France Hydrogène et le groupe France Hydrogène Mobilité –
La décarbonation du transport routier de marchandises ne pourra se faire sans les véhicules électriques à hydrogène

Le transport routier de marchandises pèse fortement dans les émissions de gaz à effet de serre. Il représente 21 % des émissions de CO_2 du transport routier[1] en France (soit environ 25,1 $MtCO_2$) et génère des émissions importantes de particules fines, qui affectent largement la qualité de l'air, en particulier dans les centres-villes[2] qui concentrent tous types de poids lourds (du 19 t au 44 t).

Dans ce contexte, une transition réelle et significative du transport lourd de marchandises sera nécessaire pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et combattre la pollution atmosphérique. De fait, les alternatives énergétiques au diesel, et en particulier les motorisations zéro émission à l'échappement – électrique à batterie et électrique à hydrogène, mais aussi électrique sur routes électrifiées (recharge par caténaire, induction ou rail) – joueront un rôle majeur dans la décarbonation du secteur dans les années à venir.

Trop souvent certains acteurs opposent les technologies batteries et piles à combustible dans leurs capacités à décarboner le transport. Or il est essentiel pour réussir à décarboner le transport et notamment le transport de marchandises de recourir à l'ensemble des solutions disponibles. Il nous est apparu essentiel de revenir sur certaines assertions, trop inexactes ou incomplètes. L'objet du présent document est, pour le groupe France Hydrogène Mobilité[3], d'apporter son éclairage sur trois assertions, qu'il convient de challenger et nuancer, pour aller dans le sens d'un mix technologique optimal, avec le choix de la technologie la plus pertinente pour chaque usage :

- Première assertion : le temps de recharge des poids lourds électriques à batterie ne serait rapidement plus un obstacle à leur utilisation quel que soit le cas d'usage ;
- Deuxième assertion : la masse des composants embarqués pour les poids lourds électriques à batterie serait rapidement équivalente à celle des poids lourds électriques à hydrogène quel que soit le cas d'usage et ne se reflèterait pas sur la capacité de chargement du poids lourd ;
- Troisième assertion : l'autonomie des poids lourds électriques à batterie serait comparable à celle des poids lourds électriques à hydrogène.

Ces trois points sont abordés tour à tour dans la suite de ce document, qui présente les données sur ces aspects de temps de recharge, masse des composants, et autonomie, afin d'aboutir aux conclusions qui informeront la meilleure allocation possible de technologies : électrique à batterie lorsque compatible techniquement (choix favorisé lorsque réalisable du fait d'une meilleure efficacité énergétique globale) et électrique à hydrogène sinon (pour les cas moins adaptés à la batterie).

---

[1] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/11-emissions-de-ges-des-transports

[2] Ces émissions de polluants représentent un enjeu central de santé publique, et selon Santé Publique France, ce sont près de 40 000 décès par an qui sont imputables à la pollution atmosphérique en France, et qui pourraient être largement évités grâce à la mise en place de politiques ambitieuses en matière de lutte contre la pollution atmosphérique.

[3] France Hydrogène Mobilité est présenté en fin de document.

Concernant les temps de recharge :

Comparatif des temps de recharge pour permettre de parcourir une distance de 500 km pour des poids lourds électriques à batterie et électriques à hydrogène [: ces options de recharge ne sont pas disponibles à ce jour mais sont des évolutions attendues dans le courant de la décennie]*

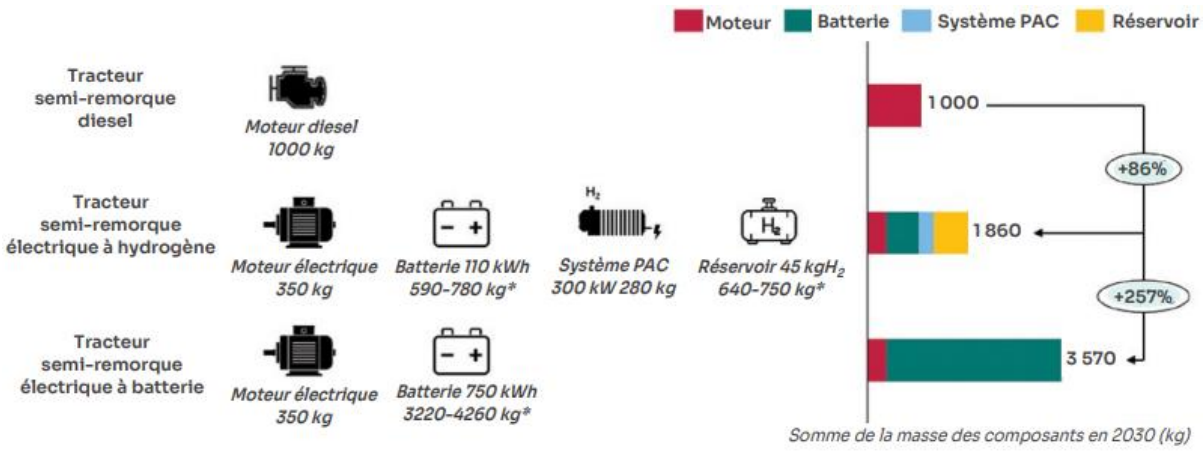
Avec un poids lourd électrique à hydrogène, en supposant un réservoir de pression 700 bar, technologie vers laquelle s'oriente principalement la filière, la recharge à 100 % du réservoir à une station de distribution se fait avec un débit de 60 gH_2/s, ce qui permet un temps de recharge de moins de 20 minutes, c'est-à-dire un temps 6 fois plus court que pour un poids lourd électrique à batterie (comme démontré dans la suite de ce paragraphe). En outre, les évolutions attendues sur la vitesse de recharge permettront d'atteindre 120 gH_2/s pour une pression de 700 bar dans un premier temps, voire éventuellement 180 puis 300 gH_2/s[4], permettant alors des temps de recharge respectivement de moins de 6 minutes après 2025 et moins de 4 minutes à l'horizon 2030.

Dans le cas d'un poids lourd électrique à batterie, pour obtenir 500 km d'autonomie, sans dépasser 80 % de capacité rechargée pour la batterie puisque au-delà de ce seuil, la vitesse de recharge baisse significativement, le temps de recharge est de l'ordre de 120 minutes (2 heures) avec une borne ultra-rapide de puissance de 350 kW. Aujourd'hui, des chargeurs de plus grande puissance sont en cours de développement et l'ambition de révision de la RAFI[5] annoncée le 14 juillet 2021 envisage au niveau européen l'installation de sites de recharge (incluant plusieurs chargeurs) de puissances totales 1,4 MW en 2025 et de 3,5 MW en 2030, sur les corridors européens du réseau TEN-T. Ces sites de recharge comprendront plusieurs chargeurs, dont les puissances unitaires maximales pourraient atteindre 600 kW en 2025 et 1 MW en 2030. Le développement de chargeurs haute puissance de 1 MW pourrait permettre un temps de recharge pour 500 km d'autonomie inférieur à 45 minutes, ce qui correspond à la pause obligatoire qui doit être effectuée par les conducteurs de poids lourds européens toutes les 4 heures. Dans ce cas, la puissance totale des points de recharge envisagée le long des principaux axes européens (au plus 3,5 MW) ne permettra pas de charger plus de 3 poids lourds à la fois, ce qui s'accompagnera d'importantes contraintes opérationnelles. Par ailleurs, ces chargeurs haute-puissance génèreront des contraintes importantes sur les réseaux locaux d'électricité pour assurer la recharge des véhicules, ou nécessiteront la mise en place de batteries tampon (ce qui augmenterait l'empreinte au sol des stations).

[4] https://www.prhyde.eu/

[5] https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision_of_the_directive_on_deployment_of_the_alternative_fuels_infrastructure_with_annex_0.pdf

Concernant la masse des composants :



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

Comparaison du poids des composants de différentes technologies pour un tracteur à semi-remorque[6][7]

Un poids lourd électrique à hydrogène doit embarquer un système de stockage d'hydrogène d'une masse de l'ordre de 750 kg, une batterie de faible capacité d'une masse de l'ordre de 780 kg, une pile à combustible de 280 kg, et un moteur électrique de 350 kg, soit un total de l'ordre de 2,16 tonnes de composants pour un tracteur à semi-remorque, pour remplir un objectif de 500 km d'autonomie.

En comparaison, la technologie électrique à batterie demande l'intégration au poids lourd d'une batterie de haute capacité, et compte-tenu des développements technologiques actuels pour les batteries, un tracteur à semi-remorque électrique à batterie va embarquer 4,3 tonnes de batteries pour atteindre 500 km d'autonomie, ce qui s'ajoute à un moteur électrique de 350 kg. De fait, cette masse embarquée diminue la capacité de chargement des véhicules, d'où un impact sur le modèle d'affaires des transporteurs qui nécessite de maximiser le volume et la charge des biens transportés. D'après l'étude « Fuel Cell Hydrogen Trucks » publiée par le FCH JU[8] en 2020, la densité énergétique des batteries pourra augmenter de 30 % ou plus d'ici à 2030, ce qui signifie qu'un tracteur à semi-remorque électrique à batterie devrait embarquer 3,2 tonnes de batteries en 2030 au lieu de 4,3 tonnes en 2023, toujours pour atteindre 500 km d'autonomie.

Si la masse de composants embarqués par les poids lourds électriques à batterie va diminuer, celle-ci restera importante et nettement supérieure à celle des poids lourds électriques à hydrogène, puisque le remplacement d'un tracteur à semi-remorque diesel par une version électrique à batterie implique une augmentation du poids et du volume liés au stockage de l'énergie et au système de propulsion de l'ordre de +360% au stade actuel des développements sur les batteries, et a priori +260 % à 2030, à comparer avec environ +85 % pour la version hydrogène.

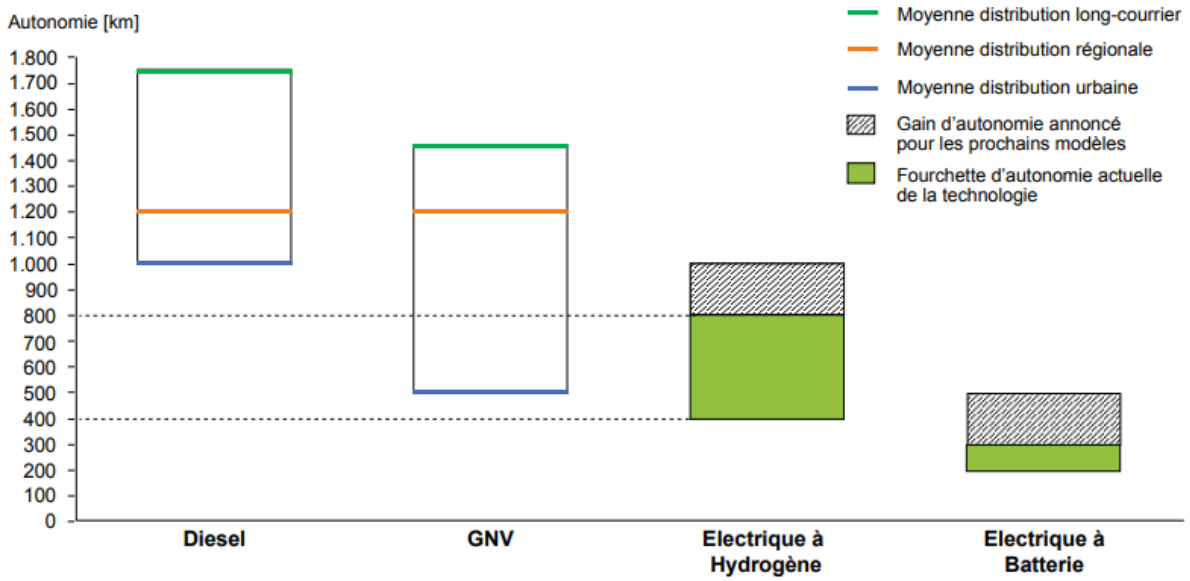
---

[6] *Les masses affichées sont des estimations et correspondent à une autonomie recherchée de 500 km pour un semi-remorque. De plus, la masse (variable) du carburant embarqué (gazole ou hydrogène) n'est pas considérée, prendre en compte ce paramètre diminuerait la différence entre les masses embarquées des différents véhicules.*

[7] *La fourchette basse correspond aux projections pour 2030 et la fourchette haute aux projections pour 2023.*

[8] *Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, partenariat public-privé européen établi pour soutenir les activités de la filière européenne de l'hydrogène, et remplacé en novembre 2021 par son successeur le Clean Hydrogen Joint Undertaking.*

Concernant l'autonomie des poids lourds :



Intervalles d'autonomies observées par les exploitants de camions Diesel et GNV, en comparaison aux véhicules électriques à batterie et à hydrogène (sources : FNTR, FCH JU, Element Energy)

Enfin, la quantité d'énergie embarquée relativement au poids des composants affecte également l'autonomie des véhicules, facteur clé pour des transporteurs. Ainsi, la majorité des poids lourds électriques à batterie actuellement en développement affichent des autonomies en conditions réelles de l'ordre de 200 à 300 km, puisque les véhicules électriques à batterie sont susceptibles de voir leur autonomie réduite sur certains cas d'usage comme les groupes frigorifiques ou sur des itinéraires géographiquement contraints : dénivelés importants, basses températures en hiver, usage de la climatisation en été, etc. Cependant, les développements en cours visent l'objectif de 500 km d'autonomie d'ici à la fin de la décennie. En parallèle, les premiers modèles de poids lourds électriques à hydrogène ont des autonomies de 400 à 800 km et les modèles en développement visent à dépasser 1000 km d'autonomie en conditions réelles au cours de la deuxième partie de la décennie, quelle que soit la technologie utilisée (700 bar ou hydrogène liquide).

Conclusion :

L'analyse des caractéristiques clés que sont les temps de recharge, la masse des composants embarqués et l'autonomie, pour les véhicules électriques à batterie et à hydrogène, confirme que si l'électrique à batterie doit être privilégié pour les usages ne nécessitant pas une autonomie particulièrement importante et / ou des poids lourds de petits gabarits, destinés notamment aux livraisons en centre-ville ou sur des espaces géographiques de l'ordre du département ou de la région, l'électrique à hydrogène est à l'inverse particulièrement adapté aux usages demandant des autonomies et charges embarquées importantes, ou nécessitant une grande flexibilité opérationnelle, comme par exemple les tracteurs long-courriers effectuant des livraisons nationales et internationales.

L'engagement des acteurs de la filière, appuyé par un soutien gouvernemental, permettra la montée en puissance de la filière au cours de cette décennie. De même, la mise en place des solutions

hydrogène apportera une réponse pertinente aux impératifs opérationnels tout en proposant des offres économiquement compétitives. Les acteurs de l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière française (et européenne) doivent se positionner en fer de lance du développement puis de la commercialisation à grande échelle de ces solutions, qui joueront un rôle essentiel pour l'avenir d'un transport de marchandises plus respectueux de l'environnement.

Enfin, France Hydrogène a publié le 16 février un Livre Blanc sur le développement des poids lourds électriques à hydrogène pour le transport de marchandises en France. Ce document disponible sur le site de France Hydrogène a pour vocation d'informer des acteurs (chargeurs, transporteurs, logisticiens, etc.) souhaitant s'engager ou travaillant déjà sur la thématique du camion électrique à hydrogène pour le transport de marchandises.

France Hydrogène Mobilité est le groupe dédié à la mobilité des acteurs de la filière hydrogène au sein de France Hydrogène. Il réunit des énergéticiens, des fabricants d'électrolyseurs, de stations de distribution, des constructeurs automobiles, des fabricants de composants comme piles à combustibles et réservoirs, des fonds d'investissement, des porteurs de projet, des cabinets de conseil ainsi que des institutionnels et instituts de recherche. L'objectif du groupe est notamment de permettre à ses membres de travailler en intelligence collective, d'identifier les verrous que peuvent rencontrer les acteurs dans le développement de la filière de la mobilité hydrogène et de contribuer à les lever. France Hydrogène Mobilité est un lieu de partage et de synthèse d'informations, et ses travaux bénéficient à l'ensemble de la filière.