

L'hydrogène: point d'avancement et perspectives

- I. L'hydrogène aujourd'hui
- II. Les perspectives
- III. Développement des projets sur les territoires
 - FEBUS
 - Ecosystème Territoires d'Industrie

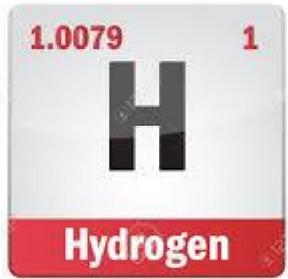
Mélanie PEDEUTOUR

Chef de Projet

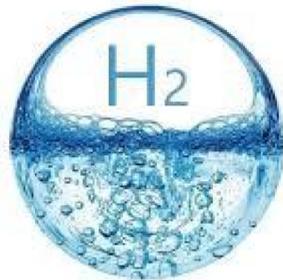
16 Octobre 2020 - Pôle ENR 64

I- L'hydrogène aujourd'hui

Un peu de chimie

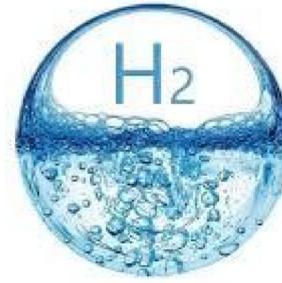


- ✓ L'hydrogène est l'élément le plus abondant de l'Univers (75 % en masse et 92 % en nombre d'atomes)
- ✓ Sur Terre, la source la plus commune d'hydrogène est l'eau .
- ✓ C'est le principal constituant (en nombre d'atomes) de toute matière vivante, associé au carbone dans tous les composés organiques



I- L'hydrogène aujourd'hui

Un peu de chimie - un gaz à part



- Une molécule de petite taille donc difficile à contenir (risque de fuite est donc plus élevé que d'autres combustibles).
- Corrosif
- La plus grande densité massique d'énergie : 1 kg d'hydrogène contient autant d'énergie qu'environ 3 kg de pétrole
- **une LIE basse:** le risque d'inflammabilité est plus élevé. L'énergie requise pour l'enflammer est environ 10 fois plus faible que pour le gaz naturel
- **Très volatile.** l'hydrogène se disperse plus rapidement que les carburants traditionnels. Il se dilue 4 fois plus vite dans l'air que le gaz naturel et 12 fois plus vite que les vapeurs d'essence. Cette volatilité est un facteur protecteur limitant la formation de nappes d'hydrogène.
- Une capacité de transformation en électricité (pile à combustible)

I- L'hydrogène aujourd'hui

Production et consommation

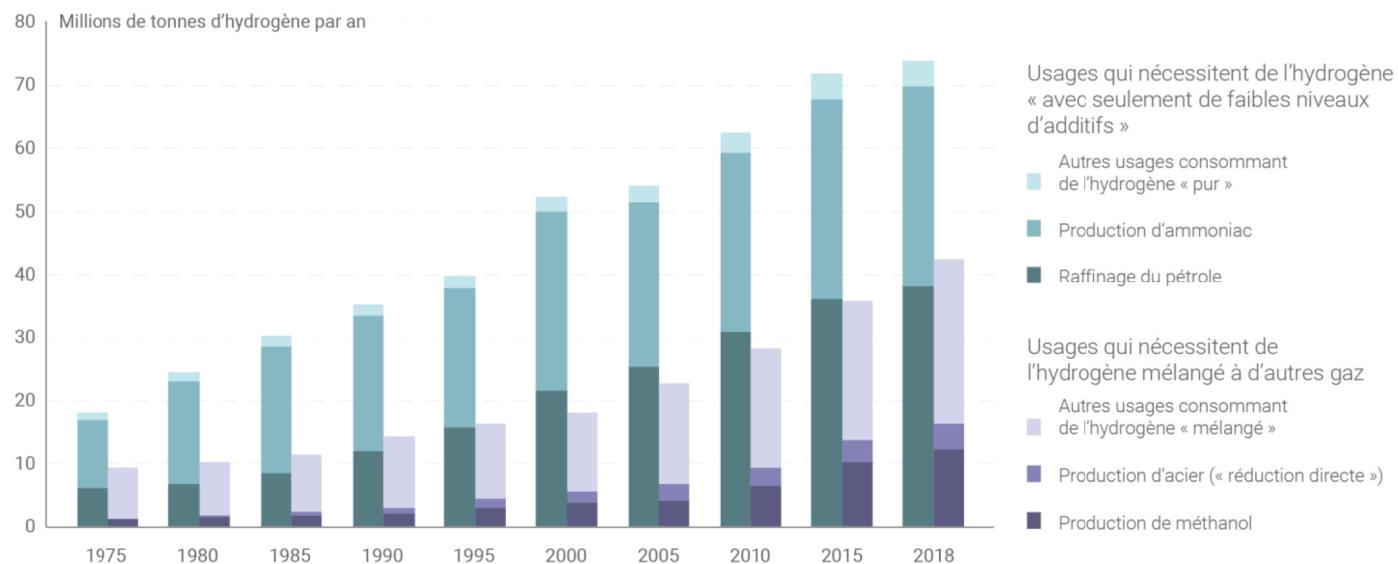
- ▶ 74 Mt produites par an dans le monde (2018)
 - ▶ 9 Mt en Europe
 - ▶ 1 Mt en France (soit 1,5% de la production mondiale)
- ▶ 95% de à base d'énergies fossiles = « hydrogène gris »
 - ▶ 48 % du gaz naturel
 - ▶ 30 % du pétrole,
 - ▶ 18 % du charbon
 - ▶ 4 % de l'électrolyse de l'eau.
- ▶ 3 procédés.
 - ▶ Vaporéformage
 - ▶ Gazeification
 - ▶ Électrolyse (PEM, Alcalin, Haute Température)

I- L'hydrogène aujourd'hui

Production et consommation

- ▶ Consommation mondiale (multiplier par 4 depuis 1975)
 - ▶ Production d'ammoniac (~40%)
 - ▶ raffinage du pétrole (~ 44%)
 - ▶ Méthanol
 - ▶ acier

Hydrogène Consommation mondiale depuis 1975



Source : *The Future of Hydrogen*, Agence internationale de l'énergie.

I- L'hydrogène aujourd'hui

Production et consommation

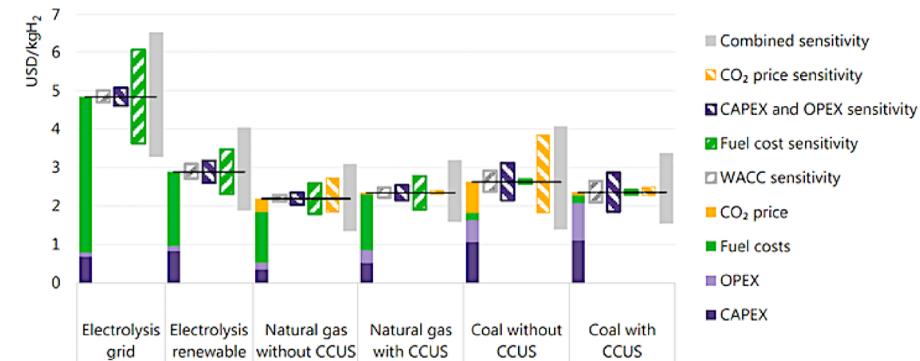
- ▶ **Emissions de CO₂**
- ▶ **A l'échelle mondiale**
 - ▶ 830 Mt de CO₂
 - ▶ soit l'équivalent de 2,5 fois les émissions de CO₂ de la France
 - ▶ ou encore 25 % de plus que les rejets de la totalité des vols internationaux de l'année.
- ▶ **En France**
 - ▶ 11,5 Mt de CO₂, soit environ 3 % des émissions nationales
 - ▶ 3 fois les émissions annuelles de CO₂ liées à la combustion d'énergie en France (319 Mt CO₂ en 2018).

I- L'hydrogène aujourd'hui

Les coûts de production

- Le coût de production (estimation 2020)
 - 5 €/kg pour l'« hydrogène vert »
 - 2,5 €/kg pour l'« hydrogène bleu »
 - 1,5 €/kg pour l'« hydrogène gris ».
 - Prix à la pompe autour de 12 kg.
- Livraison par TT autour de 16€/kg (dépend aussi de la qualité de l'H2)
- Possible de réduire le coût de l'hydrogène « vert » de plus de moitié d'ici à 2030
 - à condition de déployer les électrolyseurs de façon massive (90 GW) pour faire baisser leur coût.
 - de faire baisser significativement le prix de l'électricité renouvelable.
 - Besoin aussi d'une taxe sur le carbone?

Figure 16. Hydrogen production costs for different technology options, 2030



II- Les perspectives

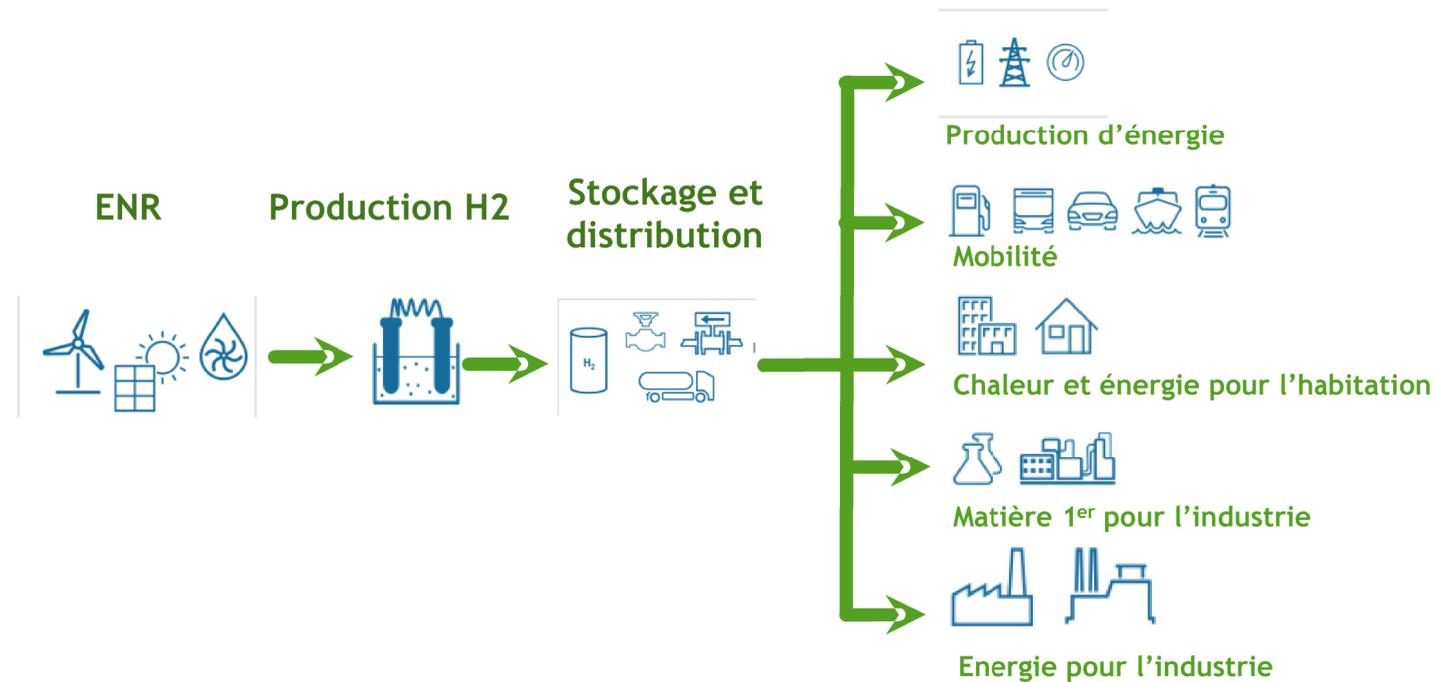
En quoi l'hydrogène est un vecteur de la transition énergétique

Développement d'un système énergétique renouvelable

- Permettre l'intégration à grande échelle des énergies renouvelables et la production d'électricité
- Distribuer l'énergie de façon transversale (sectorielle et géographique)
- Agir comme un « tampon » pour augmenter la résilience du système

Applications

- Décarboner les usages



Oui Mais = coûts de production élevés, rendement faible, stockage et transport compliqués

II- Les perspectives

En quoi l'hydrogène est un vecteur de la transition énergétique

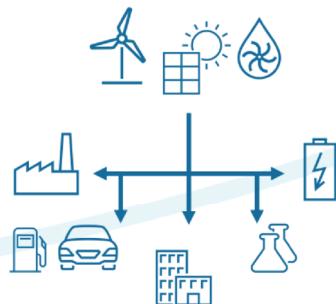
Des premiers usages aux hubs territoriaux ou « Hydrogen Valley »
Des écosystèmes et des filières associées

Adopter la technologie et utilisation de l'H2 dans un/des projets individuels



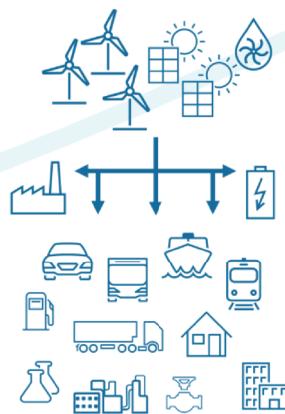
Aujourd'hui

Construire une chaîne de valeur locale intégrant l'utilisation de l'H2 au sein de différents secteurs et applications



Prochaine phase de développement

Répondre à tous les besoins en énergie grâce à l'H2 et les ENR fondé sur une économie locale de l'hydrogène



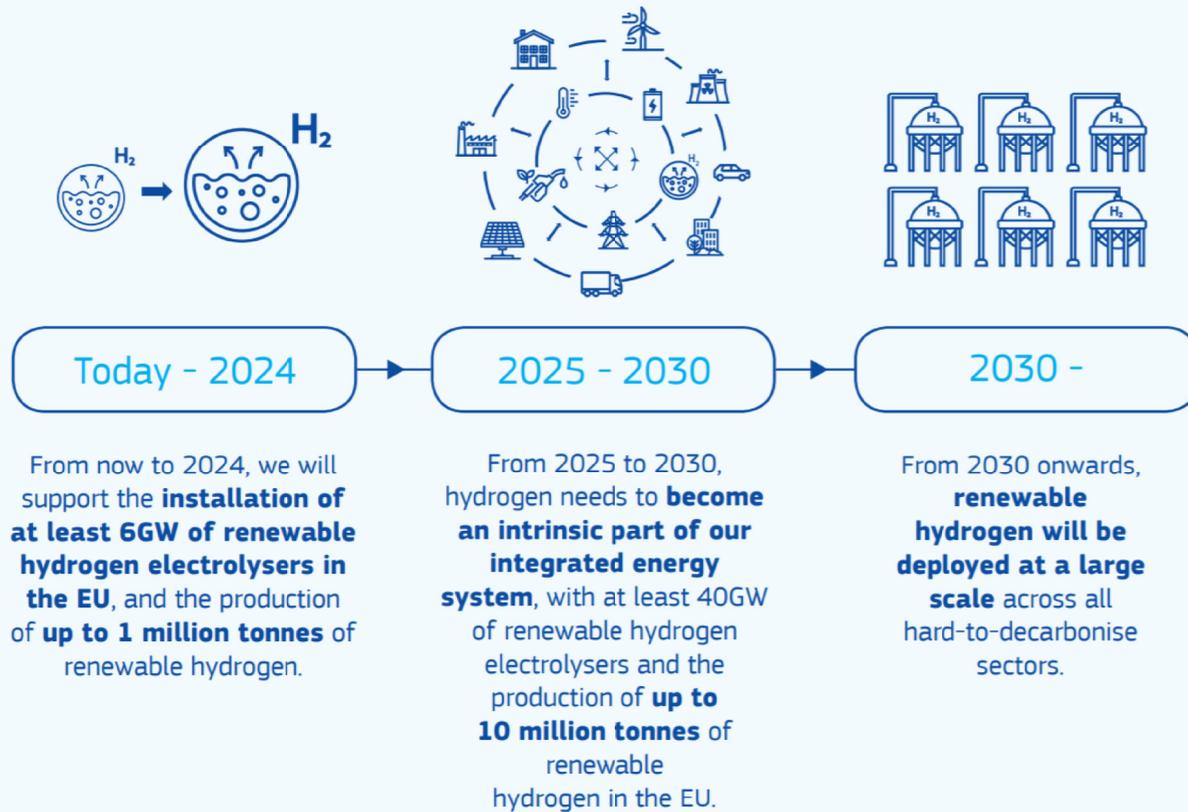
Vision à long terme

II- Les perspectives

La vision européenne

Europe's energy mix is projected to grow from the current less than 2% to 13-14% by 2050.

The path towards a European hydrogen eco-system step by step :



II- Les perspectives

la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France

Les objectifs

- accélérer la transition écologique,
- créer une filière industrielle dédiée.

3 axes :

Première priorité : décarboner l'industrie en faisant émerger une filière française de l'électrolyse

- Faire émerger une filière française de l'électrolyse.
- Décarboner l'industrie en remplaçant l'hydrogène carboné.

Deuxième priorité : développer une mobilité lourde à l'hydrogène décarboné

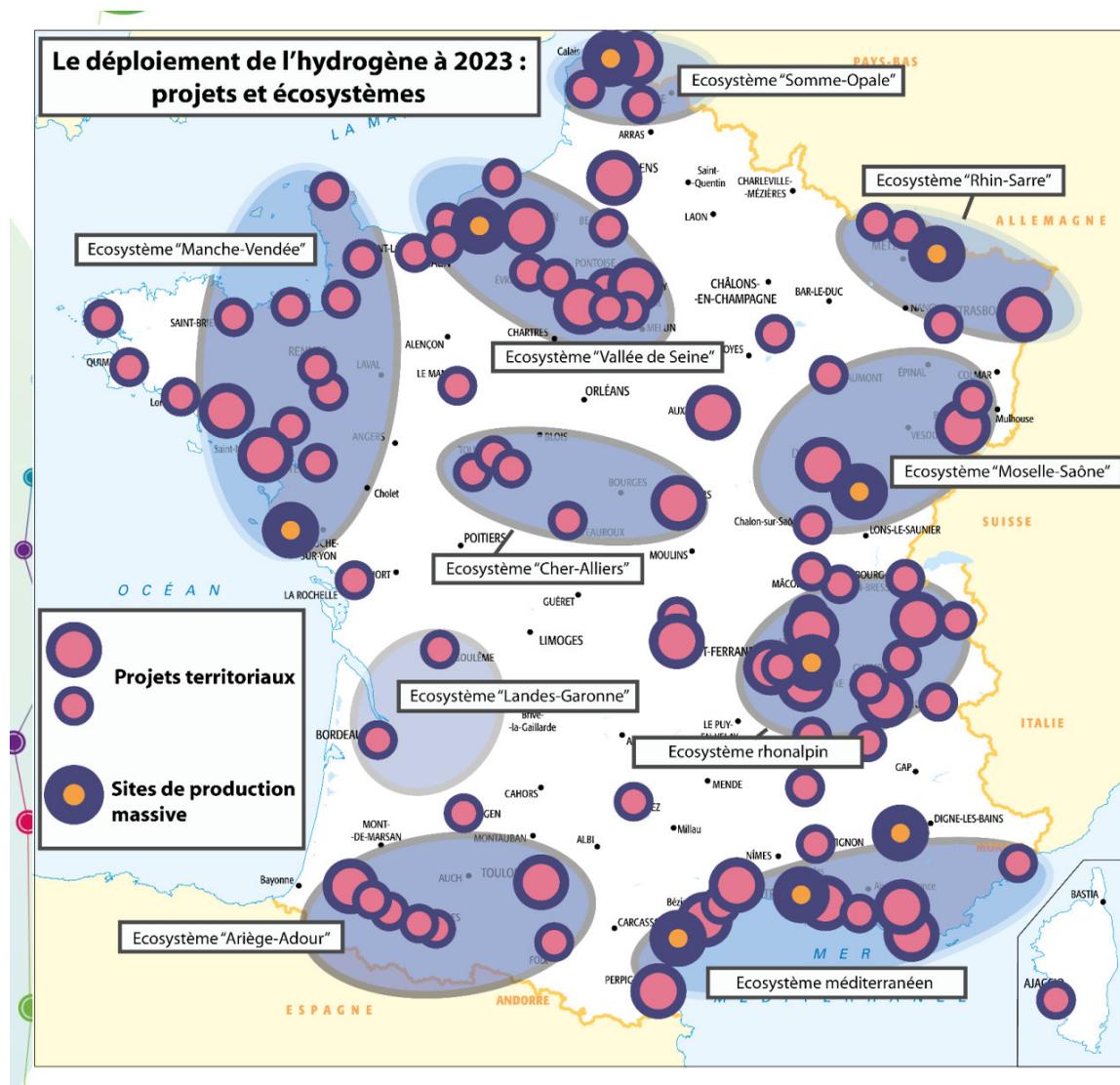
- Développer une offre de mobilité lourde à l'hydrogène.
- Développer des projets territoriaux d'envergure en incitant à mutualiser les usages.

Troisième priorité : soutenir la recherche, l'innovation et le développement de compétences afin de favoriser les usages de demain

- Soutenir la recherche et l'innovation.
- Développer les compétences.

- **Une stratégie de 7 milliards d'euros**
- **2 AAP déjà lancés par l'ADEME**

II- Les perspectives Etat des lieux en France



- Massification des projets
- Feuilles de route régionales

Structurer le déploiement de l'hydrogène en France à 2030 -

III- Déploiement d'un projet hydrogène

Retour d'expériences

▶ **F2BUS**

▶ **Ecosystème**  **TERRITOIRES
D'INDUSTRIE
LACQ-PAU-TARBES**

1- Le porteur du projet



SMTU = Syndicat Mixte des transports Urbains

- Autorité organisatrice de la mobilité
 - Élaboration, execution, revision PDU
 - Définition, mise ne pave, gestion de solutions de mobilité durable alternatives
 - Réalisation des travaux d'aménagement (voiries, P+R, BHNS)
- Périmètre géographique = 37 municipalités (182K inhabitants)
- Entièrement financé par le VT
- Délégation de service public à la SPL-STAP



SPL-STAP : exploitant du réseau de bus "IDELIS"

- 23 lignes de bus régulières (822 points d'arrêt)
- 5 millions de km et 8,5 millions de voyages annuels
- Scolaires (60 circuits - 584 000 kms commerciaux - 828 Points d'arrêt)
 - 96 véhicules standard (EURO V et VI)
 - 2 bus articulés
 - 4 navettes 100% électrique (depuis 2015) pour le cœur de ville
 - 4 minibus pour personnes à mobilité réduite
 - Age moyen de la flotte 8 ans
- 323 employés incluant 246 chauffeurs



2- Le BHNS, vecteur de développement urbain durable

Un BHNS c'est quoi? Un système de transport :

- une forte fréquence (5 à 15 min fonction heure creuse/pointes)
- amplitude horaire élevée
- Un itinéraire intégralement ou partiellement en site propre
- un système de priorité aux feux tricolores et aux rond-points garantie par des aménagements spécifiques
- un plancher bas pour faciliter l'accès aux personnes à mobilités réduites
- la vente de titres de transport effectuée au niveau des stations
- Système d'information voyageur

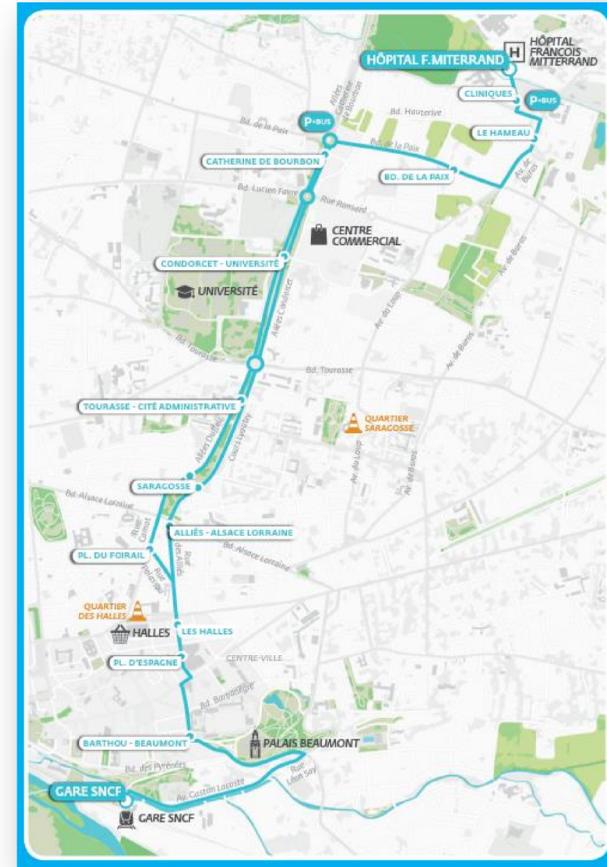
2- Le BHNS, vecteur de développement urbain durable

Caractéristiques principales de la ligne BHNS

- 14 stations
- Km commerciaux : 6 km
- Dont 5,1 km (80%) site propre (TCSP)
- Fréquence de 7 à 10 minutes
- Temps du trajet: 17 minutes
- Amplitude horaire de 05h30 à minuit
- Vitesse commerciale: 21 km/h
- Investissement de 50 M€

Vidéos de présentation du BHNS

<https://www.youtube.com/watch?v=61sArjrqlQ8>



2- Le BHNS, vecteur de développement urbain durable

Définir un modèle d'une nouvelle mobilité véritable alternative au diesel et à la voiture
Redynamiser la vision des transports urbains

- Faciliter les déplacements quotidiens par la création d'un système de transport en commun performant et fiable,
- Préserver l'environnement (la réduction de la pollution de l'air et la limitation des GES)
- Relier les grands pôles du territoire
- redéfinition de l'espace public
- Soutien et stimule les investissements publics et privés
- Contribue à renforcer l'attractivité économique et résidentielle du territoire
- Contribue au développement de "Pau 2030"



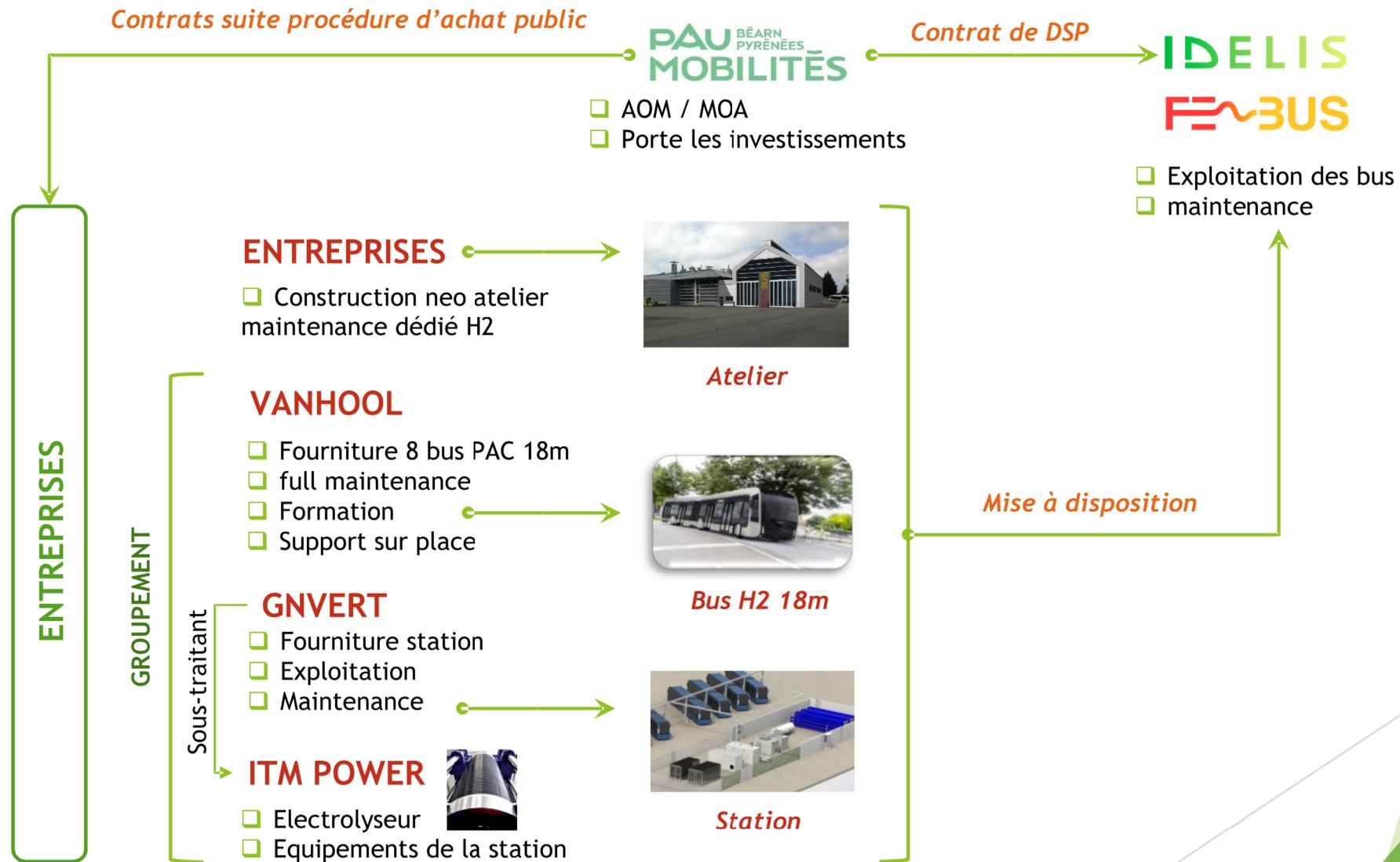
Pau 2030

<https://www.youtube.com/watch?v=ldto3RTtUgQ>

Le BHNS

- *Vecteur du développement urbain durable*
- « démonstrateur » de la faisabilité technique
- et de la soutenabilité financière d'une solution de mobilité innovante et zéro émission

3- Les composantes du système H2



3- Les composantes du système H2



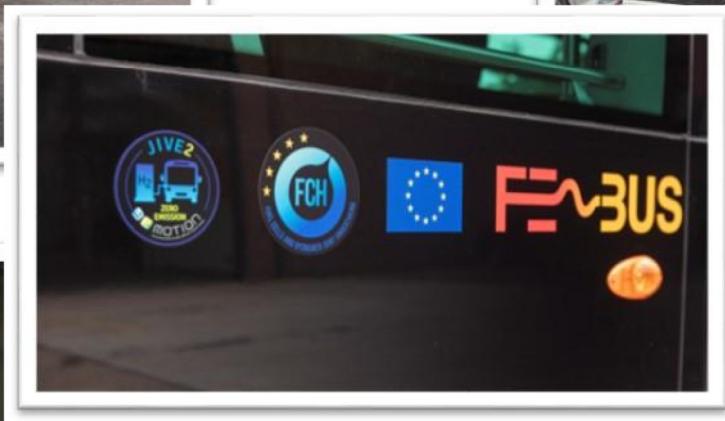
F2-BUS

- 8 FCB , 18m
- 240km/jour d'autonomie
- 10-12kg H2/100km
- 145 passagers
- 31kl de diesel économisés (per an/par bus)

- Electrolyseur 174-268 kg/24h
- Stockage = 3,5 jours d'exploitation
- Back up par "tube trailer"
- 8 points de distribution (en serie)
- Recharge de nuit
- Recharge ponctuelle de jour



3- Les composantes du système H2



[Visiter le bus](https://roundme.com/tour/410927/view/1435185/)

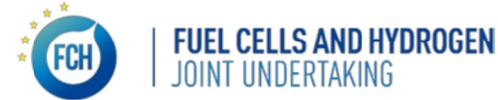
<https://roundme.com/tour/410927/view/1435185/>

4- Pourquoi et comment l'hydrogène.

Le Dialogue compétitif

- Un périmètre de consultation élargi (bus 18 m articulés, approvisionnement en énergie, maintenance)
- Critères de performance et non pas techniques
- Procédure de dialogue compétitif qui permet:
 - de discuter avec les candidats
 - de définir la solution la plus adaptée
- Ouvert à tous les types de motorisations
- 2/9 candidatures = solution zero émission
- Seules les 2 solutions zero émission au tour final

Financement



- 4,5M€
- PBPM partenaires des projets 3Emotion et JIVE2
- <https://www.fuelcellbuses.eu/>



1,455 M€



2,1 M€



0,9 M€

Comptabilité avec l'exploitation et performances d'une ligne BHNS

- Flexibilité, Fréquence, Fiabilité, Disponibilité, Sécurité,
- Accessibilité, Confort, Qualité de vie, Design
- Investissements plus important mais TCO équivalent à l'autre solution zero émission sur 15 ans.

Planning

- 2015 - étude de marché
- Oct 2016- Juillet 2017 = procédure marché public
- Juillet 2017 - Août 2019 = définition et production
- Aout - Nov. 2019 = construction, test, formation
- Déc. 2019 = début du service commercial

4- Pourquoi et comment l'hydrogène.



Autonomie journalière

350+ km sans remplissage



Flexibilité de l'exploitation

...pas d'infrastructure en ligne, plein en <15 min



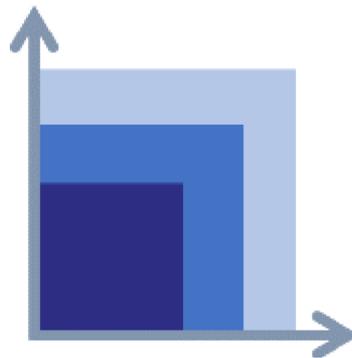
Zéro émission

seulement de l'eau et réduction GES en lien avec production H2 vert (électrolyse +/- ENR)



Confort des passagers et des chauffeurs

...grâce à la réduction des bruits et un confort de conduit accrue.



Échelle de déploiement

Infrastructure de recharge prêtes pour permettre l'extension des flottes de bus.



Une solution concrète

permettant de répondre aux enjeux liés à **décarboner les transports**

Vers un écosystème hydrogène à l'échelle de Territoire d'industrie ?



Historique :

- ▶ Signature Contrat d'industrie juillet 2019
- ▶ Des projets à différents stades d'avancement (FEBUS, Hyport, Train, projets de R&D,...)
- ▶ Groupes de travail et des animations en présence de nombreux industriels (jusqu'à 70) du territoire d'industrie (16 mai, 25 juillet 2019, 7 juillet 2020) > proposition d'une démarche commune

Contexte favorable :

- ▶ Possibilités de financements : Feuille de route européenne, Plan hydrogène français, AAP Occitanie, futurs AAP Nouvelle Aquitaine, ADEME, Europe, Plan de relance
- ▶ Régions impliquées dans le sujet : feuilles de route opérationnelle ou en cours de l'être



Etude technico-économique

3 phases :

- Opportunité / pertinence (pourquoi)
- Faisabilité (quoi)
- Plan d'actions (comment)

Portée par le Pays de Béarn et financée par la CA Pau Béarn-Pyrénées, la CC Lacq-Orthez, la CA Tarbes-Lourdes-Pyrénées, la Banque des territoires, Région Nouvelle-Aquitaine et le BDEA Adour

Vers un écosystème hydrogène à l'échelle de Territoire d'industrie ?

L'étude technico-économique - résultats de la phase 1

Un territoire attractif et différenciant...

- des atouts historiques dans le domaine de l'énergie,
- des acteurs qui couvrent l'ensemble de la chaîne de valeur,
- des projets identifiés auprès des acteurs industriels,
- une volonté des acteurs publics et privés de travailler dans une dynamique collective,

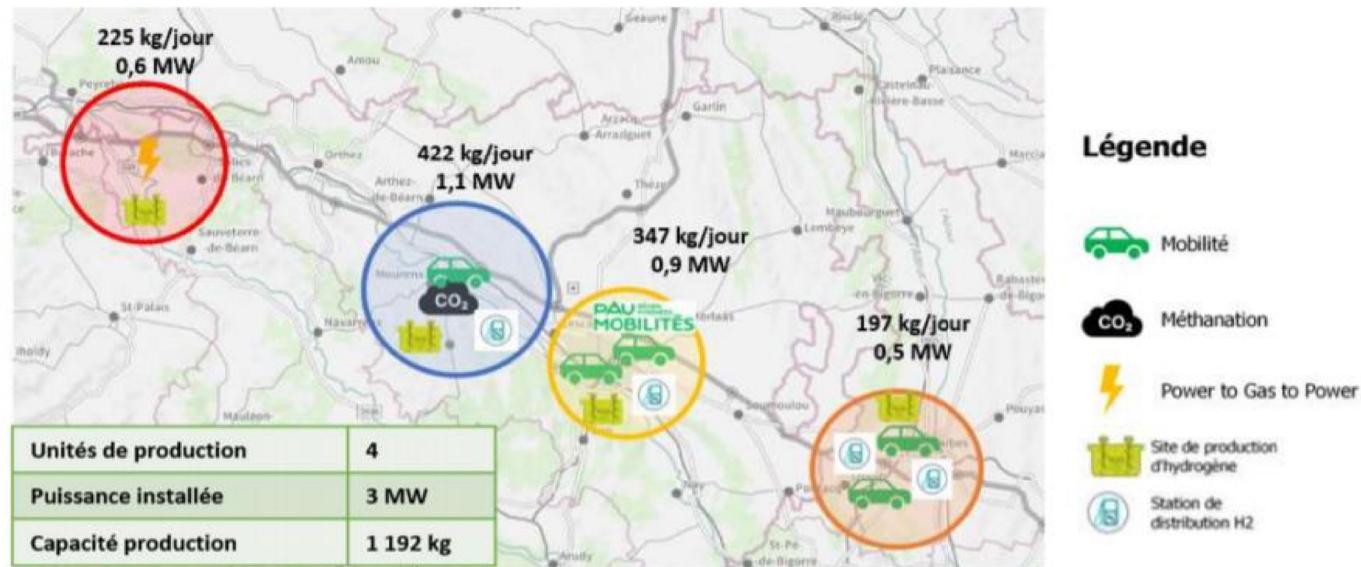
mais avec des conditions de réussites :

- répondre à la problématique du prix trop élevé,
- engager une dynamique avec un mode de gouvernance,
- saisir les opportunités actuelles

Vers un écosystème hydrogène à l'échelle de Territoire d'industrie ? L'étude technico-économique - résultats de la phase 2

- ▶ Cartographie de l'écosystème à maximaliste, intermédiaire et court-terme.
- ▶ Trois scénarii de déploiement complémentaires pour
 - cerner le potentiel de l'écosystème H2 Lacq-Pau-Tarbes
 - trouver la bonne taille critique de l'écosystème
 - avoir le meilleur rapport coût d'investissement / prix de l'H2.
- ▶ Forts enjeux sur la structuration d'une filière économique intégrant la recherche et développement, l'innovation, l'offre dédiée de formation et emplois de demain, etc.

Cartographie de la production d'hydrogène et de la puissance associée, dans le territoire Lacq-Pau-Tarbes [2022]



Vers un écosystème hydrogène à l'échelle de Territoire d'industrie ?

L'étude technico-économique - Lancement de la phase 3

Objectifs :

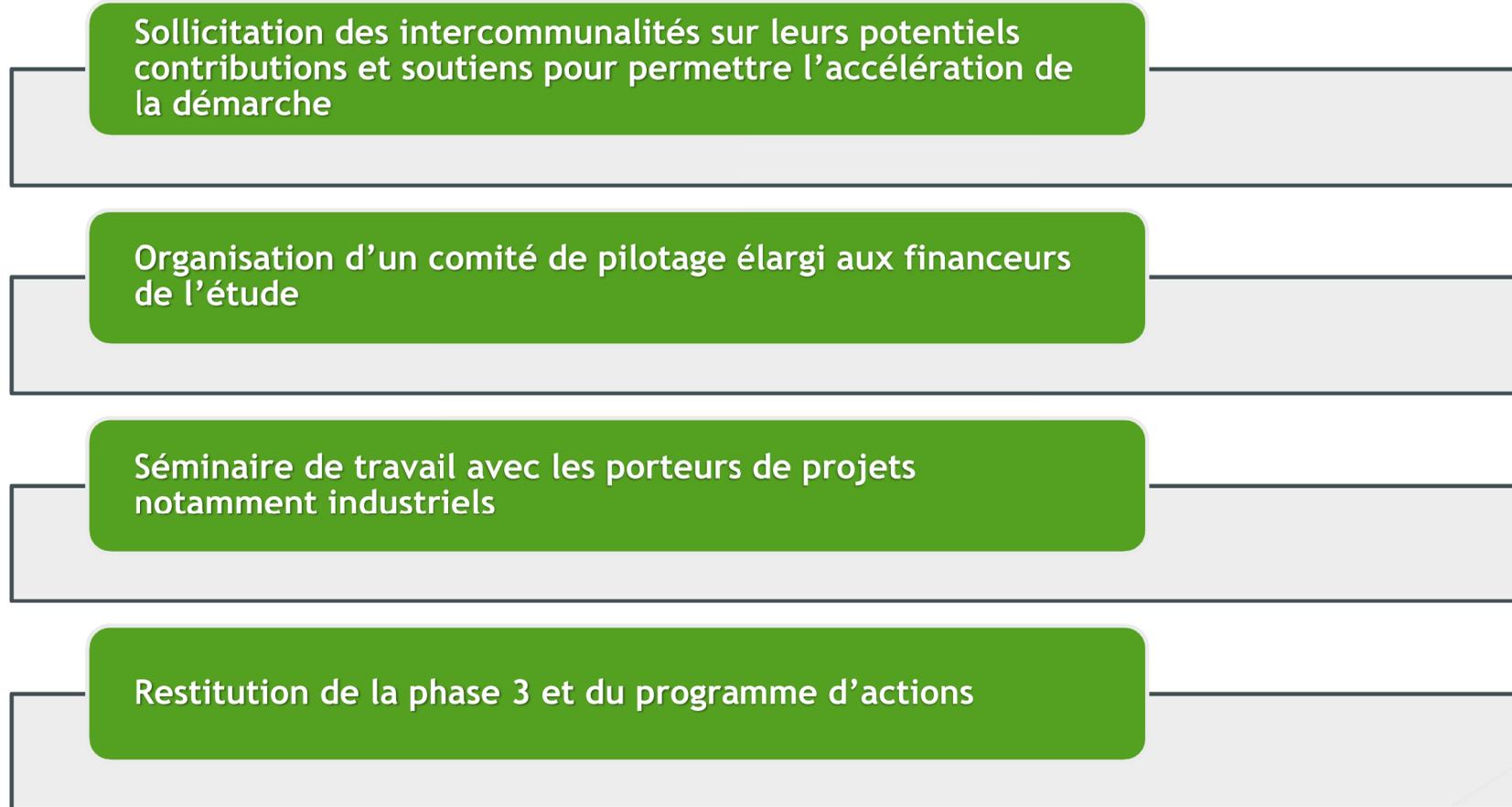
- ▶ Définir une stratégie de déploiement
- ▶ Approuver un plan d'action de l'écosystème et de la filière économique

Attentes :

- ▶ Affiner le scénario retenu et notamment le business plan
- ▶ Définir la stratégie de déploiement à adopter par "domaine".
- ▶ Identifier les financements et appel à projets régionaux, nationaux et européens ;
- ▶ Définir le plan d'action sur les 5 prochaines années ;
- ▶ Proposer un modèle de gouvernance/pilotage/portage juridique ;
- ▶ Modalité d'intervention de la part des collectivités possibles (investisseur, subventions, soutiens financiers aux initiatives locales, etc..) ;
- ▶ Outils de suivi des actions

Vers un écosystème hydrogène à l'échelle de Territoire d'industrie ?

L'étude technico-économique - calendrier



L'hydrogène: point d'avancement et perspectives

Merci de votre attention.

Mélanie PEDEUTOUR

Chef de Projet

16 Octobre 2020 - Pôle ENR 64