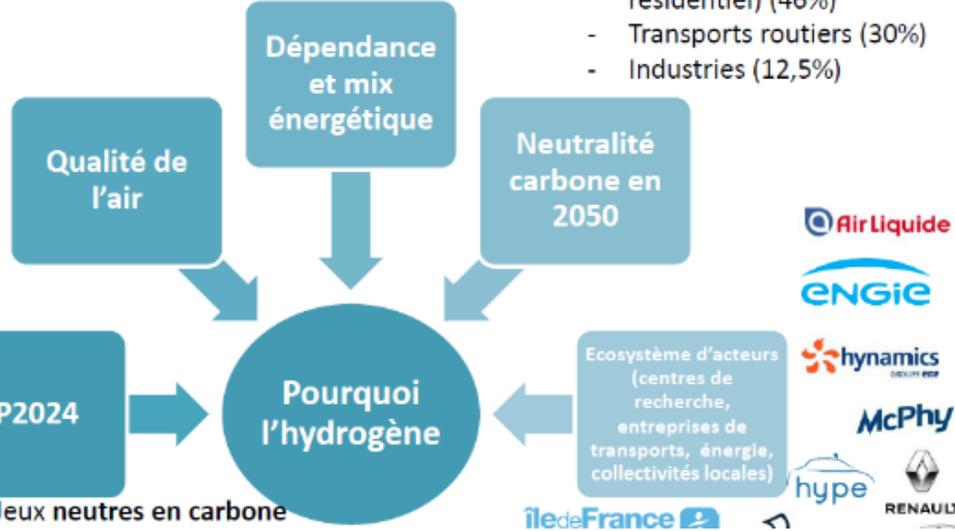
- Production EnRR locale : 14,4 TWh (2017)
(biomasse, chaleur et électricité renouvelable et de récupération, ...)
- Développement EnRR
(méthanisation, solaire PV, chaleur individuelle et collective, bois énergie, ...)

Équilibre entre les sources d'émissions de GES et les puits de carbone

- 3 grands secteurs à décarboner (% émissions GES) :
- Bâtiments (tertiaire + résidentiel) (46%)
 - Transports routiers (30%)
 - Industries (12,5%)



2 Zones à faibles émissions (ZFE)
Limitation de circulation des véhicules Crit'Air 4 et 5 en juin 2021
-> Tous les véhicules thermiques en 2030



Source : Club Hydrogène Île-de-France, AREC – mars 2021

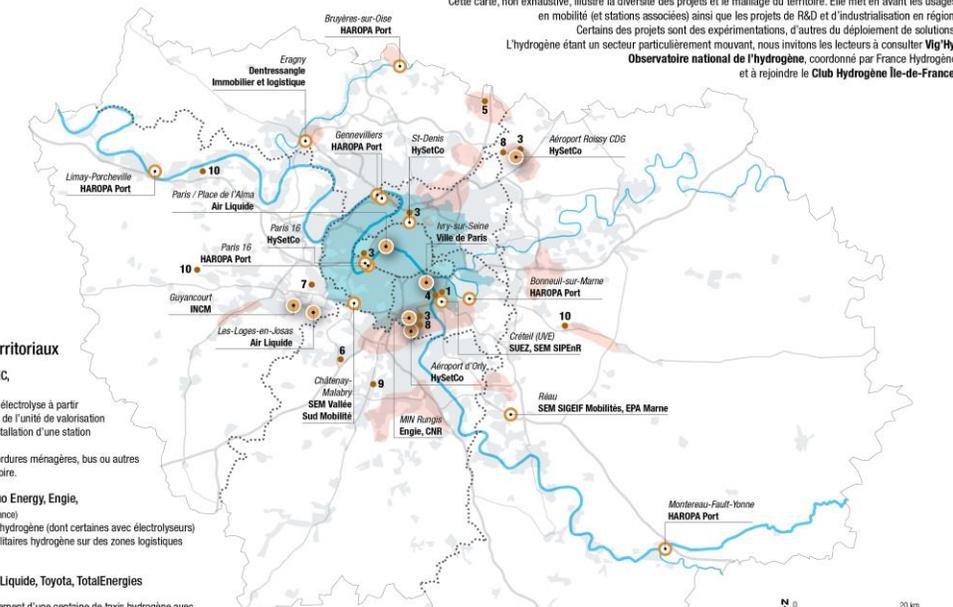
Une ambition mobilité régionale :

	2020	2025	2030	2050
Nombre de véhicules légers	680	6 300	16 000	1 125 000
Nombre de véhicules lourds	2	1 000	2 500	37 000
Nombre de stations publiques et privées	10 stations publiques	18 stations publiques 14 stations privées	35 stations publiques 15 privées	300 stations publiques 50 privées
Volume d'hydrogène distribué	0,4 kt/an (gaz)	7 kt/an (gaz)	16 kt/an (gaz et liquide)	350 kt/an (gaz et liquide)
Puissance installée d'électrolyseur	4 MW	75 MW	165 MW	3 000 MW

Source : « Ambition hydrogène décarboné 2050 » SIPHEREC, ADEME Île-de-France, Ville de Paris et Région Île-de-France, 2020

PANORAMA DES PROJETS HYDROGÈNE EN ÎLE-DE-FRANCE

Cette carte, non exhaustive, illustre la diversité des projets et le maillage du territoire. Elle met en avant les usages en mobilité (et stations associées) ainsi que les projets de R&D et d'industrialisation en région. Certains des projets sont des expérimentations, d'autres du déploiement de solutions. L'hydrogène étant un secteur particulièrement mouvant, nous invitons les lecteurs à consulter **Mig'Hy, Observatoire national de l'hydrogène**, coordonné par France Hydrogène et à rejoindre le **Club Hydrogène Île-de-France**.



Les projets hydrogène territoriaux

- 1 • H2 Créteil / SIPHEREC, SIPHER, Suez (Créteil, 94)**
Production d'hydrogène par électrolyse à partir d'électricité de récupération de l'unité de valorisation énergétique de Créteil et installation d'une station de distribution.
Usages pour des bennes à ordures ménagères, bus ou autres véhicules utilitaires du territoire.
- 2 • Last Mylène IDF / Akvo Energy, Engie, SIGEIF Mobilités (Île-de-France)**
Déploiement de 17 stations hydrogène (dont certaines avec électrolyseurs) et de flottes de véhicules utilitaires hydrogène sur des zones logistiques en Île-de-France.
- 3 • HySetCo / HYPE, Air Liquide, Toyota, TotalEnergies (Île-de-France)**
Expérimentation puis déploiement d'une centaine de taxis hydrogène avec des premières stations à l'occasion de la COP21. Objectif à court terme de 700 taxis et stations associées de plusieurs centaines de kilos par jour, dont certaines avec production d'hydrogène par électrolyse.
- 4 • FenHyx / GRTgaz (Aulnay-sous-Bois, 93)**
- 5 • H2 Hub Airport / Région IDF, Choose Paris Region, Groupe ADP, Air Liquide**
- 6 • H2 Hub Airport / Région IDF, Choose Paris Region, Groupe ADP, Air Liquide**
- 7 • H2 Hub Airport / Région IDF, Choose Paris Region, Groupe ADP, Air Liquide**
- 8 • AMI H2 Hub Airport / Région IDF, Choose Paris Region, Groupe ADP, Air Liquide**

10 – L'hydrogène, sevrage des énergies fossiles ou continuité ?

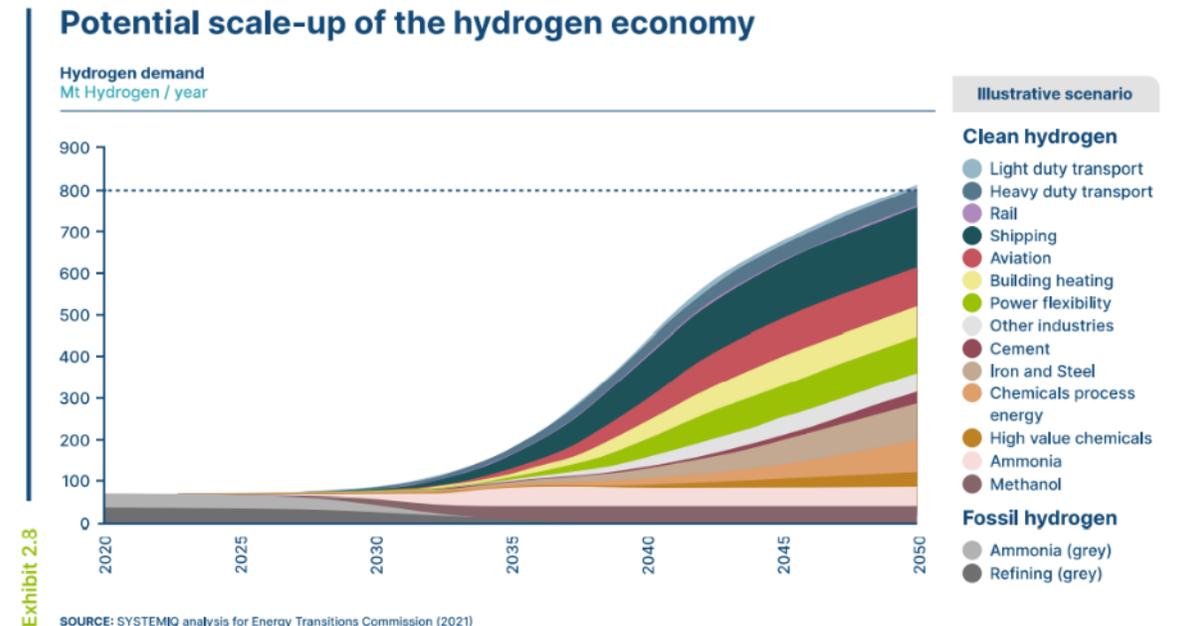
Une vision française et européenne

Avec des **stratégies** nationales et des **gigafactories**

- **équipements** (électrolyseur, pile à combustible, réservoir...) (IPCEI H2)
- **production massive d'H₂ et infrastructures sur des zones industrielles bas-carbone** ([AAP ZIBAC](#), IPCEI Hy2Use...)
-> entre **50 et 400 MW**
- **écosystèmes territoriaux hydrogène** (prod/distrib/usages) (AAP écosystèmes territoriaux hydrogène ADEME, aides région...)
-> entre **1 et 10/50 MW**
- **En priorité production domestique** (importations prévues également en partie)
- *Hard to abate sectors* : **substitution charbon** (acier), **gaz** (industrie), **pétrole** (mobilités)

Vers une géopolitique de l'hydrogène ?

- **Pays exportateurs / importateurs**
- En fonction des **coûts locaux de l'électricité renouvelable et bas-carbone**
- **viabilité du transport maritime d'H₂ ou dérivé ?**
- **Une croissance très forte attendue**



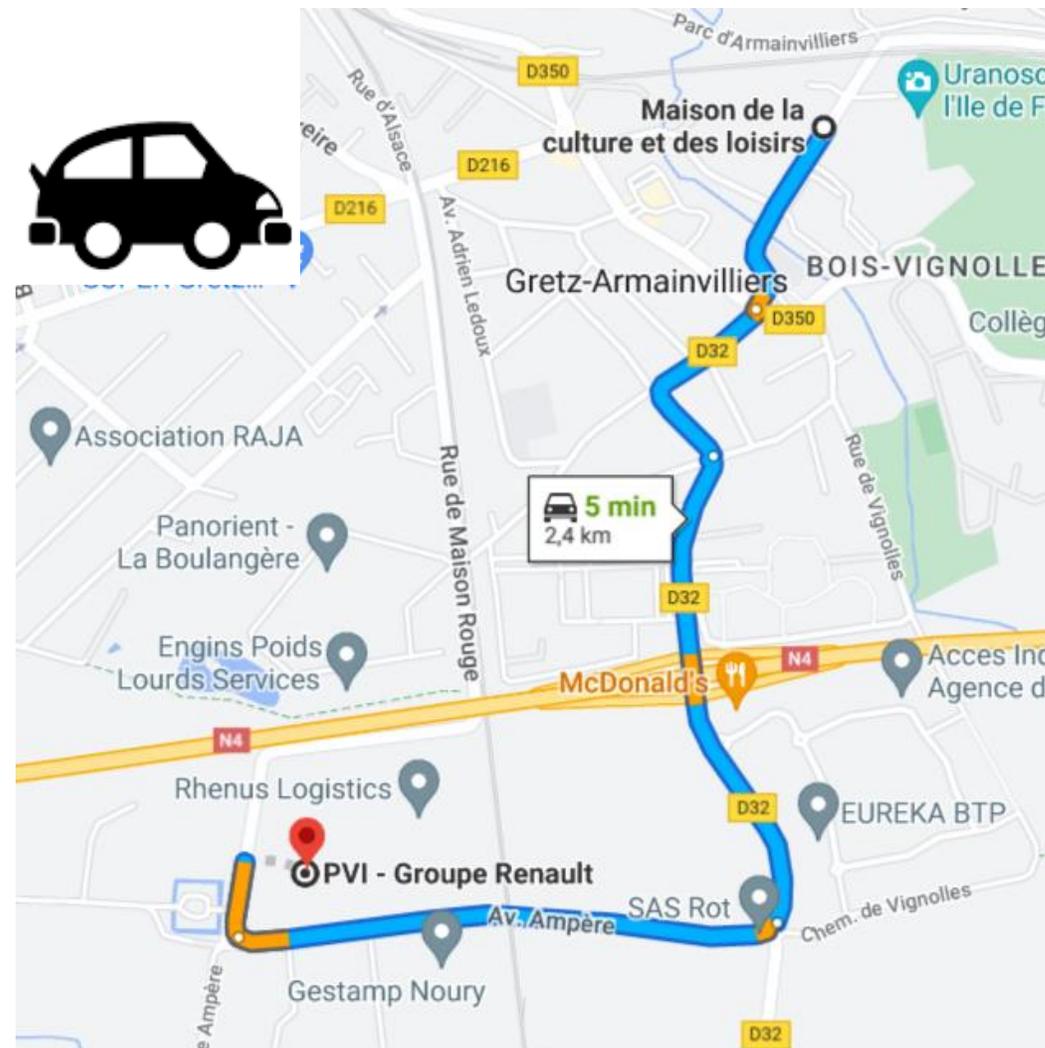
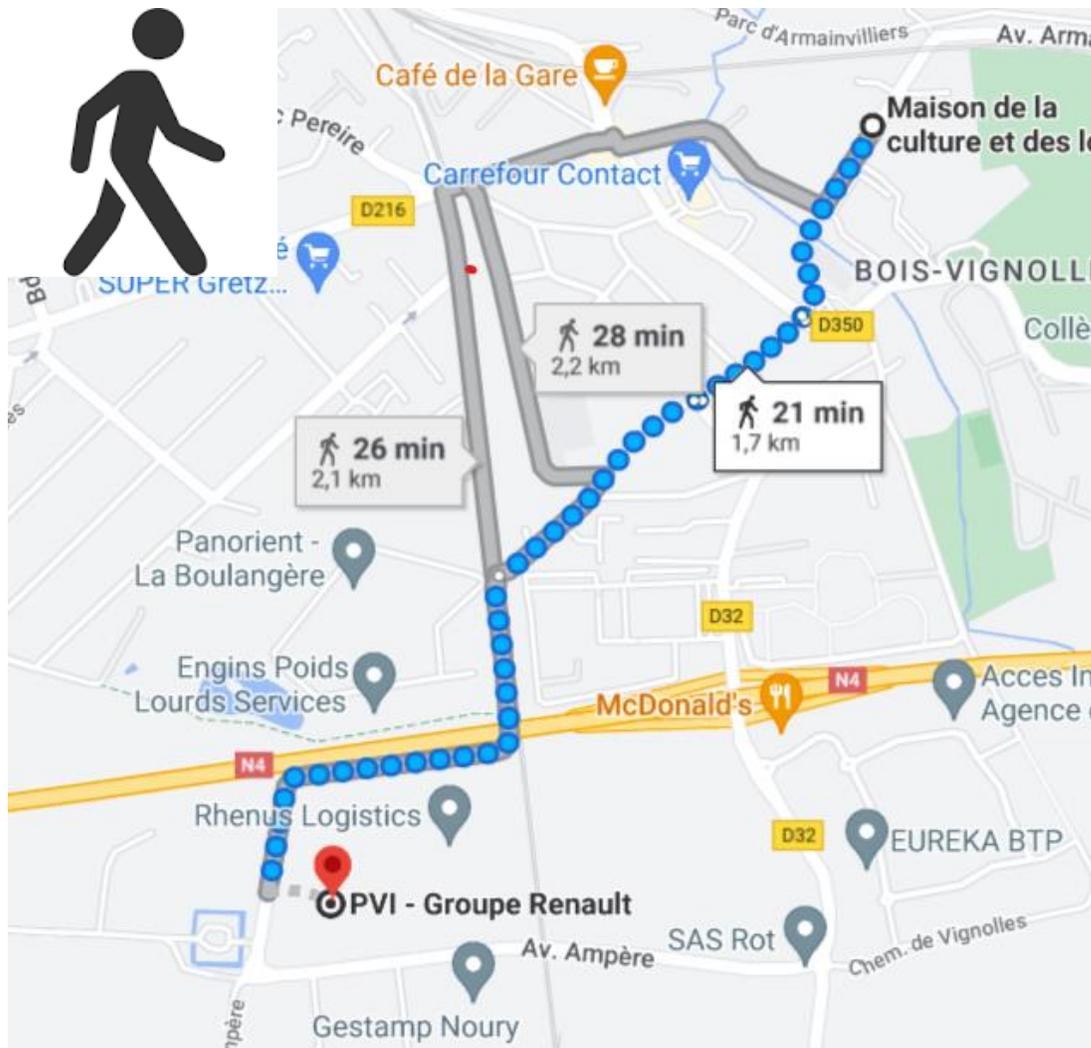
Visite PVI

Consignes

- **Répartition en 2 groupes de 20 personnes maximum, accompagnés de membres de la CDTE et de PVI et Hyvia**
- **Port d'EPI pour la visite intérieur**
- **Transfert des EPI entre les deux groupes entre extérieur / intérieur**
- **Covoiture fortement encouragé**

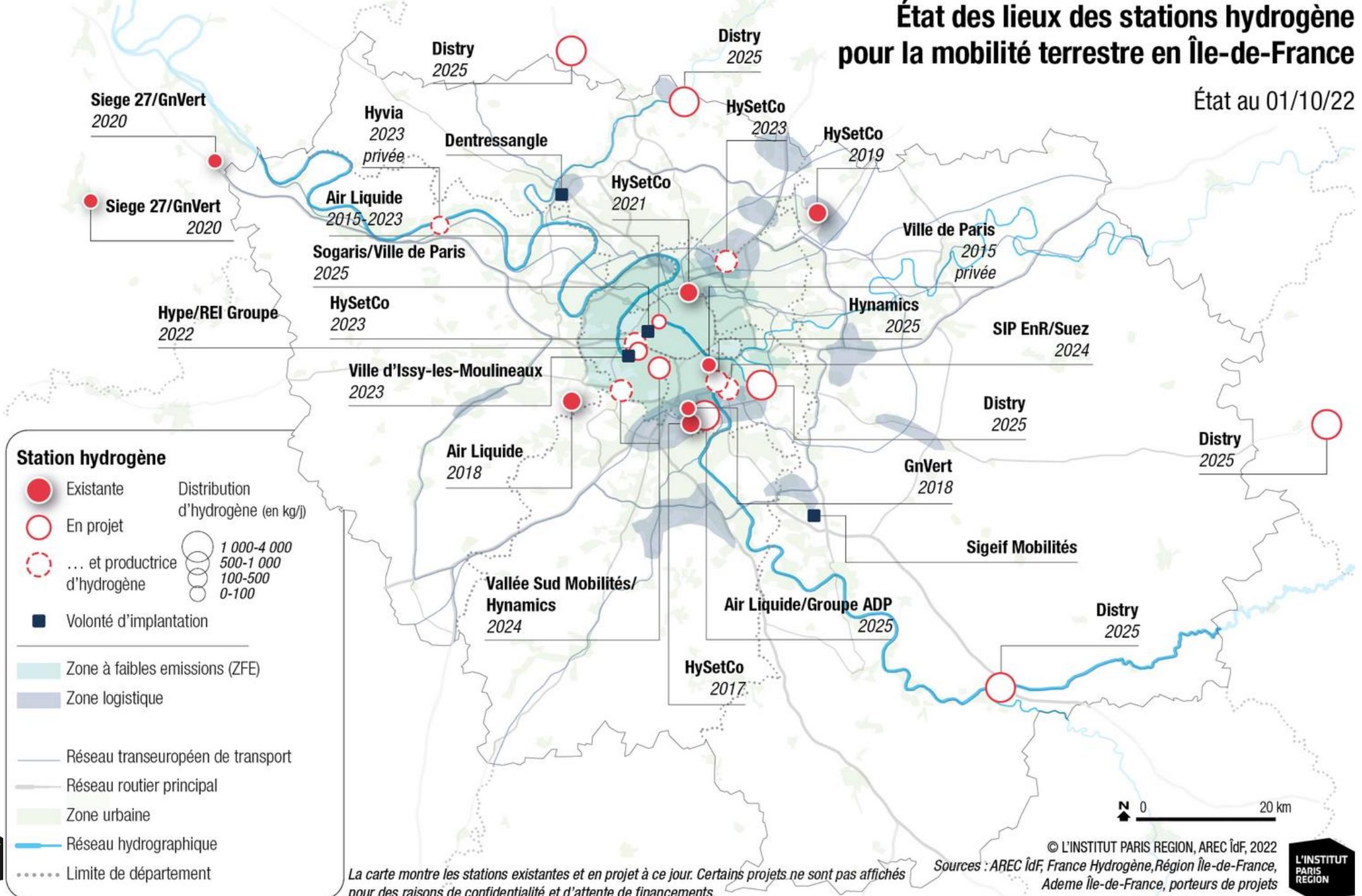
Visite PVI

PVI - Groupe Renault
Rue de Maison Rouge, 77220 Gretz-Armainvilliers



État des lieux des stations hydrogène pour la mobilité terrestre en Île-de-France

État au 01/10/22



La carte montre les stations existantes et en projet à ce jour. Certains projets ne sont pas affichés pour des raisons de confidentialité et d'attente de financements.

© L'INSTITUT PARIS REGION, AREC ÎdF, 2022
Sources : AREC ÎdF, France Hydrogène, Région Île-de-France, Ademe Île-de-France, porteurs de projets

Quelles réglementations pour la filière hydrogène ?

Cadre réglementaire



Fabrication –
Rubrique ICPE : 3420



Stockage –
Rubrique ICPE : 4715



Utilisation –
Rubrique ICPE : 1416

La rubrique 3420 : si quantité non industrielle ———> possibilité de non déclaration
Analyse au cas par cas par la DRIEAT (repère ± 6 MW)

La rubrique 1416 : Distribution d'hydrogène (gazeux) ———> *adapté aux véhicules terrestres*
Modifications pour les projets temporaires et la logistique fluviale : fin 2021

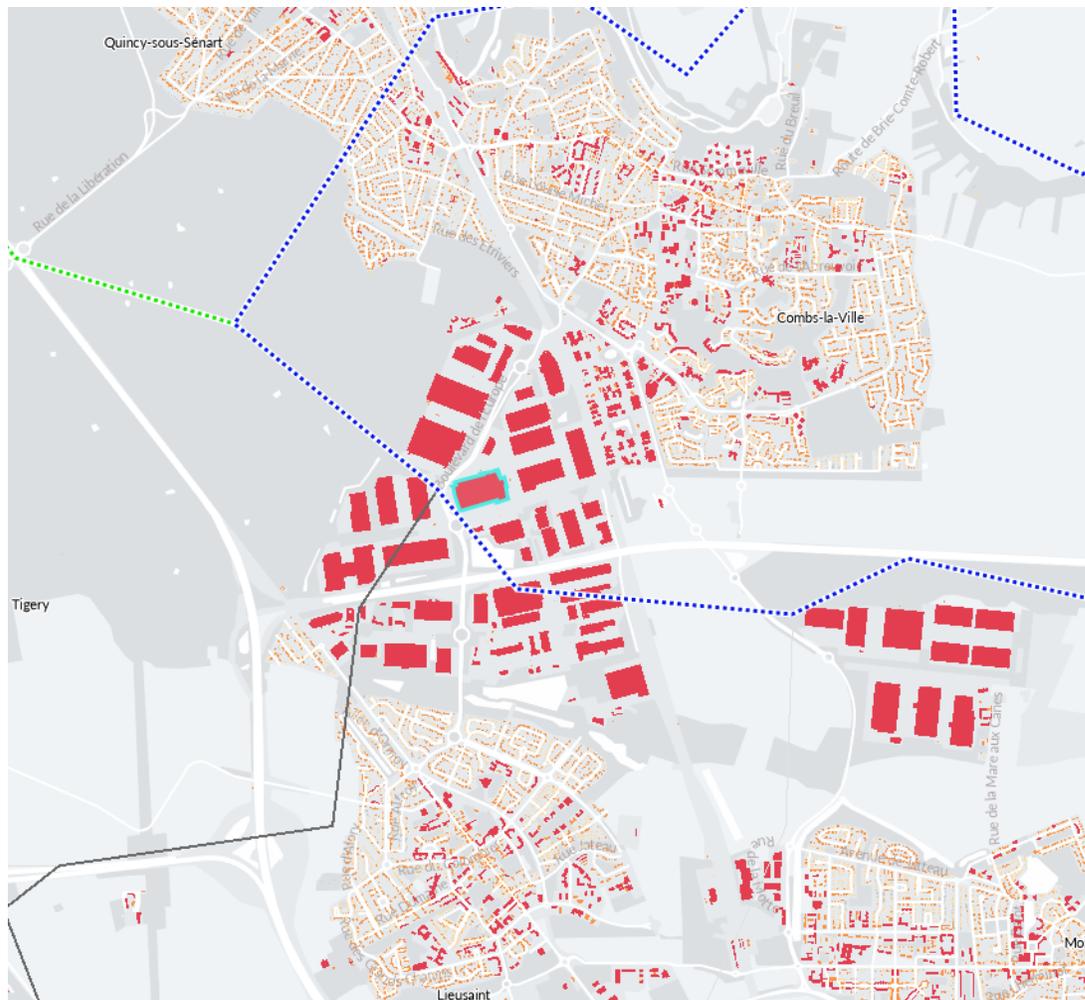
La rubrique 4715 : Régime NC < 100 kg < D < 1t < A
Difficile de changer la limitation à cause du principe de non-régression

Spécificité francilienne

Densité très forte ; foncier limité

————> Pose la question des distances d'éloignement au sein de l'installation

Des outils à destination des collectivités et des franciliens



Gisement solaire de la plateforme logistique de Sénart

GISEMENT SOLAIRE DES TOITURES FRANCILIENNES

Combs-la-Ville | Grand Paris Sud Seine Essonne Sénart

Le territoire Situation au bâtiment

Cet onglet présente du gisement solaire à l'échelle du bâtiment, à la fois en m², nombre de panneaux installables et en MWh. Il donne également à voir sur la typologie et les caractéristiques du bâti. Pour plus de précisions méthodologiques et éléments de définition, nous vous invitons à consulter le document mis à disposition dans l'onglet Aide.

NATURE DU BÂTIMENT

Occupation majoritaire Entrepôts logistiques

© INSTITUT PARIS REGION, Occupation du sol 2017

Type de bâtiment Bâtiment industriel

© IGN, BD TOPO 2017

POTENTIEL DU BÂTIMENT

Surface utile (en m²) 31 683

Equivalent panneaux 2 à 9 10 à 50 plus de 50

Type d'installation pertinente thermique ou photovoltaïque

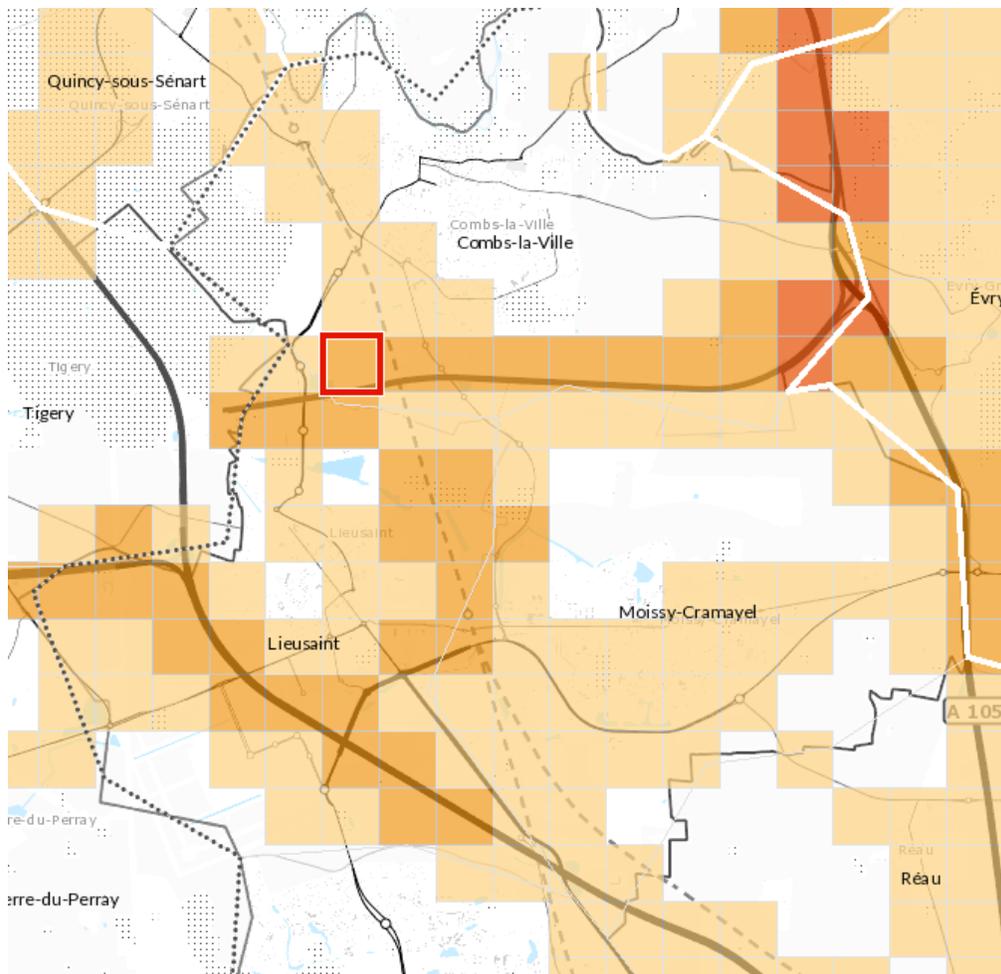
Forme évaluée du toit du bâtiment Plat

Irradiation moyenne sur la surface utile (kWh/m².an) 1 226

Production potentielle (kWh/an) 3 540 093



Des outils à destination des collectivités et des franciliens



CUMUL DE NUISANCES ET POLLUTIONS ENVIRONNEMENTALES

À la maille Territoire & Population

La maille sélectionnée fait partie de la commune de Combs-la-Ville

Surface de la maille concernée par type de nuisance :

Pollution de l'air



Bruit



Pollution des sols



Pollution de l'eau



Pollution industrielle



Soit 2 type(s) de nuisance(s) sur 5.

[Cumul des nuisances et pollutions environnementales](#)