

QUELLES ÉMISSIONS DE CO₂ ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES À BATTERIE ET À PILE À COMBUSTIBLE ?



© Merlin Meunice

laissons
respirer
.brussels 

Septembre 2024

Le trafic routier est l'une des principales sources de pollution atmosphérique et de gaz à effet de serre dans la Région de Bruxelles-Capitale. En 2021, le trafic routier était responsable de 53 % des émissions d'azote (NOx) et de 21 % des émissions de particules fines. Le transport est également l'une des principales sources d'émissions de gaz à effet de serre : en 2021, il représentait 23 % des émissions totales de dioxyde de carbone (CO₂) à Bruxelles, émissions qui sont restées pratiquement constantes depuis 1990¹, alors que de nombreux autres secteurs ont réussi à les réduire².

Pour créer un cadre de vie sain et décarboniser la mobilité, le plan régional de mobilité Good Move³ prévoit un 'transfert modal' vers les transports en commun, le vélo et la marche. La 'Low Emission Mobility Roadmap'⁴ prévoit quant à elle l'électrification des véhicules en mettant l'accent sur une politique de transition énergétique. L'objectif est d'utiliser de l'énergie renouvelable (verte) pour charger les véhicules électriques à batterie (VEB). Dans la pratique, on peut y parvenir grâce à la 'recharge intelligente', qui permet de minimiser la congestion du réseau électrique et d'utiliser au maximum l'énergie renouvelable produite localement. Un autre aspect important de cette politique est le réemploi ou le recyclage des batteries des VE.

L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil permettant d'évaluer la performance environnementale et la consommation de ressources d'un produit tout au long de son cycle de vie. Dans le cadre d'une étude sur l'abandon des moteurs à combustion en 2020 en Région bruxelloise, une ACV est utilisée pour examiner l'impact environnemental de différentes technologies pour des voitures particulières. Une comparaison entre les VEB et les véhicules électriques à pile à combustible (Fuel Cell Electric Vehicles - FCEV) en termes d'impact sur le changement climatique et d'efficacité énergétique est également commentée. Les principales conclusions de cette comparaison sont présentées dans cette fiche d'information⁵.

Les performances environnementales d'un VEB dépendent de la source d'énergie utilisée pour produire de l'électricité. La figure 1 montre une comparaison entre l'impact en grammes de CO₂ par kilomètre parcouru pour une voiture particulière au diesel et un véhicule électrique à batterie chargé avec un bouquet électrique différent à chaque fois. Un VEB alimenté par de l'électricité renouvelable a un impact environnemental beaucoup plus faible qu'un VEB alimenté par de l'électricité produite à partir de gaz naturel ou de pétrole.

¹ En 2020, cependant, on observe une forte baisse de -25% par rapport à 2019 en raison de la pandémie de COVID19.

² <https://leefmilieu.brussels/burgers/onze-acties/projecten-en-resultaten/strategie-low-emission-mobility-lez>

³ https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/2021-04/goodmove_NL_20210420.pdf

⁴ https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/2022-09/BE_roadMap_NL_final_MD.pdf

⁵ https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/C1_200_Volet_1_Partie_1_Technologie.pdf

La production d'électricité

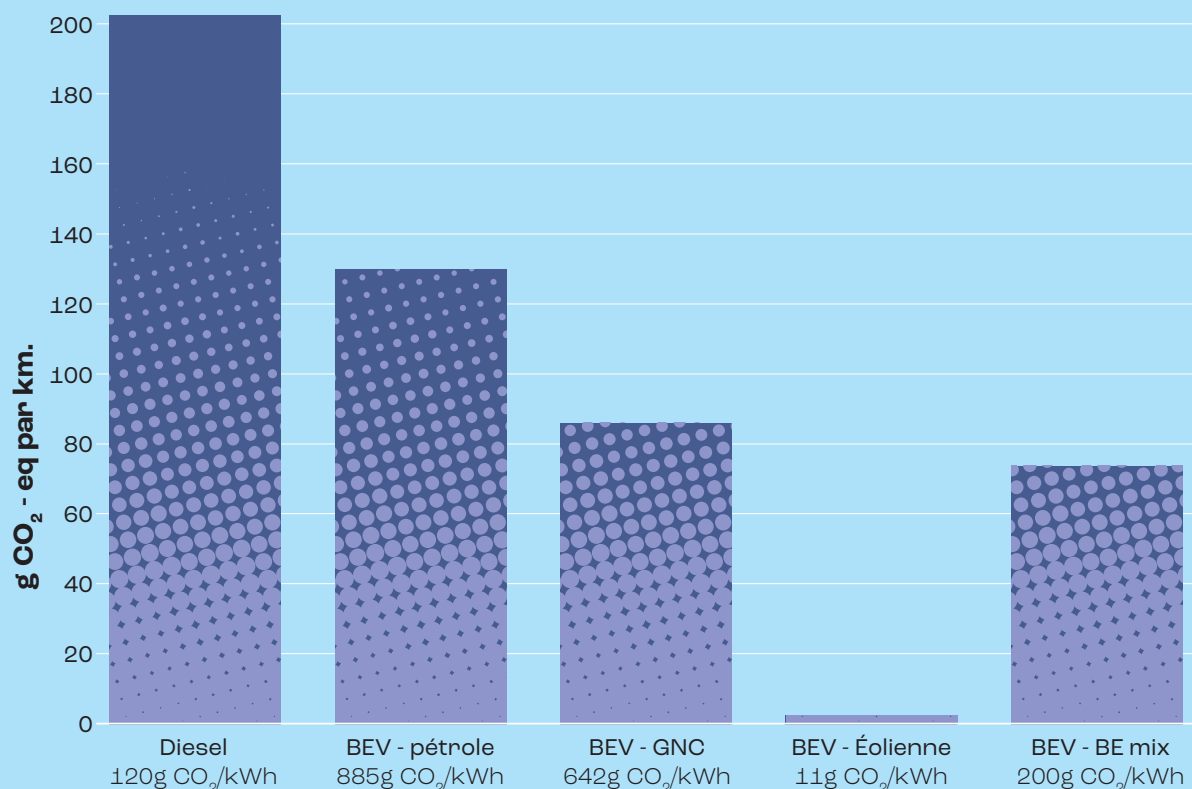


Figure 1: émissions pour différentes sources de production d'électricité avec l'intensité en CO₂ (en g CO₂/kWh)⁶, les diagrammes montrent les émissions de CO₂ par kilomètre parcouru.

En fonction du temps de charge, le VEB a une empreinte carbone différente. Il est donc possible de minimiser les émissions en gérant le temps de charge. Par exemple, si un véhicule est rechargé pendant les heures de pointe, le bouquet électrique contient relativement plus d'électricité d'origine fossile qu'à d'autres moments, en raison de la forte demande et des fluctuations importantes en termes de charge sur le réseau électrique. En déplaçant les phases de charge des VEB vers les périodes de surplus d'électricité renouvelable, les véhicules électriques peuvent favoriser une plus grande intégration des énergies renouvelables (principe de la 'charge intelligente').

L'hydrogène est un autre carburant alternatif envisagé pour décarboniser les voitures particulières. Les véhicules électriques à pile à combustible

(FCEV) utilisent une pile à combustible dans laquelle l'hydrogène est converti en électricité et en vapeur d'eau pour alimenter le véhicule. Pour ce faire, elle s'appuie sur l'hydrogène stocké sous haute pression dans des réservoirs. On peut considérer les véhicules à hydrogène comme des véhicules 'à zéro émission directe' puisqu'il n'y a pas d'émission d'échappement (autre que de la vapeur d'eau) à l'utilisation (ou pour la partie Tank-to-Wheel (TTW)). En ce qui concerne la partie "Well-to-Tank" (WTT), l'impact dépend largement de la manière dont l'hydrogène est produit. Aujourd'hui, par exemple, l'hydrogène est produit presque exclusivement à partir de gaz naturel fossile ("hydrogène gris"). Les FCEV ont momentanément un impact sur le climat similaire à celui des véhicules conventionnels puisqu'environ 95 % de la production d'hydrogène en Europe se fait à partir de gaz naturel⁷.

⁶ M.Messagie, 2017: Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles. Transport & Environment <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/TE%20-%20draft%20report%20v04.pdf> and https://www.researchgate.net/publication/264894415_Environmental_impacts_of_hybrid_plug-in_hybrid_and_battery_electric_vehicles-what_can_we_learn_from_life_cycle_assessment

⁷ Le rôle des vecteurs énergétiques gazeux dans une Belgique climatiquement neutre (2020). SPF Economie, P.M.E. Classes Moyennes et Énergie.

Une production d'hydrogène plus durable est possible si on utilise de l'énergie renouvelable pour scinder l'eau en hydrogène et en oxygène gazeux par électrolyse ("hydrogène vert"). Cet hydrogène "vert" n'a donc pas eu d'impact CO_2 lors de sa production, bien que l'électrolyse soit un processus à forte intensité énergétique et que le produit final soit considérablement plus cher que l'hydrogène "gris". Une option supplémentaire dans la production conventionnelle d'hydrogène consiste à capturer le CO_2 libéré et à le stocker, par exemple sous terre. Pour cet hydrogène "bleu", on s'appuie donc sur le captage du CO_2 .

Les véhicules électriques à pile à combustible présentent théoriquement un certain nombre d'avantages par rapport aux véhicules électriques à batterie. Tout d'abord, l'hydrogène en tant que vecteur d'énergie, lorsqu'il est comprimé à très haute pression, a une densité énergétique supérieure à celle de la génération actuelle de batteries. Cependant, au niveau du système, cela ne se reflète que partiellement, car un réservoir d'hydrogène prend beaucoup de place et ce véhicule a toujours besoin d'une batterie. Par exemple, les voitures particulières équipées de cette technologie ne peuvent actuellement transporter "que" 6 kg d'hydrogène, ce qui leur permet de parcourir 500 à 600 km. C'est plus que ce que peuvent parcourir certains modèles électriques à batterie (400-450 km) en une seule charge, bien que la différence reste modeste en raison de l'efficacité Tank-to-Wheel plus faible de la pile à combustible (environ 40 % contre 70 % pour les VEB). Deuxièmement, la vitesse de ravitaillement est similaire à celle des voitures particulières à essence ou au diesel, ce qui limite l'impact opérationnel lors du remplacement des véhicules à essence et au diesel existants.

Toutefois, cette vitesse de ravitaillement est relative, car l'infrastructure nécessaire n'est pas encore disponible à grande échelle. En outre, il n'est pas évident de trouver des emplacements appropriés pour cette infrastructure de ravitaillement dans un contexte urbain en raison des règles de sécurité concernant le stockage de l'hydrogène. En revanche, l'efficacité de la production d'hydrogène pour les véhicules est 2,6 fois plus faible que lorsque l'électricité est utilisée pour recharger des VEB.

L'hydrogène peut également être utilisé pour développer des carburants dits synthétiques ("e-fuels"). Il s'agit d'utiliser des processus chimiques complexes pour lier des atomes d'hydrogène à des atomes de carbone. Dans le meilleur des cas, on utilise de l'énergie renouvelable pour extraire l'hydrogène de l'électrolyse de l'eau, tandis que les atomes de carbone sont capturés au niveau d'activités industrielles (captage de CO_2). En raison d'inefficacités significatives dans les étapes intermédiaires pour passer de l'hydrogène à un e-carburant dans la phase Well-to-Tank, ainsi que de sa combustion dans un processus de combustion (très) inefficace, la comparaison entre l'exploitation directe d'énergie renouvelable dans un VEB et l'utilisation de cette énergie pour obtenir de l'hydrogène ou un carburant synthétique par des processus compliqués et coûteux jouera rapidement en faveur du véhicule électrique à batterie. Ainsi, l'application directe de l'énergie dans un VEB sera de deux à quatre fois plus efficace sur le plan énergétique que l'utilisation d'hydrogène ou de carburants synthétiques. Cette situation est représentée graphiquement à la figure 2. Cette inefficacité a pour effet qu'il faudrait construire deux à quatre fois plus d'éoliennes et/ou de panneaux solaires.

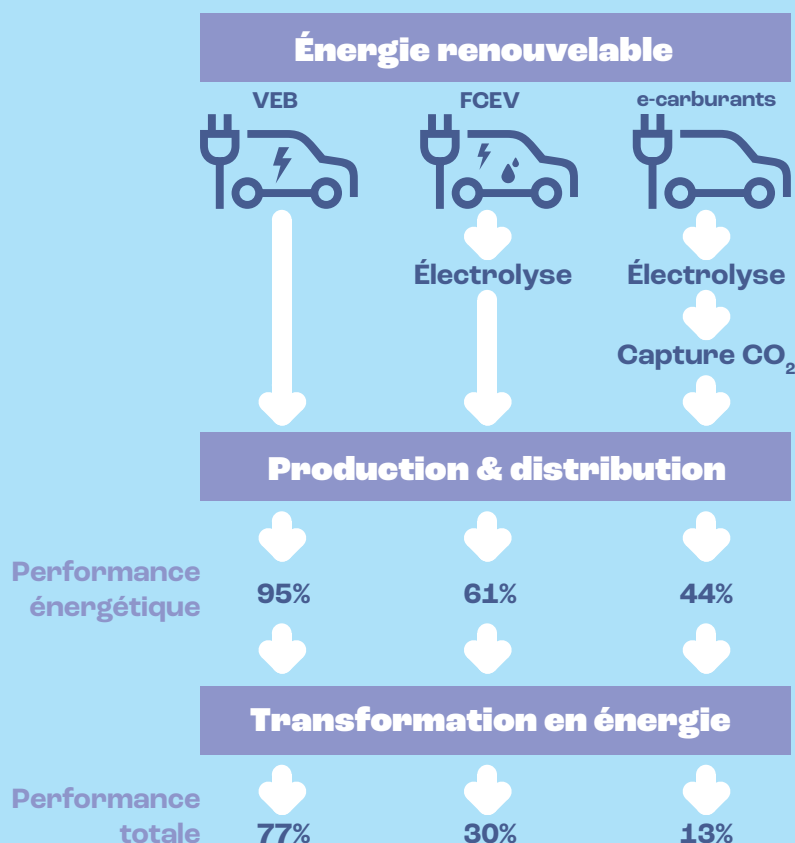


Figure 2 : comparaison entre différentes technologies de véhicules utilisant de l'électricité renouvelable, en distinguant son application directe dans un véhicule électrique à batterie (VEB), son application pour l'électrolyse de l'eau en hydrogène dans un véhicule électrique à pile à combustible (FCEV) et son application pour la production de carburants synthétiques (e-fuels) : d'après Earl, T (2018).

La figure 3 montre combien d'électricité renouvelable supplémentaire sera nécessaire pour équiper le parc européen de voitures particulières en 2050 en VEB, FCEV et e-carburants. La comparaison en pourcentage avec la production d'électricité de l'UE en 2015 (3234 TWh) est également indiquée⁸.

Les VEB ont une efficacité énergétique nettement supérieure à celle des FCEV ou des e-carburants au niveau des voitures particulières. À l'avenir, l'impact de la production de composants pour véhicules électriques devrait pouvoir être amélioré. Avec une part croissante d'électricité renouvelable, l'impact sur le changement climatique d'une voiture particulière VEB peut être encore réduit.

L'hydrogène est déjà utilisé de manière limitée dans les bus, les chariots élévateurs, les camions-poubelles, les navires et les voitures particulières. Des camions pour le transport longue distance sont en phase de développement. La principale raison en est que les moyens de transport plus légers tels que les voitures particulières sont plus faciles à électrifier (VEB) et qu'il est donc préférable de garder l'hydrogène produit de manière durable pour les secteurs où ce n'est pas (encore) possible ou où les VEB sont plus difficiles à déployer, à savoir le transport (lourd) de longue distance, le transport aérien et maritime, ainsi que l'industrie.

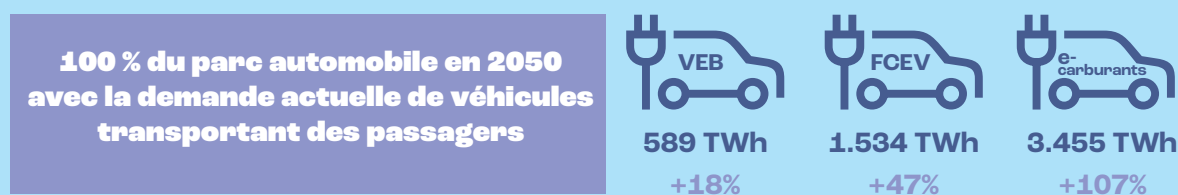


Figure 3: part de l'électricité renouvelable supplémentaire par technologie de mobilité durable

⁸ Earl, T. (2016). Roadmap to decarbonising European cars. Transport & Environment.

Pour plus d'informations sur les différentes possibilités de transport et l'infrastructure de recharge pour les véhicules électriques en Région bruxelloise, cliquez ici :

- <https://environnement.brussels/citoyen/nos-actions/plans-et-politiques-regionales/low-emission-mobility-ou-mobilite-basses-emissions-rendre-lair-plus-respirable-en-limitant-la-circulation-des-vehicules-polluants?highlight=roadmap>
- <https://electrify.brussels/fr>



**bruxelles
environnement**
.brussels 

**laissons
respirer
.brussels** 