

VÉHICULES ET BATTERIES ÉLECTRIQUES



Trois écueils
à éviter pour prévenir
un mauvais procès



Syndicat intercommunal
d'énergies de Maine-et-Loire

Préambule.....	p.3
Préface.....	p.4
Premier écueil, tirer sur l'ambulance	p.7
Deuxième écueil, jeter bébé avec l'eau du bain	p.13
Troisième écueil, mettre tous ses œufs dans le même panier	p.20

Préambule

Régulièrement les médias annoncent le boom de la voiture électrique mais régulièrement également les mêmes médias relaient largement les critiques faites par la coalition des détracteurs de la batterie de traction. Cette coalition est large. Elle rassemble des écologistes sincères mais aussi des tenants réactionnaires de la bonne vieille économie du pétrole ou des adeptes invétérés de l'hydrogène magique. L'opinion publique ne sait plus quoi penser. Il se trouve certainement une majorité qui n'ose pas franchir le pas, à la fois pour des raisons financières mais aussi parce qu'elle a le sentiment que le véhicule électrique n'offre pas une solution de mobilité suffisamment durable. L'opposition latente ou affichée à la batterie de traction constitue aujourd'hui le principal frein au développement de la mobilité électrique alors qu'hier, les obstacles tournaient davantage autour du coût élevé, du manque d'autonomie, de la lenteur de charge ou de l'absence d'infrastructures de recharge.

Les constructeurs automobiles contribuent eux-mêmes à cette confusion. On a entendu ainsi Carlos Tavarès souffler le chaud et le froid au dernier salon de Genève en critiquant ouvertement les objectifs quantifiés du Parlement européen pour réduire les émissions de CO₂, le diesel et l'emploi ainsi que l'impact environnemental des véhicules électriques. Malgré ces propos, Peugeot ambitionne toujours de proposer une gamme de 50 % de véhicules électriques à compter de 2020. Le patron de BMW déclare à son tour ne pas croire au tout électrique... puis se fait rappeler à l'ordre par ses actionnaires.

D'autres constructeurs comme VW ou Volvo semblent heureusement moins hésitants et annoncent une bascule totale à brève échéance. Un pas en avant, deux pas en arrière... les pouvoirs publics n'échappent pas à cette tendance et aussitôt après la parole forte du Président de la République annonçant la fin de vente des automobiles thermiques à carburant fossile à horizon 2040, un rapport parlementaire est commandé pour vérifier la faisabilité d'un tel scénario.

Le livret que vous tenez dans les mains est là pour rappeler quelques idées fortes trop souvent perdues de vue. Bien sûr que la voiture électrique mue par batterie n'est pas la panacée... Mais est-ce raison pour se contenter du statu quo et continuer notre addiction au pétrole comme si de rien n'était ? Peut-on se contenter d'attendre d'hypothétiques solutions techniques miraculeuses ? La voiture électrique peut se révéler parfaitement rationnelle et pertinente pour certains usages mais encore faut-il avoir conscience de cette zone de pertinence. Inversement, évitons de faire croire à nos concitoyens que la voiture électrique se généralisera à tous les usages, c'est le meilleur moyen d'alimenter leur scepticisme. Sachons raison garder et analyser objectivement le bilan coûts-avantages de l'électromobilité. C'est l'objet de ce petit livret qui je l'espère, nourrira utilement votre réflexion.

Jean-Luc Davy
président du Siéml

Préface

Nous savons tous que l'automobile pollue. La somme de ses externalités négatives est telle qu'aujourd'hui, des adaptations structurelles semblent incontournables. Lorsqu'il s'agit de réfléchir à l'avenir de la mobilité, trois questions se posent. Quels sont nos besoins en termes de mobilité ? Dans quelle proportion la voiture individuelle peut-elle répondre à ces besoins ? Lorsqu'elle est utilisée, comment minimiser son impact environnemental ?

Le plaidoyer qui suit fait l'impasse sur les deux premières questions, pourtant importantes, et se concentrent sur la troisième. Il permet de zoomer sur le bien-fondé du véhicule électrique en substitution aux véhicules à carburants fossiles fortement émetteurs de CO₂. Il occulte malheureusement mais volontairement (à ce stade de la réflexion) les politiques nécessaires d'urbanisme, de report modal et de développement des nouveaux usages tels que l'auto-partage, le covoiturage, ou bien les modes de transports doux... N'oublions jamais pour autant qu'il ne faut pas aborder la mobilité uniquement sous l'angle technologique mais aussi et surtout au regard des nécessaires changements de comportement vers une mobilité sobre et partagée. Préparer l'avenir, c'est bien évidemment contenir le besoin de déplacement en milieu urbain et promouvoir le report modal : mieux vaut marcher ou prendre le bus ou le train que de rouler seul dans sa voiture, fut-elle électrique.... Cela mérite d'être rappelé.

Nous savons tous cependant que l'automobile ne disparaîtra pas du jour au lendemain. Quelques-uns de nos concitoyens, généralement les plus urbains, ont su tourner la page. Mais cette posture n'est pas généralisable. Certains besoins de mobilité sont incompressibles et ne pas les prendre en compte serait prendre le risque d'aggraver la fracture territoriale entre territoires denses et peu denses. N'oublions pas que le mouvement des Gilets jaunes est apparu sur la question des déplacements en zones péri-urbaines et rurales, là où les transports en commun et l'intermodalité touchent leurs limites.

Les solutions d'aujourd'hui sont les problèmes de demain, c'est une réalité... Ce n'est pas une raison pour se contenter de l'immobilisme ! L'exposé qui suit est ainsi fondé sur la conviction que la voiture électrique est loin d'être parfaite. Elle présente toutefois *in fine* et globalement, un bilan coûts-avantages positif par rapport aux véhicules à carburants fossiles existants. Ne mettons pas en exergue systématiquement les inconvénients environnementaux des véhicules électriques sans appliquer le même raisonnement pour les carburants actuels. Raisonnons globalement du puits à la roue et astreignons-nous à être aussi exigeants et critiques avec les technologies et pratiques d'aujourd'hui qu'avec celles qui tentent d'innover.

Thierry Tastard
vice-président du Siéml
en charge de la mobilité électrique

Premier écueil, tirer sur l'ambulance

Avant-même le procès des batteries, c'est l'idée même de mobilité électrique qu'il convient de défendre, tant son développement relève d'une remise en cause totale de l'écosystème actuel fondé sur le pétrole et le moteur à explosion. La mobilité électrique est-elle pertinente ? Nous pensons que oui à la fois pour des raisons techniques, économiques et environnementales.

Il n'est pas inutile de rappeler que le moteur électrique est mécaniquement plus efficace que le moteur thermique. Le rendement d'un moteur électrique est très élevé (90 %) alors que le rendement d'un moteur thermique ne dépasse généralement pas les 40 % ! Il faut avoir cet argument en tête car bon nombre d'objections à l'encontre du véhicule électrique tourne autour de la crainte de voir le schéma des convecteurs grille-pains, qui chauffent actuellement de trop nombreuses habitations, se reproduire... Comment se convaincre du bon rendement d'un moteur électrique ? Deux indices : le premier concerne justement la production de chaleur. On sait qu'un moteur à explosion chauffe et a besoin d'être refroidi, d'où l'appellation de moteur thermique. On utilise la chaleur résultante pour chauffer l'habitable les jours d'hiver. Les moteurs électriques chauffent également mais tellement peu que l'on ne peut pas compter sur eux pour le confort des passagers l'hiver. C'est pourquoi les voitures électriques sont équipées d'un dispositif parallèle de confort, généralement une pompe à chaleur.

Deuxième indice, le coût de la charge, que l'on sait économique par rapport à un plein d'essence. Une comparaison avec le chauffage des maisons tourne souvent au détriment de l'électricité car le prix du kWh électrique est relativement plus élevé que le kWh de gaz ou de fioul domestique. Cela se comprend car l'électricité doit être produite à partir d'une énergie primaire. Le tarif de l'électricité ajouté au faible rendement des convecteurs fait qu'il est coûteux de chauffer ainsi une habitation. Mais pour les voitures électriques, le rendement plus élevé compense largement le coût des électrons. Ce rendement bénéficie par ailleurs d'un petit coup de pouce au travers de la capacité des véhicules électriques à mettre à profit les phases de décélération pour générer de l'électricité qui va contribuer à la recharge partielle et ponctuelle de la batterie. Le système est si efficace que pour un véhicule électrique, la consommation en ville est généralement bien plus faible que la consommation à vitesse constante sur route. C'est tout l'inverse d'une voiture thermique. Ce frein

moteur a également un autre avantage : il limite très sensiblement l'usure des plaquettes de frein (PM10) et les particules nocives qui en découlent. Avec un peu d'habitude en effet, on n'utilise quasiment plus la pédale de frein avec un véhicule électrique. Le rendement des moteurs électriques est donc dès à présent très efficace ; mais il faut en plus compter sur la recherche et le développement car les moteurs électriques n'ont pas encore bénéficié de tous les progrès possibles. Par exemple, des chercheurs allemands développent actuellement un moteur révolutionnaire en plastique, à la fois plus léger, plus résistant, plus facile à produire et plus insensible à la température. Cette innovation pose d'autres questions qu'il faudra résoudre, parmi lesquelles la complexité éventuelle de recyclage de cette technologie intégrant du plastique dans les moteurs ; il n'en demeure pas moins que des progrès sensibles sont attendus dans les prochaines années quant au rendement déjà bon des moteurs électriques.

Abordons maintenant l'argument économique. Le véhicule électrique est d'ores et déjà économiquement intéressant mais il le sera bien évidemment encore plus à l'avenir. On reproche souvent à la voiture électrique son coût d'achat élevé, et ce en dépit des aides d'État non négligeables. Pour mémoire, le bonus écologique s'élève à 6000 € en 2019 et un ménage peut espérer une prime supplémentaire à la conversion d'une vieille voiture pour un montant entre 2500 € et 5000 € selon ses revenus et le kilométrage parcouru pour se rendre au travail.

Une étude UFC-Que choisir présentée en octobre 2018 invite à analyser le coût d'un véhicule en se fondant sur le coût total de possession et l'intégration de l'ensemble des dépenses dans l'analyse. Cela comprend l'achat mais aussi l'assurance, le carburant, le financement, l'entretien ou encore la dépréciation à l'usage. Or, malgré un prix d'achat encore élevé, les véhicules électriques ou hybrides rechargeables s'avèrent désormais plus économiques que ceux utilisant du carburant fossile, essence ou diesel. Le coût annuel en énergie d'un véhicule électrique est très inférieur à celui d'un véhicule thermique : 200 € contre 1500 € environ. Le raisonnement est valable à partir d'un certain nombre de kilomètres parcourus annuellement, environ 15000. En effet, trop peu de kilomètres quotidiens ne permettent pas de compenser le surcoût à l'achat, et d'autre part l'autonomie limite la distance franchissable. Des tableurs sont facilement disponibles sur internet pour permettre à chacun de se situer dans la zone de rentabilité économique optimale d'un véhicule électrique. Ces feuilles de calcul proposées en téléchargement permettent aisément à chacun de simuler en fonction de son profil de déplacement l'intérêt économique procuré par un véhicule électrique. La structure de dépense étant

très différente entre une voiture électrique et un véhicule thermique, le tableur calcule le coût global de détention, depuis l'acquisition jusqu'à la revente des véhicules. L'écart entre le coût d'usage du véhicule électrique et celui du véhicule thermique équivalent détermine l'intérêt économique d'un véhicule par rapport à l'autre sur la durée choisie. Cet outil permet de faire varier à loisir les hypothèses personnelles de calcul et guide la réflexion de l'utilisateur suivant trois étapes : le coût moyen des énergies sur la période envisagée de détention du véhicule d'une part, la description des parcours hebdomadaires d'autre part et l'investissement à consentir pour le véhicule électrique et son équivalent thermique enfin.

L'avantage de l'électrique est encore plus important quand il s'agit d'un véhicule d'occasion. Le dynamisme croissant du marché de l'occasion pour les véhicules électriques doit être souligné mais il n'est pas encore suffisant malheureusement. L'observation de la réalité des achats de véhicules d'occasion en France invite à demeurer modeste et maintenir les efforts. Le seuil psychologique chez la plupart de nos concitoyens pour l'acquisition d'un véhicule d'occasion, *a fortiori* pour un second véhicule, est très bas : de 2000 € à 4000 € environ, pas plus... C'est pourquoi si l'on veut que le véhicule électrique ne soit pas réservé à une élite, il faut alimenter rapidement le marché de l'occasion. Le véhicule électrique est actuellement encore vécu comme une nouvelle source de fracture sociale alors qu'il devrait être au contraire considéré, surtout en zone rurale, comme une chance de développer une mobilité plus inclusive et accessible à tous. La promotion du véhicule électrique passe aujourd'hui trop souvent par les voitures de prestige comme en témoigne le succès de la marque Tesla. C'est probablement une bonne chose si l'on considère que le luxe joue un rôle d'entraînement et de motivation sociétale. Mais il ne faut pas oublier, le mouvement des Gilets jaunes est là pour nous le rappeler, que la crédibilité des motorisations alternatives passera par le fait qu'elles s'adaptent à la réalité du pouvoir d'achat de nos concitoyens. L'âge moyen d'un acheteur de voiture neuve est d'environ 50 ans. Pour beaucoup de ménages comme il vient d'être dit, il est difficile d'investir plus de deux ou trois mille euros dans un véhicule d'occasion. Dans ces conditions peut-on booster le marché de l'occasion ? Depuis cette année, il existe une aide gouvernementale de 1000 € pour l'achat d'une voiture électrique d'occasion. Aujourd'hui, en cherchant un peu, il est possible de trouver des petites voitures électriques de 2012 telles que les Peugeot Ion, Citroën C-zéro ou Mitsubishi iMiev à partir de 6000 € et sans location de batterie. Le prix des voitures de taille moyenne plus récentes tend lui aussi à baisser. C'est le cas par exemple pour les Nissan Leaf de première génération. Or, si l'on reprend l'équation globale exposée plus

haut et visant à intégrer le coût de fonctionnement dans le coût de possession d'une voiture, on obtient $6000 \text{ €} - 1000 \text{ €} = 5000 \text{ €}$ rapportés au coût psychologique d'environ 3000 € évoqué plus haut : la différence de 2000 € est amortie en moins de deux ans en fonction du kilométrage parcouru (sur la base de $15\,000 \text{ km}$). 2 ou 3 ans de plus et vous dégagéz des économies par rapport au scénario initial qui vous permettent de financer l'investissement de base. Sans compter que les frais d'entretiens seront probablement réduits à leur portion congrue compte tenu de la simplicité mécanique des voitures électriques.

En tout état de cause, le prix des véhicules électriques neufs devrait rapidement baisser. Selon une étude réalisée par Bloomberg New Energy Finance en août 2018, le prix d'achat d'une voiture électrique devrait être inférieur à celui d'une voiture à essence d'ici 2025. Une actualisation de cette étude datant du mois d'avril 2019 anticipe même la parité dès 2022, soit dans 3 ans ! L'étude est fondée sur la baisse du prix au kWh des batteries lithium-ion. Entre 2010 et 2017, il est passé de $1\,000 \text{ dollars/kWh}$ à 209 dollars/kWh . Bloomberg prédit qu'il passera sous la barre des 100 dollars/kWh à partir de 2025. Attention toutefois, le rapport identifie deux obstacles qui pourraient compromettre la montée en puissance de la voiture électrique : le déploiement de l'infrastructure de charge d'une part et une pénurie de cobalt à l'horizon 2020 qui pourrait freiner la baisse du prix des batteries lithium-ion d'autre part. Autre facteur de baisse des coûts, l'impact de la réglementation européenne oblige les constructeurs à mettre sur le marché de plus en plus de véhicules électriques afin de respecter leurs quotas. Les objectifs à tenir par les constructeurs européens pour leurs gammes de voitures particulières sont en effet de plus en plus contraignants : une moyenne de $95 \text{ grammes de CO}_2$ par kilomètre au maximum est imposée pour 2021, 81 g/km pour 2025 et 59 g/km pour 2030...

Dernier argument, celui de l'environnement. Le véhicule électrique permet de diminuer fortement notre dépendance au pétrole mais aussi nos émissions de gaz à effet de serre de polluants atmosphériques. Certes, le Grand Ouest est relativement épargné par les questions de pollution de l'air, mais pour combien de temps ? S'agissant des gaz à effet de serre, démonstration doit être rappelée ici de la responsabilité forte du transport et des véhicules particuliers. Peut-on douter encore en effet de l'enjeu crucial des transports et de la mobilité dans la transition énergétique ? Étudions tout d'abord les tendances nationales (source : chiffres clés du climat – édition 2017). Le transport routier et les véhicules particuliers sont très fortement émetteurs de GES. En 2014, le transport représente à lui seul pas loin du tiers des émissions de GES en France et près de 40% des consommations énergétiques. Si l'on analyse dans le détail les émissions de GES par mode de transport en France : les véhicules

particuliers sont en cause pour plus de la moitié des émissions ! Et lorsque l'on regarde l'évolution dans le temps des émissions de GES des différents modes de transport en Europe et en France ; la part du routier ne cesse d'augmenter. Le constat n'est pas différent au niveau local. Regardons les chiffres sur le territoire d'Angers Loire Métropole. Les transports routiers sur ALM représentent 480 kteqCO₂ (total ALM : 1169 kteqCO₂) soit 41 % des émissions de GES sur la métropole. Rapportés à la consommation énergétique annuel du territoire (total ALM = 5412 GWh), les transports routiers représentent 1830 GWh soit 34 % de la consommation d'énergie finale. 57 % de ces 34 % proviennent de la consommation des voitures particulières. Le gazole représente 82 % de la consommation d'énergie du secteur.

La difficulté est de résoudre en même temps la problématique globale des GES et du CO₂, et celle plus locale des polluants atmosphériques : oxydes d'azote et particules fines notamment... Ainsi, un véhicule diesel est plutôt vertueux s'agissant des émissions de CO₂ mais plutôt inquiétant au regard de son impact sur la qualité de l'air. Or, il faut s'astreindre à traiter les deux problématiques en même temps, ce qui n'est pas simple ! De ce point de vue, le véhicule électrique est attrayant car il limite considérablement voire annule à la fois les émissions de GES et les polluants locaux. La décarbonation du véhicule électrique dans sa phase roulante (hors l'énergie grise nécessaire pour la fabriquer) n'est valable évidemment que si l'électricité utilisée pour la recharge est-elle-même décarbonée. Or en France, la très grande majorité du mix électrique est relativement décarboné, ce qui n'empêche pas une certaine vigilance pour éviter les mauvaises charges (en heure de pointe par exemple).

Soyons sincères toutefois. Le véhicule électrique présente quelques limites dont il faut avoir conscience au risque sinon de générer rapidement de nouveaux déséquilibres environnementaux. Ainsi, la dette carbone lors de la production du véhicule électrique est plus élevée que pour un véhicule thermique. C'est la raison pour laquelle la mobilité électrique n'est globalement pertinente qu'au-delà d'un certain niveau d'intensité d'usage. Voilà pourquoi il est important d'associer le développement des véhicules électriques avec celui des véhicules partagés et des services de mobilité. Surtout, il ne faut jamais oublier l'exigence de sobriété et faire très attention au poids et à la taille des véhicules électriques. Dans le domaine de l'automobile en général, les particuliers achètent des voitures de plus en plus grosses, et fatalement de plus en plus lourdes et énergivores. C'est valable pour les moteurs thermiques comme pour les moteurs électriques. La tendance est si préoccupante que déjà les pouvoirs publics réfléchissent à la possibilité d'adapter le dispositif

de bonus-malus de telle sorte qu'il prenne en compte le poids des véhicules. Pour les véhicules électriques, le surpoids lié aux batteries ne doit pas être sous-estimé. Il peut représenter jusqu'au tiers du poids total du véhicule. Bien doser la taille de la batterie en fonction de ce qui est strictement nécessaire au type d'usage du véhicule s'avère donc fondamental. Vouloir à tout prix augmenter l'autonomie peut être contre-productif. Prenons l'exemple d'une Audi E-tron quattro qui pèse 2,6 tonnes et qui embarque une batterie de près de 100 kWh et de plus de 700 kg : sa consommation moyenne dépasse les 25 kWh/au 100 km. Son autonomie est quasi similaire à un véhicule type Zoé ou future Peugeot e-208 qui embarque une batterie de 40 ou 50 kWh mais qui consomme moins de 15 kWh au 100 km.

Deuxième écueil, jeter bébé avec l'eau du bain

Maintenant que nous avons mieux cerné le domaine de pertinence du véhicule électrique, il est utile de nous attarder sur l'impact environnemental des batteries avec un regard raisonnablement optimiste. Il ne s'agit pas de nier cet impact, bien au contraire, mais de l'admettre afin de le relativiser au regard des conséquences absolument catastrophiques d'un statu quo au profit des carburants fossiles, puis de minimiser ce risque à terme grâce à des actions correctives. Il est absolument nécessaire d'instaurer une plus grande transparence sur la chaîne d'approvisionnement des batteries, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au recyclage *in fine* des batteries usagées.

L'approvisionnement et l'enjeu des terres rares constitue un obstacle difficile qu'il ne faut pas occulter. C'est un enjeu géo-stratégique. La Chine est omniprésente. Grâce ou à cause d'une main d'œuvre peu chère et de méthodes industrielles peu respectueuses de l'environnement, la Chine représente désormais 90 % de la production planétaire de terres rares. L'autonomie de l'Europe doit être garantie sous peine de ne parvenir qu'à déplacer la problématique de la dépendance énergétique : des annonces politiques ont été faites en ce sens, qui vont vers un « Airbus » des batteries mais en attendant, comment réduire la dépendance ? Créer une filière européenne des batteries permettra justement de garantir une meilleure prise en compte des critères environnementaux. Car l'extraction des matières premières nécessaires à la production de batteries en masse constitue aussi un enjeu social et environnemental. Il y a aussi des inquiétudes sur l'approvisionnement du cobalt, qui n'est d'ailleurs pas une terre rare au sens de la classification de Mendeleïev.

Les conditions d'extraction et le risque d'épuisement des ressources doivent être surveillés de près, même si l'on observe des possibilités croissantes d'utiliser des matières de synthèse en remplacement de terres rares, sans compter les perspectives de réemploi et de recyclage des batteries en fin de vie. L'extraction et le raffinage de terres rares ne sont donc pas sans effet sur l'environnement. Ils induisent des rejets de métaux lourds dans la nature qui entraîne une acidification et un déséquilibre des milieux naturels et des eaux. La prise de conscience est désormais inévitable et même la Chine s'est aperçue des effets désastreux de ses propres méthodes de dumping. Déjà les constructeurs ne s'y trompent pas comme le montre l'engagement récent du groupe Volkswagen de garantir plus efficacement la traçabilité de ses batteries

et surtout de se lancer directement dans la recherche et la production de cellules sur le territoire européen. Des batteries sans cobalt existent déjà et sont utilisées par la startup lan Motion qui s'est spécialisée dans le rétrofit électrique de voitures vintage. Les consommateurs eux-mêmes ont un grand rôle à jouer en se montrant plus exigeants sur la provenance des composants des batteries. Ces impacts sont-ils malgré tout comparables à ceux des véhicules thermiques à carburants fossiles ? L'extraction, le raffinage et le transport du pétrole sont des activités également extrêmement polluantes ; condamner systématiquement l'alternative des moteurs électriques alimentés par batterie sans remettre en cause les carburants fossiles serait intellectuellement malhonnête...

Face à ce constat quelque peu pessimiste, il est permis d'espérer dans les vertus du progrès et de la recherche. Quelques évolutions positives sont en cours. On découvre sans cesse de nouvelles ressources comme en témoigne les nouveaux gisements en Roumanie. La recherche privilégie désormais d'autres technologies de batterie ou à tout le moins tend à réduire la quantité de matière nécessaire pour les fabriquer : les progrès sont donc réels et s'accroissent au fur et à mesure du développement de la mobilité électrique. Hier au nickel et cadmium ou au plomb, aujourd'hui avec du lithium, demain en employant peut-être du graphène en complément... les batteries de traction des voitures électriques évoluent pour toujours plus de légèreté, d'autonomie, de rapidité de charge et de propreté. On observe les mêmes progrès dans la conception des moteurs électriques : les bobines remplacent de plus en plus les aimants et ces derniers sont de plus en plus petits et économes en terres rares.

Pour accepter ce raisonnement, il faut toutefois avoir une certaine confiance en la science et au progrès ! Quelques exemples récents présentés au salon de Munich en juin dernier permettent peut-être de rassurer les plus sceptiques. La société Oxis par exemple prépare la production en série de batteries Lithium-soufre, qui ont des densités d'énergie plus élevées. Cette technologie semble pour l'instant être principalement destinée aux véhicules lourds : bus, camions, bateaux... Elle fonctionne à température ambiante mais en revanche, pour l'heure, ces batteries perdent leur capacité de stockage après seulement quelques cycles de charge. La société Innolith aurait développé une batterie quatre fois plus dense en énergie ; tandis que le fabricant SGL carbon et le constructeur chinois électrique Nio ont développé un boîtier pour véhicules électriques en plastique renforcé de fibres de carbone, environ 40 % plus légers que les boîtiers en aluminium. Même si cette technologie interroge quant à l'énergie grise nécessaire à la production et au recyclage des moteurs, elle semble offrir une meilleure rigidité et une moins forte conductivité thermique, ce qui permet de mieux protéger la batterie contre le froid et la chaleur, une

meilleure étanchéité au gaz et à l'eau et une meilleure résistance à la corrosion. StoreDot, startup israélienne financée par British Petroleum, annonce avoir mis au point une batterie pour scooter électrique qui se recharge en cinq minutes plutôt que quatre heures. Le CNRS conduit des recherches importantes sur les batteries au sel (sodium ion), qui n'utilisent pas de métaux rares.

Enfin, au dernier salon de Frankfort, le constructeur Lamborghini a annoncé qu'il utiliserait la technologie des super condensateurs pour alimenter la motorisation de sa prochaine super car électrique.

Vers des batteries à électrolyte « solide »

Une équipe de chercheurs américains a récemment développé une batterie lithium dotée d'un électrolyte solide qui présente plusieurs avancées remarquables par rapport à la technologie actuelle de l'électrolyte liquide. Une plaque de verre fait office de séparation entre l'anode et la cathode. L'anode peut être constituée de différents métaux (lithium, potassium ou sodium). La capacité de charge et de décharge, donc l'autonomie, peut ainsi être doublée tout en augmentant la durée de vie de la batterie. Autre point très intéressant, le temps de recharge serait considérablement accéléré et se compterait en minutes et non plus en heures. La plage thermique d'utilisation de la batterie solide serait aussi beaucoup plus large, rendant la batterie moins sensible aux conditions thermiques. L'électrolyte liquide craint notamment les surchauffes. Cette nouvelle batterie peut fonctionner entre -20 °C et 100 °C sans nécessiter de refroidissement ou système électronique complexe de pilotage de la recharge pour éviter tout emballement. Des développements similaires sont actuellement conduits par des chercheurs japonais, coréens et chinois et les européens travaillent sur d'autres pistes telles que la batterie magnésium-ion à l'état solide. S'il est trop tôt pour envisager une large diffusion de ces nouvelles technologies, il n'en demeure pas moins que l'industrie automobile peut espérer, à horizon 2025, présenter des solutions tout à fait prometteuses qui méritent d'intensifier les efforts de recherche.

La question du recyclage des batteries doit également être évoquée sans tabou. Avant d'être recyclée, la batterie lithium-ion va connaître plusieurs vies. Au bout d'une dizaine d'années, cette période étant évidemment variable en fonction des conditions d'utilisation du véhicule, la batterie va perdre progressivement en autonomie jusqu'à être jugée inefficace pour une utilisation roulante. Elle entamera alors une deuxième vie en stationnaire, positionnée verticalement généralement dans un bâtiment qui produit sa propre électricité avec des panneaux photovoltaïques et qui n'est pas connecté au réseau parce

que trop éloigné ou lorsqu'il l'est, souhaite stocker l'électricité à des fins d'autoconsommation. Selon le constructeur Nissan, la première vie est d'environ 10 ans et la deuxième vie est même un peu plus longue, évaluée à 12 ans. Le Siéml intègre dans sa flotte des voitures électriques âgées de plus de sept ans, encore parfaitement fonctionnelles.

Bouygues énergie & services offre une seconde vie aux batteries de véhicules électriques

Depuis 2015, le siège « Challenger » de l'entreprise Bouygues à Guyancourt a installé dans ses locaux techniques plusieurs packs batteries lithium-ion en provenance de Renault Kangoo et Zoé et de Nissan Leaf. Ces packs en fin de vie mobile sont positionnés à la verticale et permettent d'emmagasiner le courant produit par les panneaux solaires posés en toiture du bâtiment. Cette expérimentation a été dupliquée sur plusieurs sites à travers l'Europe dans le but de mettre au point une offre spécifique de stockage de l'électricité basée sur le réemploi de batteries de traction usagées. La capacité restante des batteries est largement suffisante en usage stationnaire. Les batteries peuvent ainsi connaître une seconde vie plus paisible pour une dizaine d'années : dans un bâtiment, elles sont moins sollicitées que dans un véhicule car les cycles de charge et de décharge sont très réguliers. Leur durée de vie s'en trouve considérablement augmentée ! D'autres initiatives similaires fleurissent ailleurs en Europe : le stade Johan Cruyff à Amsterdam est désormais équipé d'un dispositif de stockage sur le même modèle de réemploi de vieilles batteries de traction. Ce stockage est suffisamment conséquent pour alimenter les puissants projecteurs du stade tout en permettant de stabiliser l'appel de puissance sur le réseau électrique. On voit ici un exemple concret de l'apport des batteries au développement des réseaux intelligents (les fameux smart grids) qui pourrait bien se généraliser à brève échéance.

Il est aussi possible d'allonger la première vie des batteries en encourageant le remplacement et le reconditionnement de ces batteries. L'avènement des voitures électriques est présenté parfois comme mettant en péril de nombreux emplois dans la filière automobile alors qu'une nouvelle activité pourrait au contraire entrer en phase d'amorçage, afin de réparer les batteries fatiguées. CMJ solutions, une PME basée à Lamballe dans les Côtes-d'Armor, est ainsi capable de changer les cellules d'une batterie de Peugeot Ion. Elle s'est heurtée toutefois aux réticences du constructeur de voir un tiers intervenir dans la modification de la batterie. C'est dommage car les clients ne sont pas dupes

et réclament la fin de l'obsolescence programmée. Nul doute qu'avec une expérience accrue et une pression plus forte des consommateurs, les constructeurs et les professionnels de l'automobile sauront offrir un service d'entretien et de réparation plus complet des batteries.

CMJ solutions démonte et répare les cellules de batterie de véhicules électriques

Dès 2015, cette entreprise basée à Lamballe dans les Côtes-d'Armor a acquis une véritable expertise dans la maintenance des véhicules électriques et la réfection des batteries. Elle a été créée avec l'intuition qu'il fallait combler l'absence de compétences des concessionnaires et garages automobiles en la matière. Trop souvent, une panne de voiture électrique se solutionne par le changement du pack batterie, avec des prix exorbitants parfois pris en charge par le dispositif de location ou la garantie, mais pas toujours. CMJ solutions est en capacité de démonter rapidement un pack, de diagnostiquer la panne qui peut résulter de l'électronique ou bien des cellules de la batterie, et de remplacer les pièces défectueuses. Le fait de ne remplacer que ces pièces-là permet évidemment de faire chuter drastiquement le prix de l'intervention. Jérôme Chevalier, l'un des créateurs de la société, est en effet persuadé qu'avant de parler de seconde vie des batteries, « *il faudrait déjà s'intéresser à ce que la première vie se déroule bien* ». Dans l'optique de parvenir à proposer rapidement des véhicules électriques d'occasion à petit prix, il s'efforce de repérer également toutes les épaves sur lesquelles il est possible de récupérer quelque chose et a tissé des liens avec une entreprise de recyclage : « *s'attacher à réparer, c'est promouvoir l'achat durable en faisant vivre plus de personnes localement* », milite Jérôme Chevalier qui est régulièrement consulté par des organismes professionnels afin de mettre en place des formations d'électriciens automobile plus en phase avec les évolutions du marché de l'automobile.

Quoi qu'il en soit, ces vies multiples et cette robustesse insoupçonnée des batteries retardent déjà efficacement l'échéance du recyclage, ce qui paradoxalement n'aide pas à structurer la filière. Malgré tout, les acteurs se préparent activement. Il existe des entreprises en France dont l'activité principale est le recyclage des batteries Lithium-Ion et l'on sait techniquement recycler au moins 80 % de la batterie en fin de vie. Curieusement, on recycle assez difficilement par exemple le lithium-ion mais il faut savoir qu'il faut très peu de lithium-ion pour fabriquer ce type de batterie. En revanche, il est indispensable

de recycler tous les autres métaux et surtout le cobalt. C'est une condition sine qua non pour garantir la soutenabilité de la filière électrique. La difficulté est que le « gisement » à recycler est pour l'instant relativement faible car les batteries lithium-ion sont sur le marché depuis 2010 environ et la plupart de ces batteries sont encore en circulation. Les constructeurs eux-mêmes ont été surpris par leur durée dans le temps, la somme de la première et de la seconde vie dépassant deux décennies. Il n'en demeure pas moins qu'il faut parvenir à constituer rapidement une filière industrielle complète pour faire baisser les coûts du recyclage, pour optimiser la production de nouvelles batteries et surtout pour mettre en place une véritable économie circulaire : c'est une condition de survie pour l'industrie automobile européenne qui ne soit pas dépendante des approvisionnements chinois.

L'entreprise SNAM développe son activité dans le recyclage des batteries de traction

En France, deux entreprises se partagent la quasi intégralité du marché. Euro-dieuze en Moselle et la Société nouvelle d'affinage des métaux (SNAM), située à Saint-Quentin-Fallavier en Isère près de Lyon. La technologie de recyclage se décompose en trois étapes : la première est manuelle et fait appel à des opérateurs manuels pour démonter les packs et séparer les principaux éléments. La deuxième phase utilise des fours à pyrolyse dans lesquels les cellules sont portées à haute température afin de poursuivre plus finement le processus de séparation des différents éléments. Ce processus permet de casser l'enveloppe des différentes cellules afin de faciliter leur transformation en oxydes. De cette matière seront ultérieurement extraits différents composants grâce à des procédés de réactions chimiques ou de filtration, jusqu'à obtenir différentes poudres et lingots de cadmium, nickel, cobalt, cuivre, aluminium, terres rares ou lithium selon des degrés de pureté variable en fonction des besoins des acheteurs. Des filtres sur les cheminées ainsi que la suppression de l'air à l'intérieur de l'usine permettent d'éviter toute émanation nocive éventuelle. À l'issue du processus, 2 % des déchets ne peuvent pas être retraités et sont envoyés à l'enfouissement. L'entreprise travaille actuellement avec les constructeurs automobiles et les fabricants de batteries pour intégrer le recyclage dès la conception des packs. Sa croissance est importante puisqu'elle est passée de 12 tonnes de batteries de traction recyclées en 2012 à 500 tonnes en 2017. Une explosion de la demande est attendue dans les années qui viennent. Elle projette par ailleurs de se diversifier dans la production de batteries neuves à partir de cellules recyclées.

En prenant en compte les risques et opportunités du véhicule électrique, on peut en conclure qu'il est particulièrement adapté pour certains usages mais qu'il ne faut pas l'utiliser à mauvais escient, sous peine de discréditer l'ensemble de la filière.

Le garage Brouzils Auto électrifie votre vieille Coccinelle

Les puristes attachés au bruit si envoûtant du « flatfour » à refroidissement à air crieront qu'il s'agit là d'un sacrilège. Il n'en demeure pas moins qu'il peut être intéressant de convertir d'anciens véhicules réputés polluants, soit pour permettre à leurs propriétaires de conserver et d'utiliser des modèles auxquels ils sont particulièrement attachés, soit pour convaincre certains automobilistes de basculer vers la mobilité électrique sans avoir à déboursé une somme trop importante pour faire sortir une voiture neuve de l'usine. Selon Jérémy Cantin, gérant du garage Brouzils auto, au-delà de cette première conversion « expérimentale » d'une Coccinelle, le potentiel de conversion est très important : *« l'automobile et les moyens de mobilité sont actuellement en cours de mutation. L'interdiction des diesels en centre-ville va probablement déstabiliser le marché de l'occasion au point d'être inondé de véhicules rendus obsolètes et dont personne ne voudra. Pourquoi détruire des véhicules sains alors qu'une reconversion à l'électrique est possible ? »*. Un schéma qui prévient l'énergie grise pour fabriquer une voiture neuve mais aussi celle utilisée pour démolir les voitures condamnées à la casse. Jérémy Cantin est persuadé par ailleurs que la transformation de véhicules déjà existants est une possibilité d'activité nouvelle pour de nombreux artisans. Les conversions sont déjà nombreuses outre-atlantique, notamment en Californie. Pourquoi pas en France ? D'autres entreprises ligériennes comme lan Motion évoquée plus haut, basée au Mans, sont également prêtes à électrifier des Austin Mini. Un obstacle sérieux jusqu'alors était l'impossibilité de modifier la motorisation d'un véhicule sans repasser devant « les Mines », démarche trop complexe pour un particulier. Les pouvoirs publics ont récemment annoncé que la réglementation allait rapidement changer afin de faciliter les rétrofits électriques. Un autre obstacle est le coût d'une telle opération. Pour l'heure, il reste c'est vrai très élevé mais il peut rapidement baisser si les transformations se standardisent.

Ainsi, avant de tomber dans l'écueil d'un trop grand prosélytisme quitte à agacer nos concitoyens très attachés à leur véhicule thermique, nous pourrions certainement dans un premier temps nous contenter de cueillir les fruits mûrs accessibles sans sortir l'échelle. Et il y en a beaucoup ! Trois cibles pourraient

être privilégiées. Primo, la mobilité électrique satisfait efficacement aux besoins des flottes professionnelles dans les situations où les parcours sont connus et maîtrisés à l'avance. Deuxio, elle est parfaitement adaptée aux usages partagés intensifs et divers services d'autopartage en plein développement, aussi bien en ville qu'à la campagne. Tertio, elle est bien adaptée aux trajets domicile-travail pour les territoires péri-urbains voire ruraux et les déplacements pendulaires de plusieurs dizaines de kilomètres journaliers. C'est, pour les ménages qui en ont les moyens, la deuxième voiture idéale et qui aurait même tendance à devenir la première voiture tellement ses utilisateurs l'apprécient !

Troisième écueil, mettre tous ses œufs dans le même panier

Une des appréhensions généralement corrélées au développement de la mobilité électrique est la crainte des conséquences d'une quasi-généralisation des voitures électriques, comme on a pu connaître à un certain moment une quasi-généralisation de la vente de véhicules diesels, même pour les petites voitures urbaines. On remplacerait donc un problème par un autre. Il est vrai que les promoteurs les plus ardents de la mobilité électrique aimeraient bien basculer d'un écosystème à l'autre, ce qui nécessite une certaine massification afin de faire des économies d'échelle. Mais rien ne dit que la voiture électrique à batterie deviendra universelle. Les probabilités sont même assez élevées pour qu'à contrario, on obtienne à horizon 2050 un mix de carburants alternatifs aux énergies fossiles très diversifié. En Europe, plusieurs États souhaitent interdire à terme la vente de véhicule thermique : dès 2025 pour la Norvège où d'ores et déjà, 45 % des véhicules neufs vendus sont des véhicules électriques ; 2030 pour le Danemark ou les Pays-Bas ; 2040 pour l'Espagne ou la France.

Les grandes métropoles comme Hambourg, Bruxelles ou Rome édictent des interdictions de circuler à l'encontre des véhicules thermiques. En France, le Président de la République a annoncé l'échéance de 2040 pour les moteurs thermiques à carburant fossile. La Maire de Paris a annoncé qu'à compter de 2024, les véhicules diesels n'auront plus le droit de rouler dans Paris et sa petite couronne. Depuis juillet 2017, les diesels immatriculés avant 2001 (Crit'Air 5 et +) sont déjà interdits du lundi au vendredi entre 8 heures et 20 heures : mesure élargie au Crit'Air 4 et + à compter de 2018. La métropole du Grand Paris a interdit depuis le début de l'été la circulation des véhicules

Crit'Air 5 et + dans le périmètre de l'A86. À compter de 2021, cette mesure sera étendue aux Crit'Air 4 et plus. La région Île-de-France n'est pas en reste en interdisant les diesels à horizon 2030 dans son périmètre et à même date, elle compte « sortir » de la motorisation thermique dans le périmètre de l'A86. Nous aurions pu citer d'autres grandes villes qui ont elles aussi édicté des règles de circulation contraignantes : Grenoble, Lyon... Cela étant rappelé, il ne faut pas confondre flux et stock. Le parc de véhicules existants mettra de très nombreuses décennies à basculer complètement dans le monde de l'après-carbone et leetrofit de ces « vieux » véhicules ne sera pas généralisable. C'est alors que les biocarburants peuvent s'avérer utile, notamment le bioéthanol, mais à condition que leur développement ne génère pas des conflits dans l'usage des sols agricoles au détriments des cultures alimentaires.

La multiplication des annonces et l'incertitude face aux différents choix technologiques à effectuer plongent nos concitoyens dans une profonde confusion lors de renouvellement de leur automobile, d'autant plus qu'ils sont en général satisfaits des bons états de service de leur « vieille voiture ». Les annonces de fin de vente des véhicules thermiques à carburant fossile ont probablement été jugées maladroites par nos concitoyens, car stigmatisantes. Mais elles confèrent une visibilité à long terme pour les entreprises et les ménages qui leur permettra de faire les bons choix, à leur rythme... Quoi qu'il en soit, il ne faut surtout pas en retenir qu'il n'y aura dans l'avenir que des véhicules électriques. Nous referions la même erreur qu'avec le diesel qui à un moment, a représenté plus de 8 ventes sur 10, même pour les petits véhicules... Un vieil adage dit de ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier, c'est très vrai en matière énergétique !

Le véhicule électrique ou en tout cas le véhicule électrique avec stockage batterie n'est pas la seule solution. Les hybrides rechargeables ont depuis peu la préférence des français. Elles doivent toutefois être considérées comme des solutions de transition, plutôt adaptées aux personnes qui vivent et se déplacent en ville ou pour les déplacements quotidiens limités entre domicile et travail : en effet, la technologie hybride atteint vite ses limites pour les gros rouleurs : coût élevé et bilan mitigé sur des parcours routiers compte tenu du poids important de ce type de véhicules qui doit intégrer à la fois un moteur thermique et un ou plusieurs moteurs électriques. Mais déjà la voiture solaire est annoncée qui permettra peut-être d'apporter des solutions nouvelles. La berline Lightyear One par exemple, sera capable d'intégrer jusqu'à 5 m² de panneaux photovoltaïques sur sa carrosserie et pourra recharger jusqu'à 12 km d'autonomie en soixante minutes.

Les carburants à base de gaz naturel véhicule (GNV) et surtout bioGNV pourraient bien apparaître rapidement comme une filière de carburants alternatifs très convaincante. Le GNV est à la fois mal identifié et pourtant très bien connu puisqu'il s'agit ni plus ni moins que du gaz de ville (méthane) utilisé dans les réseaux urbains. Il peut être utilisé autrement que pour la cuisine et le chauffage des habitations, pour alimenter des poids lourds, des transports en commun ou même des véhicules légers. Pour exemple, la flotte du Siéml est composée en majorité de Fiat 500 L GNV et répond assez bien aux contraintes de déplacement des chargés d'affaires sur tout le département. Le GNV présente en effet de nombreux avantages *a fortiori* si l'on utilise du biogaz issu de la méthanisation de déchets fermentescibles.

Zoom sur les avantages économiques et écologiques du carburant GNV et bio GNV

Les avantages sont nombreux : gains économiques à l'usage (moins élevés que pour l'électrique mais achat plus accessible en revanche), prix du carburant de l'ordre de - 20 % par rapport aux carburants pétroliers, pas d'Adblue, moins d'impact sur l'environnement et la santé, jusqu'à - 15 % de CO₂ par rapport au diesel et - 80 % si on utilise du bioGNV, - 93 % de particules fines rejetées et - 27 de NOx par rapport au diesel, bénéficie de la vignette Crit'Air 1. Les incitations financières sont nombreuses : TICPE réduite et gel de son tarif (0,058 €/Kg jusqu'en 2022) ; suramortissement pour camions et poids lourds GNV > = 3,5 tonnes jusqu'à 40 % de la valeur du véhicule ; gratuité totale de la carte grise en Pays de la Loire. Il faut compter aussi sur l'absence de rupture technologique et la relative facilité d'utilisation ; le niveau de sécurité est identique aux véhicules classiques ; le ravitaillement est simple, le remplissage est rapide et l'autonomie est satisfaisante (entre 250 km et 600 km et plus selon l'architecture du véhicule). On constate enfin quelques gains connexes tels que la réduction du bruit du moteur, l'éligibilité au stationnement gratuit dans certaines villes, la suppression du risque de vol de carburant, facteur de différenciation commerciale et d'image pour les entreprises. Le coût d'achat un peu plus élevé qu'un véhicule essence mais comparable à un véhicule diesel.

La filière GNV / bioGNV est encore méconnue mais très prometteuse. Attention car la confusion est souvent faite entre différents types de carburant. Il ne faut pas confondre GPL (gaz de pétrole liquéfié) et GNV (gaz naturel véhicules). Il faut bien distinguer également au sein de la famille GNV, le GNC (gaz naturel comprimé) du GNL (gaz naturel liquéfié), ce dernier étant réservé à des usages

très spécifiques compte tenu de la complexité du maintien du méthane à l'état liquide. Et enfin il faut bien distinguer aussi le GNV et le bioGNV qui est un gaz renouvelable issu des unités de méthanisation. La molécule est la même mais l'origine change. Pour le GNV, il y a nécessité d'importer le gaz fossile. Pour le bioGNV, la production est locale et renouvelable. Les méthaniseurs agricoles et industriels fleurissent actuellement aux quatre coins de nos territoires. L'avantage du bioGNV, c'est qu'il évite d'importer le gaz de Norvège, d'Algérie ou de Russie et qu'il permet à nos territoires de garantir leur approvisionnement énergétique dans une logique de circuits courts et d'économie circulaire. Le GNV / bioGNV cible aujourd'hui prioritairement plutôt les poids lourds mais de plus en plus de véhicules légers pourraient rouler au gaz à l'avenir. Les scénarii présentés par l'association NegaWatt privilégient à terme ce carburant sur l'électricité ou même l'hydrogène ! Pourquoi ? Pour la simple et bonne raison que les motorisations gaz ne nécessitent pas de rupture technologique importante ni de surinvestissement trop lourd lors de l'achat. Un tweet récent de Magalie Seron, directrice territoriale GRDF pour la Sarthe, la Mayenne et le Maine-et-Loire, résume parfaitement la situation : *« Entre les moteurs fossiles et les moteurs électriques et h2, il existe une alternative sans batterie, avec peu de R&D, qui créent des emplois, pérennisent l'activité #agricole, valorise nos déchets pour un surcoût limité pour le client et les infrastructures réseaux : #bioGnv ».*

Lorsque l'on débat de la pertinence de la mobilité électrique, très nombreuses sont les réactions qui mettent en avant la supposée obsolescence prématurée de cette technologie face à la montée inéluctable de l'hydrogène. Demain l'hydrogène proposera certes des solutions crédibles mais à plusieurs conditions, qui aujourd'hui ne sont pas remplies. Le gros avantage de l'hydrogène, dont la technologie est aujourd'hui théoriquement maîtrisée, est que ce carburant offre à la fois l'avantage d'un véhicule électrique (confort d'usage) et celui d'un véhicule thermique (autonomie et rapidité d'avitaillement). Mais à l'heure actuelle, la généralisation de l'hydrogène est encore malheureusement hors de portée. Les risques sont encore complexes à maîtriser en phase de massification comme en témoigne l'explosion récente d'une station en Norvège. Par ailleurs, une baisse des coûts est indispensable. Surtout, la production d'hydrogène doit être absolument décarbonée, c'est-à-dire d'origine renouvelable. C'est pourquoi il faudra patienter encore au moins une dizaine d'années avant que la technologie puisse être diffusée plus largement. Pour son développement, il faut qu'il y ait un certain nombre d'acteurs, les syndicats d'énergie en font partie, pour tirer la filière vers la massification. Force est de constater cependant que pour le grand public, pour l'instant, l'hydrogène est encore loin d'être accessible. Dans l'attente, le Siéml propose des actions pédagogiques

afin de préparer le terrain : une Toyota Mirai sera ainsi exposée lors de la prochaine édition 2019 du salon du véhicule électrique organisé par le Siéml, les 28 et 29 septembre 2019.

Si l'on tient compte de ces trois filières (électrique, GNV/bioGNV et hydrogène) et aussi à la marge (mais à la marge seulement) de l'éthanol ou du biodiesel pour adapter le parc existant de véhicules thermiques, il semble effectivement possible de se débarrasser des carburants fossiles classiques à horizon de vingt ans. Il n'y aura vraisemblablement pas un seul carburant dominant en 2040 mais un mix de carburants renouvelables avec chacun leurs avantages et leurs inconvénients, en fonction de l'usage que l'on en fait. C'est pourquoi il y a des questions indispensables désormais à nous poser lors de l'acquisition de nouveaux véhicules, qu'ils soient à usage professionnel ou privé. Est-ce que j'en ai vraiment besoin ? Quel sera mon usage ? Quelle motorisation sera la plus pertinente en fonction de l'usage majoritaire que je ferai de mon véhicule ? La pluralité des réponses à cette dernière question nous laisse penser que la part de l'électrique dans les différentes motorisations est certes amenée à se développer considérablement (c'est assez facile quand on part de 2 % seulement de ventes de véhicules neufs), sans toutefois se généraliser comme cela a pu être le cas pour le diesel.

Une étude récente de RTE montre que le système électrique peut absorber sans problème ce développement très important mais pas généralisé de la mobilité électrique. Le scénario est basé sur une hypothèse de massification raisonnée des véhicules électriques qui pourraient représenter le tiers du parc automobile français dès 2025 (l'étude retient plusieurs hypothèses entre 20 et 40 % du marché). RTE estime que la consommation d'énergie liée à cette massification ne devrait pas excéder 10 % de la consommation française en 2035. Cette consommation n'aurait pas pour effet de mettre en danger l'approvisionnement énergétique du pays puisqu'elle est moins importante que celle du chauffage résidentiel (cf. l'argument sur l'efficacité des moteurs électriques évoquées dans la première partie de ce plaidoyer) et inférieure à l'augmentation de la consommation observée en France entre 2000 et 2010. L'impact des forts déplacements en période de vacances scolaires a même été pris en compte et n'effraie pas RTE dans la mesure où il ne correspond pas aux périodes de pics de consommation traditionnellement observés.

Cette étude rappelle fort justement que si en plus de ce constat, on sait mettre un peu d'intelligence dans les infrastructures de charge de façon à pouvoir les piloter précisément, non seulement on diminuera l'impact relatif du fort développement de la mobilité électrique sur la consommation, mais en plus on renforcera la robustesse du système électrique en offrant des solutions

nouvelles pour favoriser la production accrue d'électricité renouvelable et la gestion du réseau en conséquence. Des solutions simples de pilotage de la recharge peuvent permettre de lisser efficacement la pointe de consommation et de coller davantage aux variations de la production des fermes photovoltaïques et parcs éoliens. Des solutions un peu plus poussées permettraient même de mettre à profit la capacité de stockage des batteries des véhicules électriques pour intégrer toute la production renouvelable sans être contraint de l'écarter comme c'est parfois le cas lorsque les consommations sur le réseau sont à l'étiage. De ce point de vue, l'optimisation collective des batteries individuelles constitue une étape supplémentaire dans le développement des réseaux intelligents (les fameux smart grids) et vient créer une valeur ajoutée réelle pour accélérer la diversification du mix électrique.

Lorsque l'on débat sur l'impact des véhicules électriques sur l'environnement, il est donc très important de toujours conserver à l'esprit la balance coûts / avantages, pour soi mais aussi pour la société dans son ensemble. Au moment de lister l'ensemble des points négatifs, l'honnêteté intellectuelle voudrait que l'on s'astreigne au même exercice pour les véhicules thermiques en étudiant les externalités négatives du pétrole depuis son extraction jusque sa consommation, en passant par son transport, son raffinage, sa distribution et bien sûr sa consommation, et ce depuis plus d'un siècle ! Une fois cette étape franchie, il est fondamental de se projeter dans une posture constructive et raisonnablement optimiste : le progrès et la raison nous permettront probablement d'identifier de nouvelles solutions technologiques en cours de route. Dans cette attente et de manière assez paradoxale, le questionnement légitime de nos concitoyens sur le bien-fondé des batteries électriques doit être considéré comme une opportunité plus qu'un frein : c'est en effet en continuant à nous interroger sur nos besoins réels de mobilité, en étant raisonnable dans le dimensionnement de notre véhicule électrique, en réclamant une plus grande traçabilité de la part des constructeurs, ou en adoptant des pratiques de recharge responsables que nous contribuerons à limiter les impacts de la transition vers la mobilité électrique tout en prenant conscience que le statu quo n'est de toutes façons pas une option face à l'urgence climatique.

L'auteur

Administrateur territorial, Emmanuel Charil dirige le syndicat intercommunal d'énergies de Maine-et-Loire depuis 2014. Il anime depuis le 1^{er} janvier et pour une période de 18 mois le secrétariat général de l'entente régionale qui fédère 5 grandes autorités départementales organisatrices de la distribution d'énergie ainsi que la région des Pays de la Loire. Les syndicats d'énergie sont aujourd'hui les premiers opérateurs d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques et s'investissent de manière croissante dans les infrastructures d'avitaillement GNV/bioGNV ou même hydrogène. Leurs retours d'expérience est précieux pour mieux appréhender la transition inéluctable vers les carburants alternatifs.

Remerciements

- à MM. Laurent Baradeau, adjoint au directeur des infrastructures au sein du Siéml et Louis-Pierre Geffray, étudiant dominante Automobile en cinquième année à l'ESTACA campus Ouest de Laval, pour leurs remarques de fond.
- à Mme Katell Boivin et Manuela Tertrin, l'une pour sa relecture attentive et l'autre pour le soin apporté à la mise en page de ce plaidoyer.

Le Syndicat intercommunal d'énergies de Maine-et-Loire

Le Syndicat intercommunal d'énergies de Maine-et-Loire (Siéml) organise la distribution publique d'électricité sur le département et assure une grande partie des travaux d'électrification. Il accompagne également les collectivités dans leurs démarches en faveur de la transition énergétique et œuvre au développement des mobilités alternatives.

Le Siéml est propriétaire des réseaux de distribution d'électricité, ceux qui partent des lignes très haute tension et qui vont jusqu'aux maisons. Il a confié l'exploitation de ces réseaux au concessionnaire Enedis dont il contrôle l'activité. Le Siéml réalise des investissements et des travaux importants pour assurer à chacun un accès à une électricité de qualité. Il organise également la distribution publique de gaz sur une grande partie du département.

Le Siéml s'est engagé depuis plusieurs années dans la transition énergétique. Il accompagne les collectivités dans la mise en œuvre d'actions en faveur des énergies et de la chaleur renouvelables et les incite à moderniser leur éclairage public avec des installations plus soucieuses de l'environnement. Le Siéml propose des services à la carte : conseiller en énergie, soutien à la rénovation thermique des bâtiments publics (mairie, école...).

Le Siéml joue également un rôle croissant dans le développement des carburants alternatifs avec l'installation d'infrastructures (bornes de recharge pour voitures et vélos électriques mais aussi stations GNV) et dans la sensibilisation du grand public. Le Salon du véhicule électrique et des mobilités alternatives en est un bel exemple !

VÉHICULES ET BATTERIES ÉLECTRIQUES

Trois écueils à éviter pour prévenir un mauvais procès

Il n'est pas une conversation en ville, au travail, en famille, avec les amis ou les voisins, au sujet de la voiture électrique qui ne se conclut par la condamnation suivante et sans appel : « les batteries, c'est pas si écolo que ça... ». Il n'est évidemment pas question de masquer les impacts environnementaux de la technologie actuelle des batteries lithium-ion. Mais est-ce une raison pour repousser en bloc les motorisations électriques et continuer à utiliser massivement les carburants fossiles qui nous précipitent vers l'impasse ? Ne peut-on pas compter sur le progrès technologique et l'engagement raisonné des pionniers de la mobilité électrique pour réduire certains impacts négatifs ? Faut-il considérer les batteries de traction comme une solution universelle, au risque effectivement de remplacer un problème par un autre ? Ce plaidoyer tente d'éviter le mauvais procès généralement fait à la technologie des batteries pour tracer une voie crédible et durable vers un développement rationnel et maîtrisé de la mobilité électrique.