

motorisations alternatives impacts qualité de l'air et climat

note bibliographique

juillet 2020

air | pays de
la Loire
www.airpl.org

sommaire

introduction.....	2
cadre législatif	3
GNV et BioGNV	4
définition	4
en France et en région	4
impacts environnementaux	5
véhicules électriques à batterie	8
définition	8
en France et en région	8
impacts environnementaux	9
perspectives	11
hydrogène	12
définition	12
en France et en région	13
impacts environnementaux	14
conclusions	15
annexe : autres références consultées	15

contributions

Rédaction : Simon Soto,
Mise en page : Bérangère Poussin,
Relecture : François Ducroz,
Validation : Céline Puente-Lelièvre, David Bréhon.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} août 2019 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

introduction

L'industrie automobile est un pilier de l'économie française. Avec un chiffre d'affaires de 155 milliards d'euros (18 % du secteur industriel), la filière emploie 400 000 personnes dans 4000 entreprises en France¹. La voiture, possédée par 84 % des ménages, et plus généralement la mobilité, est un enjeu social, économique et environnemental.

Les véhicules automobiles (diesel et essence) sont ainsi régulièrement pointés du doigt pour leurs impacts sur le climat et la qualité de l'air.

Le secteur des transports est à la fois très consommateur d'énergie et très émetteur de gaz à effet de serre. Il représente 30 % des émissions de CO₂ en France². En Pays de la Loire, 39 % du CO₂ est émis par le transport routier, secteur qui représente un tiers de la consommation d'énergie régionale.³

En Pays de la Loire, les voitures particulières représentent les deux tiers de la consommation d'énergie du secteur. Les transports routiers sont également responsables d'une part importante des émissions de polluants atmosphériques (57 % des émissions d'oxyde d'azote, 11 % des émissions de particules PM10 et 16 % des émissions de PM2,5)⁴.

Tout changement devra s'accompagner d'une modification des comportements et du développement de nouvelles formes de mobilités. La filière automobile, qui investit 5,8 milliards d'euros par an en R&D, se doit d'apporter des réponses à ces interrogations environnementales et aux enjeux de la transition.

Une des solutions possibles, parmi d'autres, repose sur le développement de motorisations alternatives, ayant pour but, à terme, de remplacer les classiques diesel et essence.

Basée sur une recherche bibliographique non exhaustive, cette note propose, à l'attention du grand public et des acteurs de la branche, une mise en contexte et une appréciation des impacts environnementaux (climat et qualité de l'air) de trois types de motorisations alternatives en fort développement ces dernières années : GNV, électrique et hydrogène.

méthodologie

Cette note synthétique a été rédigée à partir de la lecture et de l'analyse d'études et de publications scientifiques variées. Les citations n'ont pas valeur de validation ou d'approbation. Les auteurs ont voulu mettre en avant des chiffres de sources multiples et comparables entre elles, bien que parfois contradictoires, dans le but de proposer un panorama des résultats disponibles. Cette note ne prétend pas être exhaustive.

¹ <https://www.entreprises.gouv.fr/secteurs-professionnels/industrie-automobile-france>

² CITEPA - rapport SECTEN 2019

³ BASEMIS V5

⁴ BASEMIS V5

cadre législatif

La directive européenne 2014/94/UE du Parlement Européen sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs doit permettre, par sa mise en œuvre, d'augmenter le nombre de stations de ravitaillement en GNV et ainsi de développer le marché du gaz naturel pour véhicule dans son ensemble. La directive 2014/94/UE est transposée en France via le décret N°2017-26 du 12 janvier 2017 et les arrêtés du 8 décembre 2017 spécifiant les aspects techniques.

La mise en œuvre de l'ensemble des cadres d'actions nationaux prévus par la directive permettra aux usagers utilisant des véhicules fonctionnant avec des carburants alternatifs de pouvoir circuler en Europe en ayant l'assurance de pouvoir trouver, le long des grands corridors européens, les points de ravitaillement nécessaires.

Le cadre d'action national pour le développement de ces infrastructures est construit en cohérence avec la « Stratégie de Développement de la Mobilité Propre » introduit par l'article 40 de la Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Ce cadre d'action définit des objectifs de déploiement d'ici 2030 de :

- points de recharge électrique,
- de ravitaillement en gaz (GNV, bioGNV et GNL marin),
- de ravitaillement en hydrogène.

L'élaboration du cadre d'action français s'est basée sur la stratégie nationale de la mobilité propre et a fait l'objet d'une large concertation et d'une consultation du public.

GNV et bioGNV

définition

le GNV

Le GNV, Gaz Naturel pour Véhicules, est un gaz d'origine fossile, constitué essentiellement de méthane (90-95 %).

Il peut être commercialisé sous forme comprimée (GNC) ou liquéfiée (GNL).

le bioGNV

Constitué également de méthane, le bioGNV est obtenu par la méthanisation de déchets organiques divers et parfois combinés : ordures ménagères, boues des stations d'épuration, produits agricoles et tontes des espaces verts, résidus de l'industrie agroalimentaire ou de la restauration collective, etc...

Lors du processus de méthanisation sont également produits des digestats liquides et solides, exploitables principalement comme fertilisant. Le biométhane est considéré comme source renouvelable d'énergie.

en France et en région ⁵

Le GNV est aujourd'hui essentiellement utilisé par des véhicules de flottes captives : autobus, bennes à ordures ménagères, poids lourds et véhicules légers d'entreprise.

A fin août 2019, 20 000 véhicules roulant au GNV sont en circulation en France⁶. Cela représente environ 0,05 % du parc roulant actuellement (40 millions de véhicules⁷, tous gabarits confondus).

C'est sur les poids lourds transporteurs de marchandises que la dynamique est la plus marquée. Le nombre de poids lourds au gaz en circulation a été multiplié par 6 entre 2015 et 2018.

La filière GNV est portée par des incitations fiscales pour les sociétés, une multiplication des stations publiques et une volonté politique de développement.

Au travers de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE)⁸, la France s'est fixée des objectifs ambitieux : en 2023, 3 % des poids lourds rouleront au GNV et 20 % du GNV sera du BioGNV. La PPE vise l'introduction de 20 % de bioGNV dans les réseaux d'ici 2023. L'objectif pour 2030 est de faire circuler plus de 340 000 véhicules au GNV.

en bref

En France
20 000 véhicules
(août 2019)

En Pays de la Loire
- 133 GWh consommés
en 2018
- 8 stations (début 2019-20
à l'horizon 2021)

⁵ <https://www.gaz-mobilite.fr/stations-gnv/region-pays-de-la-loire/>

⁶ <https://gnv-grtgaz.opendatasoft.com/explore/dataset/opendatasoft-vehicules-gnv>

⁷ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-sur-le-parc-des-vehicules-au-1er-janvier-2019>

⁸ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>

impacts environnementaux

Les impacts en termes de qualité de l'air (émissions de polluant) et de climat (émissions de GES) d'un véhicule GNV par rapport à un véhicule classique sont régulièrement débattus. Les nombreuses études disponibles ne semblent pas faire consensus. Les chiffres cités ci-dessous sont donnés à titre indicatif.

Les études montrent des résultats variés. De nombreux paramètres influencent les résultats : mesures ou calculs, en circulations réelles ou sur banc d'essai, taille de l'échantillon...

Pour apprécier l'impact de la filière, on considère les émissions « du puits à la roue », c'est-à-dire incluant les émissions à l'échappement mais aussi les polluants et GES émis lors des phases d'extraction, de transformation et de transport du carburant.

des émissions à l'échappement souvent réduites...

Une étude de l'ADEME⁹ estime entre 20 % et 40 % le gain en NO_x de l'utilisation d'un autobus GNV par rapport à un autobus diesel, en milieu urbain. La réduction atteint même 75 % à l'échappement pour les poids lourds selon une autre étude de l'ADEME¹⁰.

Pour les particules et le CO, ces études ne montrent pas de différences notables entre les véhicules GNV et les véhicules diesel EURO VI. Elles soulignent néanmoins que les émissions de tous les véhicules testés (gaz ou diesel) sont largement inférieures à la norme Euro 6.

Une étude suédoise¹¹ a montré que, comparées aux exigences de la norme EURO VI, du puits à la roue pour les véhicules lourds, le GNV n'apportait pas de gains notables pour les NO_x et le CO et pouvait même être plus émetteur en fonction de la technologie utilisée. Pour les véhicules légers, les gains seraient de plus de 50 % pour ces polluants.

Selon l'institut de recherche néerlandais TNO^{12,13}, les émissions de NO_x dépendent fortement du régime de circulation, avec des émissions moindres pour les poids lourds GNV sur autoroute et route rurale par rapport à un diesel, mais des rejets supérieurs au diesel en milieu urbain à froid. Selon l'étude néerlandaise, les rejets de particules sont dans les mêmes ordres de grandeur, faibles et inférieurs aux normes, pour les véhicules au gaz liquéfiés, comme pour les diesels les plus récents.

A l'inverse, le projet Equilibre¹⁴, regroupant 6 transporteurs et l'IFFSTAR, relève un avantage à l'échappement sensible pour le GNV, avec des réductions variant de -40 % à -60 % de NO_x pour les poids lourds par rapports aux véhicules diesel. Cette étude souligne elle aussi l'extrême variabilité des émissions et l'importance des conditions d'exploitation, des conditions de circulation et d'usages.

...et un impact carbone variable

En Pays de la Loire, les véhicules GNV représentent 0,07 % des émissions de CO₂¹⁵ en 2016.

L'impact, en termes d'émissions de GES, de l'utilisation de GNV comme carburant est variable selon le type de véhicules et selon les études. Mais les émissions diffèrent également en fonction de l'origine du carburant, c'est pourquoi nous distinguons le GNV dit « fossile », obtenu par extraction, du bioGNV, issu de la méthanisation.

⁹ ADEME, Denis Bénita, AJBD, David Fayolle. 2018. Panorama et évaluation des différentes filières d'autobus urbains.

¹⁰ ADEME 2018 Mesure des émissions de polluants des autocars Euro 6 au gaz naturel, à l'éthanol et au diesel

¹¹ Hagos et. Al. 2018 - Well-to-wheel assessment of natural gas vehicles and their fuel supply infrastructures – Perspectives on gas in transport in Denmark

¹² TNO report 2019 R10193 « Emissions testing of a Euro VI LNG-Diesel dual fuel truck in the Netherlands » 2019

¹³ TNO Report 2017 R11336 « Emissions testing of two Euro VI LNG heavy-duty vehicles in the Netherlands : tank-to-wheel emissions » 2017

¹⁴ Projet Equilibre, « Analyse des consommations et émissions de véhicules Gaz et Diesel » avril 2019

¹⁵ Résultat BASEMIS V5

GNV « fossile »

L'étude publiée par NGVA Europe¹⁶ (Natural and bio gas Vehicle Association) avance des réductions des GES, du puits à la roue, pour les voitures particulières, d'environ 7 % face à un véhicule alimenté au gazole, et jusqu'à 23 % en comparaison d'un modèle à essence.

L'étude suédoise estime, elle, une réduction moyenne de 27 % pour les véhicules légers roulant au GNV, par rapport aux combustibles classiques (essence et diesel) du puits à la roue.

Pour les poids lourds, l'emploi du gaz naturel obtenu de sources fossiles permettrait une diminution de 16 % des émissions de GES par rapport à un équivalent diesel.

Des résultats proches de ceux du projet Equilibre, pour lequel des gains en GES varient de 7 % à 30 % à l'échappement selon le type de route, par rapport à un diesel.

Publiée en septembre 2019, une étude de l'IFPEN¹⁷ calcule une réduction de 13 % des GES par rapport au diesel et de 21 % par rapport à l'essence, pour un véhicule léger. Les résultats sont moins probants si on considère les véhicules lourds (camions et bus), pour lesquels la réduction est de l'ordre de 5 %. Des résultats par ailleurs corroborés par les études ADEME.

Un rapport du Joint Research Center de la Commission Européenne¹⁸ obtenait des résultats similaires : les émissions de GES du puits à la roue seraient équivalentes pour les véhicules GNV et diesel. En revanche, une étude américaine¹⁹ estime une augmentation des GES de 1 à 8 %, pour les poids lourds du puits à la roue, en raison des potentielles fuites de méthane lors de la production et du transport du GNV.

bioGNV

Si les émissions de GES liées à l'utilisation de GNV fossile sont encore débattues, l'impact du bioGNV semble faire consensus.

Selon l'ADEME, les émissions de GES sont réduites de 75 % lors du passage du GNV vers le bioGNV, du puits à la roue.

L'étude suédoise estime le gain à 100 % pour les véhicules légers roulant au bioGNV issus de la méthanisation de déchets.

L'étude de l'IFPEN estime, elle, une réduction de 71 % par rapport à un véhicule léger diesel et de 80 % pour un poids lourd.

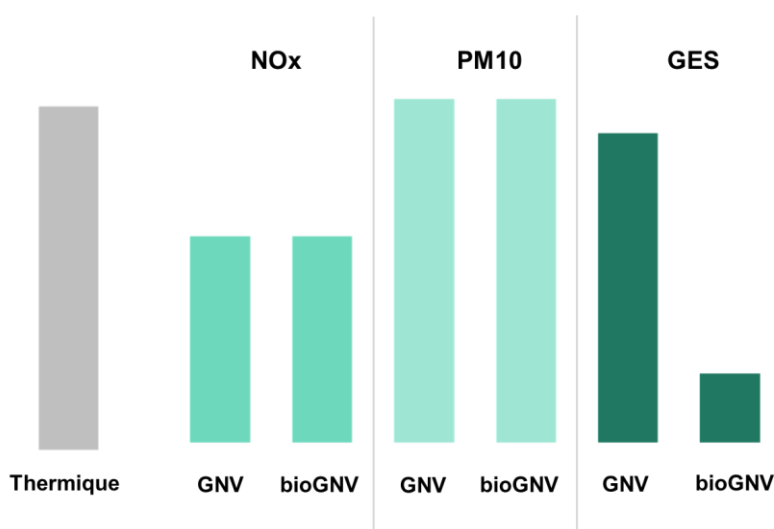


Figure 1 : comparaison des émissions de NOx, PM10 et gaz à effet de serre, par rapport à un véhicule thermique récent et selon les types de gaz utilisés (GNV fossile ou bioGNV)

¹⁶ <http://ngvemissionsstudy.eu/>

¹⁷ IFP Energies Nouvelles « étude ACV de véhicules roulant au GNV et bioGNV » septembre 2019

¹⁸ JRC Technical Report - Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context - Version 4a, 2014

¹⁹ Cai et. Al ; « Wells to wheels : Environmental implications of natural gas as a transportation fuel » 2017

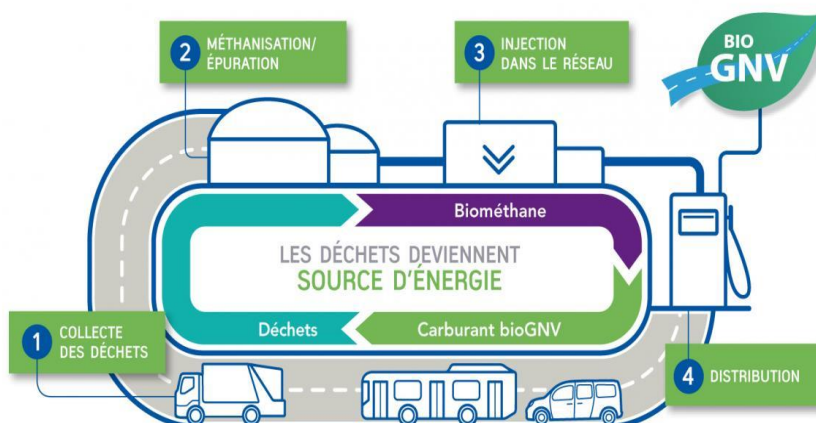
perspectives

Le GNV devrait voir son bilan carbone s'améliorer à l'avenir avec l'introduction d'une part plus importante de bioGNV. Le bioGNV devrait représenter 20 % de l'offre de gaz pour véhicules d'ici 2023.

le biométhane : une filière qui favorise l'économie circulaire et les circuits courts

La méthanisation encourage l'exploitation en circuit court, les unités de traitement devant être le plus souvent possible installées à proximité des stations-services, en alimentation directe des sites de distribution.

Les déchets des entreprises agroalimentaires, des collectivités et des exploitations agricoles sont valorisés, et le produit de leur fermentation distribué localement.



Source : gaz-mobilite.fr

Figure 2 : le cycle du biométhane

véhicules électriques à batterie

définition

Un véhicule électrique est mû par la force électromotrice d'un ou de plusieurs moteurs électriques, généralement alimentés par une batterie d'accumulateurs.

en France et en région

L'ADEME estime qu'environ 150 000 véhicules électriques à batterie et environ 34 000 véhicules hybrides rechargeables sont en circulation en France (chiffre d'août 2018)²⁰, soit 0,5 % du parc des véhicules particuliers et utilitaires légers.

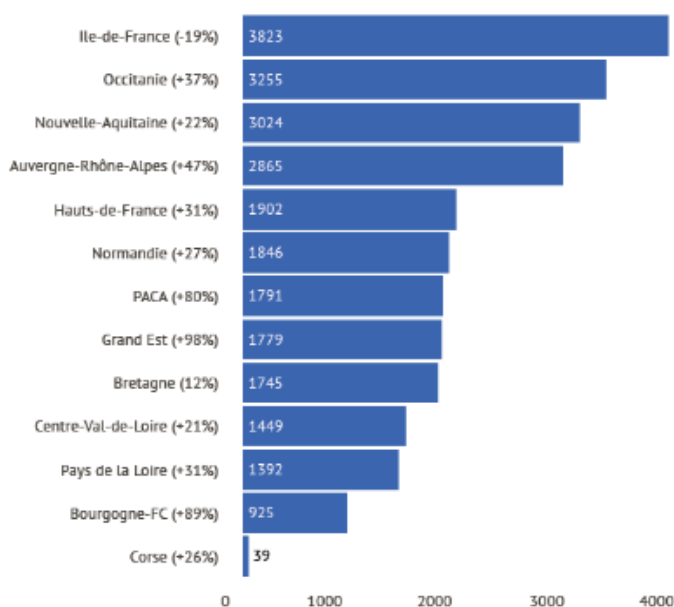
Les chiffres des ventes de 2018 des voitures électriques sont en augmentation de 25 % par rapport à 2017²¹. Mais ils devraient atteindre 30 % pour suivre la trajectoire prévue par le contrat de la filière 2018-2022, signé en mai 2019 par les acteurs du secteur automobile et l'État^{22 et 23}.

En mars 2019, 25 880 points de recharge ouverts au public sont présents en France métropolitaine²⁴. La France compte donc un point de recharge pour 6,9 véhicules électriques en circulation, en moyenne sur le territoire national.

en chiffres :

France :
150 000 véhicules
électriques
25 880 points de
recharge

Pays de la Loire :
1 392 points de
recharge



Evolution par rapport à mars 2018

Figure 3 : nombre de points de recharge ouverts au public par région au 31 mars 2019 (source Avere /GIREVE)

²⁰ ADEME/Coda Stratégies – « Infrastructures de recharges pour véhicules électriques » - juillet 2019

²¹ ADEME Le mag N°126 – juin 2019

²² Dossier d'actualité vie-publique.fr « La voiture électrique encore à la peine » mars 2019

²³ Conseil National de l'industrie « Contrat stratégique de la filière automobile 2018-2022 » - mai 2018

²⁴ AVERE/GIREVE « Baromètre régional de la mobilité électrique » avril 2019

impacts environnementaux

zéro émission ?

Contrairement aux véhicules thermiques, les véhicules électriques **n'émettent pas de polluants gazeux en roulant.**

Tous les véhicules émettent des particules fines PM10 par l'abrasion des pneus, du revêtement routier et des freins : **elles représentent 54 %** des émissions routières de PM10 en Pays de la Loire (tous véhicules confondus).

Cette absence de rejets à l'échappement a potentiellement des conséquences positives en milieu urbain, où le trafic automobile est au centre des problématiques de qualité de l'air et de l'exposition de la population. L'augmentation de la part du parc électrique en ville induirait une diminution des rejets de polluants atmosphériques, oxydes d'azote et particules fines notamment. En milieu rural, où la problématique de la pollution routière est moins prégnante, l'autonomie restreinte et le manque de bornes de recharge constituent des obstacles au déploiement généralisé des véhicules électriques.

un impact carbone moindre...

La majorité des impacts environnementaux d'un véhicule électrique interviennent lors de la phase de fabrication.

La fabrication d'un véhicule électrique émet entre 40 %²⁵ et 50 %²⁶ de plus de CO₂ qu'un véhicule thermique. Un des pôles les plus énergivores est l'assemblage des batteries : les matériaux sont préparés dans des fours chauffés à 400°C.

L'extraction des matériaux (lithium, cobalt, néodyme...) qui composent les batteries utilisées sur le marché est particulièrement énergivore ; elle nécessite également de grande quantité d'eau et de produits chimiques²⁷, avec les impacts et stress potentiels sur l'environnement. L'impact est donc déplacé vers les pays producteurs : Australie, République Démocratique du Congo et Chine sont les principaux producteurs des 3 matériaux précités.

Sur l'ensemble de son cycle de vie (150 000 km parcourus sur 10 ans), l'ADEME estime que le véhicule électrique émet moins de gaz à effet de serre qu'un véhicule thermique : respectivement environ 9 teqCO₂ contre 22 teqCO₂, soit une diminution de 59 %.

Plus spécifiquement pour les véhicules particuliers, l'électrique représente en moyenne une **réduction de 53,5 % des GES** sur la durée du cycle de vie²⁸.

Un chiffre (environ 50 %) également obtenu²⁹ dans une analyse du cycle de vie d'un véhicule moyen par l'Union of Concerned Scientists.

L'analyse du cycle de vie réalisée par l'IFPEN³⁰ calcule des gains de l'ordre de 54 % des émissions de GES pour un véhicule léger, par rapport à un diesel. Le gain serait de près de 70 % à 80 % pour les bus et les poids lourds.

²⁵ J.L. Sullivan, A. Burnham and M. Wang « Energy-Consumption and Carbon-emissions analysis of vehicle and component manufacturing » Argonne National Laboratory 2010

²⁶ Les Avis de l'Ademe : « Les potentiels du véhicule électrique » avril 2016

²⁷ Hache Emmanuel, Simoën Marine, Seck Gondia Sokhna, (2018). « Electrification du parc automobile mondial et criticité du lithium à l'horizon 2050 », 71p.

²⁸ Carbone4 « Quelle contribution du véhicule électrique à la transition écologique en France » 2018

²⁹ R. Nealer, D. Reichmuth, D. Anair « Cleaner Cars from Cradle to grave » – Union of Concerned Scientists - 2015

³⁰ IFP Energies Nouvelles « Etude ACV de véhicules roulant au GNV et bioGNV » septembre 2019

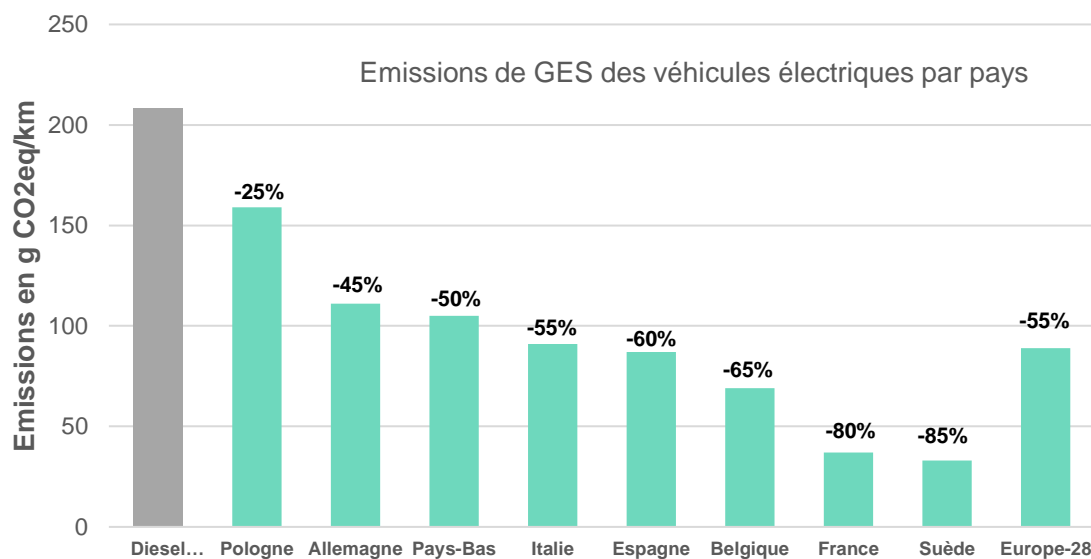
...qui dépend en grande partie du type d'électricité utilisée...

Une étude belge³¹, comparant l'impact carbone d'un véhicule électrique à celui d'un véhicule diesel moyen, conclut, elle, à une diminution de 80 % des rejets de GES, pour un véhicule électrique alimenté avec une électricité produite en France.

La production française d'électricité est largement décarbonée³² : 72 % provient du nucléaire et 21 % d'énergies renouvelables.

Cette même étude compare les émissions de GES sur le cycle de vie des véhicules électriques en fonction de la production électrique de plusieurs pays.

Il en ressort que le gain en GES par rapport à un véhicule thermique est d'autant plus important que l'énergie utilisée pour produire l'électricité est décarbonée.



Source : Messagie et.al « Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles »2014

Figure 4 : émissions de GES des véhicules électriques par pays

Quel que soit le mode de production de l'électricité, l'utilisation d'un véhicule électrique semble être bénéfique pour le climat. Ainsi les gains sont estimés à 25 % pour la Pologne dont l'électricité est principalement issue de la combustion du charbon.

...et du moment de la journée choisi pour la recharge

Un rapport du National Renewable Energy Laboratory (NREL)³³ américain souligne également l'importance du choix du moment de recharge. Ainsi, pour un réseau électrique faiblement carboné (comme c'est le cas en France), un mode de recharge « sur le lieu de travail », dans la journée, est le moins émetteur de GES. Le rapport recommande d'éviter les temps de recharge qui participent aux heures de pointe du soir (18h-minuit), pendant lesquelles le réseau a tendance à faire appel aux énergies fossiles pour satisfaire la demande en électricité.

³¹ Messagie et.al « Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles »2014

³² RTE- Bilan électrique 2018 https://www.rte-france.com/sites/default/files/be_pdf_2018v3.pdf

³³ McLaren, Miller, O'Shaughnessy, Wood and Shapiro « Emissions associated with electric vehicle charging : Impact of Electric generation mix, charging infrastructure availability and vehicle type » National Renewable Energy Laboratory - 2016

perspectives

l'optimisation des usages

L'IFPEN, en collaboration avec l'ADEME³⁴, souligne l'importance de l'optimisation des usages, de façon à réduire l'impact de la fabrication des batteries : pour être efficace environnementalement, l'usage doit être intense, à l'instar des bus.

De même, l'IFPEN avertit : « la tendance actuelle à l'accroissement de la taille des batteries pour augmenter l'autonomie sur les véhicules électriques, est préjudiciable pour l'impact GES de la filière électrique ». Des efforts de sensibilisation sont à mener pour mettre en adéquation les besoins réels des ménages et leur achat de véhicules électriques, souvent trop puissants.

Un avertissement corroboré par l'institut suédois de l'environnement³⁵, qui a montré la linéarité des émissions de CO₂ à la fabrication avec la puissance de la batterie. Ainsi l'impact carbone de la fabrication (véhicule + batterie) d'une Nissan Leaf (batterie de 30kWh) serait 3 fois inférieure à celle d'une Tesla Model S (batterie de 100 kWh).

le principe de charge bidirectionnelle ou « vehicle to grid »

Le principe de charge bidirectionnelle ou « vehicle to grid » est un concept qui permet d'utiliser l'énergie stockée dans les véhicules électriques pour soutenir le réseau électrique en période de pic de consommation, de production insuffisante des éoliennes et du solaire, ou en cas d'urgence (orage, coupure de câble, surcharge du réseau...).

La recharge du véhicule s'effectue quand l'offre d'électricité est plus abondante que les besoins, notamment lors des pics de production des énergies renouvelables, par exemple. Puis l'électricité est ensuite réinjectée dans le réseau lors des pics de consommation.

Le groupe Renault a lancé des expérimentations, avec une flotte de 15 ZOE aux Pays-Bas et à Madère courant 2019³⁶.

Un tel système pourrait permettre à terme de réduire la production d'électricité issue de centrales thermiques, utilisées en partie pour répondre aux pics de consommation aux heures de pointe et périodes de grand froid.

Encore à l'état expérimental, les gains sur la réduction des GES et des polluants atmosphériques de cette technologie sont pour l'heure difficilement quantifiables.

le développement de la filière de recyclage des batteries³⁷

A l'heure actuelle, il est techniquement et économiquement plus avantageux pour un industriel de produire des batteries neuves plutôt que de les recycler.

La directive européenne 2006/66/CE du parlement européen et du conseil du 6 septembre 2006 impose un taux de collecte minimum de 45 % des batteries en 2016, ainsi qu'un recyclage à hauteur de 50 % de leur poids, ce qui ne favorise pas le lithium des batteries, matériau très léger. Seulement une part de 10 % à 15 % des batteries Li-ion est recyclée. Dans ce cas, c'est majoritairement le cobalt qui est récupéré, car il fournit le revenu le plus élevé et il existe encore peu de filières de recyclage de ce type de batteries.

Le lithium recyclé représente aujourd'hui moins de 1 % de l'offre totale.

Avant d'être recyclées, les batteries peuvent également être utilisées dans un usage secondaire, moins énergivore, afin de limiter la demande en lithium : par exemple pour du stockage stationnaire.

La raréfaction des matériaux et l'augmentation du nombre de véhicules électriques (et donc de batteries) devraient contribuer à une amélioration de l'efficacité de la filière de recyclage des batteries.

³⁴ IFP Energies Nouvelles 2018. « Bilan transversal de l'impact de l'électrification par segment : PROJET E4T ». ADEME

³⁵ <http://www.thegwpf.com/new-study-large-co2-emissions-from-batteries-of-electric-cars/>

³⁶ Communiqué de Presse Renault : <https://media.group.renault.com/global/fr-fr/groupe-renault/media/pressreleases/21223215/premiere-mondiale-groupe-renault-experimente-a-grande-echelle-la-charge-bidirectionnelle-des-vehicul>

³⁷ Hache Emmanuel, Simoën Marine, Seck Gondia Sokhna, (2018). « Electrification du parc automobile mondial et criticité du lithium à l'horizon 2050 »

hydrogène

définition

la production d'hydrogène

En France, 95 % de la production d'hydrogène est issue d'énergie fossile³⁸. La méthode majoritairement utilisée, le vaporeformage du gaz naturel, consiste à extraire l'hydrogène du gaz naturel (CH₄), sous l'action de la vapeur d'eau surchauffée (700 à 1000 °C)³⁹. Le vaporeformage est énergivore et émetteur de CO₂ : pour 1 tonne d'H₂ produite, 10 à 11 tonnes de CO₂ sont émises. Le vaporeformage du biogaz est possible mais encore peu utilisé.

Une autre méthode, l'électrolyse de l'eau, est encore minoritaire mais devrait se développer dans les années à venir. Elle consiste à dissocier des molécules d'eau, par l'action d'un courant électrique, en H₂ et O₂. Encore coûteuse (3 fois plus que le vaporeformage), cette méthode, si elle est associée à une production d'énergie verte, pourrait contribuer à fortement réduire l'impact carbone de la filière. Le Plan National Hydrogène prévoit la décarbonation de l'hydrogène industriel (10 % d'ici 2023, 40 % d'ici 2028).

hydrogène et mobilité

L'hydrogène peut être utilisé dans un moteur à combustion interne comme carburant. La réaction du dihydrogène et de l'oxygène produit de l'énergie et de l'eau. L'énergie libérée est utilisée pour la propulsion du véhicule. L'hydrogène peut également être ajouté à un carburant classique. La combustion du dihydrogène produit 3 fois plus d'énergie que la combustion d'essence⁴⁰. Cette branche est aujourd'hui délaissée au profit de la pile à combustible.

Ce qui est couramment appelé « moteur à hydrogène » est en fait un ensemble pile à combustible + moteur électrique. L'hydrogène alimente une pile à combustible qui produit de l'électricité alimentant à son tour le moteur électrique.

L'hydrogène dans la mobilité est complémentaire aux batteries et au bioGNV. Il présente des avantages clés pour les usages intensifs qui nécessitent une forte autonomie et un faible temps de recharge, particulièrement en milieu urbain, sensible aux questions de qualité de l'air et de nuisances sonores.

³⁸ « L'Hydrogène en 10 points » Ministère de la transition écologique et solidaire-2018

³⁹ www.connaissancedesenergies.org « La production de l'hydrogène »

⁴⁰ Site internet IFP Energies nouvelles : www.ifpenergiesnouvelles.fr

en France et en région ⁴¹

en bref :

juin 2018 :
Plan National Hydrogène
(Ministère de l'Écologie)

27 stations ouvertes en
France
(2 en Pays de la Loire)

Région labellisée
« Terre d'hydrogène »
en 2016

Navibus sur l'Erdre
fonctionne au H₂

Les principaux projets de véhicules hydrogènes concernent les flottes de véhicules professionnels légers et les transports en commun. En raison d'un nombre encore limité, le coût total de possession d'un véhicule à moteur hydrogène reste supérieur à celui des équivalents thermiques (entre 20 % et 50 %) ⁴².

Dans le cadre du Plan hydrogène, l'ADEME a lancé en octobre 2018 l'appel à projets « Écosystèmes de mobilité hydrogène », ouvert jusqu'au 18 octobre 2019. Sur les 24 projets déjà déposés (soit un investissement potentiel de 475 millions d'euros), 11 ont été retenus.

Les projets concernent des applications très diversifiées, comme la livraison du dernier kilomètre en milieu urbain, le transport collectif de personnes en bus ou en navette maritime, la location de voitures, la collecte de déchets, les flottes d'entreprises et de collectivités, ou encore l'usage de poids lourds comme véhicules de chantier.

En parallèle, l'appel à projet « Production et fourniture d'hydrogène décarboné pour des consommateurs industriels » a été clos le 18 juin 2019.

L'ADEME souhaite atteindre, voire dépasser, les objectifs affichés dans le PPE : 5 000 véhicules utilitaires légers, 200 véhicules lourds, 100 stations alimentées en hydrogène produit localement, déployés à l'horizon 2023.

À titre indicatif, des exemples de projets retenus :

- Auxr_H2 : la communauté de l'Auxerrois exploitera une flotte de 5 bus électriques à hydrogène et va acquérir une dizaine d'utilitaires pour une entreprise de BTP régionale.
- DS Energy : Dijon Métropole intégrera 8 bennes à ordures ménagères hydrogènes à sa flotte. Le projet inclut également le déploiement de deux poids lourds et 14 utilitaires à destination de partenaires. « L'hydrogène sera produit localement à partir d'électricité issue de l'unité de valorisation énergétique des déchets », a précisé le Ministère de la transition écologique et solidaire.
- Hynovar : un consortium rassemblé autour de la CCI du Var lancera un projet de navette maritime électrique hydrogène de 200 passagers. Des bus électriques à hydrogène seront également acquis par les opérateurs du réseau de transport public de la Métropole Toulon Provence Méditerranée.
- Last Mile IDF : les sociétés Akuo Energy et Ataway déploieront 16 stations de production et de distribution d'hydrogène en Île-de-France pour alimenter 200 véhicules utilitaires et 80 fourgons à usage professionnel, et en particulier destinés au transport de marchandises.
- Luzo : la communauté d'agglomération de la Rochelle valorisera une partie de la production photovoltaïque de l'éco-quartier Atlantech sous forme d'hydrogène pour alimenter une vingtaine de véhicules utilitaires et des triporteurs. Cette flotte sera utilisée pour des services de location, de livraison et de messagerie.

⁴¹ <https://www.vighy-afhypac.org/>

⁴² Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique – Ministère de la transition écologique et solidaire

impacts environnementaux

des émissions nulles à l'échappement

Comme pour les moteurs électriques à batteries chimiques, les émissions de polluants atmosphériques à l'échappement sont nulles, pour les moteurs à pile à combustible ou à injection d'hydrogène. Seule de **la vapeur d'eau est émise à l'échappement**.

L'usure des pneus, des freins et de la route émet toutefois des particules fines, comme pour tous les autres types de véhicule. Elles représentent 54 % des émissions routières en Pays de la Loire.

un impact carbone encore trop important

Les rejets de GES sont indirects et ont lieu lors de la fabrication du véhicule et surtout de la production d'hydrogène.

Comme décrit précédemment, la production d'hydrogène (par vaporeformage) est encore fortement émettrice de CO₂.

L'ADEME⁴³ souligne que le moyen de production et les distances de transport de l'hydrogène sont les principales pistes d'amélioration de la réduction de l'impact carbone de l'hydrogène dans la mobilité. Une analyse du cycle de vie d'un véhicule léger montre ainsi des différences importantes de l'impact climatique entre hydrogène produit localement par électrolyse, avec électricité issue de l'éolien (63 geqCO₂/km) et un hydrogène produit par vaporeformage dans une usine centralisée (210 geqCO₂/km).

L'étude ADEME traitant des autobus urbains⁴⁴ estime également sur l'ensemble du cycle de vie des véhicules une diminution des rejets de GES variable en fonction du mode de production de l'hydrogène, par rapport à un véhicule thermique :

- -91 % (via électrolyse issue de l'éolien),
- -72.5 % par électrolyse alimentée par le mix énergétique français,
- -17 % par vaporeformage du gaz naturel, méthode utilisée actuellement.

perspectives

une décarbonation nécessaire

Comme mentionné précédemment, la production d'hydrogène est encore fortement génératrice de gaz à effet de serre. Le passage au biogaz pour le vaporeformage ou l'électrolyse accomplie à partir d'électricité d'origine renouvelable, permettront d'améliorer drastiquement l'impact climat de la filière.

des usages multiples

La filière hydrogène est en plein essor et les applications futures ne se cantonnent pas au transport.

L'hydrogène pourra dans l'avenir ainsi être utilisé :

- pour stocker l'électricité issue d'énergies renouvelables intermittentes : l'électricité (éolienne ou solaire) sera utilisée en partie pour produire de l'hydrogène, qui pourra à son tour être utilisé pour produire de l'électricité en période de forte demande,
- en étant injecté dans le réseau de gaz, en mélange avec du méthane,
- pour produire du méthane de synthèse en captant du CO₂.

⁴³ Fiche technique « L'hydrogène dans la transition énergétique » mars 2018- ADEME

⁴⁴ ADEME, Denis Bénita, AJBD, David Fayolle. 2018. « Panorama et évaluation des différentes filières d'autobus urbains. »

conclusions

En termes d'impact local sur la qualité de l'air, les véhicules électriques et à hydrogène offrent de meilleures perspectives, sans aucune émission à l'usage (hors émissions de particules liées à l'usure de la route, des freins et des pneus). Les études consultées dans le cadre de cette note bibliographique montrent que les véhicules GNV et bioGNV permettent une réduction notable des NOx (polluant important en milieu urbain) par rapport aux véhicules thermiques. Ils émettent des quantités équivalentes de particules par rapport à des véhicules thermiques récents équipés de filtres à particules.

L'impact climatique des véhicules GNV (fossile) est légèrement inférieur à celui des véhicules diesel. En revanche, l'impact est fortement réduit en cas d'utilisation de bioGNV.

Si les véhicules électriques peuvent offrir des réductions significatives de GES sur leur cycle de vie, celles-ci sont à nuancer. Si la filière subit une forte progression, la fabrication des batteries reste un domaine très émetteur, et le bilan global dépend du mode de production de l'électricité servant à la recharge des véhicules.

Pour les véhicules à hydrogène, la production d'hydrogène est encore trop carbonée. Les progrès techniques, l'augmentation de la part d'énergies renouvelables dans la production d'électricité et le développement des infrastructures devraient permettre d'améliorer ces points.

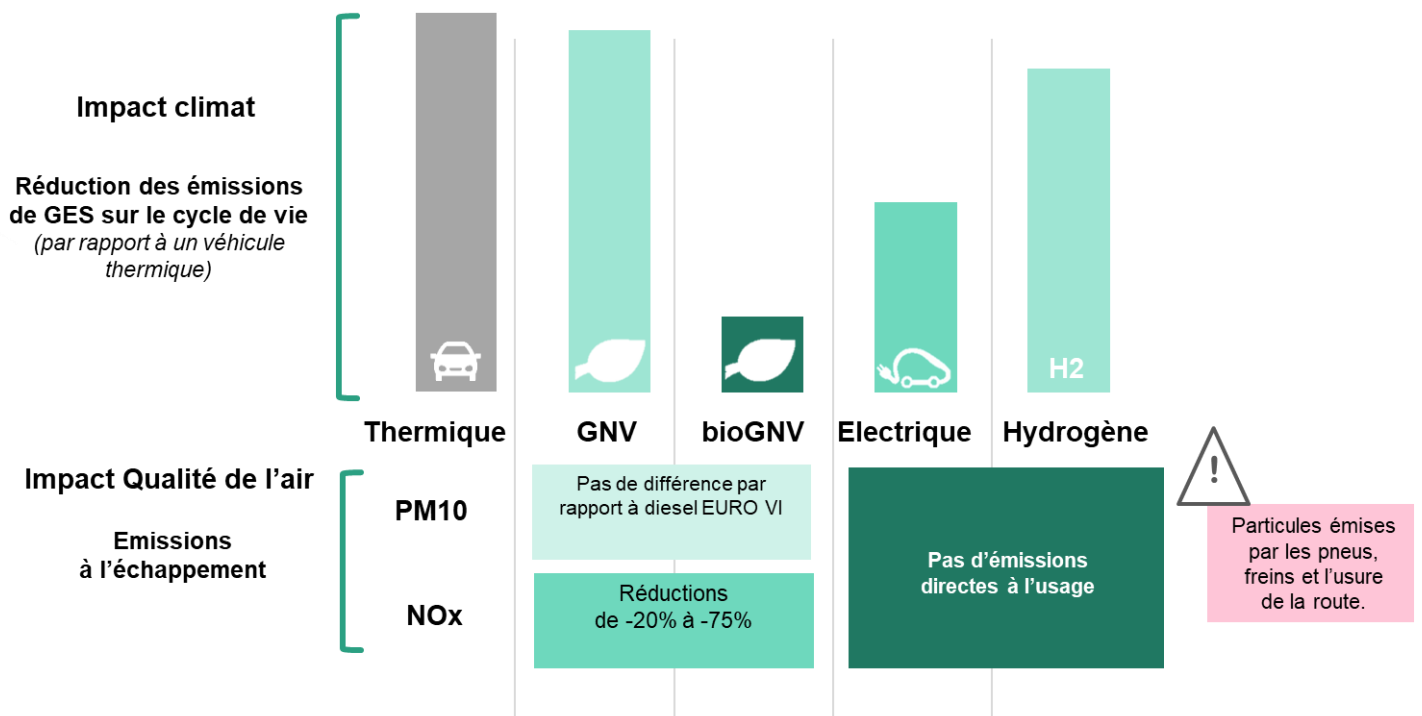


Figure 5 : schéma illustrant l'impact sur le climat et la qualité de l'air de motorisation alternatives : GNV, bioGNV, électrique et hydrogène

annexe : autres références consultées

- Van Mierlo et.al « Comparative environmental assessment of alternative fueled vehicles using a life cycle assessment » Transportation Research Procedia 25 - 2017
- Tong et.al « Comparison of Life Cycle Greenhouse Gases from Natural Gas Pathways for Light Duty Vehicles » Energy and fuels 29 – 2015
- Orsi et.al « A multi-dimensional well-to-wheels analysis of passenger vehicles in different regions: Primary energy consumption, CO2 emissions, and economic cost » Applied Energy 169 - 2016
- Ramachandran et al. « Well to wheel analysis of low carbon alternatives for road traffic » Energy Environ. Sci. 2015
- Thiruvengadam et.al « Natural gas vehicles in heavy-duty transportation-A review » Energy Policy 122 – 2018
- Azmi et al. « Environmental Risk Trade-off for New Generation Vehicle Production: Malaysia Case » Journal of Sustainable Development -Vol9 N°6 – 2016
- Hawkins et al « Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles » Journal of Industrial Ecology – Vol17 N°1 - 2012
- Malcolm A. Weiss, John B. Heywood, Elisabeth M. Drake, Andreas Schafer, and Felix F. AuYeung « On the road in 2020 – A life-cycle analysis of new automobile technologies » Energy Laboratory - Massachusetts Institute of Technology – 2000
- Moriarty et al. « Prospects for Hydrogen as a transport fuel » International Journal of Hydrogen Energy 44 - 2019
- DENA «The role of natural gas and biomethane in the fuel mix of the future in Germany » 2010
- Rapport Ricardo Energy and environment : « The role of natural gas and biomethane in the transport sector » 2016
- ADEME rapport « Etude de faisabilité en faveur de la qualité de l'air pour le passage au GNV des bus et bennes à ordures de l'agglomération stéphanoise » 2017
- ADEME « Elaboration selon les principes des acv des bilans énergétiques, des émissions de gaz à effet de serre et des autres impacts environnementaux induits par l'ensemble des filières de véhicules électriques et de véhicules thermiques, vp de segment b (citadine polyvalente) et vul a l'horizon 2012 et 2020 » 2013
- ADEME « Evaluation du vecteur hydrogène dans le secteur de la mobilité »
- G. Meunier, JP. Ponsard « Quelle politique pour encourager le déploiement des véhicules à hydrogène en France ? » Policy Paper Chair Energy and Prosperity - 2018

airpays de la loire

5 rue Édouard-Nignon – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org