

Prise de position



Dr. Brigitte Buchmann, Empa

Christian Bach, Empa

Prof. Dr. Alexander Wokaun, PSI

Prof. Dr. Thomas J. Schmidt, PSI

Dr. Felix Büchi, PSI

Prof. Dr. Andrea Vezzini, BFH

13 juin 2016

Résumé

La mobilité routière est importante pour le développement économique et social de la Suisse. Elle est toutefois aussi responsable d'un tiers de la consommation d'énergie et de près de 40% des émissions de CO₂. C'est aussi pourquoi des mesures visant la réduction de ces valeurs ont été introduites dans la législation sur l'énergie, sur le CO₂ et sur l'impôt sur les huiles minérales, cela sous forme d'une énergie-étiquette pour les voitures de tourisme, de l'exemption de l'impôt sur les huiles minérales pour les carburants renouvelables ainsi que de la fixation de valeurs cibles des émissions de CO₂ pour les voitures de tourisme.

Pour l'industrie automobile, la législation sur le CO₂ en particulier est d'une grande importance car le non respect des valeurs cibles entraîne des sanctions dont le montant est élevé. A partir d'un dépassement de plus de 3g CO₂/km, cette sanction est actuellement de 142.5 CHF par gramme de CO₂/km, ce qui, pour un kilométrage de 225'000 km (15 ans à 15'000/km/a) correspond à environ 600 CHF par tonne de CO₂. Les émissions de CO₂ des voitures de tourisme sont ainsi très coûteuses et c'est aussi pourquoi la mesure proposée aurait des effets importants et de grandes chances de succès pour obtenir une réduction des émissions de CO₂.

Les mesures pour la réduction des rejets de CO₂ en discussion ici sont les systèmes de propulsion alternatifs (propulsion hybride, électrique ou par pile à combustible) ainsi que les énergie de propulsion renouvelables. Avec les systèmes de propulsion alternatifs, on obtient essentiellement un accroissement de l'efficacité énergétique. Toutefois ce sont les carburants basés sur les énergies renouvelables qui exercent une action décisive sur la réduction globale des émissions de CO₂. Un fait dont la législation actuelle sur les émissions de CO₂ des voitures de tourisme ne tient pas suffisamment compte. Du point de vue scientifique, une adaptation s'impose donc, et qui est proposée ici avec cette prise de position sur la révision de la loi sur le CO₂. Cette proposition tient naturellement compte du fait que les prescriptions d'essai pour l'homologation des véhicules en Suisse reposent sur les directives européennes qui ne peuvent pas être modifiées avec cette révision de la loi sur le CO₂.

Dans ce contexte, sont considérés comme énergie renouvelable essentiellement l'électricité non rentable sur le marché actuel de l'électricité, par exemple durant la période estivale provenant des centrales hydroélectriques, et l'électricité renouvelable qui doit être stockée (p.ex. celle des installations photovoltaïques en été durant la mi-journée). Cette électricité, qui n'est pas utilisable directement dans le réseau, peut être utilisée sur les voitures électriques ou pour la synthèse d'hydrogène par électrolyse de l'eau pour les véhicules à pile à combustible ou encore pour sa méthanisation avec du CO₂ pour des véhicules à gaz. Ces différents concepts diffèrent pour ce qui est du rendement énergétique et de l'aptitude au stockage. C'est ainsi que les véhicules électriques présentent le rendement énergétique le plus élevé et les véhicules à gaz la plus grande aptitude au stockage grâce au réseau de distribution du gaz alors que les véhicules à pile à combustible se situent entre les deux. Pour l'approvisionnement énergétique du futur, les rendements énergétiques élevés sont tout aussi importants qu'une grande aptitude au stockage. Raison pour laquelle aussi ces trois concepts peuvent être considérés comme énergétiquement équivalents.

Cette proposition pour la révision de la loi sur le CO₂ repose sur l'introduction de «paquets» véhicule-carburant (dans un premier temps seulement pour les véhicules à moteurs à combustion):

- 1) Les voitures pourront être vendues à l'avenir avec un paquet carburant.
- 2) La réduction (vérifiée) réalisée avec le paquet carburant sera prise en compte dans la législation sur le CO₂ pour les véhicules concernés.
- 3) Cette mesure sera limitée aux véhicules efficaces (p. ex. ceux qui respectent en tant que véhicule individuel les valeurs cibles pour le CO₂) et ne sera valable que pour les carburants synthétiques car les carburants biogènes renouvelables sont déjà pris en compte dans la loi sur l'impôt sur les carburants.

1. Situation initiale

La Stratégie énergétique 2050 de la Suisse comporte cinq domaines d'action dans lesquels les mesures pour l'accroissement de l'efficacité énergétique, l'utilisation des énergies renouvelables et le stockage de l'énergie jouent un rôle important. Avec sa signature de l'accord de Paris sur le climat, la Suisse s'est engagée à réduire ses émissions de CO₂ de 50%, dont 30% par le biais de mesures nationales¹.

Ces mesures et leurs effets sont étroitement liés, L'accroissement de l'efficacité énergétique réduit l'énergie finale nécessaire, permet d'accroître la part des énergies renouvelables pour sa mise à disposition et de réduire ainsi la dépendance vis-à-vis des imputations d'énergies fossiles. Ces deux facteurs ont une action cumulative sur la réduction des émissions de CO₂ et contribuent ainsi à l'atteinte des objectifs de leur réduction.

Il en va de manière analogue pour la mobilité où, au vu de la contribution nécessaire de ce secteur, l'énergie finale consommée pour la mise à disposition des services de transport doit elle aussi être diminuée et être aussi à faible émissions de CO₂, soit avec une forte proportion d'énergies renouvelables. Tous les scénarios simulés montrent que les objectifs de CO₂ dans le secteur des transports ne peuvent être atteints qu'avec la combinaison de ces deux approches.

Différentes voies technologiques sont développées qui peuvent contribuer comme option à l'atteinte des objectifs fixés. Les développements des châssis des véhicules, tels que la diminution de masse, et la réduction des pertes de frottement sont aussi des conditions primordiales. La propulsion électrique présente un très bon rendement – ici la réduction des émissions de CO₂ dépend de la pauvreté en CO₂ de la quantité d'électricité accrue que cela implique.²

Un raisonnement analogue s'applique aux véhicules à pile à combustible à hydrogène qui présentent des avantages écologiques importants si l'hydrogène est

produit à partir d'énergies renouvelables. Une troisième approche concerne le développement de systèmes de motorisation efficaces sur la base de moteurs à combustion, éventuellement en association avec une hybridation. Cette option atteint son effet le plus élevé si simultanément la part des carburants renouvelables est augmentée.

Chacune de ces options présente des avantages et des désavantages spécifiques pour ce qui est du degré de maturité technologique, de la disponibilité des véhicules et de l'infrastructure, des coûts et des avantages pour les propriétaires de véhicules et de la diffusion sur le marché qui y est liée.

Le Conseil fédéral s'est donné pour ligne de fixer les objectifs d'efficacité et des émissions de CO₂ de manière neutre vis-à-vis des solutions envisagées et de ne favoriser ou exclure à priori aucune des voies de solution. C'est aussi pourquoi il faudrait aussi accorder à chacune de ces stratégies la possibilité de viser l'optimum aussi bien dans le développement des systèmes de propulsion que dans la mise à disposition des énergies de propulsion.

Finalement il faut encore aborder la question du stockage de l'énergie. En couplant les secteurs des ménages, de l'industrie, de commerce et des services avec celui des transports, il devient possible de stocker l'énergie temporairement non absorbable par le réseau électrique, produite entre autre grâce au développement souhaité de la photovoltaïque, sous forme de carburant alternatif. Cette intégration, dans le sens d'une optimisation globale et d'une flexibilisation du système énergétique est la clé pour la réalisation des objectifs de la stratégie énergétique 2050.

¹ Switzerland's intended nationally determined contribution (INDC) and clarifying information

² Ceci s'applique aussi à la part d'électricité de l'énergie de propulsion des hybrides rechargeables (Plug-in Hybrids).

2. Véhicules efficaces et énergie renouvelable

Des études d'écobilans montrent que dans la mobilité, pour ce qui est de la réduction des émissions de CO₂, l'utilisation d'énergie renouvelable produit de loin les effets les plus conséquents^{3,4}. Toutefois la disponibilité de l'énergie renouvelable n'est que limitée aussi bien dans le temps que dans l'espace. L'effet est le plus important avec son couplage avec des véhicules à faible consommation. Sur le plan de la législation, il n'existe actuellement en Suisse aucune prescription qui prévoit et promeut ce couplage. Cette prise de position propose de combler cette lacune.

Pour un couplage de véhicules efficaces et d'énergie renouvelable, dans un premier temps les véhicules électriques, à hydrogène et à gaz sont principalement les mieux adaptés. D'autres concepts de motorisation pourraient être intégrés par la suite (p.ex. diesel, méthanol et diméthyléther synthétiques). Comme les véhicules routiers présentent une grande variété de tailles et de types avec des utilisations très diverses et que ces nouveaux concepts de motorisation présentent chacun des forces et des faiblesses marquées suivant les différentes utilisations, ils doivent plutôt être considérés comme complémentaires que concurrentiels.

Une question centrale pour l'introduction des carburants synthétiques est de savoir quand la Suisse disposera pour leur production des quantités nécessaires d'électricité renouvelable dont l'utilisation sur le marché de l'électricité n'est pas possible ou pas économique. Des analyses des données de flux de courant de Swissgrid réalisées par l'Empa montrent qu'actuellement déjà durant les mois d'été du courant suisse est pratiquement continuellement exporté à des prix très bas sur le marché spot. Cette offre excédentaire durant l'été est aussi la cause des difficultés de rentabilité les centrales hydroélectriques.

Cette situation ne changera probablement que lorsque les bases de la production de courant subiront une transformation profonde en Suisse et en Europe. A moyen et long terme, du fait de la construction croissante de nouvelles installations photovoltaïques, les centrales de pompage-turbinage arriveront elles-aussi à leurs limites (à partir de 2035 environ⁵), ce qui entraînerait lors de belles journées d'été la mise hors-circuit ou l'arrêt de des installations PV. Les installations de production de carburants synthétiques peuvent utiliser ce courant non rentable ou non utilisable et ainsi ouvrir un nouveau segment de marché, cela au moins durant les mois d'été.

L'intégration des injections irrégulières d'électricité issues d'énergies renouvelables (avant tout solaire et éolienne), implique, à côté d'autres mesures, des moyens de stockage correspondant et une consommation modulable dans le temps. Dans cela, le réseau électrique est moins flexible que celui du gaz. La mobilité électrique seule conduirait à une augmentation des pointes de charge du réseau – des pointe devraient être couvertes par un accroissement coûteux des capacités de stockage et à long terme par une production d'électricité fossile. L'hydrogène et le gaz naturel synthétique produits à partir d'énergies renouvelables accroissent cette flexibilité même si ces formes de carburants sont elles aussi produites à partir d'électricité. Une diversification à tous les carburants renouvelables possibles (électricité, hydrogène, gaz synthétique) est donc nécessaire déjà du fait de la nécessité de prendre en compte l'ensemble du système.

³ Bauer et al; The environmental performance of current and future passenger vehicles: Life cycle assessment based on a novel scenario analysis framework; Applied Energy 157 (2015)

⁴ Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW); Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen – Zwischenbericht (2015)

⁵ BFE - Energiespeicher in der Schweiz - Bedarf, Wirtschaftlichkeit und Rahmenbedingungen im Kontext der Energiestrategie 2050 (2013)

2.1 Electromobilité

Les véhicules électriques présentent certains avantages: ils ne provoquent pas d'émissions locales, ce qui est un avantage particulièrement dans les agglomérations. Leur énergie de propulsion peut en majeure partie, au moins durant la période estivale, être obtenue à partir d'énergie renouvelable et, du fait du rendement élevé des moteurs électriques, leur consommation d'énergie finale est notablement inférieure à celle d'un véhicule à moteur à combustion. De plus, actuellement déjà on trouve sur le marché des véhicules parfaitement au point sur le plan technique. Pour les cinq prochaines années, presque tous les constructeurs automobiles ont annoncé une variante électrique pour presque toutes leurs séries de modèles. Grâce à l'amélioration de la technologie des batteries, on peut s'attendre à l'avenir à des autonomies de plus de 300 km, cela du moins en été (c.-à-d. sans la consommation due au chauffage de l'habitacle).

Comme désavantage, on peut mentionner les durées de recharge plus longue en comparaison d'un remplissage du réservoir de carburant, bien que là aussi on travaille à des solutions qui permettent de recharger une batterie à environ 50% de sa capacité en l'espace de 15 minutes. Du fait des bas prix de l'électricité, de son exemption de la taxe sur les carburants et de leur prix d'achat toujours plus bas, la part de marché des véhicules purement électriques pourrait continuer à croître ces prochaines années.

En Suisse, 75.7% de tous les véhicules à moteurs sont des voitures de tourisme (4'458'069). Parmi celles-ci, fin 2015 seules 6'366, soit moins de 0.2%, étaient des voitures purement électriques, cela toutefois avec une tendance à la hausse. Une influence notable sur la consommation d'énergie ne devrait toutefois devenir vérifiable qu'à partir de plus de 5% du parc total des véhicules. La part des véhicules hybrides dans le parc total de véhicule est un peu plus élevée, avec 50'159 véhicules (toutes catégories) soit environ 1.2%⁶.

Un pourcentage de 15% de véhicules purement électriques dans le parc total de véhicules d'ici 2025 en Suisse impliquerait que les nouvelles immatriculations, actuellement de 3'882 véhicules électriques, devrait augmenter à plus de 100'000 véhicules.⁷

Le potentiel de l'électromobilité pour la substitution des carburants fossiles et la réduction des émissions de CO₂ en Suisse est ainsi important, cela pour autant que l'électricité provienne de sources renouvelables. La faible charge de CO₂ de la production actuelle d'électricité en Suisse joue là un rôle décisif. Une plus forte pénétration de l'électromobilité demande la mise à disposition d'une quantité d'électricité équivalente à faibles émissions de CO₂. Son succès dépend toutefois aussi des progrès techniques et économiques dans le domaine de la technologie des véhicules électriques ainsi que du cadre législatif. Pour ce qui est des émissions de CO₂, les développements dans la production d'électricité suisse et européenne jouent un rôle décisif, raison pour laquelle une prise en considération séparée des deux secteurs de la mobilité et de l'électricité n'est pas indiquée.

A partir des valeurs de consommation d'un véhicule typique de la classe des voitures compactes, la figure 1 montre qu'une voiture électrique présentant une consommation d'électricité de 21.2kWh/100km permet de remplacer une voiture conventionnelle avec une consommation d'essence de 5.2l/100km respectivement de 46.0kWh/100 km⁸. Dans les deux cas, la consommation prise en compte est déterminée sur la base de l'EcoTest de l'ADAC qui est de loin plus réaliste que la consommation homologuée.

⁶ Tous les chiffres tirés de „Le marché des écomobiles, actualités de tendances 2016“, suisseénergie et e'mobile.

⁷ Tiré de: „Véhicules électriques: pénétration du marché suisse d'ici 2020“, www.alpiq.ch, 2010

⁸ Mitsuo Hitomi in MTZ, 05I2016, 77e année, page 32

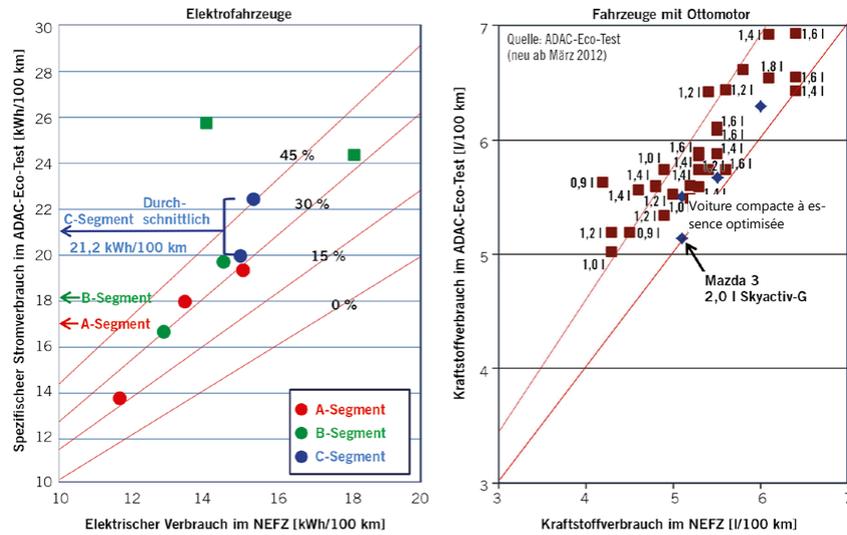


Fig. 1: Comparaison entre les consommations d'énergie normalisées et les consommations d'énergie réelles de véhicules électriques (à gauche) et de véhicules à essence (à droite)⁹

Les émissions de CO₂ des véhicules électriques sont données par la consommation d'électricité et les émissions provoquées par la production de courant (figure 2, barre bleue à 500g CO₂/kWh pour le mix de courant européen). La ligne rouge au bord inférieur de la bande brune montre une évaluation «well-to-wheel» (du puits à la roue) des émissions de CO₂-de véhicules électriques (voiture de la classe compacte) pour différentes émissions spécifiques de CO₂ lors de la production de courant. Pour un

véhicule électrique utilisant du courant européen (barre bleue) la consommation équivalente d'essence équivalente est de 3.8l-éq/100km (Well-to-Wheel), respectivement de 4.2l-éq/100km en tenant compte des émissions de CO₂ pour la fabrication de la batterie lithium-ions, ce qui correspond à des émissions totales de 116g CO₂/km. Cette valeur est actuellement de 25% inférieure aux émissions totales d'un véhicule à essence correspondant.

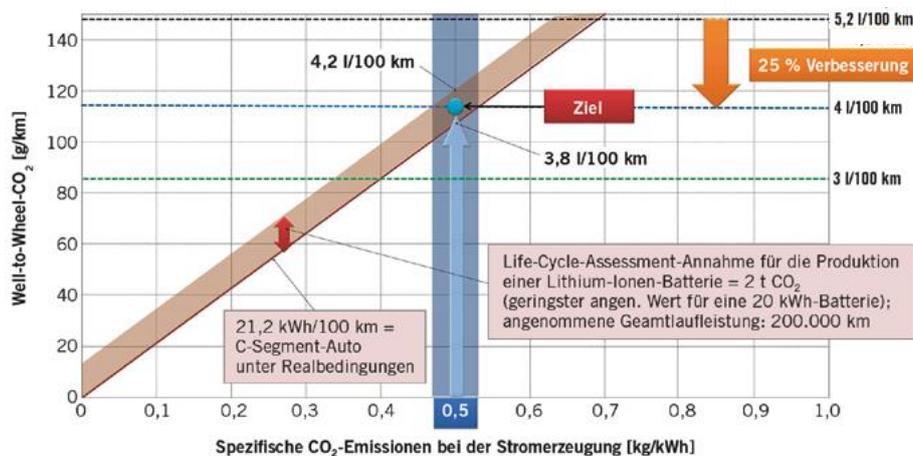


Fig. 2: Evaluation well-to-wheel d'un véhicule électrique comparée à celle d'un véhicule à moteur à combustion à essence⁹

⁹ Mazdas Weg zu effizienteren Verbrennungsmotoren, MTZ 05/2016

2.2 Mobilité à l'hydrogène

Les véhicules à hydrogène sont des véhicules électriques équipés d'une petite batterie, d'un réservoir d'hydrogène sous pression et d'une pile à combustible pour transformer «on-board» l'hydrogène en électricité. Ceci permet des autonomies deux à trois fois plus élevées que celle des véhicules électriques. Les développements futurs des plateformes de véhicule, des batteries et des piles à combustible permettent d'attendre un accroissement supplémentaire de cette autonomie.

Leur consommation est actuellement de moins de 1 kg H₂/100km pour la classe des voitures compactes, ce qui correspond à moins de 3.5 l/100 km. Si l'hydrogène est produit par électrolyse, la consommation de courant est de 40-50 kWh/100 km. Ce qui équivaut, si l'hydrogène est produit avec le mix de courant suisse (137 g CO₂/kWh), à 55-70 g CO₂/km et à 12-15 g CO₂/km avec l'électricité hydraulique.

Les émissions plus élevées de la construction de ces véhicules avec les technologies actuelles par rapport à celles des véhicules à essence/diesel sont déjà compensées après un kilométrage de 20'000 kilomètres avec l'hydrogène renouvelable. Avec la poursuite du développement (p. ex. réduction de la teneur en métaux nobles des catalyseurs PEM) le potentiel d'optimisation est encore important.

Le temps de ravitaillement est environ égal à celui de véhicules à essence ou diesel. L'infrastructure d'approvisionnement étant encore en phase de réalisation, les véhicules utilisés localement ou régionalement (autobus, véhicules communaux, camions, taxis, etc.) sont le marché d'accès prédestiné. A moyen terme, les véhicules à pile à combustible, du fait de leur autonomie élevée et de leurs courts temps de ravitaillement, pourraient aussi s'utiliser comme «véhicules standards» (p.ex. comme véhicules «longue distance»).

Les stations d'hydrogène peuvent s'intégrer dans l'infrastructure existante de stations-service et présenter ainsi une capacité de ravitaillement comparable à celle des pompes à essence ou diesel, ce qui est un grand avantage infrastructurel: à kilométrage égal, la recharge des véhicules électriques – même avec des superchargeurs de 120 kW – nécessite un nombre de stations 15 fois plus élevé que celui des stations d'hydrogène. Avec les stations de recharge rapide multi-véhicules, il

faut aussi tenir compte de la charge du réseau. Alors que l'«hydrogène industriel» est aujourd'hui produit par vaporeformage de gaz naturel avec des émissions de CO₂ correspondantes, pour des raisons d'acceptation, pour la «mobilité hydrogène», seul de l'hydrogène issu de sources renouvelables entre en ligne de compte. Cet hydrogène est produit par électrolyse de l'eau avec de l'électricité renouvelable. Il peut se stocker dans des réservoirs sous pression, raison pour laquelle les installations de production peuvent dans une certaine mesure s'adapter au marché de l'électricité. Avec l'accroissement du nombre d'installations de production (fluctuante) d'électricité renouvelable (PV, éolienne), la conversion en supports énergétiques chimiques pour le stockage intermédiaire de cette électricité devient de plus en plus incontournable si l'on veut éviter des réductions de production ou des arrêts temporaires des installations PV ou éoliennes. Ceci signifie que le passage à une production d'électricité renouvelable devra – très probablement – s'accompagner d'une production d'hydrogène et de carburants synthétiques. L'utilisation énergétique directe de cet hydrogène est naturellement logique est sensée. Dans la réalisation des réseaux de ravitaillement d'hydrogène, les priorités varient selon les pays. L'Allemagne, avec son industrie automobile, se concentre sur les voitures de tourisme. Les installations de production et de ravitaillement d'hydrogène sont coûteuses et leur rentabilité demande dès le départ des chiffres d'affaire assez élevés. C'est pourquoi en Suisse, les bus et les camions à hydrogène sont mieux adaptés comme point de départ pour la réalisation d'un tel réseau.

De nouveaux développements, avec des piles à combustible plus simples, pourraient toutefois dans un avenir proche réduire de façon marquante le coûts des véhicules à hydrogène, ce qui améliorerait leur rentabilité. Les voitures-H₂ – tout comme les voitures électriques – n'ont pas d'émissions normalisées de CO₂, et elles bénéficient de mesures favorables dans la législation sur le CO₂. Ces mesures ne s'appliquent pas aux véhicules lourds (camions, bus). Les véhicules lourds à hydrogène ne bénéficient que d'une exemption de la RPLP/RPLF et de l'impôt sur les huiles minérales. L'UE prévoit d'introduire une législation sur le CO₂ pour les véhicules lourds à partir de 2021/22. La propulsion à

l'hydrogène pourrait alors présenter des avantages financiers supplémentaires pour les camions et les

bus.

2.3. Mobilité au gaz naturel/power-to-gas

Avec la législation mondiale sur le CO₂, les véhicules à gaz ont gagné en importance chez nombre de constructeurs automobiles. Avec l'utilisation d'énergie fossile, les véhicules à gaz émettent actuellement déjà 20-25% moins de CO₂ que les véhicules à essence et le gaz délivré par les stations-service à gaz naturel renferme déjà dans plusieurs pays un pourcentage de biogaz. En Suisse, ce pourcentage est d'environ 20%. L'accord conclu entre l'Association suisse de l'industrie gazière ASIG et l'OFEV dans le cadre de la législation sur le CO₂ fixe une teneur minimale de 10%. Ceci conduit en Suisse, pour l'homologation des véhicules à gaz, à des émissions normalisées de 30% inférieures à celles des véhicules à essence. Du fait de la teneur supérieure en biogaz, sélectionnable jusqu'à 100% dans certaines stations-service, cette réduction est peut-être encore plus forte.

Sur le plan technique, les véhicules à gaz naturel/biogaz sont aujourd'hui comparables aux véhicules à essence mais, du fait des contraintes plus faibles que pose la réduction de leurs émissions et de l'indice d'octane plus élevé du gaz, le potentiel d'accroissement de leur efficacité est plus élevé. On s'attend à ce que des moteurs à gaz hydrides soient développés d'ici 2015 et mis sur le marché à partir de 2025, ce qui conduira un accroissement d'efficacité et à une réduction des émissions de CO₂ supplémentaires.

Le gaz devant être stocké dans la zone de l'essieu arrière, la motorisation au gaz n'est pas adaptée pour les 4x4 et, du fait du rayon d'action limité, elle ne l'est pas non plus pour les voitures sportives, mais plutôt pour les voitures compactes, de classe moyenne et les minivans, et les risques d'effet rebond sont ainsi tendanciellement faibles.

Actuellement les véhicules à gaz ont un rayon d'action de 350-500 kilomètres. Avec une hybridation et des systèmes de stockage du gaz perfectionnés, des rayons d'action atteignant 900 km sont concevables.

Du fait du faible coût de leur carburant, les véhicules à gaz sont aujourd'hui déjà

économiquement intéressants pour les kilométrages élevés. Les véhicules dont le kilométrage annuel est élevé jouent aussi un rôle important dans les émissions réelles de CO₂ comme le montre l'analyse des données d'une micro-enquête¹⁰. Environ 20% des voitures de tourisme parcourent plus de 20'000 km/année et sont responsables des 44% de la totalité des kilomètres parcourus par les voitures de tourisme (données 2005). D'un autre côté, 38% des voitures de tourisme parcourent moins de 10'000 km/année, soit seulement 15% de la totalité des kilomètres parcourus par la totalité des voitures de tourisme. Il est alors clair que les voitures avec un kilométrage annuel élevé devraient être considérées comme un groupe-cible important pour les mesures de réduction des émissions de CO₂. Dans les analyses de consommation ou de cycle de vie, ceci ne ressort que si l'on tient compte du système énergétique dans sa globalité.

Avec le biogaz, les voitures à gaz atteignent aujourd'hui déjà des émissions de CO₂ sur leur cycle de vie comparables à celles des voitures électriques utilisant de l'électricité renouvelable (figure 3, en vert). À côté du biogaz, l'utilisation de méthane synthétique, produit dans des installations power-to-gas, est aussi de plus en plus évoquée¹¹. Des considérations systémiques sur le plan énergétique montrent que les voitures à gaz peuvent jouer un rôle semblable à celui des voitures électriques dans la réduction des émissions de CO₂. Avec la filière power-to-gas, les installations de production d'électricité renouvelable peuvent produire à leur maximum indépendamment de la demande momentanée et leur production ne doit plus être temporairement réduite ou arrêtée. L'électricité renouvelable excédentaire peut être transformée en méthane, qui est injecté dans le réseau de gaz pour être utilisé de façon décalée dans le temps et dans l'espace sur des véhicules à gaz.

¹⁰ A. Janssen et al; Reduktion der CO₂-Emissionen – Fokus auf Fahrzeuge mit hoher Laufleistung; ATZ 2/2005

¹¹ Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr (2015)

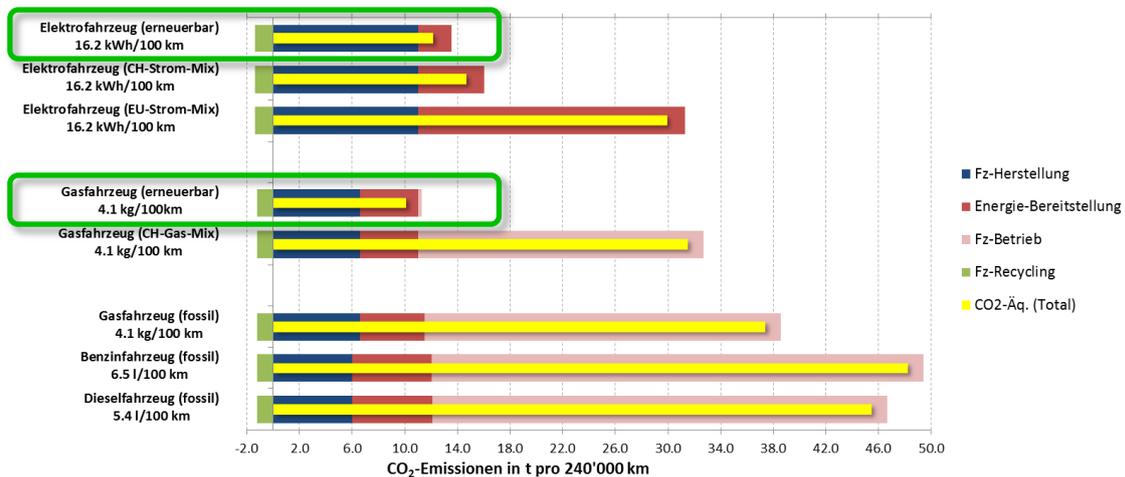


Fig. 3 Comparaison des cycles de vie d'une voiture compacte avec différents concepts de motorisation selon Bauer et al, Applied Energy (2015), Fuchs et al. ATZ (2014), Audi (2015) et données de consommation selon Spritmonitor.de pour une VW Golf 81-85kW (modèle 2014/2015). Biogaz selon étude d'ACV Empa-PSI-Agroscope-Doka (2012); mix de courant européen: 522g CO₂/kWh, mix de courant suisse 137g CO₂/kWh, électricité renouvelable: 65g CO₂/kWh

Le rendement des installations power-to-gas est actuellement d'environ 50% et pourrait augmenter à 65% d'ici 2050¹². Il est ainsi moins bon que celui de la production d'hydrogène ou du stockage de l'électricité dans des batteries. L'avantage de la technologie power-to-gas est la grande capacité de stockage du réseau du gaz et le faible besoin de

nouvelles infrastructures. Le méthane synthétique présente des émissions de CO₂ basses, comparables à celles du biogaz si le courant provient d'électricité renouvelable (p. ex. éolienne ou hydraulique) et que le CO₂ utilisé n'est pas produit spécialement pour cela mais peut être tiré d'une source existante (figure 4).

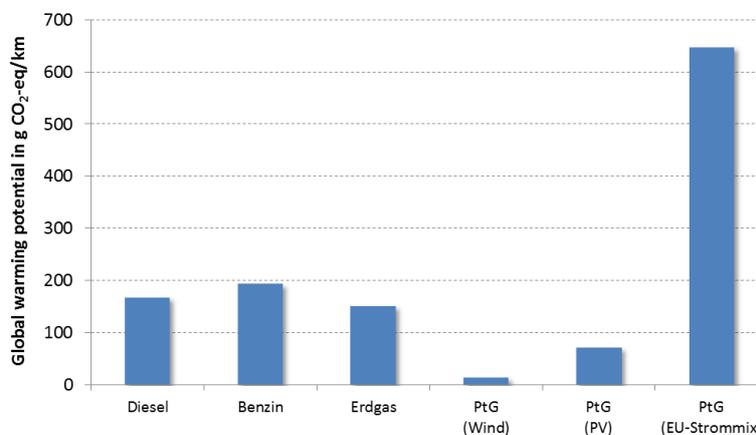


Fig. 4 Emissions en équivalents CO₂ d'une voiture de tourisme en considération well-to-wheel (c.-à-d. sans prise en compte de la construction du véhicule) exploitée avec différents supports énergétiques¹²

¹² M. Wietschel et al: Energietechnologien der Zukunft – Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze (2015)

3. Législation sur le CO₂

Le Règlement européen (CE) 715/2007 décrit la méthode de mesure des émissions de CO₂ pour les véhicules particuliers et utilitaires légers. Un essai selon ce règlement est nécessaire pour l'homologation des véhicules particuliers et utilitaires légers équipés d'un moteur à combustion dans l'UE et en Suisse. Cet essai ne mesure toutefois que les émissions de CO₂ à l'échappement (désignées par émissions de CO₂ normalisées dans ce qui suit). Il ne tient pas compte des émissions supplémentaires de CO₂ qui se produisent en exploitation réelle (p. ex. avec l'enclenchement de consommateurs secondaires tels que le chauffage, ou la climatisation ou avec une charge plus élevée) ni des émissions en amont découlant de la production de l'énergie de propulsion ainsi que de la construction du véhicule. Actuellement l'exploitation des véhicules avec des énergies renouvelables des n'est pas prise en compte.

Le chapitre 3 de l'Ordonnance suisse sur la réduction des émissions de CO₂ fixe la méthode de calcul des objectifs individuels CO₂ pour les importateurs et les constructeurs de voitures de tourisme (qui peuvent aussi se réunir pour former ce que l'on nomme des groupements d'émission). Les objectifs individuels de CO₂ sont valables pour les nouvelles voitures mises en circulation par année civile. Si la moyenne des émissions de CO₂ normalisées de ces véhicules dépasse la valeur cible individuelle d'un importateur, d'un constructeur ou d'un groupement d'émission, celui-ci doit verser un dédommagement (sanction). Dans le cadre de la révision actuelle de la loi sur le CO₂, il est prévu, de manière analogue à l'UE, de réduire à 95g/km à partir de 2020/2021 la valeur-cible de CO₂ actuelle de 130g/km et - également comme l'UE - d'introduire des valeur-cibles aussi pour les véhicules utilitaires légers. Une abaissement supplémentaire à <80g/km (à partir de 2026) est déjà en discussion au sein de l'UE.

Alors que les statistiques de l'homologation des véhicules montrent une nette tendance à la baisse des valeurs des émissions de CO₂ normalisées, il est toutefois aussi clair qu'en réalité cette diminution est nettement plus basse¹³. Les écarts entre les consommations normalisées et réelles n'ont fait qu'augmenter au cours de ces dernières années¹⁴. De plus les véhicules sont évalués indépendamment de leur utilisation (p. ex. kilométrage réduit ou élevé).

Du point de vue scientifique il serait souhaitable que le développement de la législation mette davantage l'accent sur des mesures qui rendent celle-ci plus efficace dans la réalité. La mesure la plus efficace à cet égard est le couplage de véhicules efficaces et des énergies renouvelables.

Remarque:

La nouvelle méthode de mesure des gaz d'échappement et du CO₂ «WLTP» (pour Worldwide Light duty vehicle Test Procedure) pour les voitures de tourisme et les véhicules utilitaires légers qui sera probablement introduite en 2018, améliorera quelque peu la situation initiale décrite ici pour les émissions de CO₂ grâce à la déterminations plus réalistes de la masse du véhicules et de la résistance au roulement. Pour obtenir des valeurs des émissions de CO₂ normalises plus réalistes il reste malgré tout nécessaire de faire en plus appel à une approche permettant de convertir les émissions de CO₂ normalisées en émissions de CO₂ réelles. C'est à cela que travaillent actuellement l'EPFZ et l'Empa dans un projet financé par l'OFEN. Cette approche sera aussi portée devant le groupe d'experts du Scientific Advice Mechanism (SAM) créé par la Commission de l'UE dans le but de réduire cette différence entre émissions de CO₂ normalisées et réelles.

¹³ ICCT; From laboratory to road - a 2015 update of official and "real-world" fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe

¹⁴ EU Commission; Evaluation of Regulation 443/2009 and 510/2011 on the reduction of CO₂ emissions from light-duty vehicles" Study contract no 071201/2013/664487/ETU/CLIMA.C.2 (8th April 2015)

4. Recommandation

Cette recommandation vise une adaptation de la législation suisse sur le CO₂ afin de permettre un couplage entre «véhicules efficients» et «énergie renouvelable».

Sont définis comme «véhicules efficients» les véhicules qui respectent la valeur cible valable fixée par la législation sur le CO₂ pour un véhicule pris individuellement, soit actuellement 130g/km pour les voitures de tourisme, respectivement 95g/km à partir de 2020. Sont considérés comme «énergie renouvelable» les carburants qui satisfont les exigences de l'Ordonnance sur l'écobilan des carburants. Pour pouvoir être utilisés dans ce contexte, il faut qu'ils entraînent une réduction des émissions de CO₂ d'au minimum 40% par rapport à un véhicule à essence de référence, avec une augmentation de 20% au maximum des unités de charge écologique.

Comme les carburants renouvelables biogènes sont actuellement déjà favorisés économiquement du fait de leur exemption de l'impôt sur les huiles minérales, il est proposé de n'introduire cette nouvelle réglementation que pour les carburants renouvelables synthétiques. Ces carburants synthétiques sont certes plus coûteux mais ils possèdent aussi un potentiel de réduction des émissions de CO₂ nettement plus élevé, ce dont tient compte la modification proposée.

Concrètement, les véhicules efficients, qui seraient vendus sous forme de «paquets» avec l'énergie renouvelable obtiendraient une approbation de type suisse séparée avec une valeur des émissions de CO₂ réduite. Avec la vente de tels véhicules avec le carburant correspondant pour leur durée de vie, leurs importateur, constructeur ou groupement d'émission s'engagerait à injecter pour ce véhicule dans le système de carburant suisse une quantité de carburant renouvelable équivalente à sa consommation sur sa durée de vie (p.ex. consommation normalisée * 15 ans * 15'000 km par année), contrôlée par des organismes de

compensation adéquats à l'aide des instruments usuels à cet effet.

L'homologation de ces véhicules continuerait à reposer de manière inchangée sur les directives européennes et l'exploitation de tels véhicules s'effectuerait de manière identique à celle des véhicules sans paquet de carburant (soit un ravitaillement dans les stations-service normales).

Cette réglementation ne doit s'appliquer qu'aux véhicules efficients et non pas aux gros véhicules lourds et sur-motorisés. Ainsi les véhicules efficients pouvant fonctionner avec des carburants renouvelables synthétiques se verraient conférer une importance stratégique accrue pour l'économie automobile, ce qui conduirait à un abaissement des émissions de CO₂.

Une telle réglementation entraînerait aussi un accroissement bienvenu de la flexibilité du système électrique car les installations de production de carburants synthétiques ne doivent être exploitées que lors des périodes de forte disponibilité d'électricité et non pas aussi en cas de pénurie de courant.

Pour ce qui est des carburants biogènes et synthétiques, l'UE poursuit une stratégie différente de celle de la Suisse avec la prescription de «quotas d'adjonction». Ceci n'assure toutefois pas que ces carburants renouvelables soient utilisés sur des véhicules efficients. Comme la modification proposée ne touche de toute manière que la législation suisse sur le CO₂, il n'y a pas à s'attendre à de conflit avec la réglementation de l'UE.

Le rapport d'évaluation de la Commission européenne sur la législation sur le CO₂¹⁴ propose de plus de passer de l'évaluation des émissions de CO₂ à l'échappement actuelle à une évaluation des émissions de CO₂ sur le cycle de vie¹⁴, ce qui concorderait aussi largement avec le couplage des véhicules efficients et des énergie renouvelables proposé ici.

Appendice: Exemple



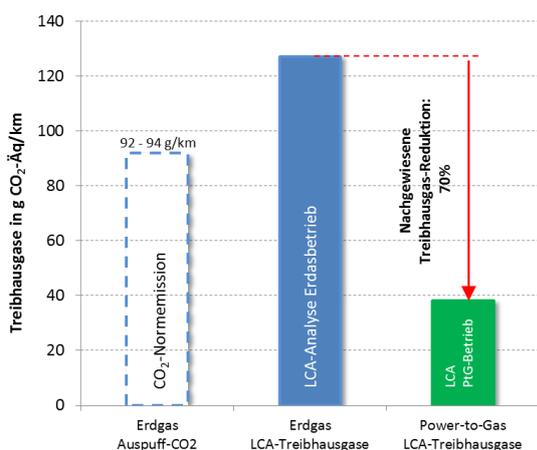
VW Golf TGI avec moteur à gaz

Emissions de CO₂ normalisées: 92 – 94g/km
Consommation normalisée: 5.2m³/100km
(Approbation du véhicule complet selon directives UE)

Comme ce véhicule respecte la valeur cible des émissions de CO₂ actuelle de 130 g/km (Règlement (CE) 443/2009, art. 1) il est qualifié de «véhicule efficient» selon la réglementation proposée.

1. Véhicule

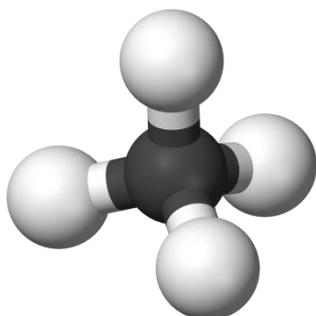
2. Analyse du cycle de vie des installations power-to-gas



Pour qu'un carburant renouvelable (dans notre exemple du méthane synthétique) puisse être utilisé avec cette réglementation il faut prouver avec une analyse de cycle de vie (ACV) qu'il entraîne une réduction des émissions de CO₂ d'au minimum 40%, avec une augmentation maximale de la charge environnementale de 20% (en correspondance avec l'Ordonnance sur l'écobilan des carburants).

En admettant que l'on puisse prouver qu'avec l'installation PtG utilisée la réduction obtenue des émissions de gaz à effet de serre du véhicule de notre exemple est de 70%, celui-ci se voit attribuer des émissions de CO₂ normalisées réduites de 70% (soit 28 g/km). Cette valeur pourrait être attribuée au véhicule, par exemple dans une approbation de type supplémentaire.

3. Obligations de l'importateur automobile



Avec l'homologation de véhicules selon cette approbation de type supplémentaire, les importateurs d'automobiles s'engagent à injecter pour le véhicule concerné dans le système de carburant une quantité de carburant renouvelable équivalente à la quantité de carburant consommée sur la totalité de sa durée de vie. Ce qui signifie que, avec une durée de vie typique de 15ans, ils doivent injecter dans le réseau de gaz suisse **780m³, respectivement 510kg, de méthane synthétique par année (équivalant à une consommation pour 15'000 km/a). Ce qui permettrait d'économiser 1 t/a de CO₂ par véhicule**

Calcul de la quantité de gaz:
 $5.2\text{m}^3/100\text{km} * 15'000\text{km/a} = 780\text{m}^3/\text{a}$