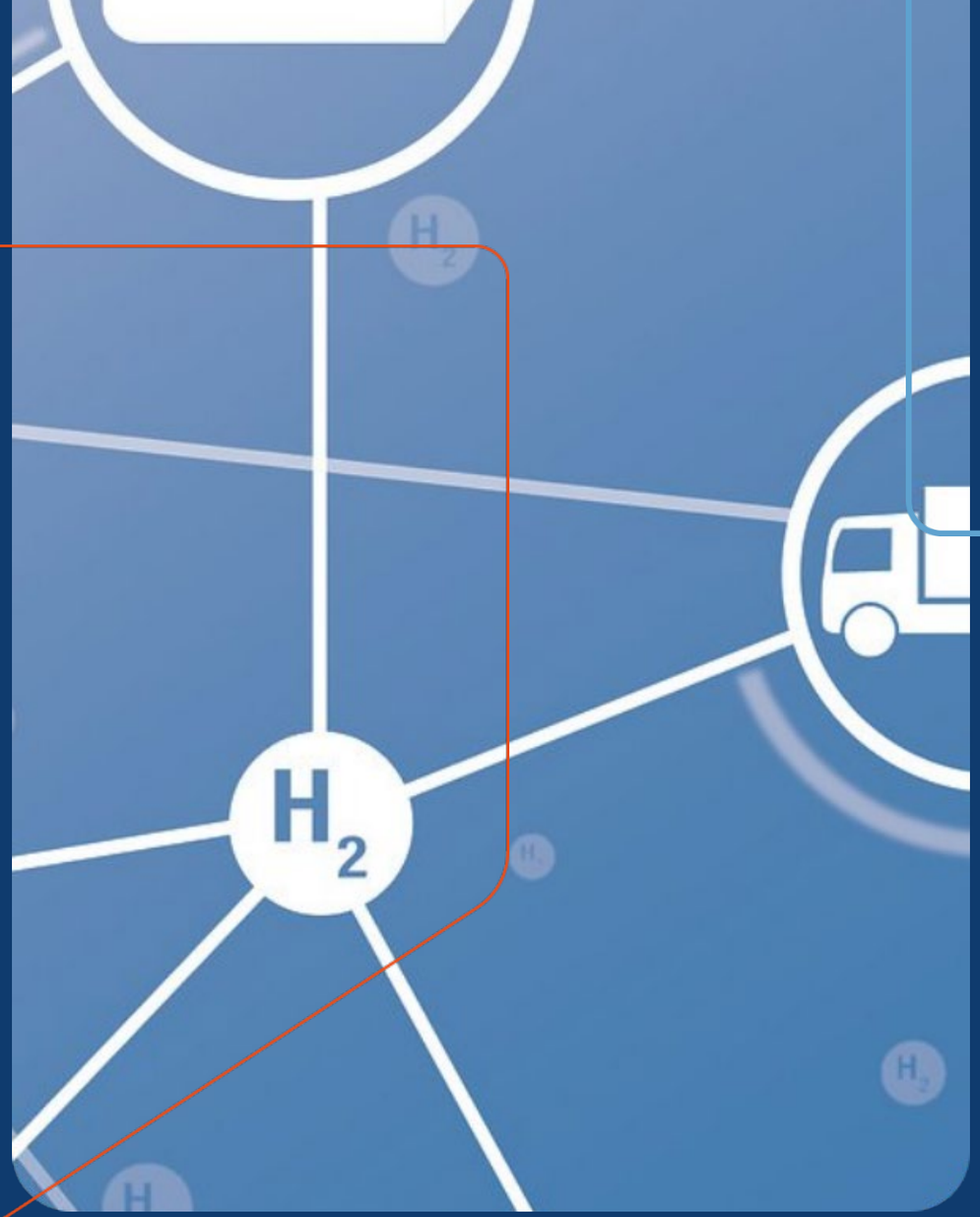
Association des Professionnels en Conseil Climat Energie et Environnement

L'hydrogène, une opportunité pour décarboner la mobilité lourde

Webconf APCC n°59

31 mars 2022 à 11h



Co-financé par

En partenariat avec

Membre APCC

Témoin

Introduction

- **Qu'est-ce que l'APCC ?**

Association des Professionnels en Conseil Climat, Energie et Environnement

- **Posez vos questions !**

Tout au long de la webconférence, posez vos questions par écrit dans l'onglet Q&R, et faites vos commentaires et remarques dans l'onglet discussion.

Les questions seront traitées par Christelle Saab.

- **Slides et Replay**

Les slides et le replay seront disponibles quelques heures après la fin de le webconf', sur le site de l'APCC. Vous serez notifié par mail dès la mise en ligne de ces éléments

Agenda

- Introduction APCC (3 min)
- Le vecteur énergétique hydrogène (15 min)
- Questions/Réponses
- Développement d’un écosystème territorial hydrogène (20 min)
- Questions/Réponses
- Le projet de Vallée Sud Mobilités (20 min)
- Questions/Réponses
- Conclusion APCC (2 min)

Le vecteur énergétique hydrogène

Philippe Lauret

enooia

1. Le vecteur énergétique hydrogène

Les défis de l'humanité

1 Réchauffement climatique

2 Chute de la biodiversité

3 Epuisement des ressources

La conception d'un système énergétique doit impérativement prendre en compte ces 3 défis.

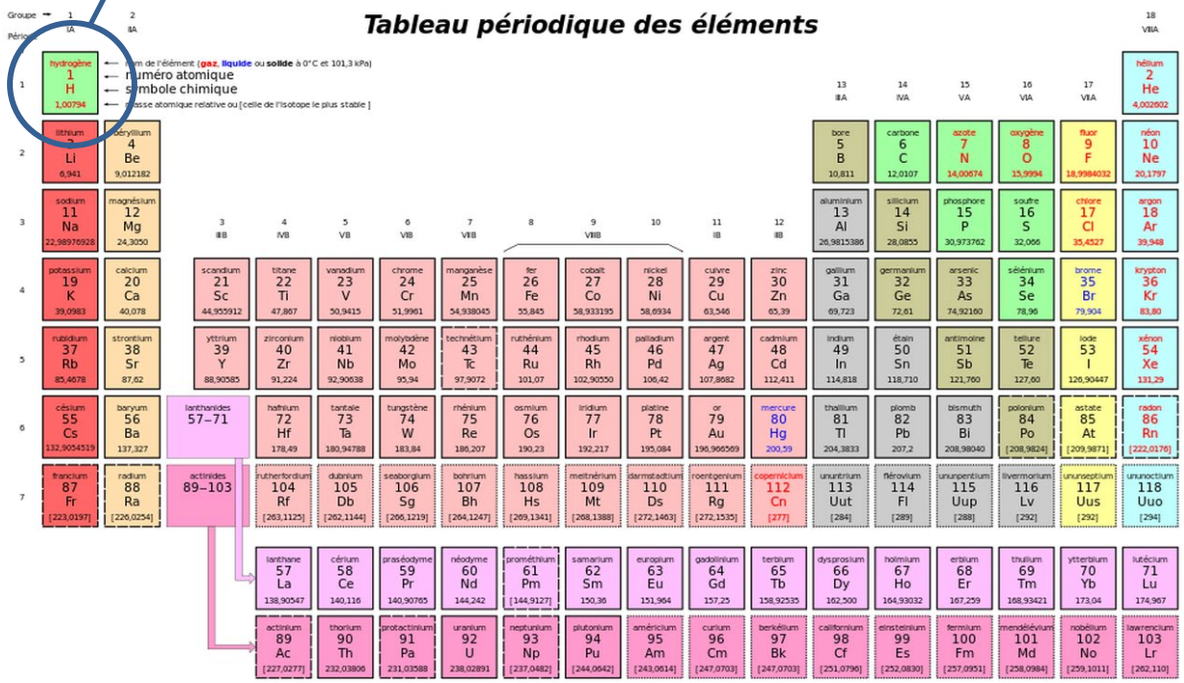
L'hydrogène

Atome issu de la nucléosynthèse primordial

Univers — 92% des atomes / 75% masse

Corps humain — 63% des atomes / 10% masse

Très peu disponible sur Terre à l'état naturel

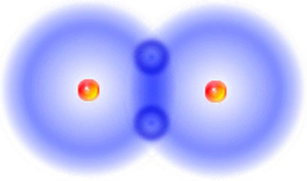


Point de fusion -259,1°C

Point d'ébullition -252,9 °C

Gaz

Corps simple = molécule de dihydrogène



H2

Pouvoir calorifique

PCI = 33 kWh/kg

Gaz propane : PCI = 12,78 kWh/kg
Gaz butane : PCI = 12,66 kWh/kg
Pétrole : PCI = 12 kWh/kg

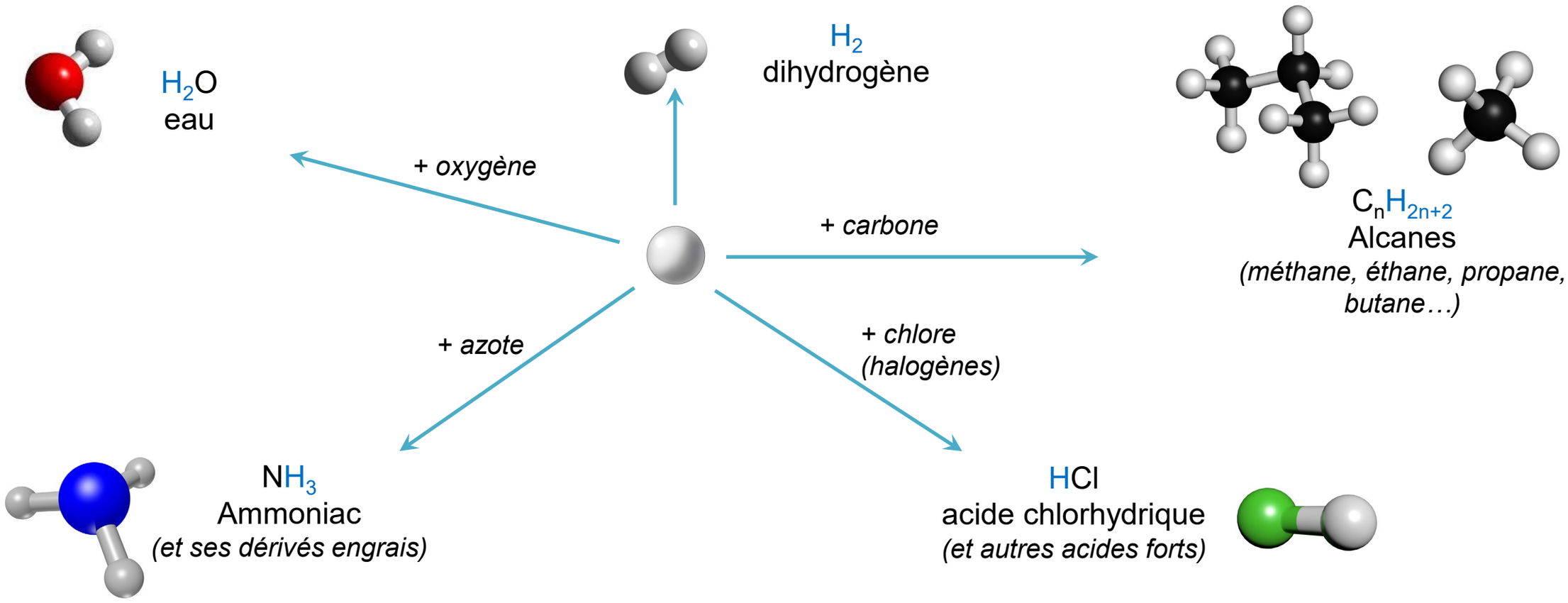
Combustion : $2\ H_2 + O_2 = 2\ H_2O$

Masse volumique

ρ = 89,88 g/m3

Gaz propane : ρ = 2 kg/m^3
Gaz butane : ρ = 2,7 kg/m^3
Pétrole : ρ # 900-1000 kg/m^3

L'hydrogène présent dans de nombreuses molécules



L'hydrogène est utilisée dans les industries **chimiques** et **pétrochimiques**.

Consommation actuelle d'hydrogène dans le Monde : **50 millions de tonnes par an.**

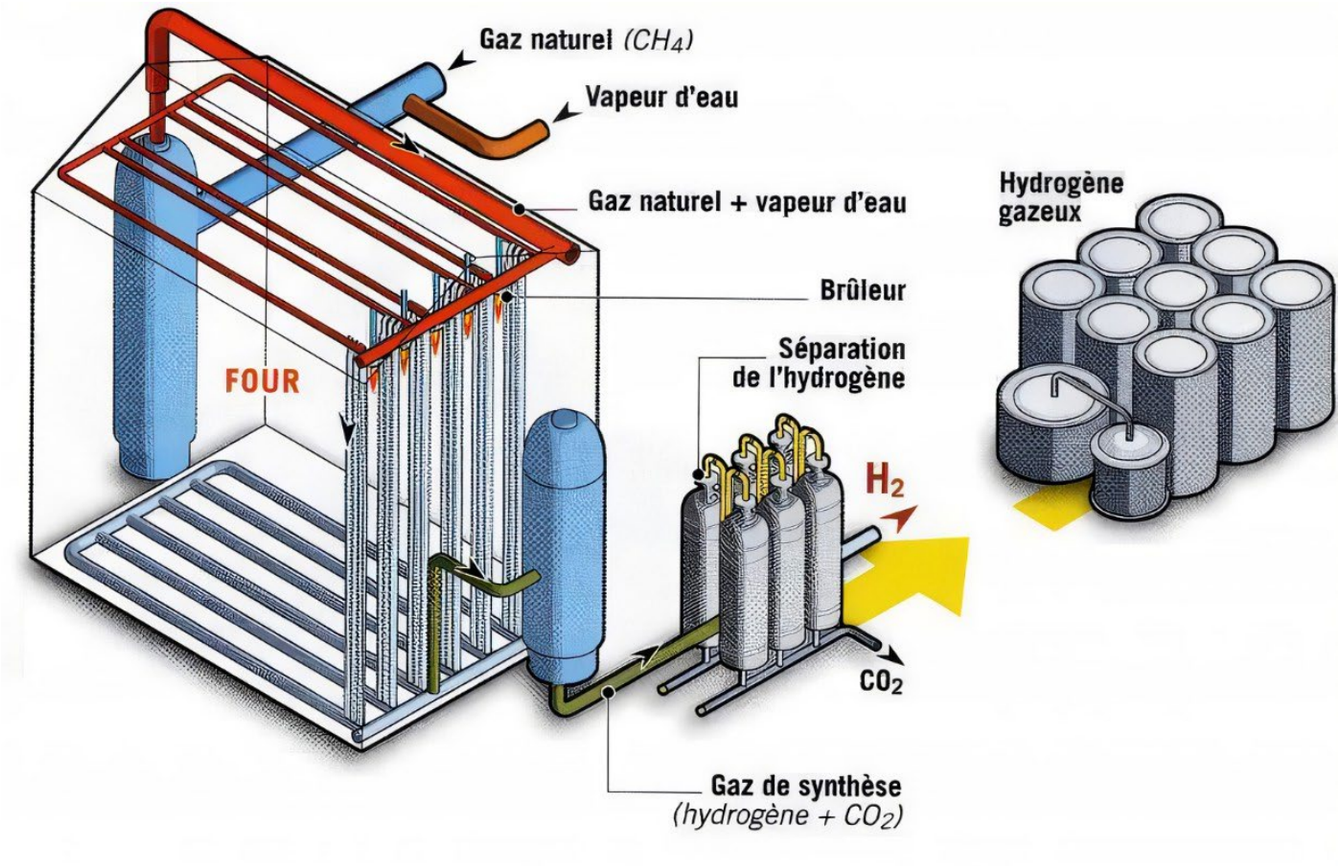
L'hydrogène

- Elément le plus commun dans l'univers → Une ressource inépuisable
- Très peu disponible sous sa forme pure sur Terre → Nécessité de le synthétiser sur Terre
- Gaz à fort pouvoir énergétique → Energie
- Produit uniquement de l'eau lors de sa combustion → Intérêt environnemental et sanitaire
- Très faible masse volumique → Un défi pour le transport et le stockage
- Se combine à de nombreux autres éléments chimiques → Elément clé pour plusieurs industries

Usages actuels : **industrie sans transport**

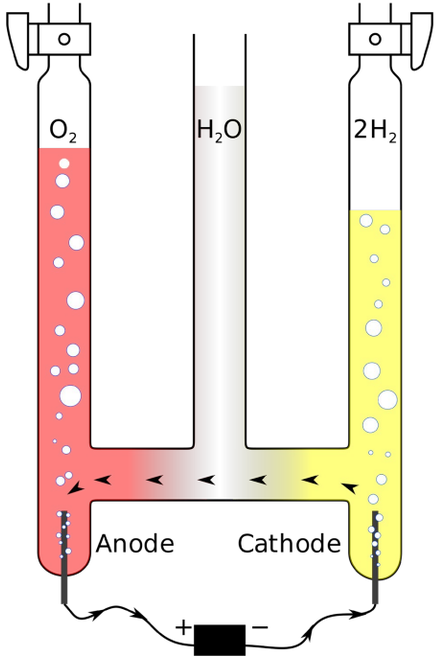
Synthèse de l'hydrogène par vaporeformage

11,1 kg CO2 émis pour 1 kg d'H2 produit

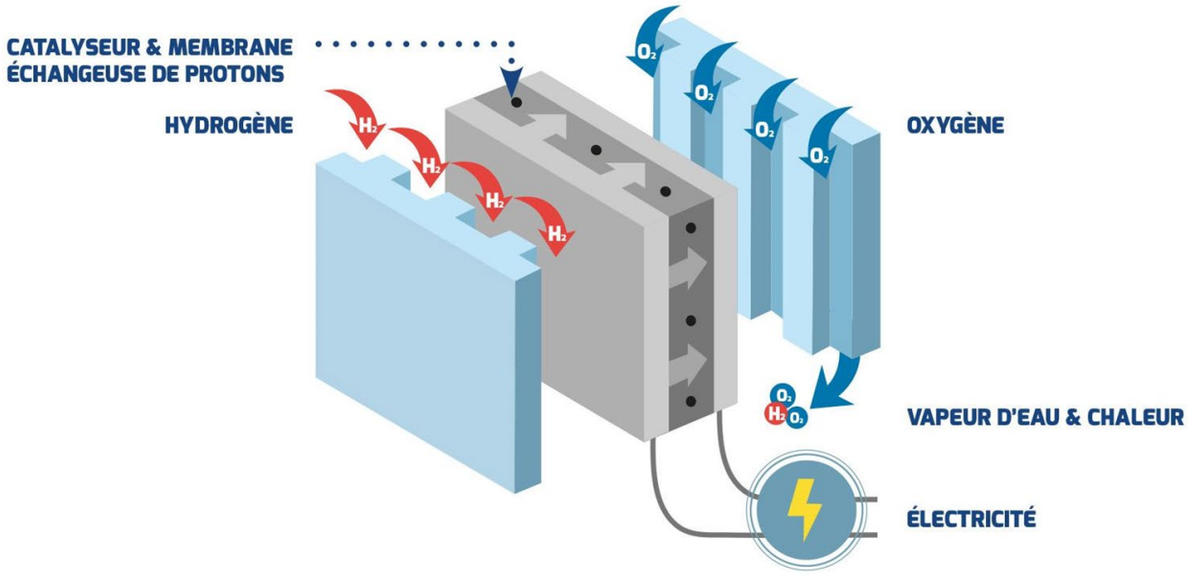


Le CO2 est l'un des produits du vaporeformage.

Synthèse de l'hydrogène par électrolyse de l'eau

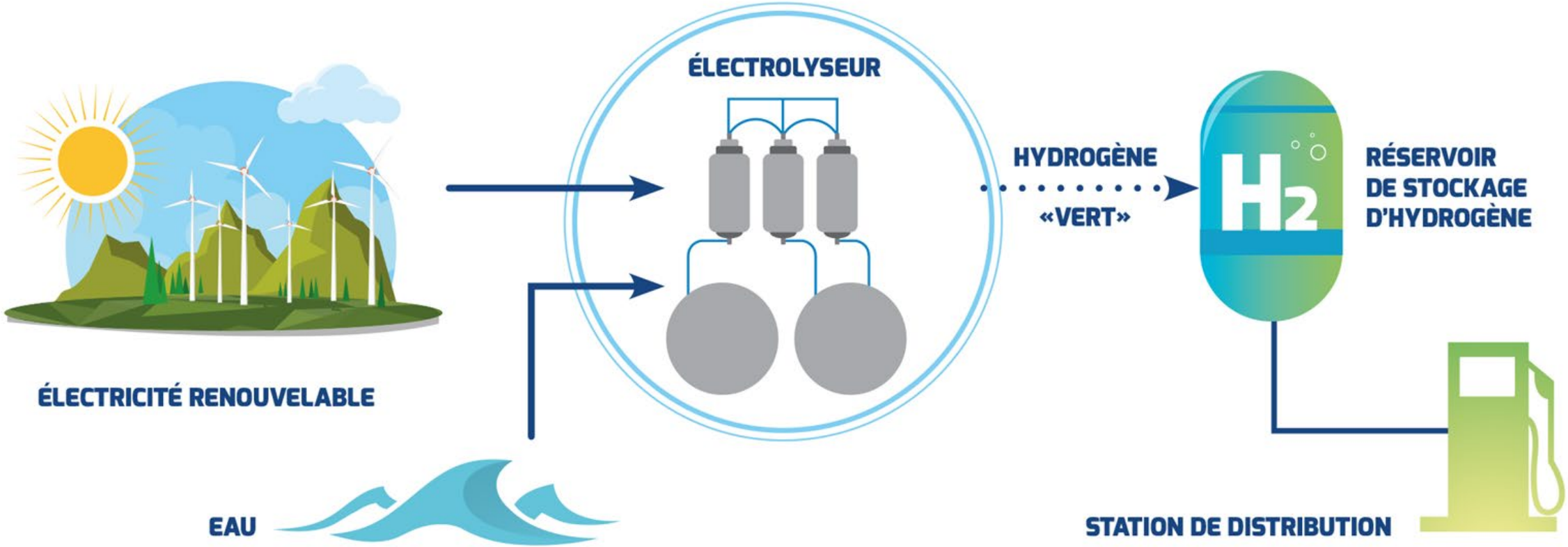


Pile à combustible (PAC)



Une solution de stockage de l'électricité
Rendement de l'électrolyse (*Power to Gas to Power*) : 25 à 30%
Rendement des batteries électriques : 70%

Synthèse de l'hydrogène par électrolyse de l'eau



1,59 kg CO2 émis pour 1 kg d'H2 produit
(hors transport, stockage et distribution)

Usage de l'hydrogène en mobilité électrique

Pourquoi l'hydrogène?

Usages actuels : **industrie sans transport**

Mobilité?
Electricité?

Une décennie qui a changé la donne : électricité

2011 Accident de Fukushima : plusieurs pays européens dont l'Allemagne renoncent au nucléaire

2015 COP 21 à Paris

Années qui suivent

Objectif de réchauffement limité à 1,5°C

Engagements en matière de réduction des GES

ENR

Centrales thermiques

intermittence

émissions de CO2

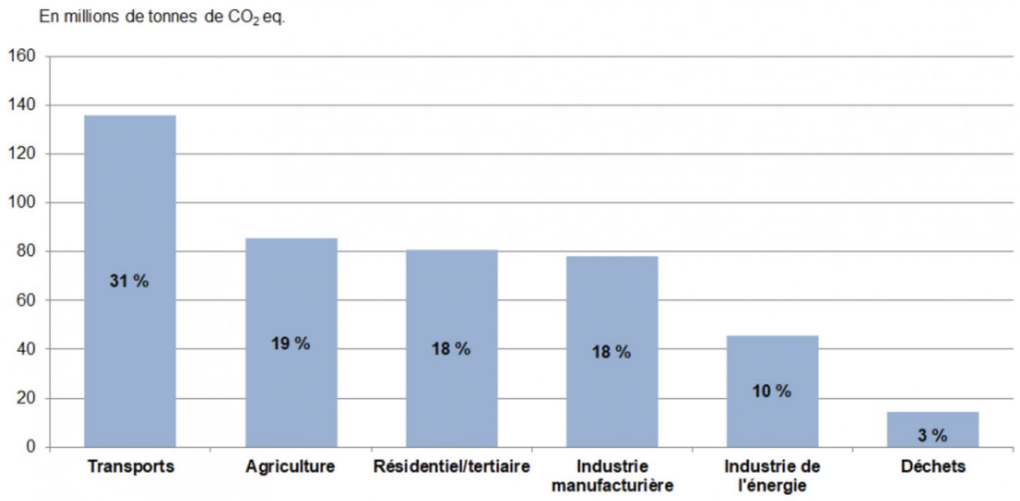
Une situation intenable

L'hydrogène une solution de stockage de l'électricité à grande échelle

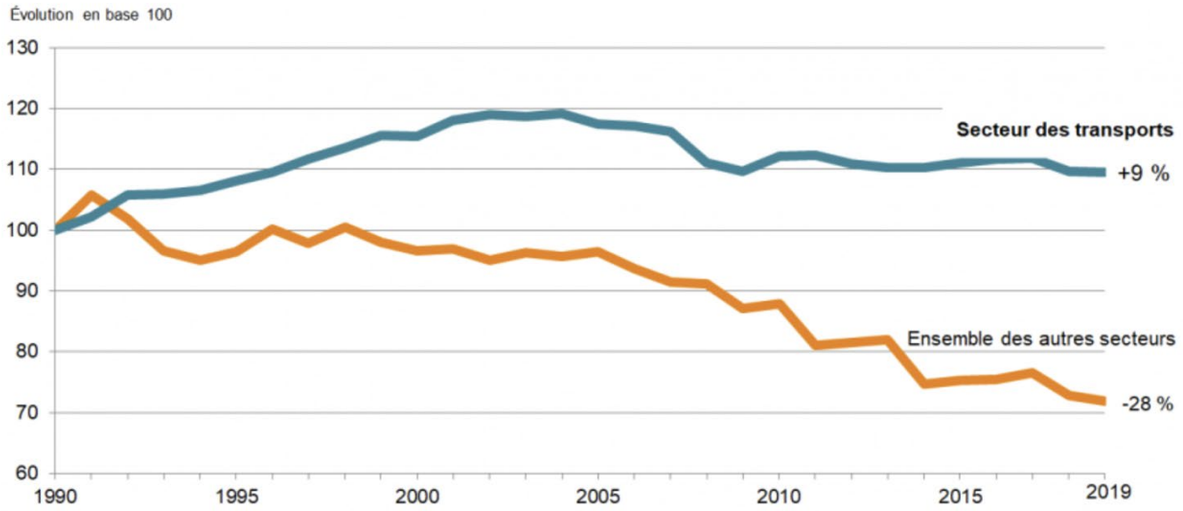
La maillon manquant de la TE pour les pays qui ont décidé d'abandonner le nucléaire?

Une décennie qui a changé la donne : mobilité

Répartition sectorielle des émissions de gaz à effet de serre en France en 2019



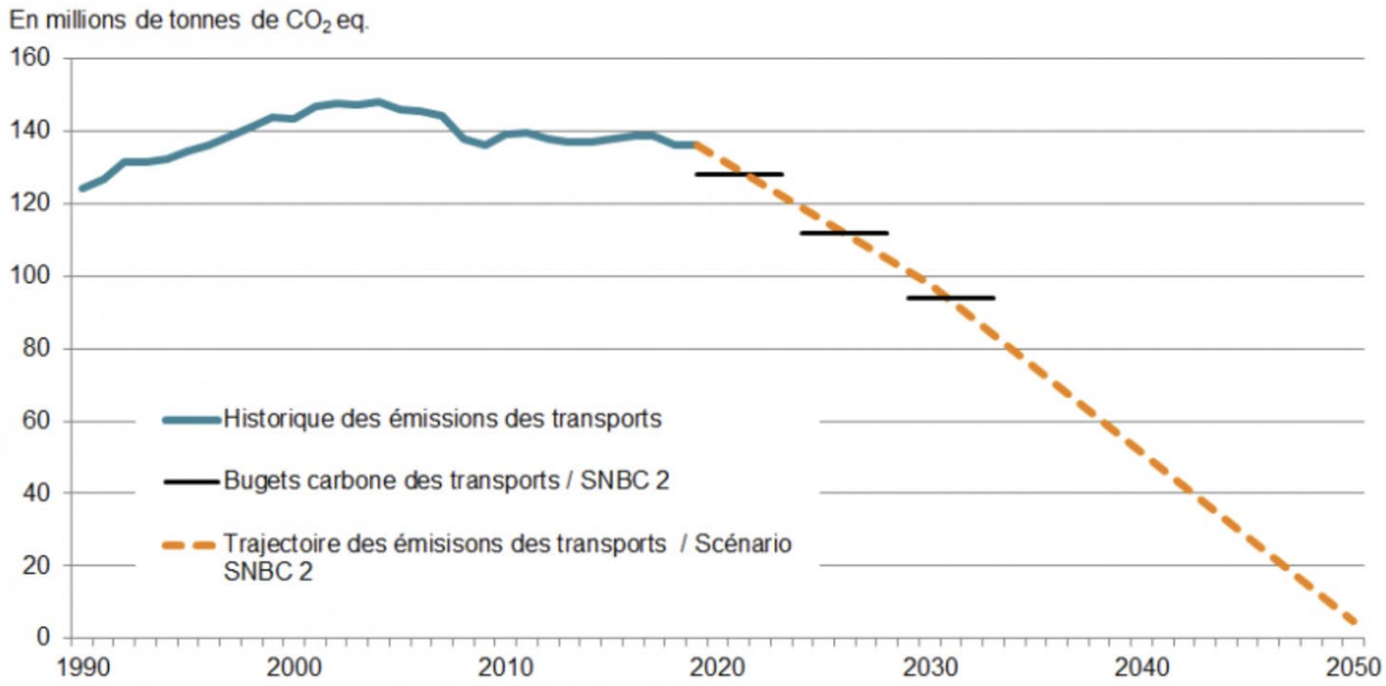
Évolution des émissions de GES du secteur des transports France – 1990 / 2019



Source : Rapport sur l'état de l'environnement en France – émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports (Etat français)

Une décennie qui a changé la donne : mobilité

Projections des émissions de GES du secteur des transports jusqu'en 2050
Stratégie nationale bas carbone 2



Source : Rapport sur l'état de l'environnement en France – émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports (Etat français)

Une décennie qui a changé la donne : mobilité

2014
Réglementation européenne **Euro 6**

2015
Loi LTECV (transition énergétique pour la croissance verte) : obligation pour les agglomérations en matière de **renouvellement de véhicules** (échéances charnières : 2020 et 2025)

2020
L'Europe décide de se fixer l'échéance 2035 pour la **fin de la commercialisation des voitures neuves à moteur thermique**

2021
Ordonnance 2021-1490 (et 4 décrets) : **obligation de déploiement de VFE/VTFE** pour les collectivités territoriales *(entre autres)*

Réglementation européenne **Euro 7** à venir

Groupe 1 (VTFE) : véhicules électriques à batterie, électrique-pile à hydrogène (y.c. en prolongateur d'autonomie d'une batterie)

VFE : véhicules GNV/BioGNV (20% puis 30%), électrique-hybride rechargeable…

Pour les collectivités, groupements, établissements publics ZFE (agglomération de 250.000 habitants à partir de 2022) :

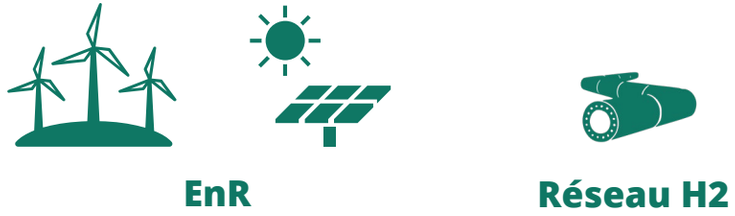
<u>Nouveaux **bus et autocars**</u>
jusqu'au 31/12/2024 = 50% de VFE
à partir du 01/07/2022 = **25% de VTFE**
à partir du 01/01/2025 = 100% de VFE

<u>Nouveaux **véhicules légers (<3,5t) des collectivités**</u>
jusqu'au 31/12/2024 = 30% de VFE
à partir du 01/01/2025 = 40% de VFE
à partir du 01/01/2026 = **37,4% de VTFE**

Les raisons de l'émergence de l'hydrogène

- Décarbonation de l'industrie

- Une solution de stockage à grande échelle de l'électricité



- Décarbonation de la mobilité

- Demain un combustible susceptible de remplacer le gaz naturel?

Association des Professionnels en Conseil Climat Energie et Environnement

Échanges

CONTACT

Philippe LAURET

philippe.lauret@enooia.fr

06 64 29 65 65

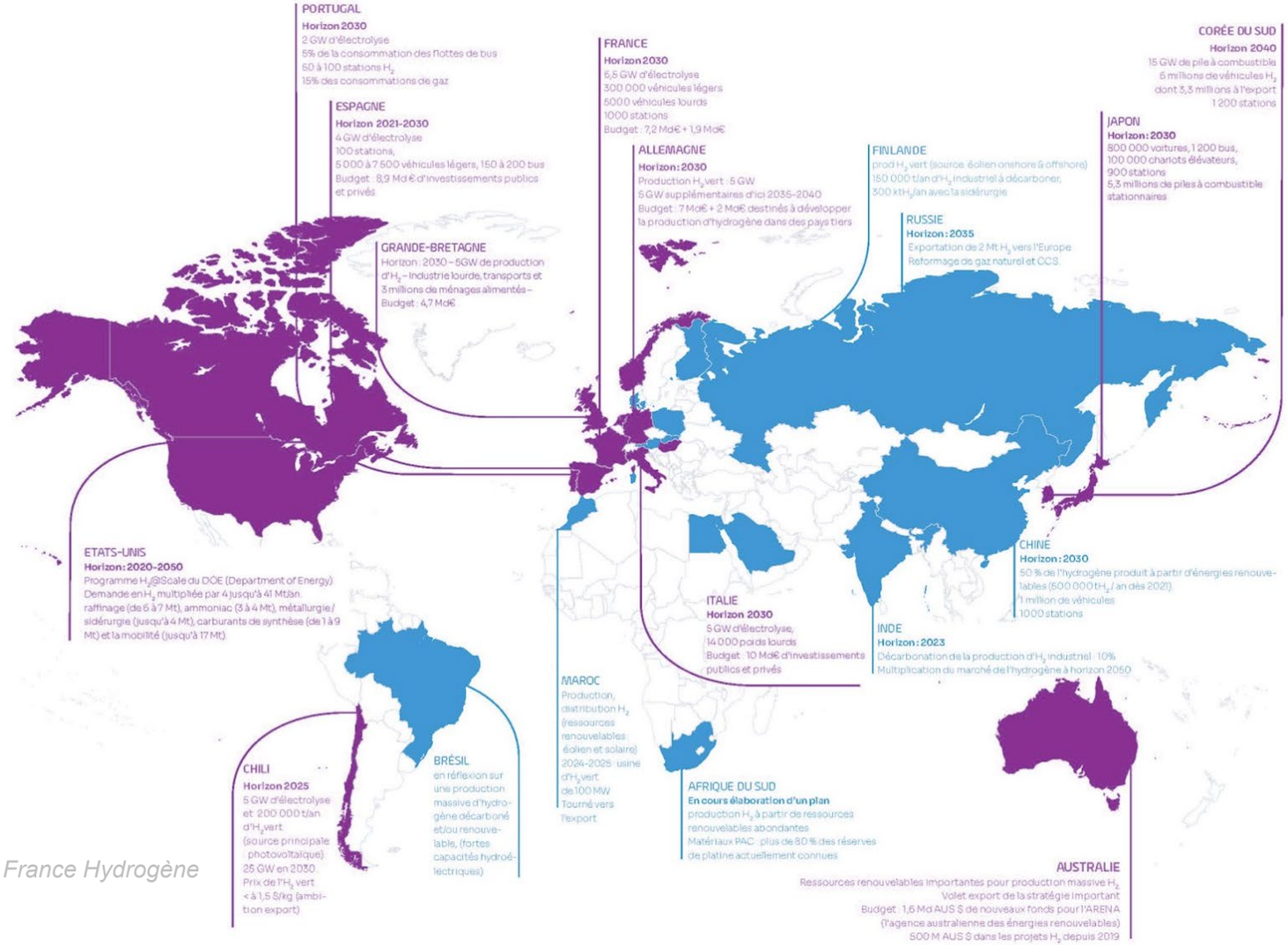
2. Développement d'un écosystème territorial hydrogène

Développement d'un écosystème territorial hydrogène

Jean Le Cocguic

enooia

Les pays qui se sont dotés d'une stratégie hydrogène



Source : France Hydrogène

2019 : hydrogène, l'une des 6 technologies reconnues d'intérêt stratégique

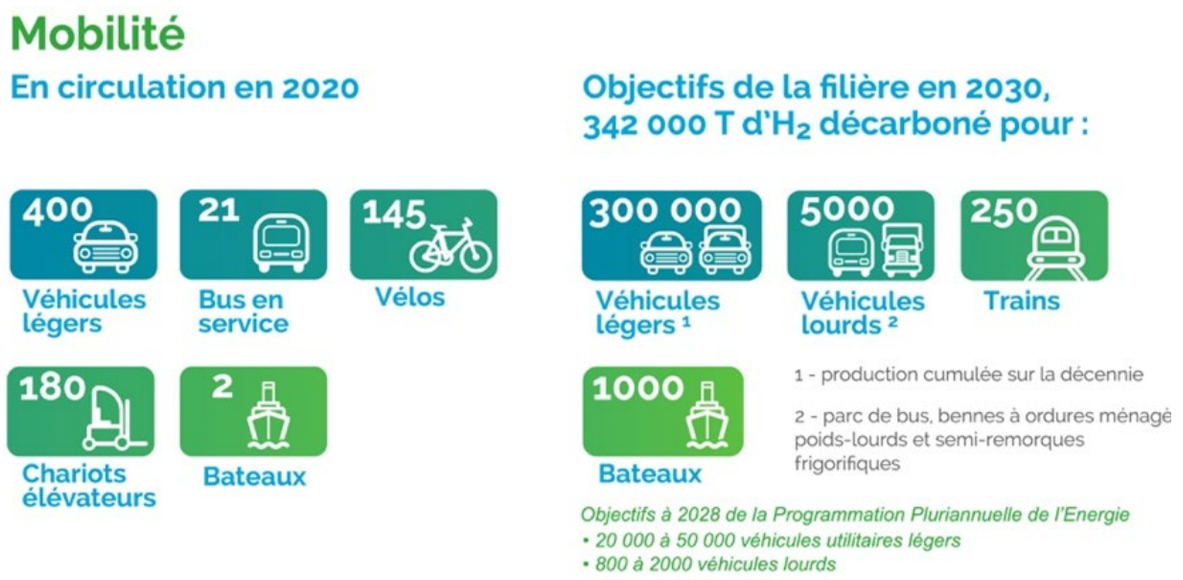
Juillet 2020 : plan européen

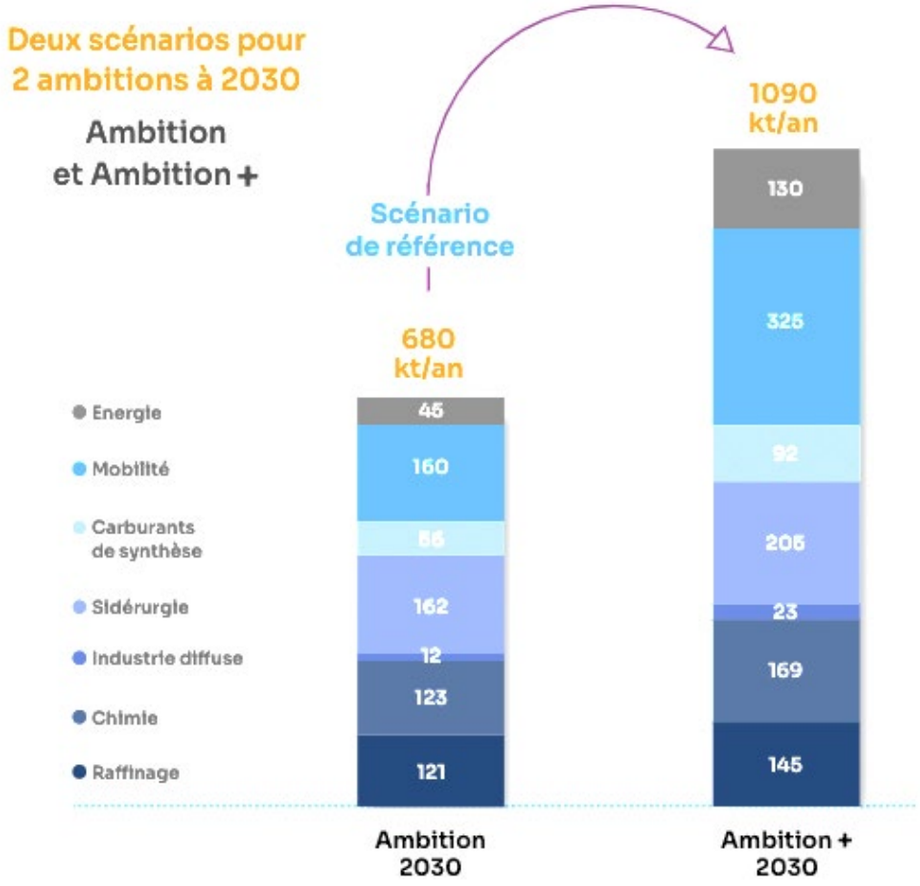
Août 2020 : plan français

Octobre 2020 : renforcement de la stratégie H2 dans le cadre du plan France 2030

Focus plan hydrogène en France

- 7,2 Mds + 1,9 Mds €
- Devenir le leader de l'hydrogène vert
- Mettre en place des compléments de rémunération
- Faire émerger des écosystèmes hydrogène

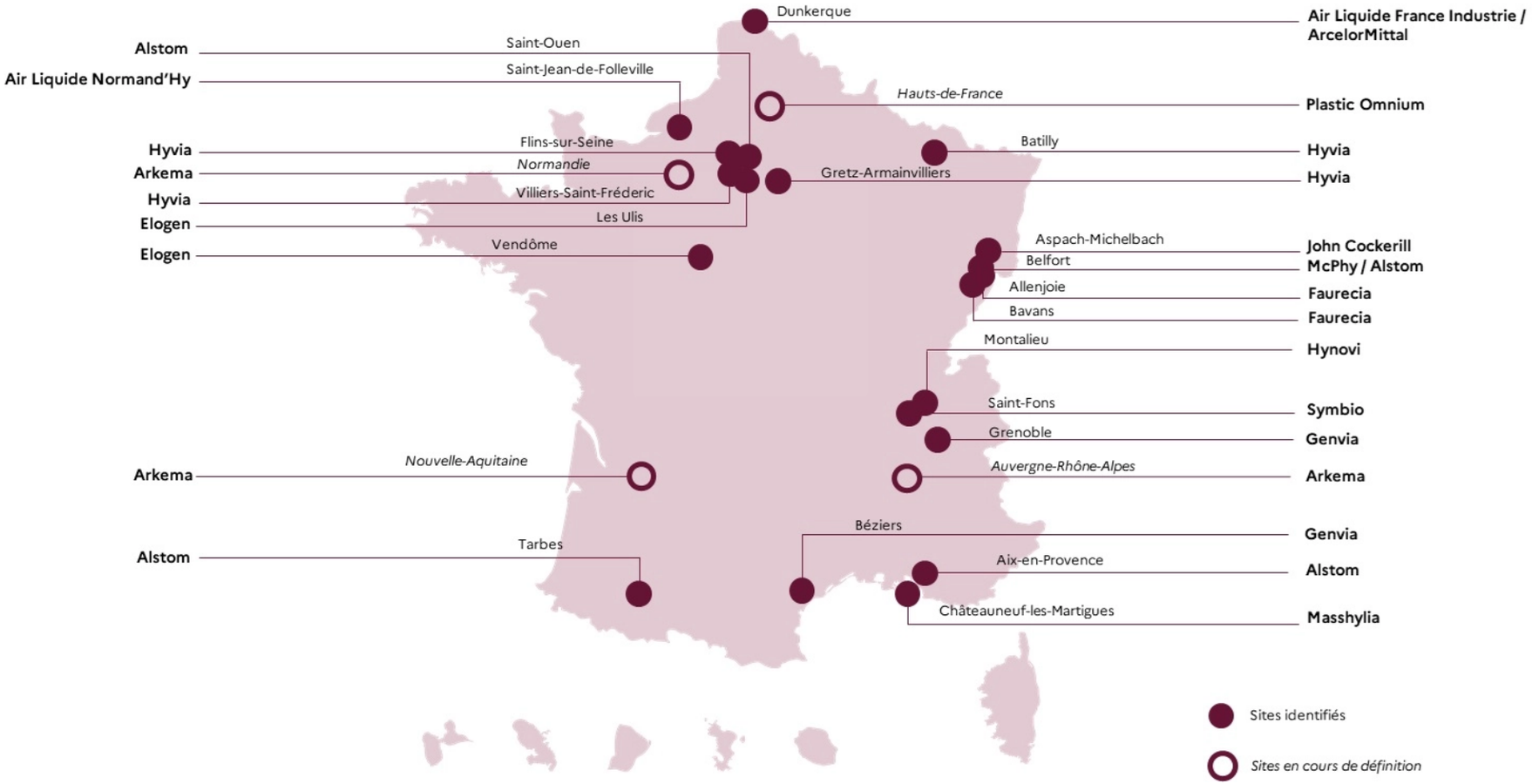




Source : France Hydrogène

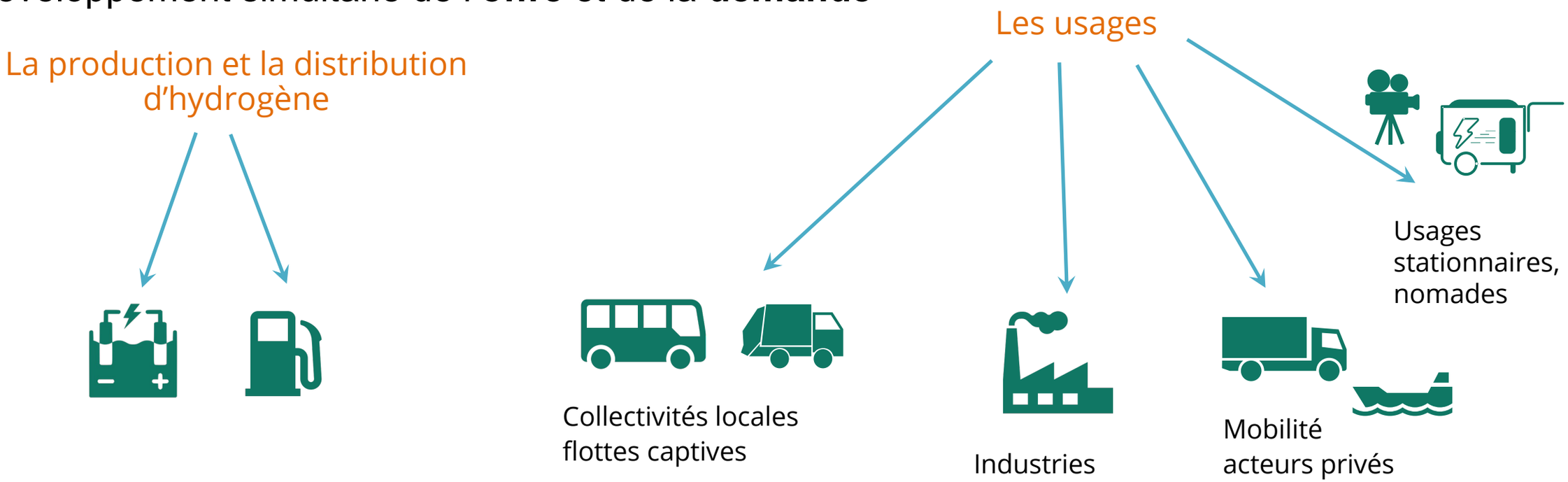
PIIEC H2 français *(projets importants d'intérêt européen commun)*

Le 8 mars 2022, Bruno Lemaire, ministre de l'Economie, des Finances et de la Relance, et Barbara Pompili, ministre de la Transition Ecologique, présentent les 15 projets français présélectionnés pour le PIIEC Hydrogène.



Un écosystème territorial hydrogène

Développement simultané de l'**offre** et de la **demande**



Enjeux :

- trouver **l'optimum économique**
- rassembler **suffisamment d'usages sur un territoire** (100 à 150 km) pour atteindre un seuil de rentabilité

Les questions à se poser

- Quelle consommation d'hydrogène viser?
- Quels usages **pertinents** pour la mobilité hydrogène?
- Quels sont les paramètres qui influent sur le prix de l'hydrogène?
- Quelles sources d'électricité?
- Quel rôle pour les collectivités territoriales?
- Comment choisir un partenaire industriel?

Quelle consommation d'hydrogène viser?

Ordres de grandeur pour 1 année de fonctionnement

8760 MWh électricité

4500 m3 eau

Electrolyseur 1 MW

Production :
400 kg/jours
150 t/an

20 à 25 bus

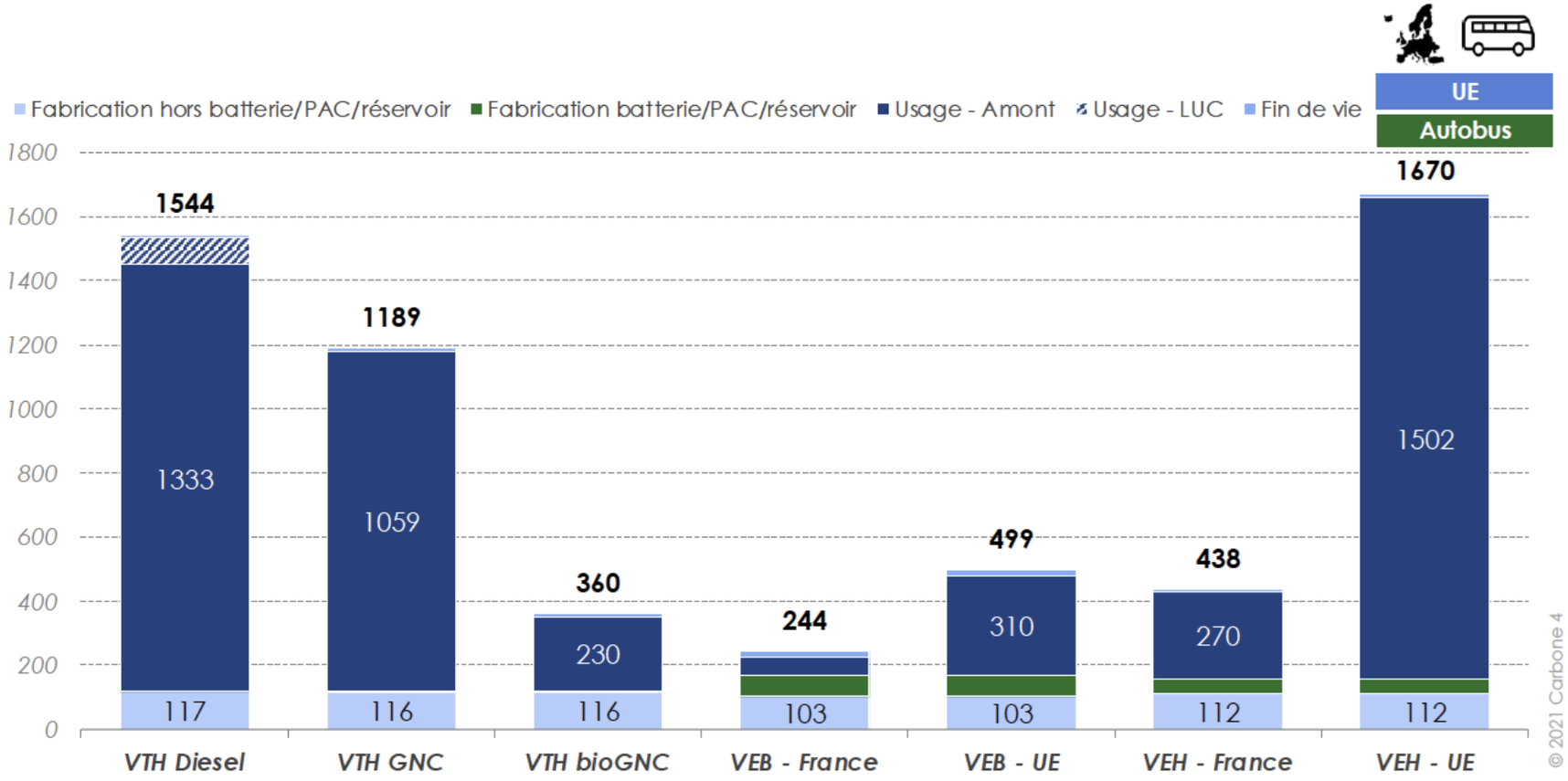
20 à 25 BOM

20 à 25 porteurs

140 voitures

Quels usages pour la mobilité hydrogène?

Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'un autobus vendu en 2020
UE | gCO_2e/km



VTH = Thermique ; VEB = Batteries ; VEH = Hydrogène (électrolyse)

carbone 4

Quels usages pour la mobilité hydrogène?

- Atouts des véhicules hydrogène par rapport aux véhicules à batterie électrique
  - Zéro émissions locales et silencieux (comme les véhicules à batterie) => VTFE
  - Stockage sans pertes dans le temps
  - Energie disponible indépendante des conditions d'utilisation (températures extrêmes)
  - Le dispositif PAC + réservoir est plus léger que la batterie électrique => véhicules lourds
  - Utilisation pour les véhicules : plus grande autonomie, temps de chargement court
- Limites
  - L'hydrogène doit être synthétisé, comprimé : coût de fabrication
  - Une filière émergente
  - Disponibilité de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone
  - Disponibilité et coût des véhicules

Quels usages pour la mobilité hydrogène?

Au regard de ses atouts l'hydrogène est adapté pour les véhicules suivants :

Véhicules lourds, nécessitant une **grande autonomie** ou devant **fonctionner par tout temps** : **bus, poids lourds**

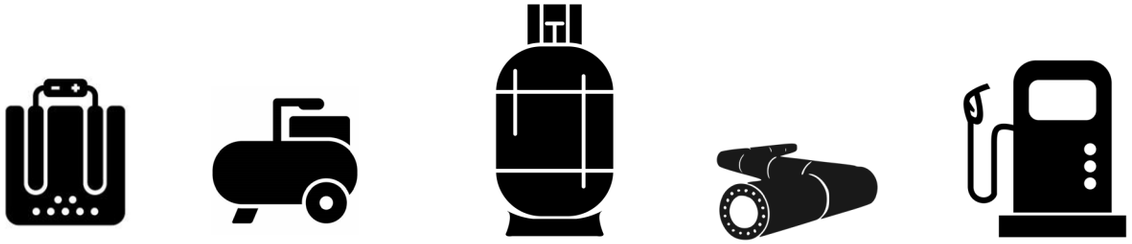
Véhicules avec des **besoins énergétiques additionnels** : **BOM**, **groupes froids**, **groupes électrogènes**…

Véhicules nécessitant une **disponibilité optimale** : **utilitaires**, exemple des **taxis**

Quels paramètres influent sur le prix de l'H2?

Principaux paramètres

Prix de l'électricité
Rechercher un prix stable dans la durée



CAPEX
Electrolyseur, compresseur, stockage, distribution, infrastructures (adapter les investissements aux usages identifiés)

Prix du transport
Limiter le transport

Les écosystèmes actuellement en construction aboutissent à des prix d'H2 entre 9 et 10 €/kg.

Quelles sources d'électricité?

Parc éolien

Centrale photovoltaïque (compter un ratio de 1 à 3 en puissance)

Unité de valorisation énergétique

Hydroélectricité

Mix électrique français, PPA

Prix de l'électricité

Rechercher d'un prix stable dans la durée

Quel rôle pour la collectivité?

1

Définir une politique de mobilité en tenant compte des exigences réglementaires, des prévisions d'évolution en matière d'énergie, de la disponibilité des véhicules…
Diagnostic approfondi des flottes existantes.

2

Recenser les usages adaptés à l'hydrogène et planifier une conversion progressive *(approche comparative multi-critères, multi-carburants, intérêt des VEB…)*

3

Evaluer l'intérêt de développer un écosystème H2 ou de se positionner en simple acheteur

4

En cas de développement d'un écosystème H2, identifier un **partenaire industriel**, définir un **degré d'engagement**, préciser le **cadre juridique** du partenariat, valoriser les apports de la collectivité (**foncier**, **usages**, **énergie**…), etc.

Comment choisir un partenaire industriel?

Intérêts de la procédure d'appel à manifestation d'intérêt (AMI)

- Identification de partenaires industriels motivés
- Possibilité d'évaluer plusieurs technologies
- Comparaison des solutions sur les plans technique et économique
- Sécurisation d'un approvisionnement dans la durée
- Possibilité de bénéficier de l'action commerciale d'un partenaire susceptible d'agréger les usages et d'optimiser les coûts
- Procédure souple qui offre malgré tout un cadre structuré au choix d'un partenaire

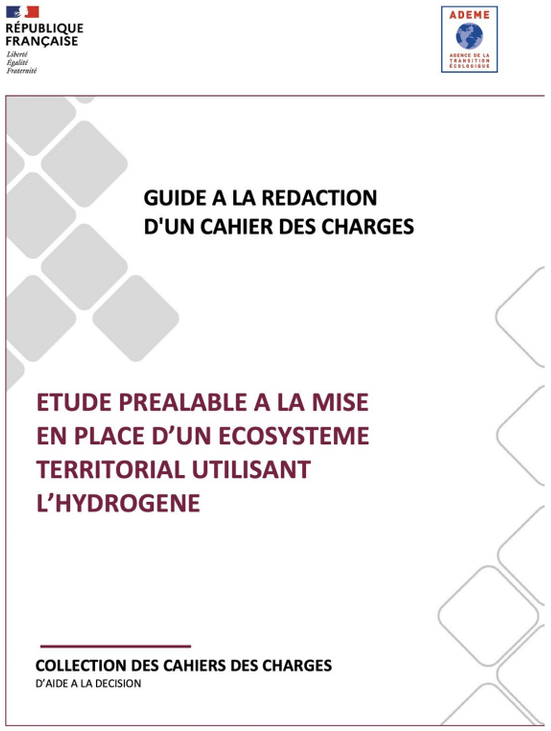
Les dispositifs de soutien

- Appels à projets de l'ADEME entre 2020 et 2021 pour les écosystèmes territoriaux H2
  - décembre 2020 : 7 projets retenus
  - mars 2021 : 11 projets retenus
  - septembre 2021 : présélection en cours de validation par les ministères
- Appels à projets régionaux
- Aides à l'achat de véhicules
  - Bonus écologique
  - Aides régionales
  - Dispositifs de suramortissement

Le dispositif ADEME d'aide aux études amont

Etude préalable du potentiel de déploiement de l'hydrogène sur un territoire

- Cette aide s'adresse à toute collectivité, entreprise, association ou groupement.
- Cible : organisme qui réfléchit à l'utilisation de l'H2 dans un objectif de décarbonation (mobilité ou industrie).
- Quand ?
  Au stade de la réflexion, avant signature d'un contrat pour une étude d'opportunités et/ou de faisabilité
- Dispositif de subvention qui peut aller jusqu'à 70% de prise en charge avec un maximum de 50 k€.
- Jusqu'au 31/12/2022.
- Guide à la rédaction d'un cahier des charges.


RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

GUIDE A LA REDACTION
D'UN CAHIER DES CHARGES

ETUDE PREALABLE A LA MISE EN PLACE D'UN ECOSYSTEME TERRITORIAL UTILISANT L'HYDROGENE

COLLECTION DES CAHIERS DES CHARGES
D'AIDE A LA DECISION

https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2022/etude-prealable-potentiel-deploiement-lhydrogene-territoire

Association des Professionnels en Conseil Climat Energie et Environnement

Échanges

CONTACT

Jean LE COCGUIC

jean.lecocguic@enooia.fr

06 28 76 16 13

3. Témoignage de Vallée Sud Mobilités

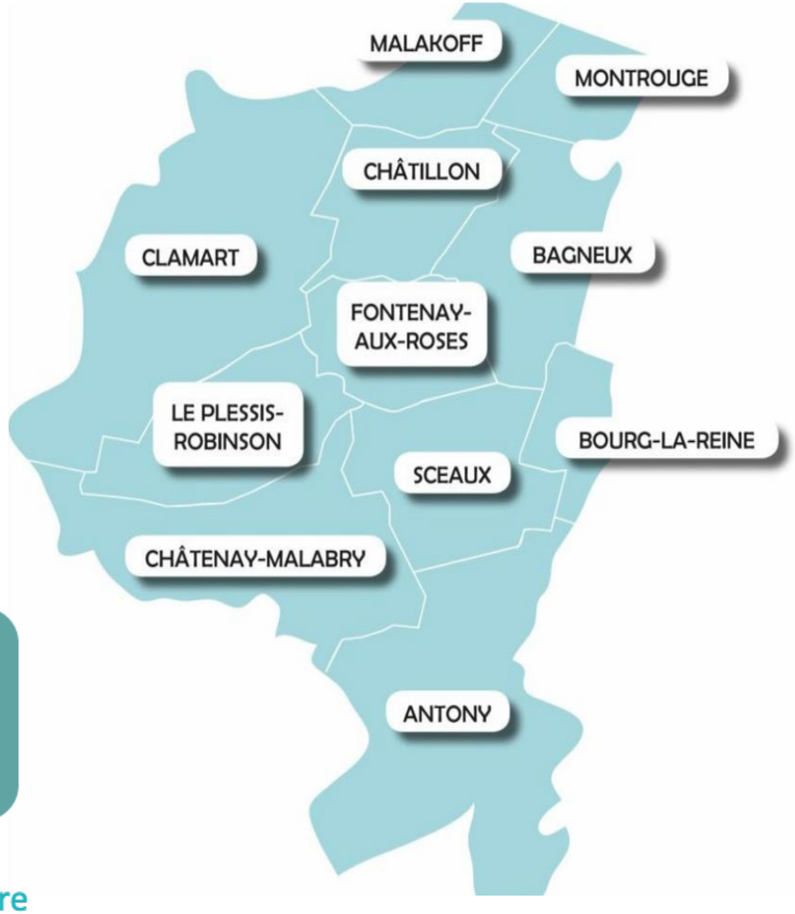
Territoire de Vallée Sud Grand Paris

Vallée Sud
Grand Paris

Vallée Sud Grand Paris
oph – Protéger · Rénover · Isoler
mairie de Clamart
safidi EDF
Fontenay-aux-Roses
ARKEA Banque Privée

Au capital

Vallée Sud MOBILITÉS Grand Paris



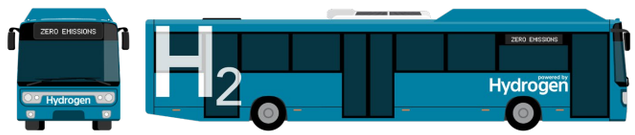
Gestion des parkings et du stationnement public

Gestion des bornes de recharge électrique

Station de production et de distribution d'hydrogène

Mobilités du dernier kilomètre

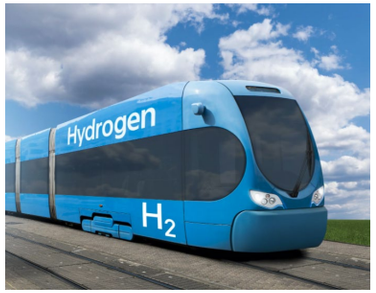
Enjeux et engagements politiques forts de Vallée Sud Grand Paris



- **Le secteur des transports est le premier secteur d'émission de GES[1] en France**

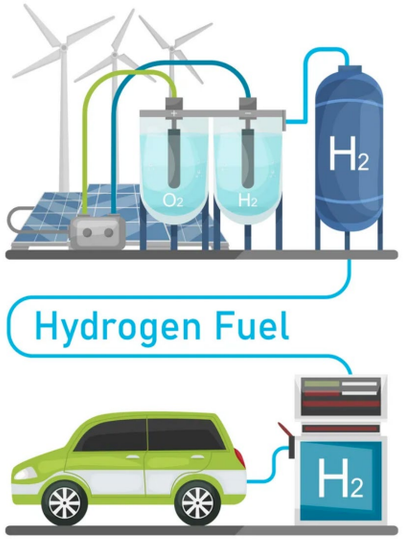
  ⇒ Réduction des déplacements en voiture par renforcement du réseau de transport en commun et des infrastructures des services dédiés au vélo.

  ⇒ Décarboner les véhicules lourds principaux émetteurs de GES sur le territoire



- **La réponse de Vallée Sud Mobilités :**

  ⇒ Construction de stations de production et de distribution d'hydrogène VERT

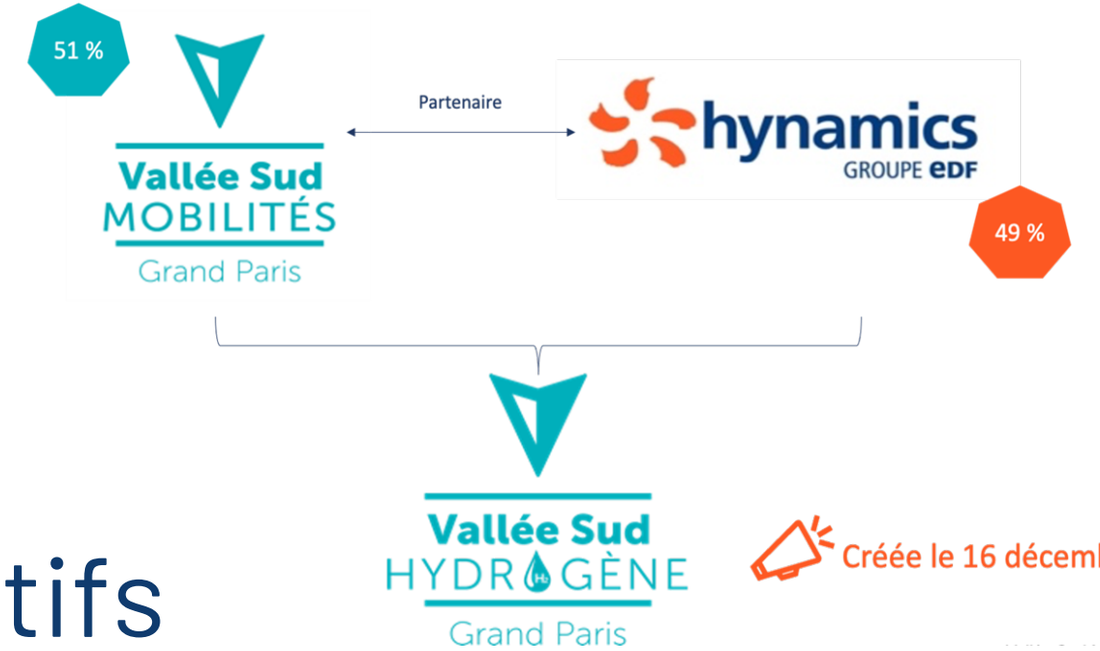


Pourquoi l'hydrogène <u>vert</u> ?

- Il contribue aux objectifs de réductions des émissions de CO_2 : la source d'électricité fournie permettant l'électrolyse de l'eau est renouvelable
- Il s'inscrit dans les objectifs de politiques RSE[1] des entreprises
- Le déploiement d'un réseau de distribution de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone est une priorité nationale et européenne.

[1]GES : Gaz à effet de serre
[2] RSE : Responsabilité sociétale des entreprises

Comment est montée la société projet ?



Créée le 16 décembre 2021

Objectifs

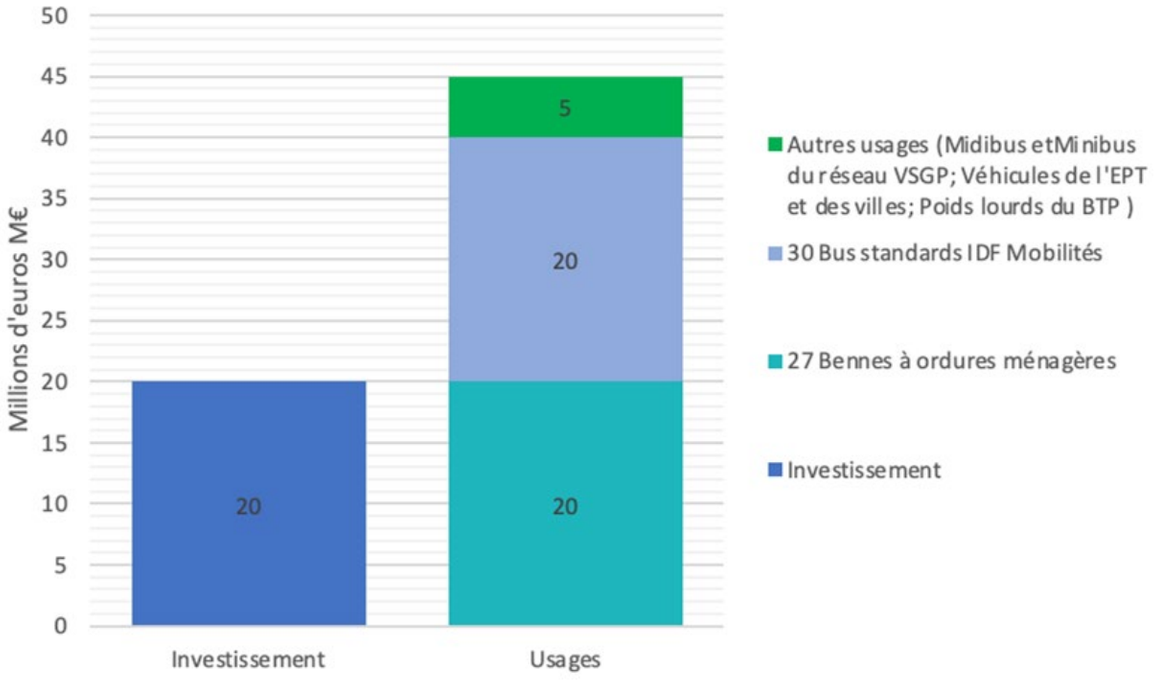
- Vallée Sud Hydrogène sera le premier acteur majeur en tant que producteur et distributeur d'Hydrogène Vert sur le territoire Vallée Sud Grand Paris et en Ile de France
- Être le fournisseur d'Hydrogène Vert des Jeux Olympiques de Paris 2024

Un projet global de 65 Millions d'Euros

Pour quelles Utilités ?

80% des usages sont garantis par un engagement ferme d'un ensemble de groupe sur l'achat de bus, BOM et d'équipements de chantier désormais alimenté par l'hydrogène vert.

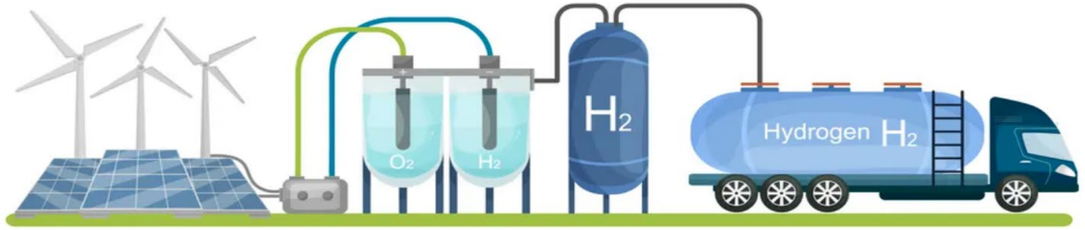
BUS	Benne à ordures ménagères	BTP
îledeFrance mobilités	Vallée Sud Grand Paris	Les Paveurs de Montrouge
RATP	Sepur	SAVAC Groupe
transdev		

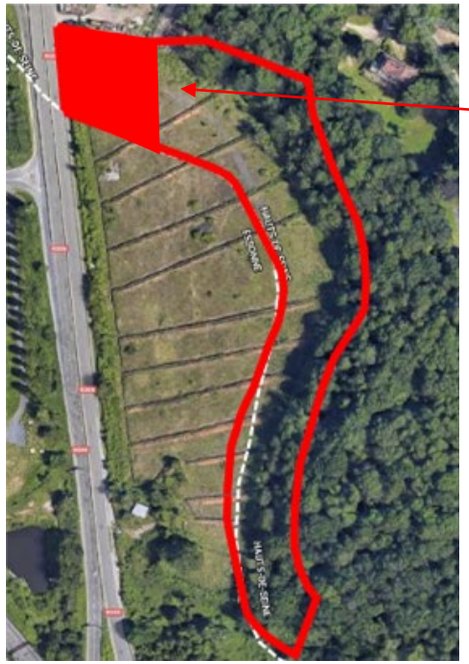


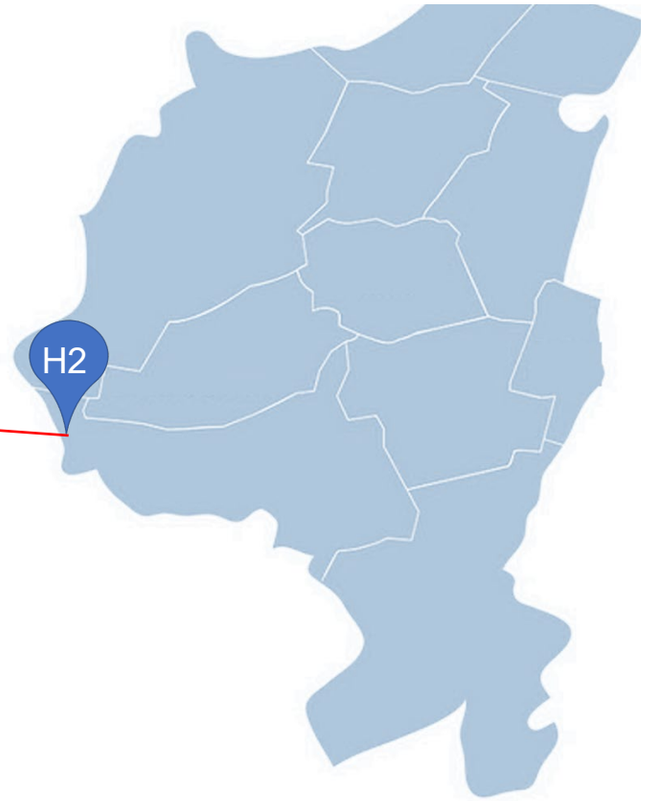
Répartition du montant global du projet

Station de production et de distribution à Châtenay-Malabry

- Production d’hydrogène à partir d’énergies renouvelables par électrolyse de l’eau
- Ravitaillement d’une partie de la flotte de véhicules du territoire
- Electrolyseur de 3 Mw
- Deux points de distribution

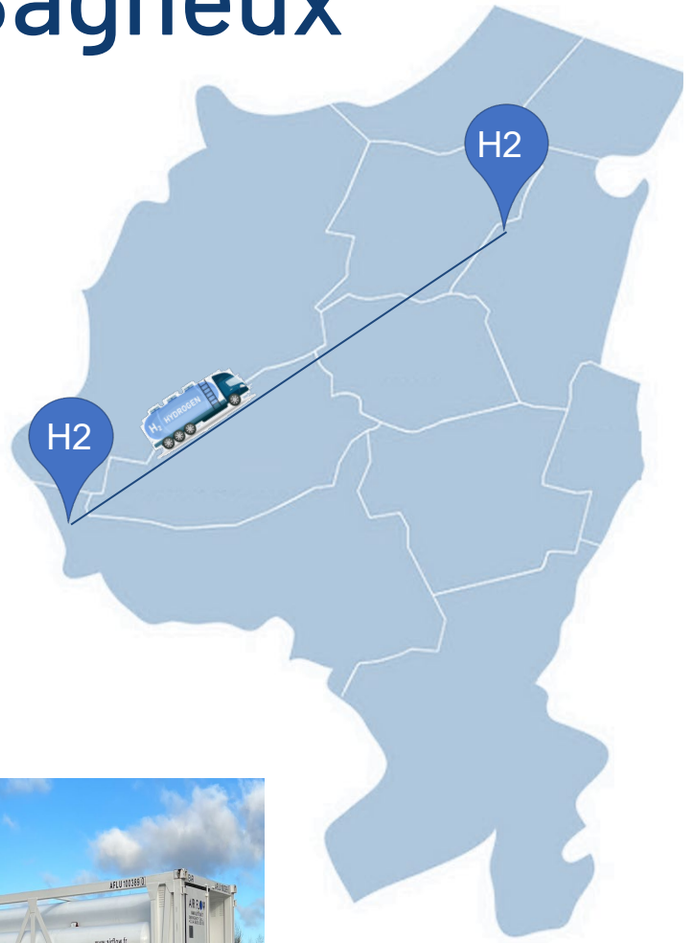


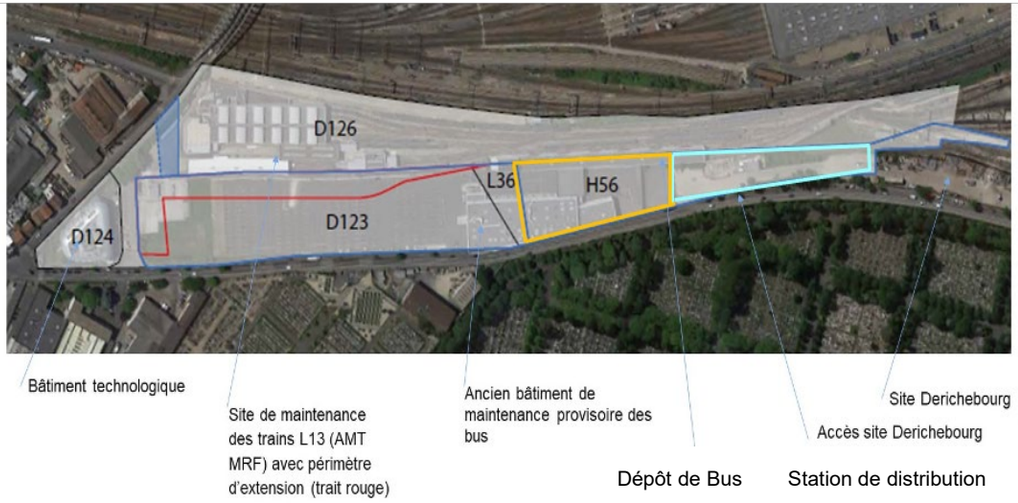




Station de distribution à Châtillon/Bagneux

- Installation de 4 points de distribution
- Installation de deux ensembles de stockage (450 bar et 30 bar)
- Stationnement de 5 bus Standard IDF Mobilités dès 2024
- Dépôt de 30 bus Standard IDF Mobilités dès 2025





Référence : Auxerre, France

Projet Ambitieux …

Vallée Sud HYDROGÈNE Grand Paris

- Mise en service des deux stations le 1er Janvier 2024
- Projet de livraison de l'hydrogène à l'aide de stations mobiles
- Projets d'implantation de nouvelles stations de distributions au delà du territoire de Vallée Sud Grand Paris
- Acquisition d'une partie de la flotte de véhicule Toyota MIRAI utilisés lors des JO. Ces voitures seront mises à disposition des collectivités du territoire

Échanges

Replay et supports

Investissement et carbone, article 173 de la LTE: quelles méthodes pour quels objectifs ?
WEBCONF' APCC n° 7

Méthode ADEME de quantification de l'impact GES d'une action
WEBCONF' APCC n° 8 & 9

L'influence du changement climatique sur l'alimentation
WEBCONF' APCC n° 10

La résilience des entreprises face aux risques du changement climatique
WEBCONF' APCC n° 11

Les enjeux de l'adaptation au changement climatique
WEBCONF' APCC n° 12

Reporting et Climat
WEBCONF' APCC n° 13
le 14 Décembre 2016 à 11h00

ACT : orienter les entreprises vers une trajectoire 2°C
WEBCONF' APCC n° 14

Objets connectés et Cleantech : l'impact carbone est-il un critère lors des levées de fond?
WEBCONF' APCC n° 15
le 25 Janvier 2017 à 11h00

Le transport routier de voyageurs peut-il être éco-responsable (1/2)?
WEBCONF' APCC n° 16
le 25 Février 2017 à 11h00

Le transport routier de voyageurs peut-il être éco-responsable (2/2)?
WEBCONF' APCC n° 17
le 1er Mars 2017 à 11h00

Risque physique climat : des fondamentaux à l'évaluation du risque financier
WEBCONF' APCC n° 18
le 18 Mai 2017 à 11h00

Faire des Objectifs de Développement Durable un levier de performance
WEBCONF' APCC n° 19
le 13 Juin 2017 à 11h00

Comment définir son engagement pour les Objectifs de Développement Durable?
WEBCONF' APCC n° 20
le 30 Juin 2017 à 11h00

Stratégie pour un bâtiment de bureaux bas carbone
WEBCONF' APCC n° 21
le 21 Nov. 2017 à 11h00

Réaliser votre PCAET et son évaluation environnementale
Méthodes, moyens et clés de réussite
WEBCONF' APCC n° 22
le 13 Mars 2018 à 11h00

Établissements sanitaires et médico-sociaux :
Quel est votre intérêt à passer du Bilan GES réglementaire au Bilan Carbone© ?
WEBCONF' APCC n° 23

Répondre aux enjeux climatiques via l'alimentation :
quelles initiatives sont créées ?
Par quels acteurs ?
Pour répondre à quels freins ?
WEBCONF' APCC n° 24

Plans de mobilité : enjeux, bénéfices et méthodologies
WEBCONF' APCC n°25
le 12 juillet 2018 à 16h00

Comment mettre en œuvre et évaluer sa stratégie bas carbone tout au long de sa chaîne de valeur ?
Présentation de l'initiative ACT
WEBCONF' APCC n°26
le 11 septembre 2018 à 11h00

Décryptage du rapport spécial 1,5°C du GIEC
WEBCONF' APCC n°27
le 28 novembre 2018 à 12h00

Demain, tous malades des conséquences du changement climatique ?
WEBCONF' APCC n°28
le 04 décembre 2018 à 11h00

Utiliser le bilan des émissions GES du territoire comme outil de mobilisation des acteurs
WEBCONF' APCC n°29

La communication, facteur de succès de votre plan de mobilité
WEBCONF' APCC n°30

Séquestrer du carbone dans les sols et forêts : connaître et agir
Ressources développées par l'ADEME et retour d'expérience

Management de la mobilité : la réussite du plan de mobilité !
WEBCONF' APCC n°32
le 27 juin 2019 à 14h00

Déplacements professionnels : le déploiement d'une flotte de véhicules électriques
WEBCONF' APCC n°33
le 04 juillet 2019 à 11h00

Vélo et entreprise : une politique gagnante
WEBCONF' APCC n°34
le 19 décembre 2019 à 11h00

Loi d'orientation des mobilités : quelles obligations et quelles opportunités pour les employeurs ?
WEBCONF' APCC n°35
le 11 février 2020 de 11h00 à 12h00

Documents d'urbanisme et adaptation au changement climatique : le rôle de l'évaluation environnementale
WEBCONF' APCC n°36
le 20 février 2020 de 11h00 à 12h00

Air climat énergie : quels indicateurs pour un suivi efficace de vos territoires ?
WEBCONF' APCC n°37
le 25 février 2020 de 11h00 à 12h00

Réseaux de chaleur, comment alimenter un hôpital et son quartier grâce aux énergies renouvelables ?
WEBCONF' APCC n°38
le 27 février 2020 de 11h00 à 12h00

www.apc-climat.fr

Vous réalisez des études ou des missions de conseil sur les thématiques suivantes ?

- Mobilité / Plan de Déplacement Entreprise
- Adaptation au changement climatique
- Stratégie carbone (SBTI/ACT)
- Compensation et comptabilité carbone
- Accompagnement aux certifications ISO 50001 / ISO 14001

- Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET)
- Planification Energétique des Territoires
- Evaluation de Plans Climat
- Energies Renouvelables
- ACV / Eco-conception

Adhérez !

Être représenté

Vous participez à la reconnaissance de la profession auprès des pouvoirs publics et des parties prenantes

Être en réseau

Vous vous inscrivez dans une démarche d'échange et d'amélioration continue

Être informé

Vous bénéficiez du partage d'informations métiers de manière conçise, pertinente et régulière

Être visible

Vous êtes identifié et reconnu comme expert par vos prospects et clients

Être bénéficiaire

Vous bénéficiez de tarifs préférentiels auprès de nos partenaires

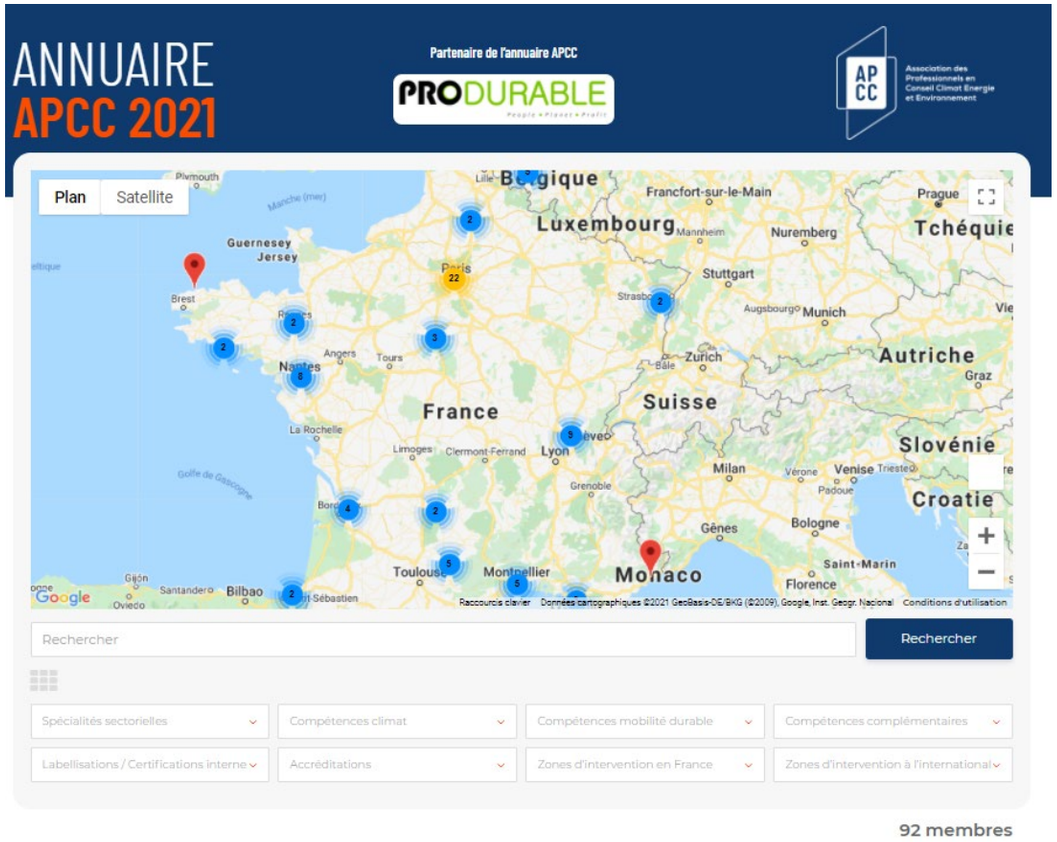
Là pour vous !

Envie de visibilité sur nos événements, ou d'un partenariat ?

TRAVAILLONS ENSEMBLE !

Vous êtes en recherche d'un prestataire ou d'un expert ?

CONTACTEZ-NOUS !



https://annuaire.apc-climat.fr/

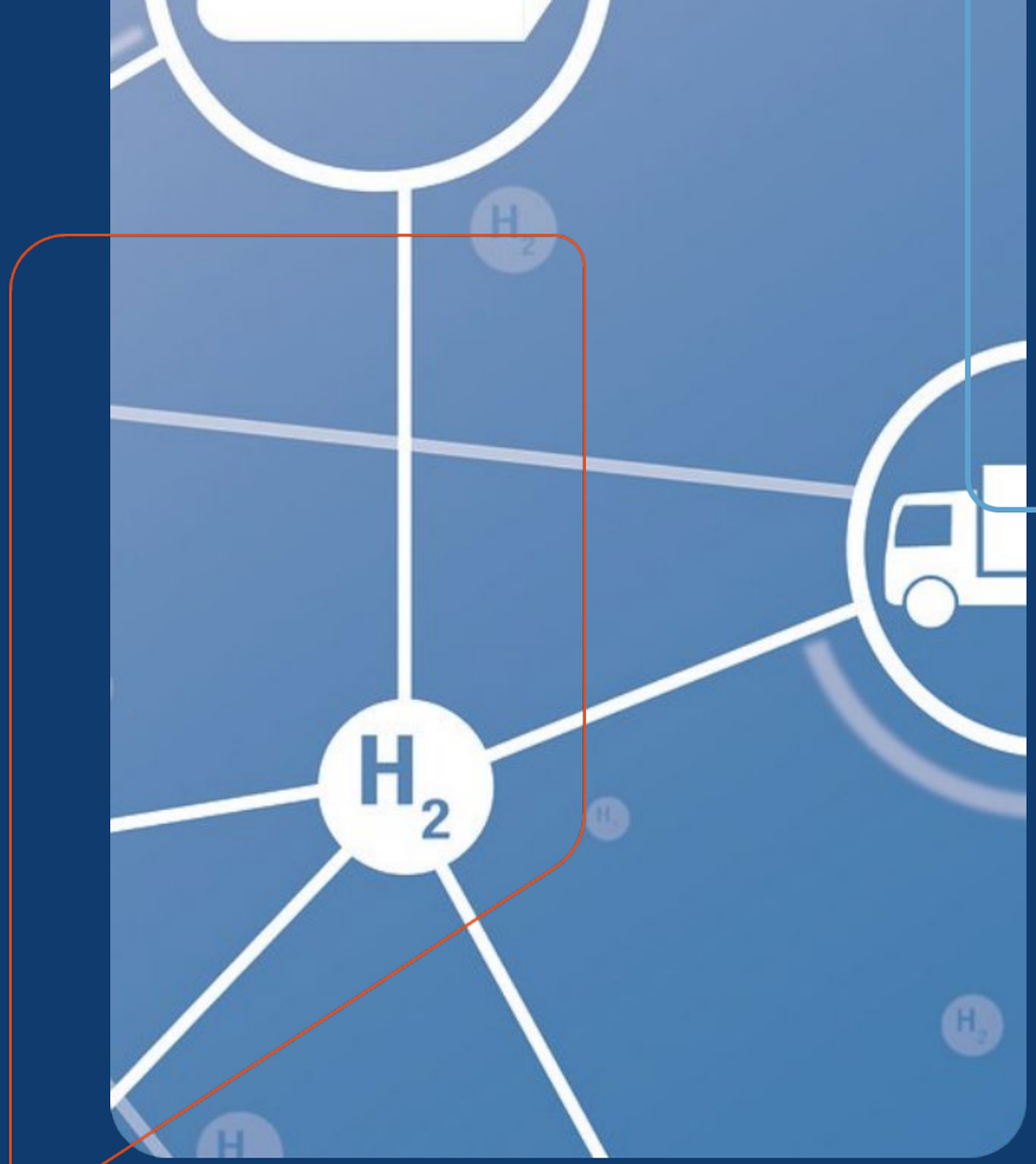
Association des Professionnels en Conseil Climat Energie et Environnement

MERCI !

Restons en contact :

contact@apc-climat.fr
www.apc-climat.fr

@APCClimat



Votre avis est important pour nous !

Merci de répondre au **sondage**
en fin de session