


Quelles perspectives
pour le poids lourd électrique à hydrogène
pour le transport de marchandises ?



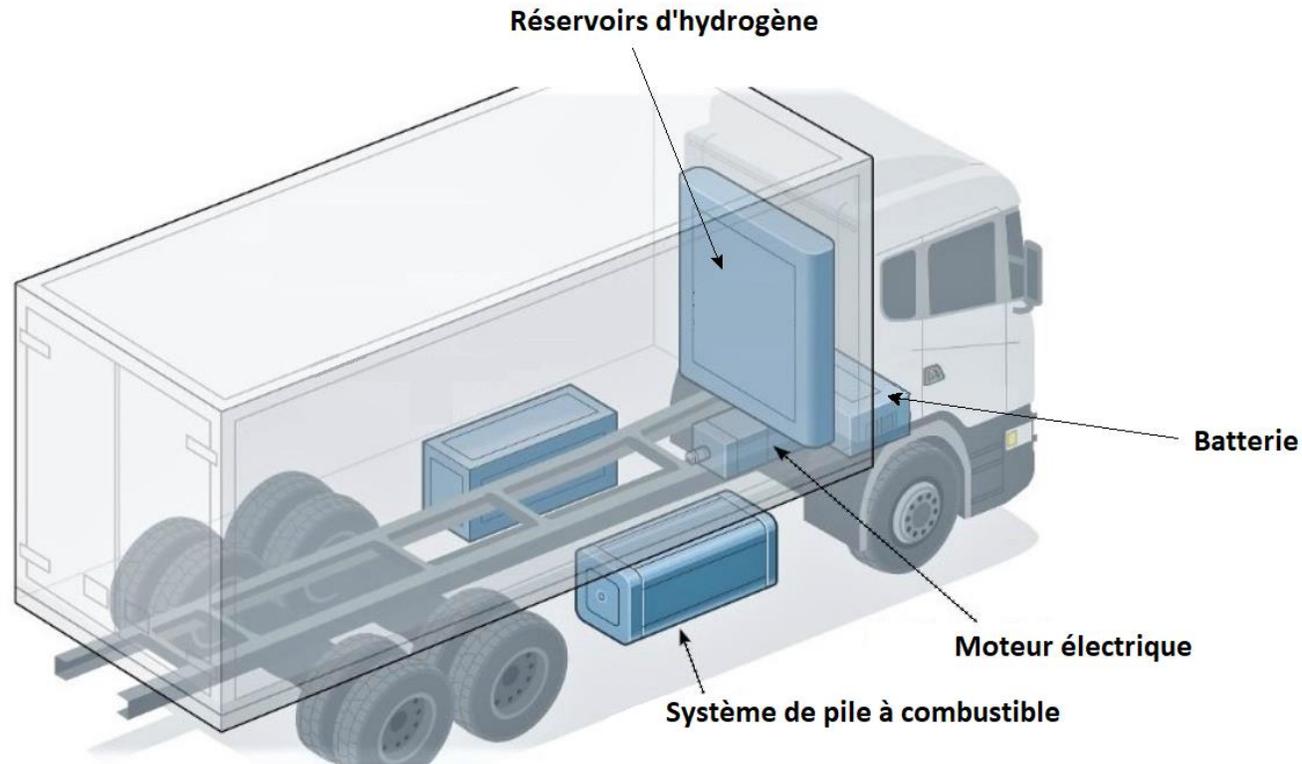
Livre Blanc - Février 2022

LIVRE BLANC

« Quelles perspectives
pour le poids lourd électrique à hydrogène
pour le transport de marchandises ? »

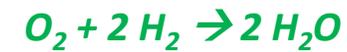
Éléments clés

Les poids lourds électriques à hydrogène sont équipés d'un moteur électrique, alimenté par un système PAC convertissant l'hydrogène en électricité. Ils ne rejettent que de l'eau pure.



*Schéma d'un poids lourd électrique à hydrogène**

- L'hydrogène est stocké dans un ou plusieurs **réservoirs**.
- L'hydrogène est converti en électricité et en eau par **la pile à combustible (PAC)**.



- L'électricité alimente un **moteur électrique**.
- L'eau est évacuée sous forme de vapeur.
- Une **batterie** de faible capacité permet de répondre aux forts appels de puissance.

Le véhicule n'émet :

- Pas de dioxyde de carbone.
- Pas de particules polluantes.
- Seulement de l'eau pure et de la chaleur.

C'est une solution aux multiples avantages : environnementaux, opérationnels, et s'inscrivant au sens large dans la dynamique de transition énergétique.

DÉCARBONATION DES TRANSPORTS

Pas d'émission de gaz à effet de serre à l'échappement

Pas d'émission de particules polluantes



ATOUS OPERATIONNELS

Recharge rapide similaire aux solutions thermiques

Autonomie importante comparable aux solutions thermiques

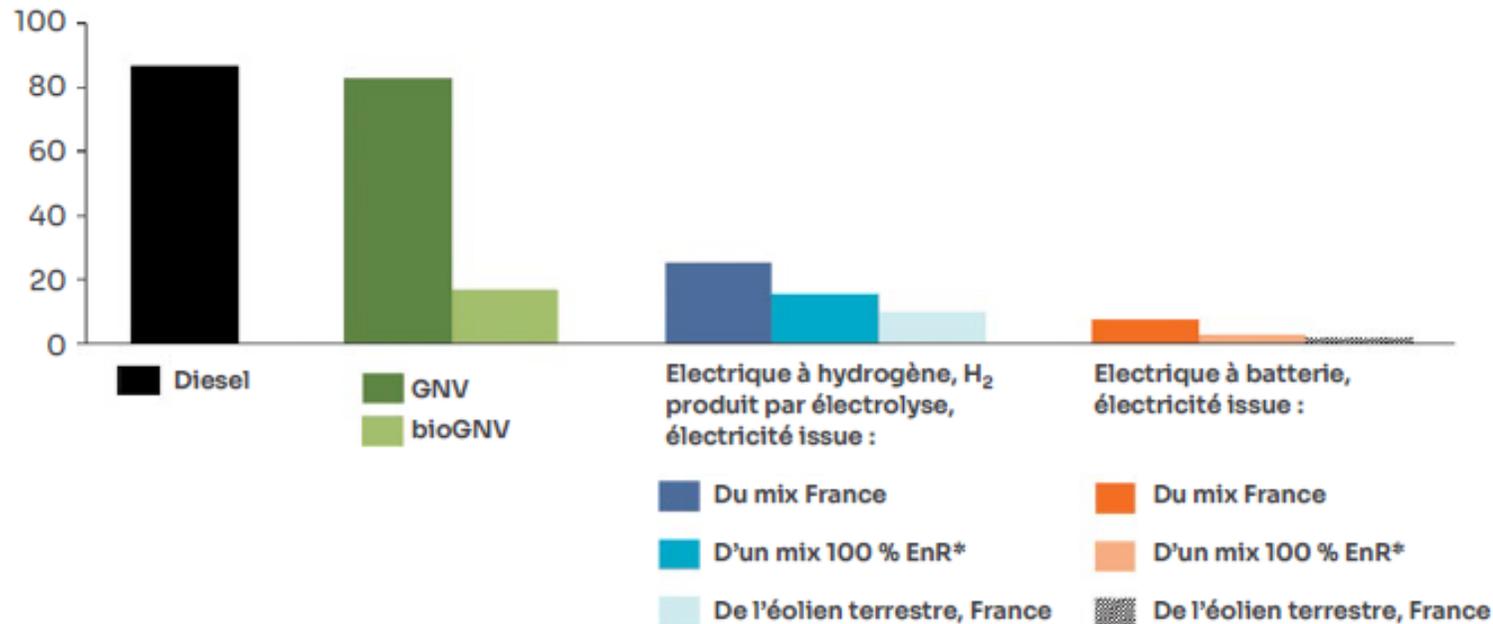
BOUCLE ÉNERGÉTIQUE VERTUEUSE

Contribution à une plus grande indépendance vis-à-vis des imports de carburants

Production d'un hydrogène renouvelable ou bas-carbone, en lien avec le développement des sources d'énergie renouvelable

Figure 8 - Evaluation des émissions GES du puits à la roue d'un tracteur semi-remorque pour différentes alternatives énergétiques [kgCO_{2e}/100 km]¹⁷

Emissions de GES
[kgCO_{2e}/100 km]



*Le « mix 100 % EnR » désigne un mix entre électricité d'origine éolienne à 63 %, solaire à 17 %, hydraulique à 13 %, et thermique à 7 %, proportions permettant de techniquement satisfaire la demande française, d'après le Rapport « Un mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations », ADEME, 2015.

Analyse en cycle de vie du puits à la roue (well-to-wheel), en comparaison à un véhicule diesel

- 78 %

si l'hydrogène est produit par électrolyse à partir du mix électrique français

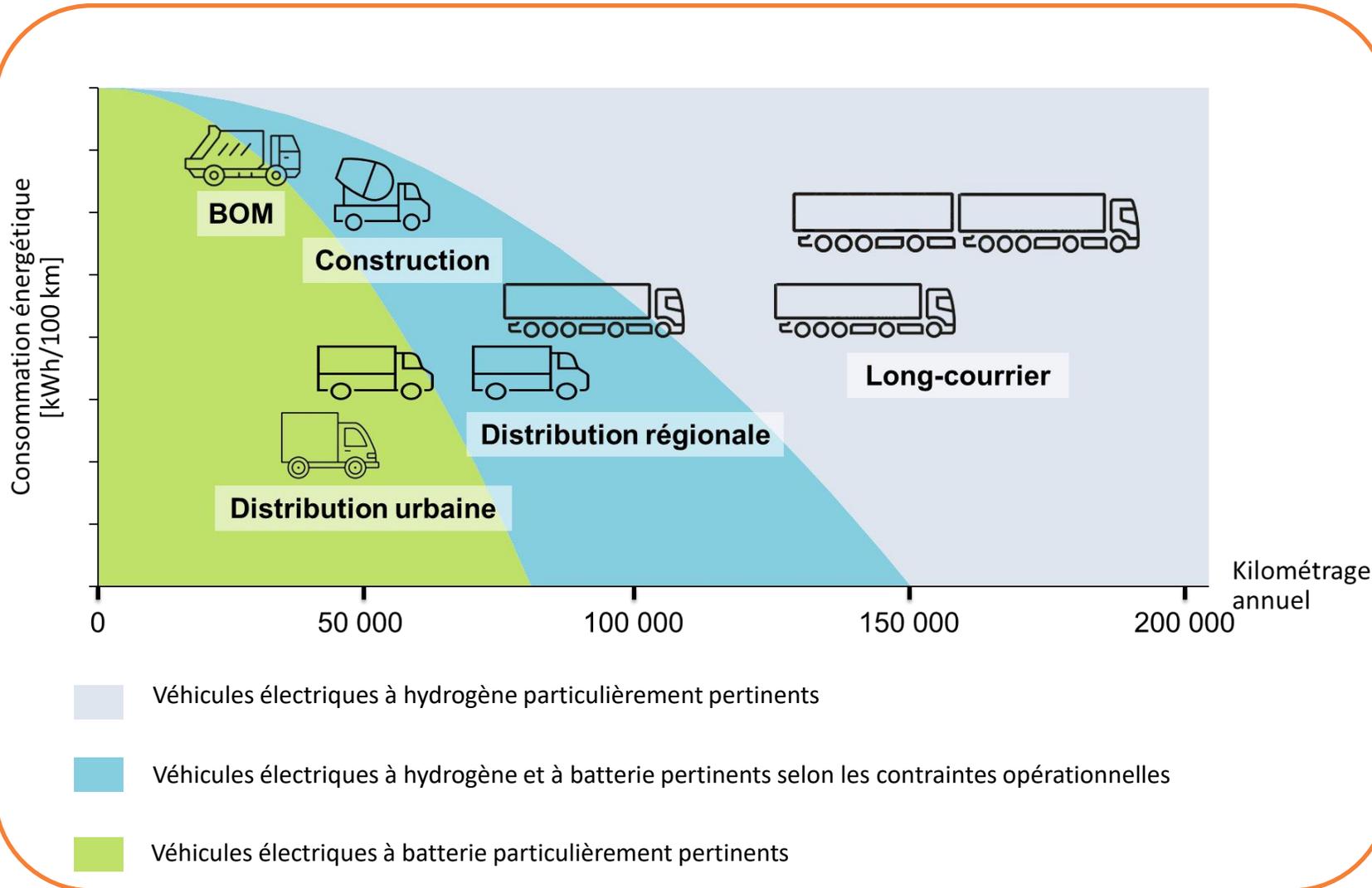
- 83 %

si l'hydrogène est produit par électrolyse à partir d'un mix 100 % EnR

- 89 %

si l'hydrogène est produit par électrolyse en connexion directe à une éolienne terrestre

Les solutions électriques à batterie et à hydrogène peuvent et doivent être considérées comme complémentaires, et pourront adresser différents segments d'utilisation des camions.



L'hydrogène est particulièrement pertinent lorsque les usages impliquent...

↑ **kilométrage**

Des kilométrages élevés

↓ **durée recharge**

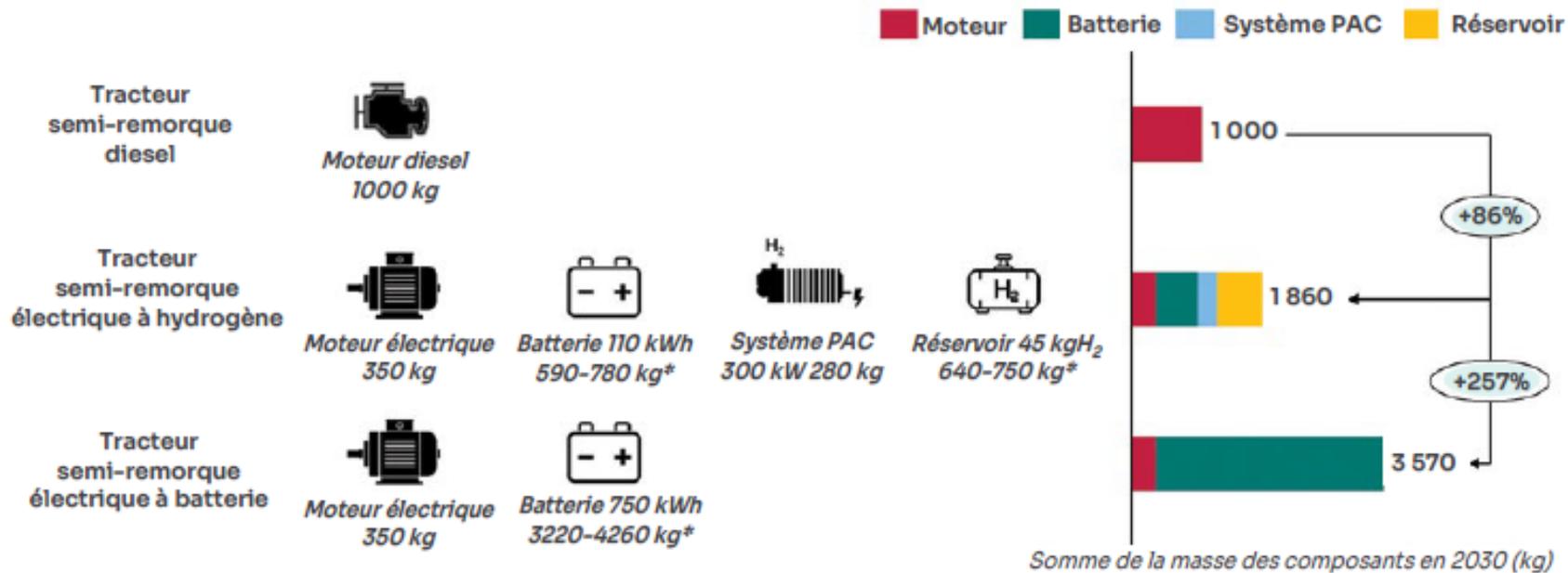
Peu de temps disponible pour la recharge

↑ **consommation**

Une haute consommation énergétique

Les solutions électriques à batterie et à hydrogène peuvent et doivent être considérées comme complémentaires, et pourront adresser différents segments d'utilisation des camions.

Figure 7 - Comparaison de la masse des composants de différentes technologies pour un tracteur semi-remorque¹⁶



*La fourchette basse correspond aux projections pour 2030 et la fourchette haute aux projections pour 2023

Masse des composants

2,16 tonnes

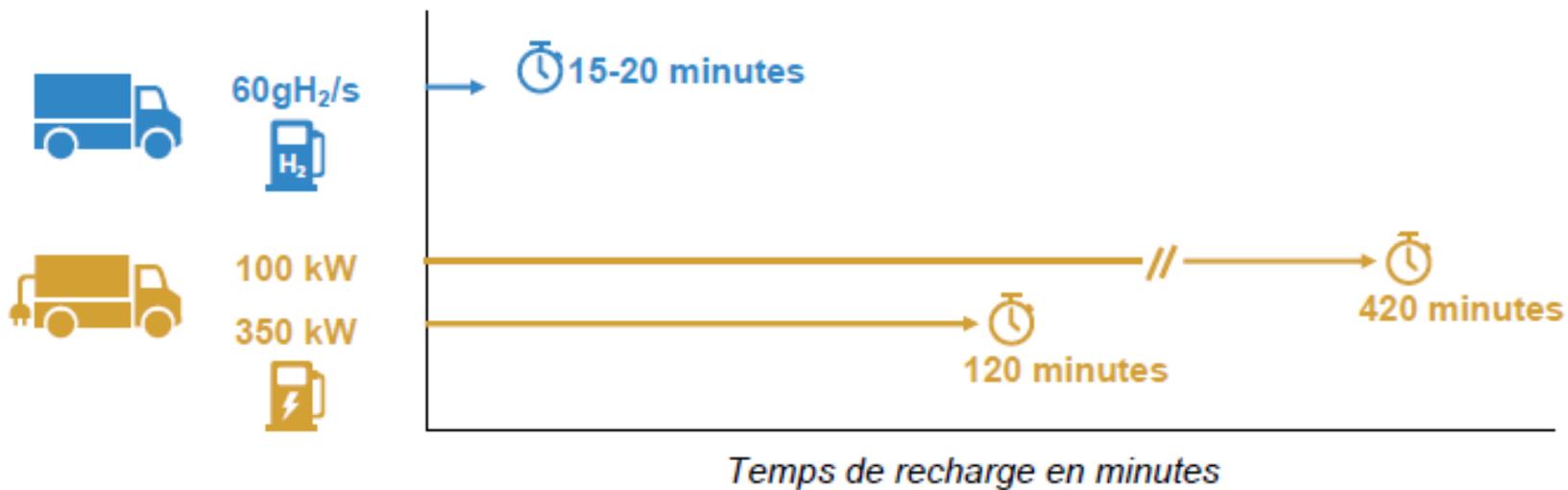
Tracteur semi-remorque à hydrogène, pour 500 km d'autonomie

3,57 tonnes

Tracteur semi-remorque à batterie, pour 500 km d'autonomie

Les solutions électriques à batterie et à hydrogène peuvent et doivent être considérées comme complémentaires, et pourront adresser différents segments d'utilisation des camions.

Figure 6 - Comparatif des temps de recharge pour récupérer 500 km d'autonomie pour des poids lourds électriques à batterie et électriques à hydrogène



6 fois plus court

En parallèle, un développement du réseau d'infrastructures de production et distribution de l'hydrogène doit se matérialiser.

L'AFIR (Alternative Fuels Infrastructure Regulation) prévoit plusieurs jalons pour le déploiement d'infrastructures H₂⁽¹⁾

2030

C'est la date à laquelle les Etats engagés par la réglementation AFIR doivent avoir déployé un réseau répondant à des contraintes spécifiques le long des corridors RTE-T

150 km

C'est la distance maximale entre deux stations le long du réseau RTE-T d'ici 2030 prévue par l'AFIR

2 t/jour

C'est la capacité minimale requise pour les stations déployées, qui doivent être équipées d'au moins 1 distributeur 700 bar

Les fabricants de stations se mobilisent pour permettre à la France d'atteindre les objectifs fixés par l'AFIR

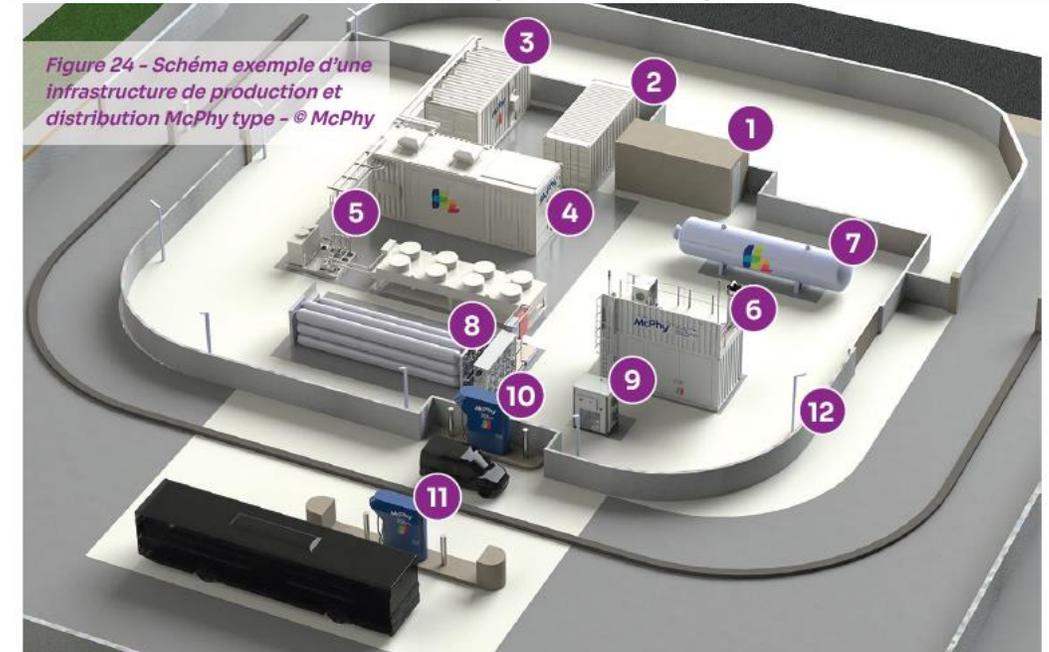


Figure 24 - Schéma exemple d'une infrastructure de production et distribution McPhy type - © McPhy

1 - Tableau Général Basse Tension

2 - Transformateur / Redresseur électrique

3 - Conteneur auxiliaires

4 - Conteneur process

5 - Refroidisseurs

6 - Station de compression

Electrolyseur
McLyzer®

7 - Stockage basse pression - 30 bar

8 - Stockage moyenne pression - 495 bar

9 - Refroidisseurs de la partie distribution de l'H₂

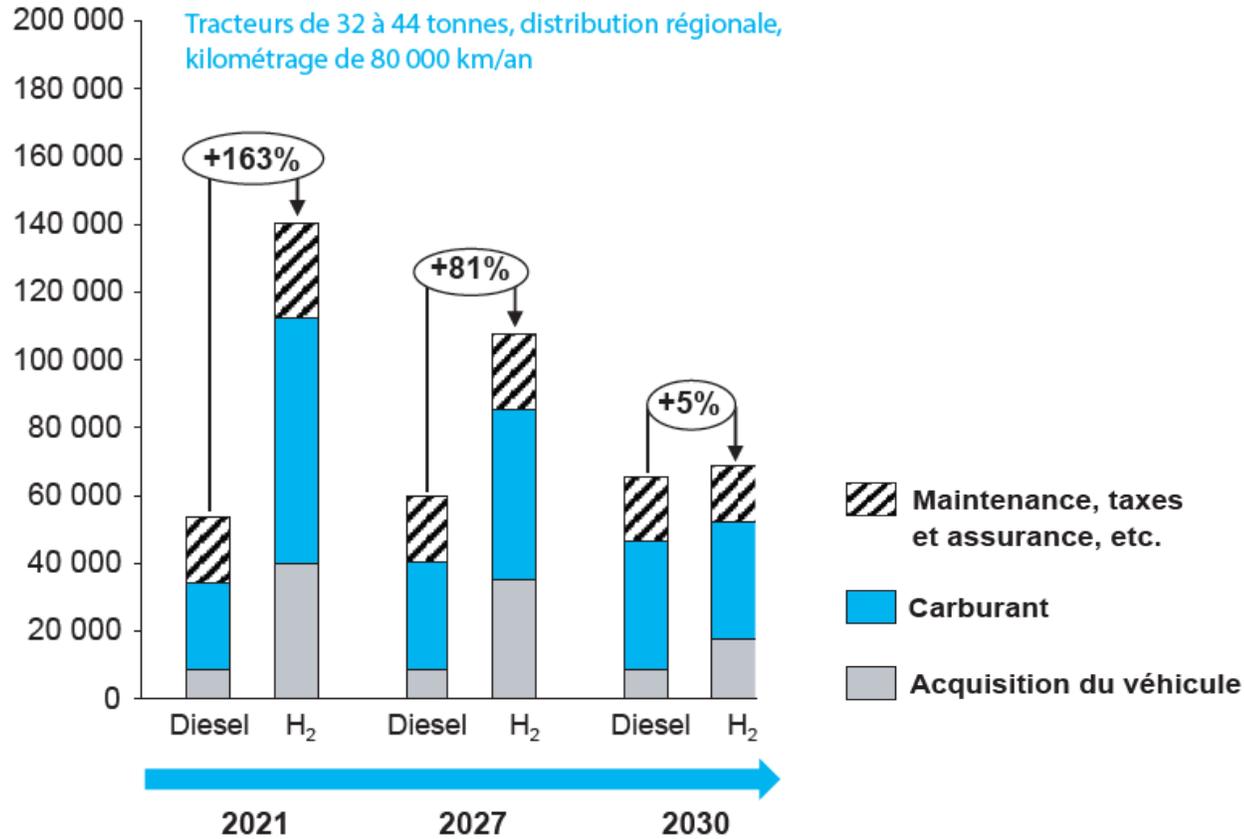
10 - Bornes de distribution véhicules légers - 350 bar

11 - Bornes de distribution véhicules lourds - 350 bar

12 - Événements

En phase d'émergence, un surcoût important doit être pris en compte. Mais la filière vise une compétitivité du camion électrique à hydrogène avec le diesel à partir de 2030.

Coût total de possession [€/véhicule/an]



2021 : surcoût important

Les coûts totaux de possession des premiers camions électriques à hydrogène déployés sont environ 2 à 3 fois plus élevés que leur équivalent diesel sur tous les segments de poids lourds

2030 : compétitivité

En 2030, la filière mobilité hydrogène devrait être compétitive économiquement avec le diesel, en additionnant le prix d'achat des véhicules, les frais de carburant et de maintenance, etc.

Afin de soutenir les premiers projets de déploiements, des mesures d'accompagnement financier sont et devront être délivrées par la France et l'Europe.

Aides nationales

Aides de l'ADEME, aides régionales, compléments de rémunération (en cours de définition), suramortissement, bonus écologique, etc.

Aides européennes

- CEF, Clean Hydrogen Partnership, etc.
- D'autres guichets pourraient être possibles comme Recovery and Resilience Facility, LIFE, etc.

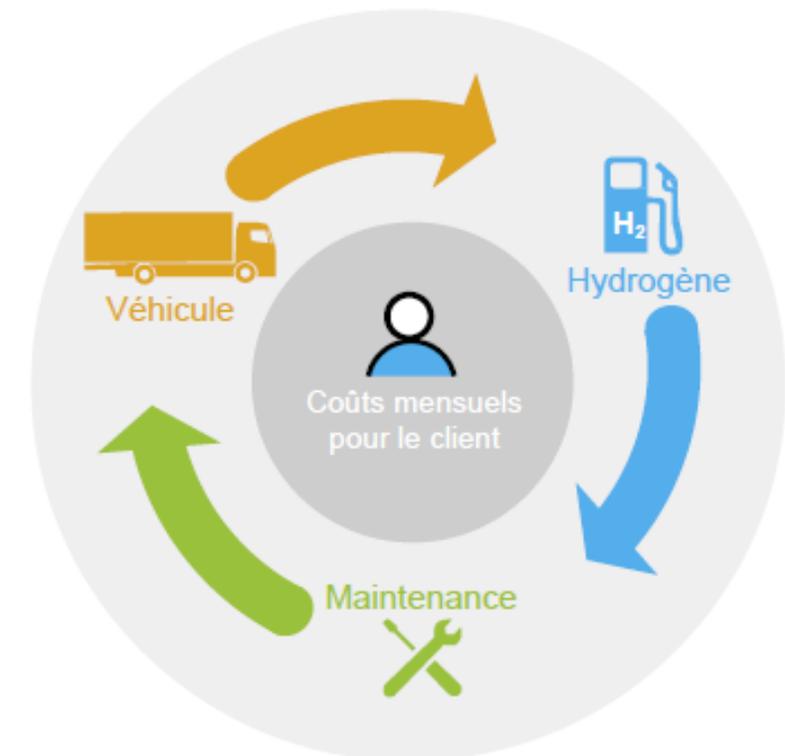
Investissements publics & privés

Ex. Soutien de la Banque des Territoires et de Bpifrance, pour contribuer au financement du coût d'investissement initial

Offres de leasing

Offres de location tout compris à l'usage en développement, pour éviter le fort investissement à l'achat initial (Hyundai Hydrogen Mobility en Suisse, offre Hyliko en formation en France, etc.)

Figure 38 : Modèles de leasing proposé pour les premières unités en exploitation



Les facteurs clés de succès pour la filière sont clairement identifiés :



COOPERATION DES ACTEURS DE L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR

Collaboration des constructeurs, énergéticiens, fabricants d'équipements et stations, transporteurs et chargeurs, etc.)

MESURES D'ACCOMPAGNEMENT FINANCIER

Support au financement des CAPEX et OPEX (véhicules, production et distribution H₂)

CADRE REGLEMENTAIRE FAVORABLE

Développement d'un cadre favorable pour la réglementation de la technologie hydrogène (débit de distribution, stockage, passage sous tunnels, etc.)

CADRE FISCAL FAVORABLE

Augmentation des taxes sur le gazole et autres carburants fossiles

H₂ A PRIX COMPETITIF

Réalisation des effets d'échelle et support au financement (CAPEX, OPEX)

CAMIONS AUX PRIX D'ACHAT DIMINUÉS PAR LES VOLUMES PRÉ-SÉRIES ET SÉRIES

Sécurisation d'une demande suffisante pour le passage à l'échelle et support à la mise en place de chaînes de production en série, pour les camions et équipements

MAILLAGE DU TERRITOIRE EN STATIONS H₂

Déploiement progressif d'un réseau de stations : maillage ciblé en phase 1, couverture élargie en phase 2, couverture globale en phase 3


Quelles perspectives
pour le poids lourd électrique à hydrogène
pour le transport de marchandises ?

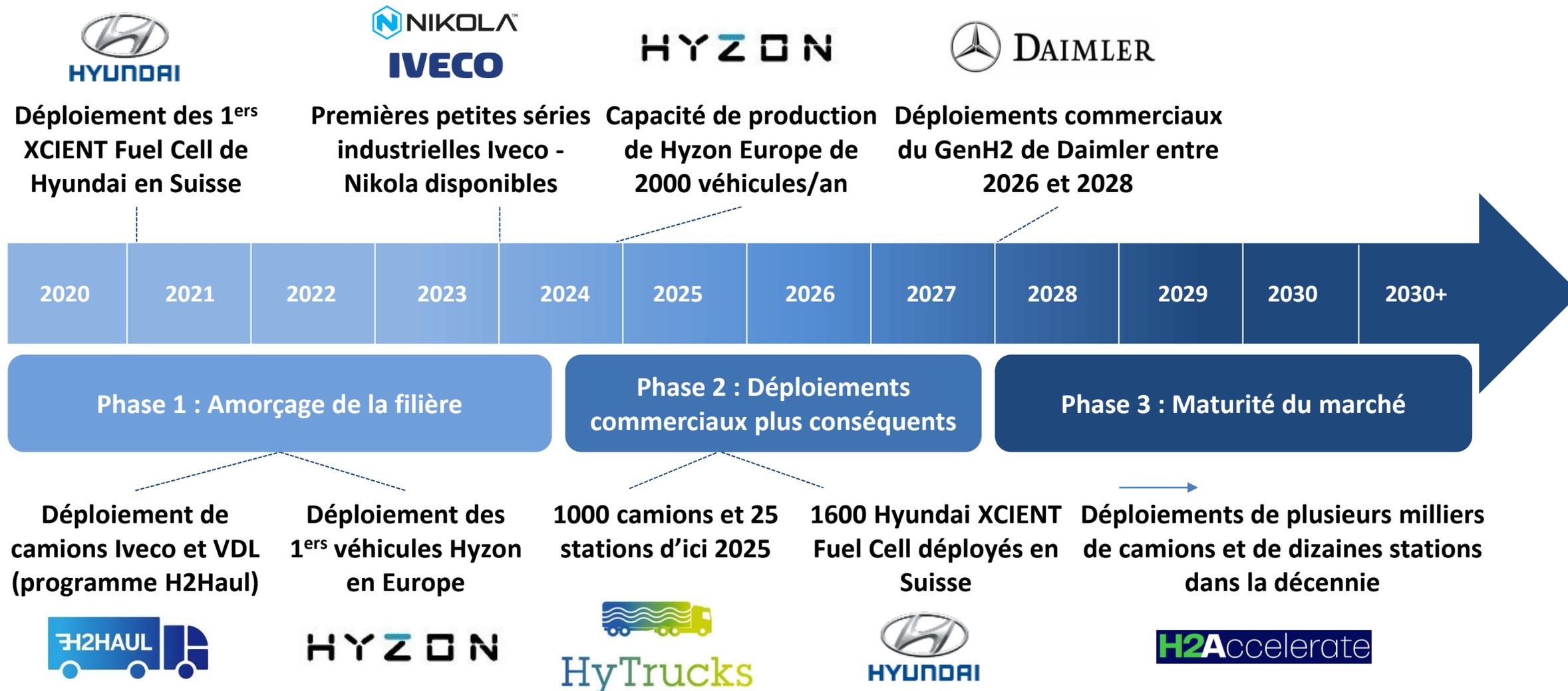


Livre Blanc - Février 2022

Panorama de l'offre de camions électriques à hydrogène

16 février 2022

Les constructeurs de véhicules se positionnent sur des premiers projets, et multiplient les annonces dans le sens de commercialisations à l'échelle d'ici la fin de la décennie.



Des premiers prototypes ont été déployés en Europe dès 2017.

ESORO a déployé en 2017 le 1er prototype de porteur de livraison régionale 34 t, conçu pour la société de grande distribution Suisse Coop.



Configuration :
Porteur 4x2 de 18 t + remorque
PTAC : 34 t
Autonomie : 375-400 km

Scania a déployé 4 unités de porteurs rigides 6x2 pour le producteur d'électroménager norvégien ASKO, en 2019.



Configuration : Porteur rigide 6x2
PTAC : 27 t
Autonomie : 400-500 km

Chéreau a présenté la 1ère semi-remorque frigorifique H₂ en 2019 - le tracteur dispose d'une motorisation diesel classique, et la semi-remorque frigorifique est alimentée en H₂.



Configuration :
Semi-remorque frigorifique
Autonomie : 3 jours (partie froid uniquement)

La startup allemande Clean Logistics développe un procédé de conversion de poids lourds Diesel, qui devrait être testé dès 2021-2022.



Configuration : Tracteur + remorque
PTAC : 40 t
Autonomie : 400-500 km

Gaussin a présenté en 2021 une plateforme prête à l'emploi, ou « skateboard », intégrant l'ensemble des composants moteur, réservoirs, piles à combustible, essieux et entraînement.



Configuration : Plateforme pour porteurs ou tracteurs
PTAC : 18 à 44 t
Autonomie : Jusqu'à 800 km

E-Trucks propose un châssis pour 26 t, dont la structure est adaptée au transport de marchandises. Les 1er modèles ont été déployés au format BOM aux Pays-Bas dès 2019.



PTAC : 26 t
Autonomie : Jusqu'à 400 km

PVI développe le C-Less H₂ de 27 t, prolongeant l'autonomie du C-Less 100 % électrique produit depuis 2011. Sa structure est en particulier adaptée à l'usage BOM.



Configuration : 2 ou 3 essieux
PTAC / charge utile : 27 t / 17 t
Autonomie : 200 km

Les déploiements de prototypes de plus en plus performants se poursuivent dans le cadre de projets français et européens.

Le projet H2Haul prévoit le déploiement de 16 démonstrateurs à partir de 2021, 12 IVECO et 4 VDL (caractéristiques VDL non connues).



Configuration : Porteurs et tracteurs
PTAC : 44 t
Autonomie : 800 km

GreenGT déploie des démonstrateurs de porteurs avec remorques 40 et 44 t, en Suisse en 2021 et en France à partir de l'été 2022.



Configuration :
6x2-2, Porteur 26 t + remorque
PTAC : 40-44 t
Autonomie : 450-480 km

Un porteur 27 t VDL a été déployé dans le cadre du projet H2-Share, il est testé par plusieurs transporteurs et chargeurs européens depuis avril 2020.



Configuration : Porteur rigide 6x4
PTAC : 27 t
Autonomie : 350-400 km

e-Néo convertit actuellement les Scania G440 et DAF XF 105.460 à l'H₂. L'entreprise prévoit de convertir ses 50 premiers camions dans les 2 ans, pour différents transporteurs.



Retrofit

PTAC : 40-44 t
Autonomie : Jusqu'à 400 km

Les constructeurs de poids lourds historiques européens et de nouveaux entrants internationaux développent leurs offres pour le marché européen.

Le constructeur coréen Hyundai Motor déploie des porteurs en Suisse depuis 2020, 50 unités devraient être en opération d'ici fin 2021, 1600 d'ici 2025.



Configuration : Porteur rigide 4x2 (19 t) / 6x2 (27 t) + remorque
PTAC : 36 t / 42 t
Autonomie : 400 km

Nikola et Iveco prévoient le déploiement en Europe de 30 tracteurs Nikola Tre H2 dès 2023-2024 et devraient amorcer le passage à la production en série dans la décennie.



Configuration : Tracteur 6x2
Autonomie : 500-1200 km

Hyzon prévoit le déploiement des tracteurs routiers HyMax-250 et HyMax-450 en Europe.



Configuration :
Porteur ou tracteur 4x2 ou 6x4
PTAC : 25-44 t
Autonomie : 400-650 km

Les tests sur le prototype du tracteur GenH2 de ont débuté en avril 2021, les premiers tests clients sont annoncés pour 2023, et la production série devrait être effective en 2027.



Configuration : Tracteur
PTAC / charge utile : 40 t / 25 t
Autonomie : 1000 km

