RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Hydrogène:

De quoi parle t'on ?

Pour quels usages ?

Quelle vision ADEME pour 2050 ?

Quelques exemples Néo-Aquitains ?

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Hydrogène – De quoi parle t’on?

Existe-t-il à l’état naturel ?

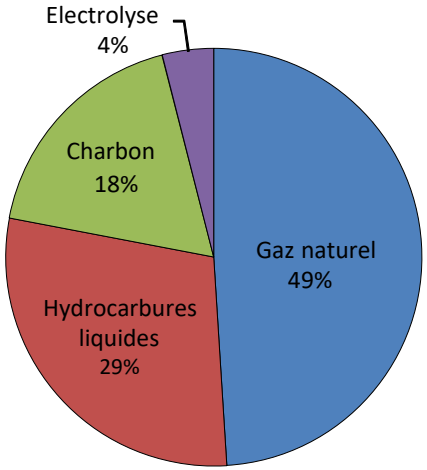
- Elément le plus abondant sur terre mais…..
- Des sources naturelles d’hydrogène existent au fond des océans
- Hydrogène naturel dans le sous-sol?

Nécessité de le produire pour le consommer

Hydrogène – De quoi parle t'on?

Comment est-il produit aujourd'hui ?

- Production mondiale d'hydrogène estimée à 53 millions de tonnes en 2010
- Production française de 880 000 tonnes en 2020 (France Hydrogène)



4% de l'électrolyse se divisent en :

- 3% de l'électrolyse chlore-soude
- 1% de l'électrolyse de l'eau

Hydrogène – De quoi parle t'on?

Comment peut-il être produit demain ?

- Electrolyse: cible de la stratégie nationale H2!
- **H2 renouvelable/bas carbone/carboné** (Ordonnance n° 2021-167 du 17 février 2021 relative à l'hydrogène

	Couleur	Technologie	Energie primaire ou source d'électricité	Empreinte carbone	Terminologie
Production via biomasse	Hydrogène vert	Thermolyse	Biomasse	Basse (< 3 kgCO2eq/kgH2)	Hydrogène renouvelable
		Vaporeformage	Biométhane	Basse (< 3 kgCO2eq/kgH2)	Hydrogène renouvelable
Production via l'électricité		Electrolyse de l'eau	Solaire, éoliennes, hydroélectricité	Minimale (< 2 kgCO2 eq/kgH2)	Hydrogène renouvelable
	Hydrogène rose		Nucléaire	Minimale (< 2 kgCO2 eq/kgH2)	Hydrogène bas-carbone
	Hydrogène jaune		Réseau électrique (FR)	Basse (< 3 kgCO2eq/kgH2)	Hydrogène bas-carbone
Production via les énergies fossiles	Hydrogène bleu	Vaporeformage Gazéification	Gas naturel, charbon + CCUS	Basse (< 3 kgCO2eq/kgH2)	Hydrogène bas-carbone
	Hydrogène turquoise	Pyrolyse	Gaz naturel	Basse (< 3 kgCO2eq/kgH2) + noir de carbone (co-produit)	/
	Hydrogène gris	Vaporeformage		Elevée (~ 11 kgCO2 eq/kgH2)	Hydrogène carboné
	Hydrogène marron	Gazéification	Lignite	Très élevée (> 20 kgCO2 eq/kgH2)	Hydrogène carboné
	Hydrogène noir		Charbon bitumineux	Très élevée (> 20 kgCO2 eq/kgH2)	Hydrogène carboné

Légende : hydrogène vert, bleu, ou gris, les appellations par les couleurs sont souvent utilisées mais devraient être évitées en ce qu'elles entretiennent des confusions et ne recouvrent pas toujours les mêmes dimensions technologiques ou énergétiques. Le code de l'énergie définit aujourd'hui l'hydrogène renouvelable, l'hydrogène bas-carbone, et l'hydrogène carboné. (article L811-1 du code de l'énergie).

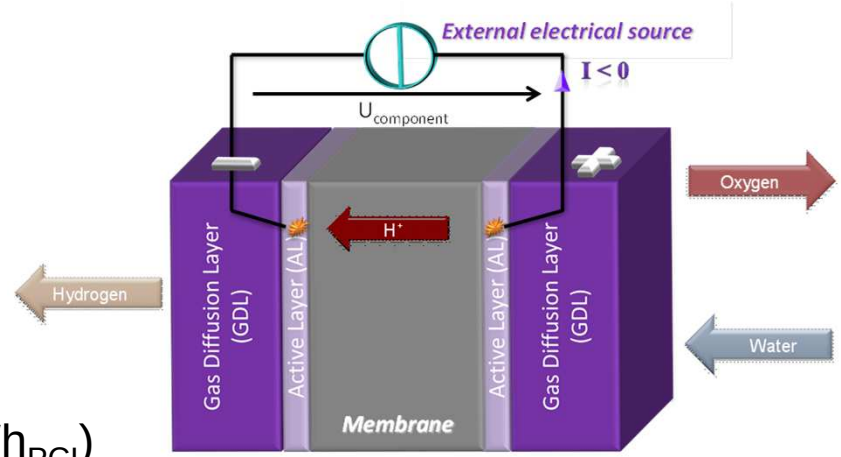
Hydrogène – De quoi parle t'on?

Comment peut-il être produit demain ?

$$H_2O \longrightarrow H_2 + 1/2\ O_2$$

électricité
chaleur

56 $kWh_é$ + 1L d'eau → 1 kgH_2 (33 kWh_{PCI})



Rendement ≈ 60% (<< autres vecteurs)

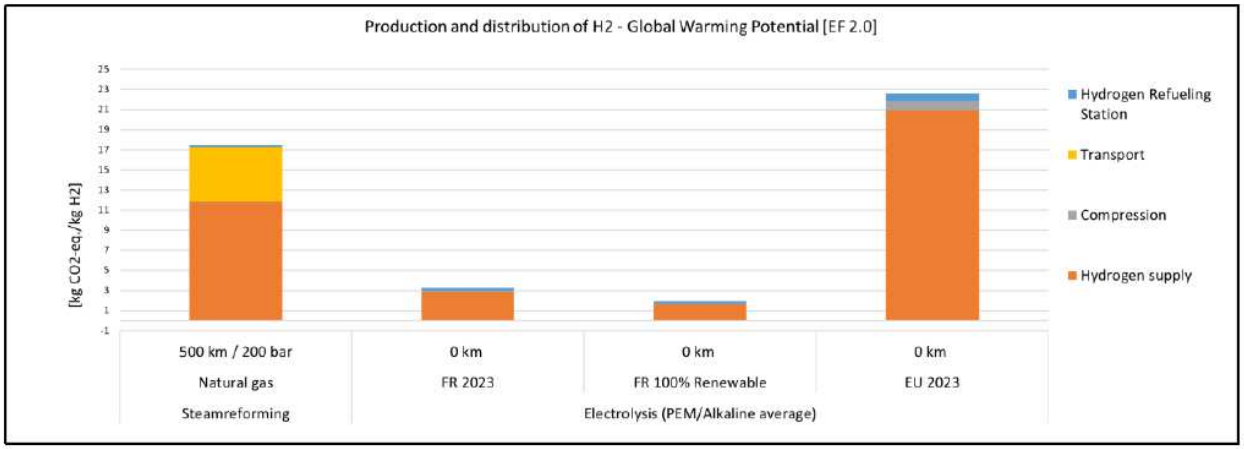
Hydrogène – De quoi parle t'on?

Comment peut-il être produit demain ?

Scope 1 - Hydrogen production and distribution

A highly variable global warming impact, ranging in France from 1.9 to 17.5 kg CO2 eq/kg H2 available at the station

For all the scenarios studied for the production of hydrogen up to its distribution in stations, and representative of France, the impact of climate change appears to be highly variable. The GHG content of a kg of hydrogen ranges from 1.9 to 17.5 kg CO2 eq.



Source ADEME: rapport ACV relative à l'H2

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Hydrogène:

De quoi parle t'on ?

Pour quels usages ?

Quelle vision ADEME pour 2050 ?

Quelques exemples Néo-Aquitains ?

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Hydrogène – Quels usages?

Lien avec la stratégie nationale et vision ADEME

Les priorités:

- Décarboner l'industrie en faisant émerger un filière française d'électrolyse
- Développer une mobilité lourde à l'hydrogène décarboné
- Soutenir la recherche, l'innovation et les compétences afin de favoriser les usages de demain

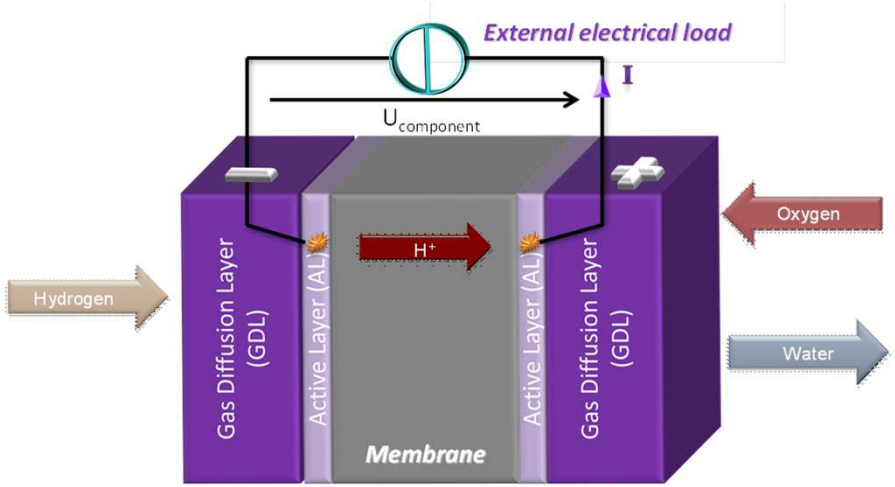
Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Hydrogène – Quels usages (exemple mobilité)?

Comment fonctionne une « Pile à combustible » ?

$$H_2 + 1/2\ O_2 \longrightarrow H_2O$$

électricité
chaleur



Rendement ≈ 60%

Hydrogène – Quels usages (exemple mobilité)?

Avant toute chose…!

Figure 1 Les cinq leviers de la transition énergétique des transports

Source : décomposition des émissions des transports sous forme d'identité (ou d'équation) de Kaya [4].

Hydrogène – Quels usages (exemple mobilité)?

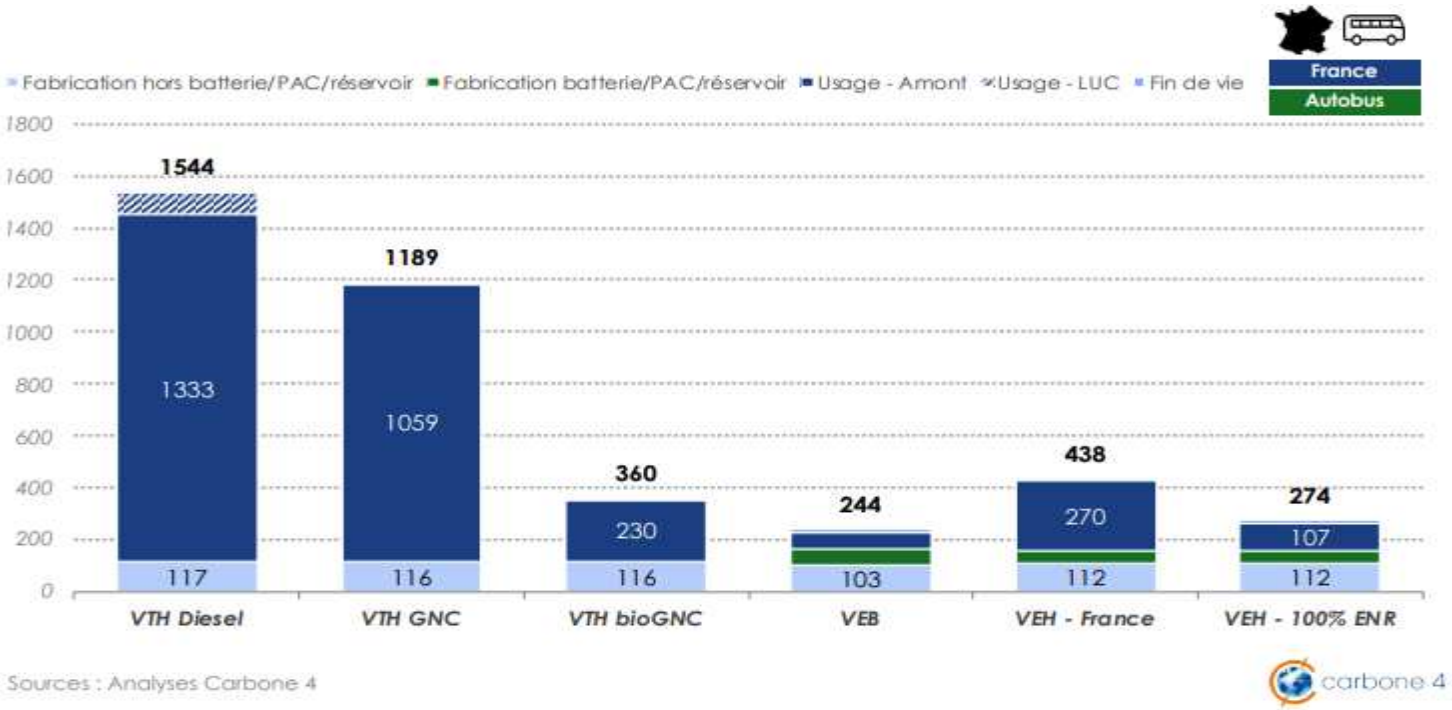


Figure 12 – Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'un autobus vendu en 2020 France | gCO_2e/km

Enjeux Gaz à Effet de Serre:

- BioGNC/VEB/VEH: 3 à 4 fois moins émissives que les autobus diesel ou GNV, non négligeable
- Veiller à l'approvisionnement ENR/bas carbone pour l'H2 comme le CH4
- Raccordement direct/contrat ENR (PPA, GO, etc.)

Source carbone 4: rapport « comparaison des émissions en cycle de vie pour le transport routier

Hydrogène – Quels usages (exemple mobilité)?

Quelle offre pour la mobilité « intensive »?

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Hydrogène:

De quoi parle t'on ?

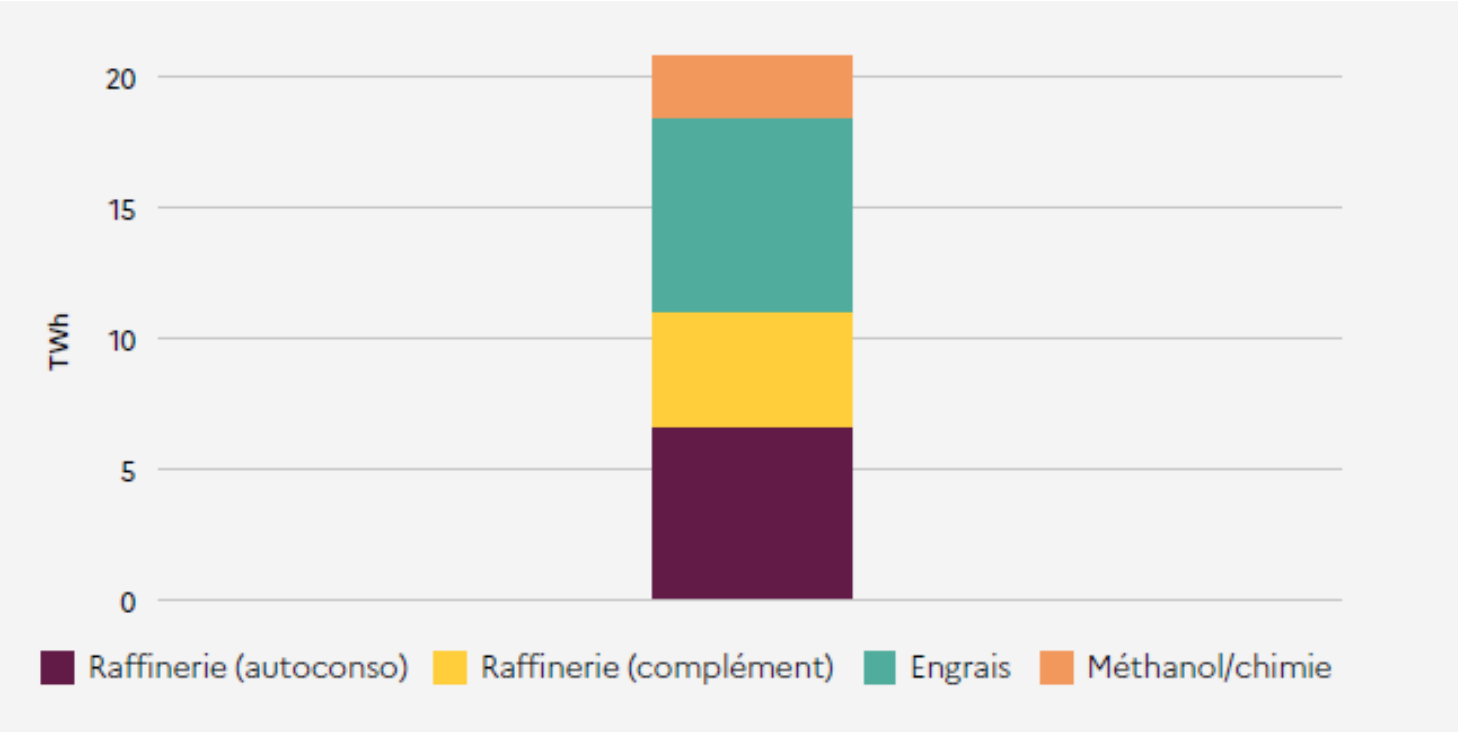
Pour quels usages ?

Quelle vision ADEME pour 2050 ?

Quelques exemples Néo-Aquitains ?

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Scénario 2050 - Consommation actuelle d'hydrogène de 20 TWh (calcul ADEME)

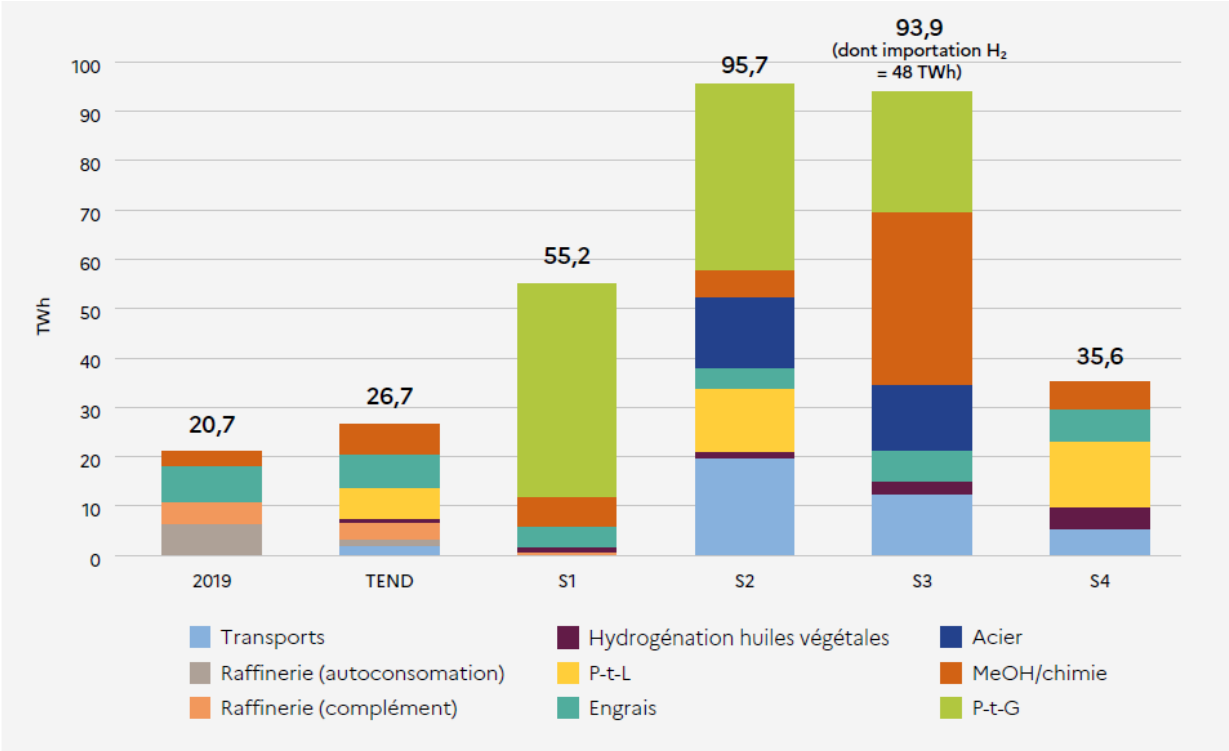


Principaux usages actuels consommateurs d'hydrogène : **raffinage et engrais**

Scénario 2050 - H2 incontournable dans tous les scénarios

Principaux enseignements:

- Consommation 2050 > 2019
- Usages industriels + mobilité
- Facteur d'émission de l'H2 diminue!



Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Scénario 2050 - Lien avec les coûts d'électricité pour produire l'hydrogène par électrolyse

Principaux enseignements:

- 72 à 97% d'origine renouvelable
- 74 à 87 €/MWh: évolutions homogènes
- Equilibrage avec interconnexions/ELY

	Consommation domestique totale	Mix de production	Coût total 2020-2060	Coût complet en 2050
2020	468 TWh	22 % EnR		86 EUR/MWh en 2020
S1 2050 Génération frugale	408 TWh	97 % EnR	1 045 MdEUR	85 EUR/MWh
S2 2050 Coopérations territoriales	537 TWh	86 % EnR	1 097 MdEUR	74 EUR/MWh
S3EnR-offshore 2050 Technologies vertes	656 TWh	87 % EnR	1 318 MdEUR	82 EUR/MWh

Nucléaire · Turbines gaz · Autres thermiques · Photovoltaïques · Éolien terrestre · Éolien en mer · Hydraulique · Autres renouvelables

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Scénarios 2050 Hydrogène : Conclusions

- **Forte augmentation des consommation d'hydrogène** en 2050 (vs 2019)
- **L'électrolyse technologie sans regret**.. Mais pour quels usages ?
- **2020-2030 période cruciale** pour rendre compétitive l'électrolyse (**1 à 13 GW**) notamment dans les secteurs
  - Mobilité H2 (S2 et S3) en compétition avec le gaz
  - P2G (S1, S2 et S3) : couplage avec la méthanisation
  - Production de méthanol (S3)
  - Sidérurgie (S2 DRI décentralisé et S3 en HF centralisé)
- Secteur du **raffinage en forte mutation** (excédentaire en hydrogène en 2030 puis fermeture des raffineries)
- Infrastructures de **pipes et importations d'H2 décarbonés sont une option** (en S3, gros consommateurs industriels)
- Scénario prospectif qui conforte **le plan national H2** notamment sur :
  - Construction filière d'électrolyse en s'appuyant sur les secteurs industriels consommateurs d'H2 (**6,5 GW**)
  - Offre mobilité lourde via des écosystèmes dans les territoires

  Cependant accompagnement du P2G nécessaire dès 2027-2028 absent du plan H2

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Hydrogène:

De quoi parle t'on ?

Pour quels usages ?

Quelle vision ADEME pour 2050 ?

Quelques exemples Néo-Aquitains ?

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Hydrogène – Quels exemples néo-Aquitains?

Ecosystème Febus – Production/valorisation d'H2 sur Pau

- Portage: PAU BÉARN PYRÉNÉES MOBILITÉS, ENGIE GNVERT

- Objectifs:
  - « Le PBPM souhaite disposer de véhicules les moins polluants au regard de la loi de transition énergétique ou de type « Zéro Emission », sous réserve de leur faisabilité technique, de leur soutenabilité financière et de leur compatibilité avec la mise en exploitation commerciale de la ligne en 2020 »
  - Ligne BHNS (8 bus)

- Rex année 1 (avril 2021):
  - Cette première année a fait la satisfaction de chacun, « dans l'ensemble extrêmement satisfait! » « c'est une belle réussite ! »
  - Fonctionnement nominal à mi-charge puis réception définitive début 2022
  - Bus: disponibilité élevée (+PAC), consommation de 10 kg/100 km, autonomie de 342 km

Hydrogène – Quels exemples néo-Aquitains?

Projet LHYMO – Ecosystème H2 sur le territoire Limougeaud

- Portage: Limoges Métropole Communauté urbaine storengy

- Objectifs:
  - 0 émission CO2 et Nox à l'usage « en se préparant aux futures obligations à venir, avec l'adoption des normes Euro 7 ou le passage en zone de Faible Emission prévu en 2025 »
  - En s'adaptant aux contraintes techniques de l'aire urbaine (topographie, autonomie, porte à porte, etc.)

- Développement visé:

Octobre 2023	Octobre 2025	Octobre 2028
MES	**Phase 1** Total: 6 bus + 6 BOM	**Phase 2** Total: 12 bus + 12 BOM	**Phase 3** Total: 16 bus + 16 BOM

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr

Hydrogène – Conclusions et perspectives?

- L’hydrogène oui, mais pour le « bon usage »
- L’hydrogène oui, mais sans oublier les autres vecteurs de décarbonation (sobriété, efficacité, etc.)
- L’hydrogène oui, mais selon la technologie de production

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME

AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Questions?

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine – thomas.ferenc@ademe.fr