

Défis des nouvelles technologies dans la décarbonisation du secteur des transports



Résumé :

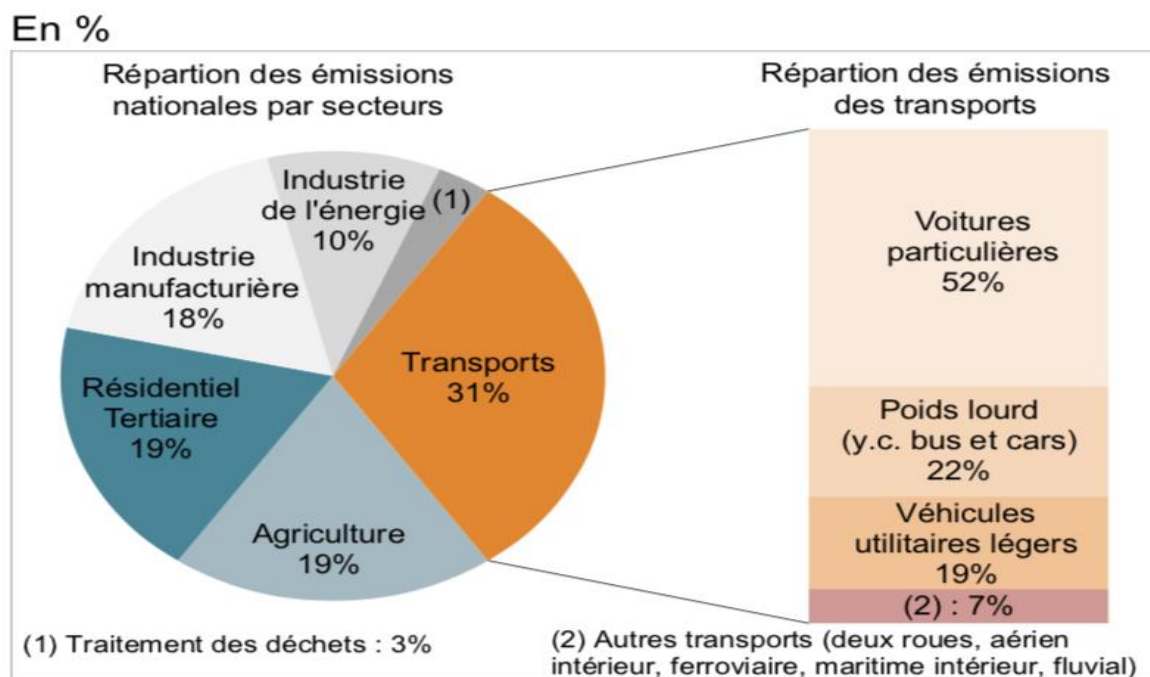
- En France, le secteur des transports est celui qui contribue le plus aux émissions de gaz à effet de serre (31 %), ainsi qu'à la pollution de l'air ;
- L'hydrogène dispose d'un fort potentiel en tant que solution bas-carbone pour le secteur des transports. Des instruments côté offre et demande peuvent néanmoins faciliter son déploiement ;
- Côté demande, reprenant les outils utilisés pour le cas du diesel, on retrouve les taxes énergie, les taxes produits (ou subventions) comme le bonus-malus et les restrictions « vintage » ;
- Côté offre, le déploiement par cluster de flottes professionnelles captives, ainsi que les transports en communs permettent de baisser les coûts d'adoption de cette technologie ;
- Cependant, afin d'atteindre les objectifs de la stratégie bas-carbone du gouvernement, il est nécessaire de poursuivre les efforts actuels pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Utilité de l'article : *En France, le secteur des transports est la principale source d'émissions de gaz à effet de serre, contribuant au dérèglement climatique et à la pollution de l'air, néfaste pour la santé publique. L'hydrogène se présente comme une alternative bas-carbone aux carburants fossiles, mais, les actions concrètes pour développer le marché restent limitées. En se basant sur l'expérience du diesel, on peut retrouver des instruments côté demande permettant d'avoir un effet positif sur l'adoption de l'hydrogène. Des instruments côté offre, comme le déploiement par cluster, sont également possibles.*

Dans un contexte de fort accroissement de la population mondiale¹, ainsi que des flux de déplacements², le secteur des transports, s’accompagne de nombreuses externalités négatives (Observatoire de l’industrie Électrique, 2017) : pollution, bruit, fatigue, stress et insécurité routière. Les véhicules sont responsables de deux types d’émissions : i) les gaz à effet de serre (GES : dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d’azote, etc.) contribuant au dérèglement climatique, et ii) des gaz nocifs en matière de santé publique (dioxyde d’azote, particules fines, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, etc.).

Or, selon le Sénat, la pollution de l’air, difficile à réduire dans les zones urbaines, est responsable chaque année de dizaines de milliers de morts. En France, le coût de la pollution atmosphérique est ainsi évalué entre 70 à 100 milliards d’euros par an. D’après l’Agence Européenne de l’Environnement (EEA), en 2016, au sein de l’UE-28, le secteur des transports représentait 27 % des émissions de gaz à effet de serre (GES). En France, il s’agit du secteur qui contribue le plus aux émissions de GES, de l’ordre de 31 %.

Figure 1 : Répartition des émissions de GES par secteur (2018)



Champ : France métropolitaine et DROM (périmètre Kyoto).

Source : Citepa, rapport Secten 2019

1. Quelques éléments de contexte sur la situation en France

En France, en 2018, après trois années consécutives où ces émissions n’ont fait qu’augmenter, une baisse de 1,6 %³, a finalement été assurée. Cependant, pour continuer à les réduire, davantage d’efforts, tant de la part de l’État, des collectivités publiques que des

¹ L’ONU estime que la population mondiale devrait atteindre les 9,8 milliards d’ici 2050.

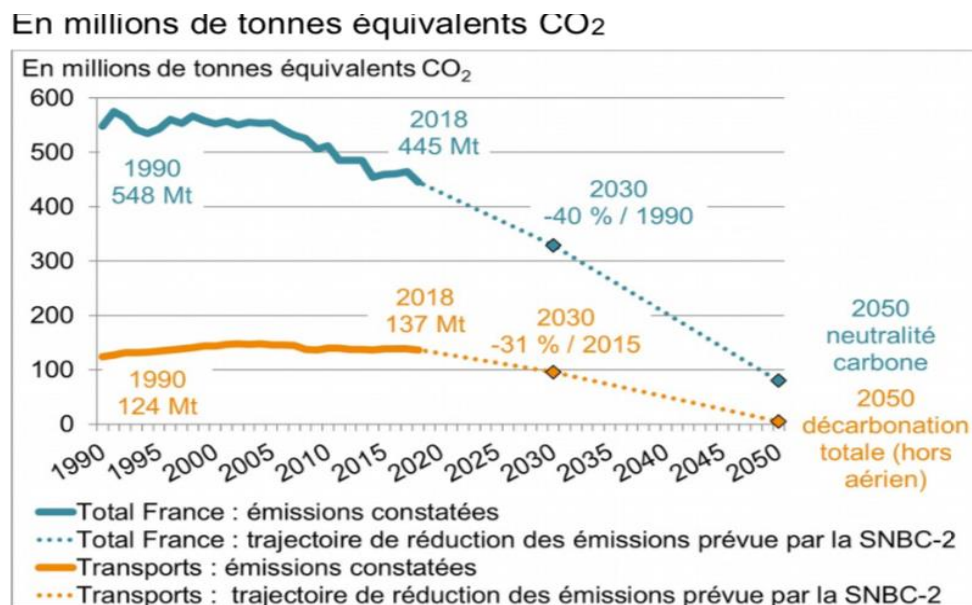
² Chiffres clés du transport 2019

³ Ministère de la transition écologique et solidaire

agents privés, sont nécessaires.

Le secteur des transports fait en outre partie des secteurs « partage de l'effort » de la politique climatique européenne depuis 2013, signifiant que la réduction d'émissions est la responsabilité de chaque État membre, tandis que la Commission européenne fixe seulement des plafonds annuels pour ces émissions. Ce secteur n'est ainsi pas couvert par le marché carbone, fixé par l'UE en 2005, consistant en un système de quotas, pour contrôler et réduire les d'émission de CO₂. Les émissions des véhicules dépendent principalement de trois facteurs : la distance totale parcourue, le nombre de passagers et le type de carburant utilisé. Le gouvernement a lancé en 2015 la stratégie nationale bas-carbone (SNBC), qui prévoit d'éliminer la totalité des émissions du secteur des transports (à l'exception du transport aérien) d'ici 2050.

Figure 2 : Évolution des émissions de GES entre 1990-2018 et trajectoires SNBC



*Champ : France métropolitaine et DROM (périmètre Kyoto).
 Sources : Citepa, rapport Secten 2019 ; MTES (SNBC-2)*

Parmi les principaux leviers pour agir, on retrouve : la décarbonisation de l'énergie consommée, l'optimisation de l'utilisation des véhicules⁴, l'utilisation des moyens transports moins émetteurs⁵ ou la reconversion totale vers des nouvelles technologies (les voitures électriques ou à pile à hydrogène).

Dans cette perspective, cette note présente les politiques côté demande, qui ont déjà été testées pour inciter l'achat de véhicules moins polluants (notamment dans le cas du diesel), puis les solutions côté offre, facilitant le déploiement des applications hydrogène dans le secteur des transports en France.

⁴ Favoriser le covoiturage, limiter les déplacements professionnels et implémenter le télétravail.

⁵ Transports en commun ou le vélo

2. Instruments côté demande inspirés du cas du diesel

Par le passé, plusieurs politiques publiques ont tenté d'une part, de réduire les déplacements en voiture des particuliers et, d'autre part, d'encourager l'achat de véhicules faibles en émissions (en particulier des véhicules diesel). Il existe ainsi une diversité d'instruments, qui peuvent être utilisés pour réduire l'utilisation de véhicules polluants, en jouant sur les prix ou les quantités.

Du côté des instruments agissant sur les prix, on retrouve les taxes et subventions. Par exemple, Durrmeyer (2018) étudie les effets du « bonus-malus » écologique de 2003 sur l'achat de véhicules diesel⁶. Cette politique environnementale consiste à inciter l'achat de véhicules « propres » avec une subvention ou « bonus » de 1 000 € et à décourager l'achat de véhicules polluants avec une taxe ou « malus » de 2 600€. Le résultat est une réduction des émissions de CO₂ pour les nouveaux véhicules immatriculés, mais une hausse des émissions de CO₂ globales. Ceci est le résultat de deux effets :

- D'un côté, la subvention a permis une hausse de la demande de véhicules (français) à diesel, mais aussi de la demande globale de véhicules.
- D'autre part, ces véhicules diesel semblent être plus utilisés que leurs homologues plus polluants.

À l'heure actuelle, l'article 18 du Projet de loi des finances 2020 présenté à l'Assemblée nationale propose de modifier cette politique en augmentant différents plafonds et en incluant plusieurs types de véhicules. Depuis 2015, un bonus pour les véhicules électriques existe à la hauteur de 10 000€. Étant donné le bilan de cette politique, elle pourrait être étendue pour les véhicules à pile à hydrogène, afin d'inciter les consommateurs à les acquérir.

Un autre exemple réside dans les taxes sur l'essence ou sur les émissions de CO₂, cherchant à diminuer l'utilisation des véhicules polluants, et donc les émissions de CO₂. Ces taxes sur l'essence sont définies par Allcott et Wozny (2014) comme des taxes énergie affectant directement le niveau d'utilisation du véhicule en le réduisant. De plus, si les consommateurs concernés sont « prospectifs »⁷, alors ce type de taxes pourrait affecter la décision d'achat (Grigolon et al, 2018). Cependant, les consommateurs ne sont pas toujours « prospectifs », mais peuvent être « myopes » (Allcott et Greenstone, 2012). Dans ce cas une meilleure alternative est d'opter pour des taxes produit ou subventions, afin d'inciter l'achat de véhicules faibles en émissions. Il n'existe néanmoins pas de consensus sur le degré de myopie des consommateurs dans la littérature économique. Cependant, Grigolon et al (2018) mettent en évidence que les consommateurs à fort kilométrage seraient plus réactifs aux taxes énergie. Ce type de taxes, augmentent *de facto* le prix de l'essence et ne semblent pas être bien acceptées socialement, à l'image de la « crise des gilets jaunes » en France.

Du côté des instruments agissant sur les quantités, on retrouve les zones à circulation restreinte (ZCR). Il s'agit d'un territoire dans lequel, par plages horaires, est instaurée une restriction d'accès. Ces restrictions d'accès peuvent néanmoins avoir des effets « pervers » :

⁶ À l'époque considérés comme une alternative moins polluante que ceux à essence.

⁷ Prennent en compte le prix futur de l'essence lors de l'achat d'un véhicule

Barahona et al (2019) montrent que dans le cas d'une restriction uniforme⁸, elles peuvent induire à l'achat d'un deuxième véhicule polluant. Prolongeant ainsi l'espérance de vie de vieux véhicules polluants. Une restriction par niveau de pollution ou restriction « vintage » semble ainsi être plus appropriée pour encourager le changement du parc automobile vers des alternatives moins polluantes. Depuis 2015, une première zone à circulation restreinte (ZCR) a été mise en place à Paris pour les poids lourds, étendue depuis 2016 sur l'ensemble des véhicules construits avant 1997. En France, il est prévu que, d'ici 2020, 15 territoires aient des zones à faibles émissions (ZFE), c'est-à-dire des zones de restriction vintage.

Barahona et al (2019) définissent le *policy-mix* optimal pour la transition vers un parc automobile libre d'émissions : il s'agit d'une combinaison de subventions pour les véhicules non-polluants, associées à des restrictions de circulation « vintage ». Pour bénéficier des synergies entre les différents acteurs sur le marché, il est nécessaire de se mettre d'accord sur le parc automobile vers lequel on veut converger.

Le bilan de tous les instruments mentionnés, utilisés dans le cas du diesel, semble être plutôt positif, en facilitant la transition vers un parc automobile moins émetteur. Néanmoins le diesel reste un véhicule émetteur de CO₂, ayant en outre perdu énormément de popularité suite à la révélation des niveaux faussés des émissions du groupe Volkswagen⁹. Pour atteindre les objectifs du SNBC, il faut ainsi orienter ces instruments pour des véhicules faibles en émission comme les véhicules thermiques, électriques ou à pile à combustible (hydrogène).

3. Une volonté de coopérer au déploiement de l'hydrogène : les instruments côté offre

Parmi les véhicules faibles en émissions on retrouve les véhicules hybrides, électriques et à pile à combustible (hydrogène). Les véhicules hybrides fonctionnent grâce à plusieurs sources d'énergie, par exemple, de l'électricité combinée soit à l'essence ou au diesel, qui sont émetteurs de CO₂. Alors, la stratégie pour dé-carboniser le secteur des transports, reposera essentiellement sur des véhicules complètement électriques (VE) ou à pile à hydrogène (PAH). D'autant plus, ces véhicules offrent un avantage considérable face aux biocarburants, en éliminant les contraintes d'accès aux ressources ou concurrence pour l'usage du sol.

Les véhicules à pile à hydrogène (PAH) roulent grâce à de l'électricité, produite à partir d'hydrogène stocké dans un réservoir. Il s'agit d'une voiture électrique, produisant sa propre électricité, et qui ne rejette que de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. D'après l'IEA (2019), les PAH offrent deux avantages par rapport aux VE. D'un côté, ils possèdent une autonomie¹⁰ supérieure de 400 km, contre 250 km pour les VE. D'autre, leur faible temps de

⁸ C'est-à-dire sans prendre en compte le niveau d'émissions des véhicules

⁹ En septembre 2015, une enquête menée par le ministère de l'environnement a été ouverte par rapport à ce sujet.

¹⁰ Correspond à la distance qui peut être parcourue lorsque son réservoir d'énergie est à sa capacité maximale.

recharge¹¹, similaire à celui d'un véhicule à carburant fossile. En effet, pour les VE, avec une borne rapide, le temps de recharge est de 30 min, alors que dans une borne à domicile il s'élève jusqu'à 10h (Engie, 2016). Les VE semblent être donc plus adaptés pour les utilisateurs à faible kilométrage, tandis que les PAH offrent plus d'avantages pour les trajets à fort kilométrage (ex. les transports routiers). Ces deux technologies ne seraient donc pas concurrentes, mais complémentaires.

Cependant, ces deux types de véhicules font face à deux types de barrières : le prix du véhicule, et le nombre limité de stations de recharge. Le prix des véhicules libres d'émissions reste aujourd'hui élevé, leur faible demande ne permettant pas aux producteurs de bénéficier d'économies d'échelle. D'autre part, le nombre de stations de recharge faible aussi, est le résultat du nombre limité de véhicules en circulation. Ainsi, les consommateurs n'achèteront ce type de véhicules que s'il existe un minimum de stations de recharge, dont le déploiement dépend d'un niveau de demande permettant de couvrir leur coût (Kotelnikova, 2016).

Deux stratégies permettent ainsi de résoudre ce dilemme : le déploiement par « cluster »¹² ; et les subventions pour les stations de recharge. Afin proposer des politiques publiques cohérentes avec les projets de mobilité-bas carbone, il est nécessaire de se mettre d'accord sur le parc automobile vers lequel on veut converger.

En ce qui concerne les véhicules particuliers, les politiques publiques pour la décarbonisation du secteur, bénéficient surtout les véhicules électriques. En effet, le Projet de loi d'orientation des mobilités (2019), propose des subventions pour l'installation de bornes de recharge. Le temps de recharge étant non négligeable, le rechargement se fait essentiellement à domicile ou au travail (Projet de loi d'orientation des mobilités, 2019). En France, ça concerne 90% des bornes de recharge. Le Projet de loi d'orientation des mobilités, propose un crédit d'impôt de transition énergétique (CITE), cherchant à réduire le coût d'installation à domicile. Cependant, d'autres acteurs tels que les centres commerciaux, pourraient aussi installer des bornes de recharge (Colesanti Senni et Reidt, 2019), leur permettant de bénéficier d'*externalités de réseau* : des consommateurs viendraient recharger leur voiture pendant qu'ils font leurs courses.

En ce qui concerne les véhicules lourds, les politiques publiques se focalisent sur le déploiement de PAH. Par exemple, en France, le « Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique », lancé par Nicolas Hulot en 2018, privilégie surtout le déploiement de flottes captives, bénéficiant de subventions de l'état et l'UE. Une flotte captive est un groupe de véhicules réalisant des trajets réguliers, avec des schémas prévisibles, ainsi un nombre limité de stations peut assurer leur recharge. D'autant plus qu'avec des véhicules lourds, la station les alimentant pourra afficher une rentabilité élevée en raison de la forte demande d'hydrogène.

Les projets actuellement en cours se concentrent sur les marchés de niche où différents acteurs ont eu la volonté d'adhérer au déploiement anticipé de l'hydrogène. Par exemple,

¹¹ 3 minutes d'après le Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique.

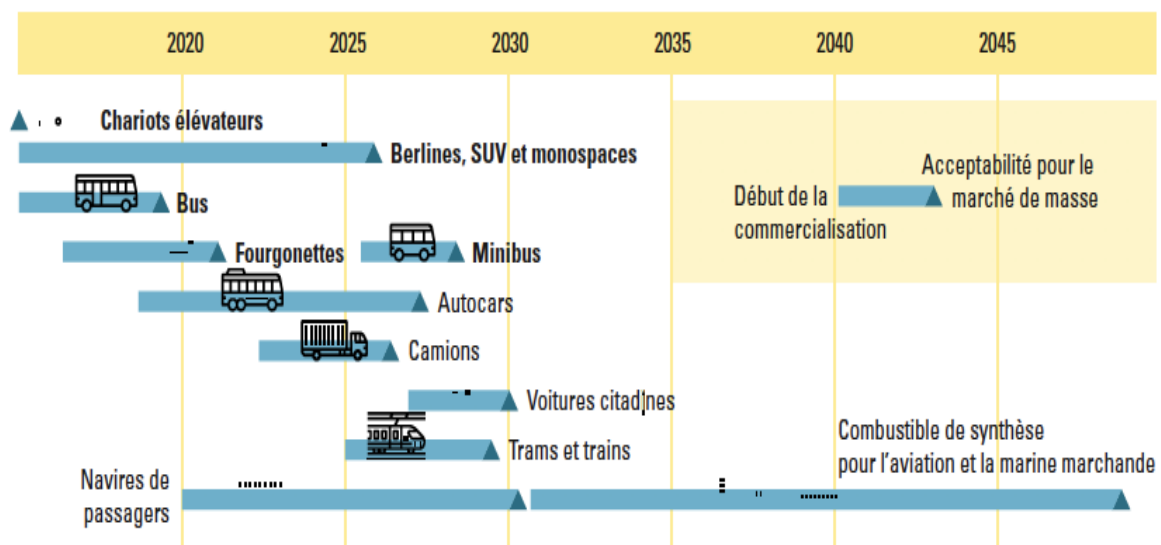
¹² Flottes captives multi-clients autour d'une zone définie et une ou plusieurs stations de service (Afhyac)

du côté des transports en commun, nous retrouvons deux très grands projets « Joint Initiative for hydrogen Vehicles across Europe » et « 3emotions » financés par l’UE. L’objectif est de développer la commercialisation des premiers bus à hydrogène, en cohérence avec les objectifs de la Loi sur la Transition Énergétique, qui exige de converger vers des véhicules bas-carbone lors du renouvellement des flottes de transport public dès 2020. Du côté des flottes captives professionnelles, nous retrouvons des projets tels que Hype (1ère flotte de taxis à hydrogène) ou le *Zero Emission Valley* (cluster de flottes captives). Ce dernier localisé dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, avec 80% des acteurs français de la filière hydrogène, bénéficie de synergies entre les agents. En effet, le long de la chaîne de valeur, il existe une vraie coopération entre très grands acteurs historiques et start-ups. Son objectif est de proposer de l’hydrogène renouvelable à un coût similaire au diesel.

Pour étendre l’utilisation des véhicules PAH au-delà des flottes captives dans le transport routier et urbain, les différents acteurs publics et privés devront fournir aux consommateurs des incitations financières et non financières. Les instruments financiers envisageables, utilisés dans le cas du diesel et mentionnés dans la section 1 sont : les taxes énergie, taxes produit et les restrictions vintage. D’autres instruments financiers possibles sont les réductions des tarifs des péages, et des parkings. Un instrument non-financier est par exemple l’instauration de la gratuité des transports en commun (i.e. exemple de Niort).

Des applications hydrogènes pour le transport ferroviaire, maritime et aérien, sont en cours d’étude ou en phase de test. Par exemple, en ce qui concerne l’aéronautique, Airbus étudie actuellement l’adoption de solutions hydrogène (World Energy Council, 2019), mais elles seront viables qu’avec un prix de l’hydrogène suffisamment bas. Cependant, les cycles de renouvellement de flotte pour ces types de transport sont un peu plus longs que ceux du transport routier. Donc même avec l’expertise technologique et un prix hydrogène bas, il faudra attendre encore un peu.

Figure 3 : Calendrier déploiement mobilité hydrogène France



Source : AFHYPAC (2018)

L’hydrogène comme solution mobilité est en cours de route. La coopération entre acteurs

publics et privés semble aider à surmonter les barrières dans ce marché. Cependant, le déploiement de certaines technologies nécessite plus de temps que d'autres, en effet les cycles de renouvellement des flottes n'est pas le même pour les transports routier, ferroviaire, aérien et maritime. Les acteurs présents dans ces marchés doivent être patients et continuer à investir et collaborer pour atteindre un marché compétitif.

Conclusion

En France, le secteur des transports est la première source d'émissions de GES, et contribue énormément à la pollution de l'air. Des solutions technologiques permettant de décarboniser ce secteur existent, mais ont du mal à entrer dans le marché. Afin de permettre une vraie transition dans le secteur des transports, il faut agir sur l'offre et la demande. Côté demande, des instruments efficaces, déjà utilisés pour l'adoption du diesel existent. Côté offre, le déploiement par cluster, accompagné de subventions semble être une bonne solution.

Cependant, les véhicules complètement électriques et à hydrogène, seront seulement des véhicules vraiment libres d'émissions, si l'électricité ou l'hydrogène utilisés proviennent d'une source énergie renouvelable. Autrement, ils contribueront à augmenter les émissions du secteur énergétique. Il reste difficile pour les consommateurs de tracer l'origine exact de l'électricité utilisé pour faire fonctionner ces véhicules. Il faudrait donc que les pouvoirs publics proposent une façon de tracer qu'effectivement l'électricité ou l'hydrogène proviennent d'une source renouvelable.

Dans le cas des véhicules électriques, lors du rechargement, surtout à domicile, les consommateurs seront limités par les tarifs dynamiques d'électricité. En effet, dans le cadre de la transition énergétique, le prix de l'électricité va converger vers un prix qui varie en fonction de la production réelle d'énergie. Il pourrait donc devenir assez coûteux de recharger sa voiture, compte tenu du long temps de recharge.

En ce qui concerne les véhicules à hydrogène, la coopération entre différents acteurs privés, qui actuellement permet d'accélérer le déploiement de cette technologie, ne doit pas passer inaperçue face aux yeux des autorités de la concurrence. Ces acteurs « bienveillants », une fois que le marché sera suffisamment développé pourraient continuer à détenir beaucoup trop de pouvoir de marché. Mais ceci reste une problématique à revisiter d'ici quelques années.

Sai BRAVO

Références

- ADEME. (2018). **Gagner en performance et réussir le passage à l'éco-mobilité pour les décideurs publics et privé.**
- AFHYPAC. (2016). Les programmes hydrogène en France.
- AFHYPAC. (2018). Déployer les stations hydrogène dans votre territoire.
- Allcott, H., Greenstone, M. (2012). **Is There an Energy Efficiency Gap?**, Journal of Economic Perspectives, 26 (1): 3-28.
- Allcott, H., Wozny, N. (2014). **Gasoline Prices, Fuel Economy, and the Energy Paradox**, The Review of Economics and Statistics, MIT Press, vol. 96(5), pages 779-795,
- Assemblée Nationale. (2019). **Project de loi des finances 2020.**
- Assemblée Nationale. (2019). **Project de loi d'orientation des mobilités.**
- Barahona, N., Gallego, F., Montero, J.P. (2018). **Vintage-Specific Driving Restrictions**, The Review of Economic Studies. <https://doi.org/10.1093/restud/rdz031>
- Citepa. (2019). **Rapport Secten.** (Données)
- Colesanti Senni, C., Reidt, N. (2019). **Transport policies in a two-sided market**, Working Paper ETH Zurich.
- Durrmeyer, I. (2018). **Winners and Losers: The Distributional Effects of the French Feebate on the Automobile Market**, TSE Working Paper, n. 18-950.
- EEA. (2018). **Greenhouse gas emissions from transport in Europe.** (Données)
- Engie. (2016). **Comment recharger ma voiture électrique ?**
- Grigolon, L., Reynaert, M., Verboven, F. (2018). **Consumer Valuation of Fuel Costs and Tax Policy: Evidence from the European Car Market**, American Economic Journal: Economic Policy, 10 (3): 193-225.
- Insee. (2016). (Données).
- International Energy Agency. (2019). **The Future of Hydrogen: Seizing today's opportunities.**
- HyLAW. (2019). **EU Policy Paper.**
- Kotelnikova. (2016). **Analysis of a hydrogen-based transport system and the role of public policy in the transition to a decarbonized economy**, Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Saclay.
- Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2018). **Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique.**

Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2019). **Chiffres clés du transport.**

Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2018). **Projet de Stratégie Nationale Bas-Carbone : La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone.**

Observatoire de l'industrie Électrique. (2017). **La pollution de l'air liée au transport.**

World Energy Council. (2019). **New hydrogen economy- hope or hype?**