

Mobilité électrique : les enjeux d'une stratégie batterie

Robin Osmont

@ 86601

Si le véhicule électrique est en mesure d'apporter des réponses à la triple équation environnementale du réchauffement climatique, de la pollution de l'air et des nuisances sonores en milieu urbain, il représente aussi un relais de développement économique de première importance pour l'Union européenne. Néanmoins, cette opportunité nécessite la reterritorialisation d'une industrie européenne du stockage batterie, sous peine de passer d'une forme de dépendance géopolitique « fossile » à une autre « batterie ». Cette stratégie doit être mise en œuvre d'autant plus rapidement que, dès lors que les coûts des batteries auront suffisamment diminué pour que les modèles électriques soient plus intéressants que leurs homologues thermiques, les entreprises basculeront très rapidement vers la mobilité électrique.

Aujourd'hui, l'électricité se stocke peu, et mal. D'ailleurs, l'électricité ne se stocke pas en tant que telle : elle est en réalité d'abord convertie en une autre énergie (potentielle, chimique...) puis retransformée en électricité avec d'importantes pertes de rendement. L'ensemble du système électrique est donc dimensionné de façon à assurer en permanence l'équilibre entre production et consommation en faisant face à cette contrainte physique. Cette contrainte impose de disposer de suffisamment de moyens de production, de réseaux ou de stockage pour satisfaire la pointe de demande annuelle tout comme elle exige d'équilibrer injections et soutirages d'électricité en chaque seconde. Elle est donc particulièrement limitante et génère des coûts importants pour le système électrique car la demande d'électricité et une partie croissante de la production sont variables. C'est pourquoi le développement des systèmes électriques s'est immédiatement accompagné de recherches sur le stockage. Les technologies du stockage permettent en effet d'éviter des investissements massifs dans de nouvelles capacités de

production ou de réseaux, chaque technologie ayant une utilité différente pour le système électrique. Malgré des coûts fixes élevés, certaines technologies centralisées (les stations de transfert d'énergie par pompage notamment) ont ainsi trouvé leur modèle économique en stockant l'énergie lors des périodes de faible consommation et en injectant lors des épisodes de demande élevée. Le récent développement des énergies renouvelables variables a encore renforcé l'intérêt pour le développement de capacités de stockage décentralisées et à faibles coûts. De nombreux travaux continuent d'être lancés et financés en France, en Europe et dans le monde pour développer des technologies de stockage permettant de réduire les coûts du système électrique : le stockage à air comprimé, les volants à inertie ou encore les super condensateurs. Les technologies de stockage sont néanmoins confrontées à un problème de cannibalisation : plus elles sont nombreuses, plus les écarts de prix entre périodes de stockage et de déstockage sont réduits, et donc moins elles sont rémunérées. À ce premier problème s'ajoutent les hauts niveaux de risques

liés aux investissements capitalistiques dans des marchés de l'électricité volatiles et marqués par des récentes réductions des écarts de prix.

De façon inattendue, l'avenir du stockage de l'électricité pourrait ne pas se trouver dans l'industrie électrique, mais automobile. Depuis quelques années, l'industrie automobile connaît deux tendances concernant les ventes de véhicules neufs : l'amélioration continue des moteurs des véhicules thermiques et l'émergence de motorisations alternatives. Ces deux phénomènes sont d'abord liés aux préoccupations croissantes de nos sociétés sur les enjeux climatiques (réduction des émissions de CO₂, notamment en Europe) et environnementaux (amélioration de la qualité de l'air, en particulier dans les mégapoles asiatiques). Parmi les nouvelles motorisations, on trouve notamment les véhicules électriques, qui se déclinent en plusieurs technologies : les véhicules purement électriques avec batterie, les véhicules hybrides, qui peuvent être rechargeables ou non, et les véhicules à hydrogène. Si chacune de ces technologies dispose de caractéristiques propres qui peuvent les rendre plus attractives que les autres dans certaines situations, les véhicules purement électriques peuvent s'enorgueillir d'importants avantages : leur motorisation est silencieuse, ils n'émettent ni CO₂ ni particules à la combustion

et ils utilisent une énergie qui permet de se dégager de certaines contraintes géopolitiques encombrantes. Si la technologie hydrogène répond également à ces critères, son coût n'est pas, à court et moyen termes, compétitif avec les autres motorisations alternatives.

En France, le seuil symbolique des 100 000 véhicules électriques à batterie en circulation a été franchi en mars 2018 selon le Comité des Constructeurs Français de l'Automobile. Cette statistique confère une certaine crédibilité à cette technologie au niveau national bien qu'elle ne représente encore qu'un faible pourcentage du parc automobile total. Les projections de long terme des acteurs accordent une grande place aux véhicules électriques dans la France de demain. Ainsi, l'association des Professions de la Filière Automobile (PFA) leur prédit un tiers des ventes totales en 2030 [BIPE/PFA, 2016], tandis que RTE, le gestionnaire du réseau de transport prévoit entre 4 et 15 millions de véhicules électrifiés en circulation à l'horizon 2035 [RTE, 2017]. Cette technologie bénéficie par ailleurs d'un soutien politique relativement important et constant : si les gouvernements ont changé, la détermination à soutenir la mobilité électrique dans sa phase d'amorçage via des incitations fiscales et des subventions est restée.

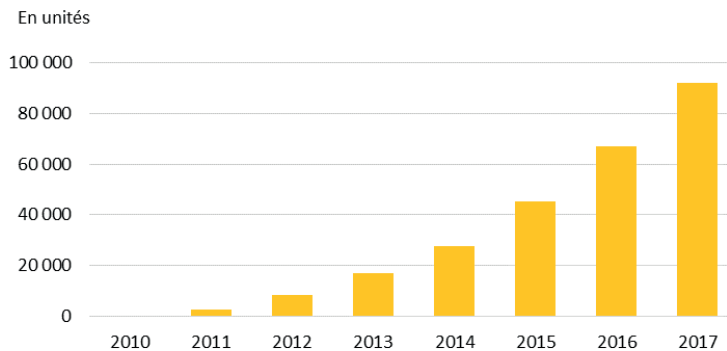


Figure 1. Évolution du parc de véhicules électriques en France

Source : SOeS

Néanmoins, le développement de l'électromobilité n'est pas sans soulever un certain nombre d'interrogations. La question économique d'abord, puisqu'un véhicule électrique demeure plus coûteux que ses homologues thermiques en raison des coûts importants des batteries. La question industrielle ensuite, avec une nécessaire adaptation des filières automobiles et du système électrique. La question géopolitique enfin, puisque les batteries sont pour l'heure essentiellement l'apanage des industriels chinois, coréens et japonais et produites majoritairement en Asie. Ce dernier point, souvent occulté des débats, mérite d'être considéré à l'aune de son importance stratégique pour la France et l'Union européenne.

Avec des niveaux de coûts compris entre 200 et 300 €/kWh, les batteries représentent en effet environ un tiers de la valeur des véhicules électriques [France Stratégie, 2016]. Dans le cas où l'Europe ne serait pas en mesure de produire sur son territoire des millions de batteries par an (près de 15 millions de véhicules particuliers neufs ont été immatriculés en 2016 en Europe selon l'Association Européenne des Constructeurs Automobiles), alors elle s'exposerait à une importante dépendance vis-à-vis des pays producteurs ou possesseurs des technologies. Une telle situation affaiblirait l'économie européenne en pesant sur sa balance commerciale et en la privant d'une grande partie des opportunités économiques des véhicules électriques. Plus globalement, la conjonction de ces questions nous amène à nous interroger sur la capacité de l'Europe à transformer cette opportunité environnementale en opportunité économique et, par conséquent, sur ce que pourraient être les enjeux et les contours d'une stratégie industrielle française et européenne de la batterie.

1. L'alignement des planètes de la mobilité électrique

Souvent perçu comme le véhicule du futur, le premier véhicule électrique a en réalité été commercialisé dès 1852 [Avere-France, 2014]. À son apogée, le véhicule électrique a

représenté jusqu'à un tiers du marché automobile américain au début du xx^e siècle. Il est alors plus rapide que les technologies à moteur à explosion, il pollue moins et il est beaucoup plus simple à l'usage puisque les véhicules thermiques ne disposaient alors pas de démarreur électrique. Puis, les moteurs à explosion bénéficient de l'arrivée du fordisme et des réductions de coûts associés : en 1908, la Ford T relègue les véhicules électriques au deuxième plan et offre le xx^e siècle aux véhicules thermiques. Les véhicules électriques n'ont subsisté que marginalement, et si les crises pétrolières de 1973 et 1978 ont permis de leur donner un regain d'intérêt, leur retard technologique sur les moteurs thermiques était devenu trop important. L'électrique demeure confronté à des problématiques d'autonomie et de coûts qui ont perduré jusqu'à aujourd'hui. Depuis quelques années, pourtant, le vent de l'électrique se lève de nouveau sur le marché automobile, à la faveur d'un alignement des planètes particulièrement favorable.

a. L'appel d'air des contraintes environnementales

La première planète, surtout visible depuis l'Europe, est celle du changement climatique. Dans le but de prévenir les conséquences sociales et économiques des changements climatiques, l'Accord de Paris, devenu le symbole de cette lutte, exige de réduire les émissions de CO₂ à néant d'ici à 2050. L'Union européenne s'est d'ailleurs fixé un objectif intermédiaire de réduction des émissions de CO₂ de 40 % en 2030 par rapport à 1990. Or, le transport est le secteur le plus émetteur de CO₂ en France, avec 40 % des émissions selon le SOeS. C'est également le seul secteur dont les émissions de CO₂ continuent de croître. Pour chaque litre de pétrole consommé, trois kilogrammes de CO₂ sont rejetés dans l'atmosphère. L'impératif international exige d'explorer, en parallèle des leviers de réduction des besoins de déplacements, des motorisations alternatives aux énergies fossiles. Or, la production d'électricité, sous condition qu'elle soit d'origine renouvelable ou nucléaire, ne rejette pas de CO₂.

Au niveau local, les questions de pollution de l'air gagnent les villes. En 1996, la loi LAURE reconnaissait ainsi à chaque Français un droit « à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ». Pourtant, la pollution de l'air demeure responsable chaque année de dizaines de milliers de décès prématurés et son coût pour la société est estimé à plusieurs dizaines de milliards d'euros par an [Sénat, 2015]. Au niveau européen, le sujet est porté par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), qui soutient la mise en œuvre de la législation de l'UE liée aux polluants atmosphériques. Si la qualité de l'air s'est globalement améliorée depuis quelques années grâce aux efforts réalisés dans l'industrie et le bâtiment, la France et d'autres États membres continuent de dépasser les normes européennes relatives aux émissions de polluants atmosphériques, notamment en raison de la difficulté à juguler les émissions liées au transport. L'Europe et la France, à travers les discussions sur le Paquet Transport (*Europe on the move*) et la Loi d'Orientation des Mobilités, ont lancé des réflexions visant à limiter la circulation des véhicules thermiques dans les villes. Cette problématique de qualité de l'air n'est néanmoins pas européen-centrée, puisqu'elle est aussi le principal *driver* du fort développement de la mobilité électrique dans les mégapoles chinoises.

Ce double enjeu environnemental a été largement renforcé par les différents épisodes du Dieselgate, qui ont participé à l'évolution de l'opinion publique. Ce scandale de dimension internationale a forcé certains constructeurs automobiles à se repositionner sur le marché automobile en annonçant l'électrification de tout ou partie de leurs gammes de véhicules à des horizons proches, entre 2018 et 2025. Volvo, PSA, ou encore Volkswagen ont réalisé des annonces en ce sens, laissant présager d'un très fort développement de l'offre de véhicules électriques dans les prochaines années.

b. D'une énergie importée à une production locale

En outre, les pays ne disposant pas de ressources pétrolières ont un intérêt économique

majeur à passer d'une mobilité « fossile » à une mobilité « électrique ». En France, le secteur du transport est à l'origine de 60 % de la consommation de produits pétroliers sur le territoire national, ce qui a représenté un déficit commercial de 32 Md€ en 2016. Cet état de dépendance fossile de la France s'étend à l'Europe, qui dispose de peu de gisements pétroliers. Cette situation nuit à son économie et affaiblit sa puissance économique. L'électricité, en revanche, est produite en Europe. Ainsi, en France, l'industrie électrique crée davantage d'emplois que celles du pétrole, du gaz et du charbon réunies selon les chiffres de l'INSEE.

À cet état de fait s'ajoute la relocalisation de la production d'électricité dans les territoires. Le système électrique se transforme avec la fermeture des centrales de grande puissance et le développement d'installations de petite puissance (éoliennes et photovoltaïques notamment). Cette évolution s'accompagne d'une redistribution des recettes fiscales locales dans les territoires et d'une revitalisation de marchés de l'emploi parfois sinistrés. Une telle évolution est en ligne avec les nouvelles aspirations sociétales vis-à-vis de l'énergie : plus renouvelable et plus local.

Certains acteurs ambitionnent de prolonger cette logique en offrant des systèmes d'auto-consommation déconnectés des réseaux de distribution d'électricité. Tesla répond par exemple aux aspirations d'autonomie avec une offre comprenant des panneaux photovoltaïques sur toiture, une batterie au sein du foyer, et un véhicule électrique. Le véhicule électrique est donc en mesure de répondre à une exigence économique avec l'amélioration de la balance commerciale et à une demande sociétale avec une activité économique locale, voire son intégration dans un système d'auto-consommation fermé.

c. L'électricité, énergie des véhicules autonomes

En se projetant à plus long terme, l'électrification du transport est également appelée par une autre révolution de la mobilité.

Une nouvelle technologie effectue en effet des premiers pas prometteurs. Encore embryonnaire il y a quelques années, les efforts de recherche et développement autour du véhicule à délégation de conduite commencent à porter leurs fruits. La course au développement de cette technologie innovante est lancée, et plusieurs prototypes ont déjà démontré leur capacité à pouvoir évoluer sans conducteur. Si un véhicule autonome peut tout à fait être thermique, les synergies entre autonomie et électrique sont telles qu'il est raisonnable de s'attendre à une électrification des véhicules autonomes.

On peut en effet s'attendre à ce que les véhicules autonomes soient partagés ou gérés en flotte par des acteurs comme Uber. Les distances parcourues par un véhicule partagé sont bien supérieures à un véhicule en usage propriétaire qui demeure stationné la plupart du temps (95 % du temps en Île-de-France selon l'Enquête Globale Transport 2010). Or, plus un véhicule roule, plus il est intéressant qu'il soit électrique, le coût de déplacement étant beaucoup plus faible par rapport à un véhicule thermique. En outre un véhicule autonome électrique sera en mesure de se rendre seul aux bornes pour se recharger, et la gestion optimisée de son parcours lui permettra d'aller se recharger aux moments les plus opportuns de façon à participer au bon fonctionnement du système électrique. L'institut VEDECOM, institut français de recherche dédié à la mobilité décarbonée et durable, considère ainsi que l'avenir est aux véhicules autonomes, connectés et électriques.

Ces différents facteurs environnementaux et économiques appellent tous au développement d'une mobilité alternative aux véhicules thermiques et les véhicules électriques disposent des caractéristiques nécessaires pour s'y substituer. Le contexte international est d'ailleurs particulièrement favorable puisque certains pays sont déjà entrés de plain-pied dans la mobilité électrique (Chine, Norvège, Japon...), crédibilisant ainsi une politique d'électrification massive des transports. La question n'est donc plus tant de savoir si

l'électromobilité sera ou non, que quand et surtout, à quel rythme.

2. Vers un retournement très rapide du marché automobile

a. Un marché qui sera d'abord tiré par les entreprises

La bonne appréhension du développement de la mobilité électrique nécessite de s'intéresser à la dynamique du marché automobile. Depuis quelques années, la moitié des ventes de véhicules neufs est destinée aux entreprises, que ce soit en acquisition directe ou en location longue durée. Les particuliers se fournissent en effet pour la plupart sur le marché de l'occasion pour des raisons économiques. Or, les entreprises disposent d'une vision complète sur l'ensemble des coûts et des éventuels revenus des véhicules parce qu'il s'agit pour elles du principal élément du choix d'acquisition. Par nature elles fondent leurs décisions d'investissement sur une analyse technico-économique visant à minimiser leurs coûts ou à maximiser leurs profits. Ainsi, lorsque les entreprises s'interrogent sur la pertinence d'acquérir un véhicule électrique en lieu et place d'un véhicule thermique, elles comparent le coût complet de possession de chacun des véhicules. Ce coût complet comprend non seulement le coût d'acquisition, mais aussi les coûts de carburant, les coûts d'entretien, l'éventuelle valeur en termes d'image pour l'entreprise ou encore la valeur résiduelle du véhicule.

C'est pourquoi certains éléments d'ordre réglementaire peuvent accélérer la parité de l'électrique. La fiscalité et le financement sont des instruments publics déjà bien maîtrisés par les pouvoirs publics : fiscalité de l'énergie, suramortissements comptables, exonération de taxes sur les véhicules de société ou encore de taxes sur les cartes grises sont autant de leviers qui permettent d'inciter à l'acquisition des véhicules électriques en améliorant leur compétitivité. En sus de ces leviers « classiques », les pouvoirs publics peuvent également influencer sur la valeur résiduelle espérée

par les acteurs en envoyant des signaux. Ainsi, les menaces de restrictions de circulation des véhicules thermiques génèrent des incertitudes quant à la valeur résiduelle des véhicules thermiques. À horizon 3 à 5 ans, ces annonces participent à l'accélération de la dépréciation de ces véhicules. À l'inverse, la valeur résiduelle espérée d'un véhicule électrique peut être réhaussée s'il est anticipé que ce véhicule sera davantage valorisé sur le marché de l'occasion pour différentes raisons (futurs avantages à l'usage par exemple).

Pour l'heure, malgré un certain nombre d'incitations fiscales et quelques effets d'annonce, le coût complet de possession d'un véhicule électrique demeure supérieur à celui d'un véhicule thermique dans une grande majorité des cas d'usages. Seules des flottes de véhicules circulant quotidiennement en milieu urbain, à l'instar des services postaux, ont un véritable intérêt à basculer vers des modèles électriques. En revanche, le comportement des entreprises suggère que le jour où le véhicule électrique sera plus économique qu'un véhicule thermique, alors la bascule se fera très rapidement. En quelques années seulement, les parts de marché des véhicules électriques pourraient connaître une croissance soudaine.

b. Les batteries : principal levier de baisse des coûts

Comme évoqué précédemment, le principal levier de réduction du coût total de possession d'un véhicule électrique réside dans sa batterie. La baisse des coûts des batteries lithium-ion s'avère rapide depuis dix ans, avec des efforts qui portent à la fois sur le rendement des cellules et le packaging des batteries. À ces caractéristiques physiques s'ajoutent les économies industrielles liées aux effets d'échelles : toutes choses égales par ailleurs, plus les volumes de production sont importants, moins les batteries sont coûteuses. Ainsi, les coûts des batteries ont été réduits chaque année de 15 à 20 % en moyenne entre 2010 et 2018.

La Commission européenne anticipe une prolongation de ces baisses de coûts [Boon-Brett et al, 2017]. On retrouve les mêmes courbes asymptotiques dans les analyses d'ING [ING, 2017] ou encore de Bloomberg Energy Finance [BNEF, 2017]. Ces évolutions rappellent celles des capacités de production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque, dont les coûts ont diminué très rapidement depuis dix ans.

Néanmoins, la stratégie des constructeurs automobiles n'est pour l'instant pas de répercuter

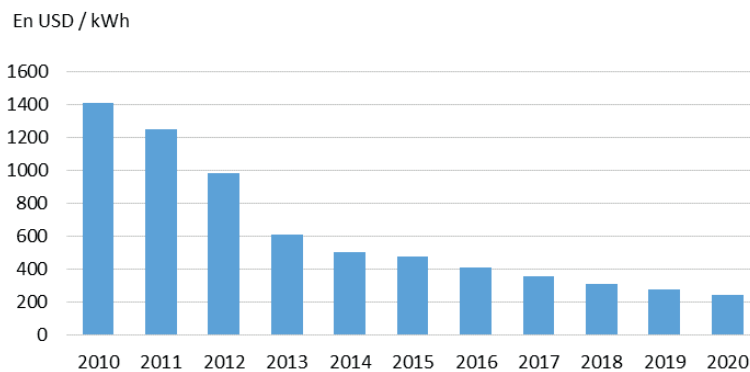


Figure 2. Évolution des coûts des batteries pour les véhicules électriques

Source : JRC selon Deutsche Bank et Cairn ERA

ces baisses de coûts sur les prix des véhicules. Ces gains sont pour l'heure principalement affectés à la prolongation de l'autonomie des véhicules électriques, qui représente encore aujourd'hui un réel facteur limitant à l'acquisition. On peut s'attendre à ce que cette stratégie perdure jusqu'à atteindre 300 à 400 kilomètres d'autonomie réelle, qui représentent un seuil psychologique pour les usagers [IPSOS, 2016]. La quête de l'autonomie sera également fonction du développement du maillage du réseau d'infrastructures de recharge accessibles au public, tant en termes quantitatifs (nombre de points de charge) que qualitatifs (puissance des points de charge) et géographiques (localisation des points de charge).

Une fois les niveaux d'autonomie recherchés atteints, alors les baisses de coûts seront affectées à la réduction des prix de vente des véhicules électriques. À terme, de nouvelles technologies de stockage pourraient prendre le pas sur les batteries lithium-ion, mais il est probable que la bascule vers l'électrique survienne assez tôt pour qu'elle se fasse avec cette technologie. Selon les prévisions, les niveaux de prix des batteries permettant la rentabilité des véhicules électriques se situeraient autour de 100 \$/kWh et pourraient survenir autour de 2025 selon le BNEF. Néanmoins, les batteries ne sont pas le seul levier de compétitivité-coût des véhicules électriques.

La réunion des facteurs réglementaires et de la réduction des coûts des batteries permet d'imaginer le basculement massif des entreprises vers l'électrique entre 2020 et 2025. Dès lors, le marché automobile pourrait s'orienter massivement vers l'électrique. Il faudra néanmoins que d'autres obstacles d'ordre technique et organisationnel soient levés pour que la filière automobile soit en mesure d'absorber le choc de cette révolution. Il serait en effet simpliste de réduire la destinée des véhicules électriques à une seule affaire de coûts et d'autonomie des batteries.

c. Les incertitudes relatives à la préparation des filières aval de l'automobile et de l'industrie électrique

Parmi les enjeux technico-organisationnels à affronter, on peut distinguer les enjeux de la filière aval de l'automobile de ceux liés au rapprochement des constructeurs automobiles de l'industrie électrique.

La filière aval de l'automobile doit en effet se préparer à faire face à la mobilité électrique afin qu'elle ne représente pas un goulot d'étranglement dans son développement. Au premier niveau, les concessionnaires, qui guident *in fine* les choix des consommateurs, doivent être formés à la vente de véhicules électriques. Les informations délivrées par les conseillers sur les caractéristiques techniques des véhicules, leur coût total de possession, les temps de charge, la disponibilité des points de charge ouverts au public, les aides publiques ou encore les avantages à l'usage ont un rôle dans les décisions d'acquisition des consommateurs. Hormis pour les « pionniers », les consommateurs ont par nature un temps de retard sur l'information disponible. Cette asymétrie de l'information est d'autant plus grande que les véhicules électriques et leur écosystème évoluent particulièrement rapidement : l'autonomie des batteries augmente, le réseau de bornes de recharge se densifie et les batteries ont des durées de vie beaucoup plus longues qu'anticipé. Or, les concessionnaires sont essentiellement habitués à vendre des véhicules à motorisation thermique, qui représentent la plus grande partie de leur chiffre d'affaires. La capacité des concessionnaires à délivrer aux consommateurs les dernières informations disponibles pour choisir le véhicule le plus adapté à leurs besoins aura un rôle sur le rythme de la transition du marché automobile vers l'électrique.

Le second niveau de la filière automobile concerne les garagistes, pour la maintenance et la réparation des véhicules électriques. Les batteries étant sous tension, la réparation de véhicules électriques doit être réalisée de façon à éviter brûlures et électrocution.

Les ateliers des garages automobiles ne sont pas, pour la plupart, adaptés pour travailler sur de tels objets et peu de techniciens sont formés et habilités à ces opérations. Dans la pratique, un garage qui reçoit un véhicule électrique le renvoie souvent vers un garage partenaire équipé. Ces besoins d'adaptation, bien identifiés par le Conseil National des Professions Automobiles, font l'objet d'une réflexion de la filière professionnelle qui vise à accompagner la mutation des métiers des garagistes et à accélérer les investissements matériels et la formation des techniciens pour être en mesure d'entretenir, maintenir et réparer en toute sécurité les véhicules électriques. Le risque réside néanmoins dans la dynamique : une brusque augmentation du parc de véhicules électriques mettrait cette filière sous tension.

La structure de la filière aval de l'automobile participe à expliquer cette difficulté d'adaptation. Il est plus compliqué de coordonner une filière composée d'une multitude d'acteurs qu'une industrie intégrée.

Un autre secteur beaucoup plus intégré pourrait néanmoins être davantage concerné que le secteur automobile par le développement de la mobilité électrique : l'industrie électrique elle-même.

De nombreuses attentes pèsent sur l'industrie électrique puisqu'elle devra être « en mesure de satisfaire aux attentes des usagers des véhicules électriques tout en minimisant leurs coûts d'intégration dans le système » [Observatoire de l'Industrie Électrique, 2017]. Selon RTE, la consommation de 15,6 millions de véhicules électriques représente une hausse de 8 % de la consommation d'électricité, qui pourrait être compensée par des mesures d'efficacité énergétique dans d'autres secteurs [RTE, 2017]. Le véritable enjeu se trouve dans les appels de puissance des véhicules électriques lors de leur charge. Ces appels de puissance sont contraignants à plusieurs niveaux :

- Au niveau du point de charge, qui devra être adapté aux besoins de l'utilisateur (charge normale, accélérée ou rapide) ;

- Au niveau du réseau de distribution, qui devra être dimensionné pour répondre à la charge simultanée de plusieurs dizaines de véhicules électriques dans un même quartier ;

- Au niveau du parc de production d'électricité, qui devra être en mesure de maintenir l'équilibre offre-demande nationale et de garantir la sécurité d'approvisionnement du système électrique lors de la recharge simultanée de plusieurs millions de véhicules électriques.

L'inadéquation du système électrique avec la mobilité électrique entraînerait une explosion des coûts de la charge et des désagréments importants pour les conducteurs qui connaîtraient des difficultés à se charger, compliquant d'autant l'adhésion sociale à cette technologie. C'est pourquoi le système électrique doit faire évoluer ses infrastructures pour intégrer le développement de la mobilité électrique tout en maintenant la qualité d'alimentation pour tous les usagers du réseau. Le pilotage des charges des véhicules électriques représente aussi une solution disponible à court terme pour faciliter leur intégration dans les réseaux. Le pilotage des charges représente en effet une valeur importante pour la collectivité puisqu'il permet de réduire les besoins d'investissement dans les infrastructures de production et de réseaux d'électricité. À moyen terme, le *véhicule to grid* pourrait renforcer la valorisation des véhicules électriques sur les marchés électriques.

Au total, ces éléments suggèrent que les véhicules électriques pourraient devenir rentables avant 2025, entraînant un retournement du marché automobile. Étant donnée la structure du marché automobile, ce retournement pourrait être très rapide, mais son anticipation imparfaite par l'écosystème de la mobilité et l'industrie électrique pourrait le freiner. C'est avec cette temporalité et cette dynamique que l'Union européenne doit construire une stratégie batterie nécessaire à la réussite économique de cette transformation.

3. Construire une stratégie européenne de la batterie pour transformer l'essai économique

a. Une industrie de la batterie asiatique construite sur les équipements électroniques

Les batteries des véhicules électriques représentent environ un tiers de la valeur totale d'un véhicule électrique. À 100 €/kWh et pour une capacité de 50 kWh, les coûts d'une batterie s'élèvent à 5 000 € par véhicule. Cela représentera un marché de l'ordre de la dizaine de milliards d'euros par an pour la France seule. Les conséquences économiques (emploi, PIB) et géopolitiques de l'origine de ces batteries sont donc majeures. Si l'Europe ne parvient pas à reterritorialiser la fabrication des batteries, elle s'expose, en plus d'une perte de valeur économique, à une nouvelle forme de dépendance vis-à-vis des pays fournisseurs.

La chaîne de valeur d'une batterie lithium-ion (hors recyclage) se décompose en plusieurs segments :

- Les matières premières (dont le lithium et certaines terres rares) dont les réserves se trouvent essentiellement en Amérique du Sud, mais aussi en Asie.
- La fabrication des composants (cathodes, anodes, électrolytes ou encore séparateurs), largement dominée par la Chine, le Japon et la Corée du Sud.
- La fabrication des cellules, également dominée par les industriels asiatiques. L'Europe ne dispose que d'environ 5 % des capacités de production mondiale de cellules pour les batteries des véhicules électriques.
- La construction du pack batterie, qui représente 40 % du coût total de la batterie. Ce segment est soit internalisé par les constructeurs automobiles, soit externalisé aux fabricants de cellules.

L'Asie se trouve donc dans une situation très favorable sur le marché de la batterie, en particulier sur les segments de la fabrication des composants et des cellules. Néanmoins, le marché de la batterie lithium-ion s'est

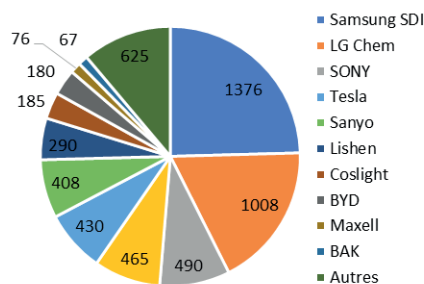


Figure 3. Distribution du marché des cellules lithium-ion en 2015 (en volume)

Source : EU JRC d'après données Avicenne Energy

construit historiquement autour des équipements électroniques (téléphones, ordinateurs...) qui sont également fabriqués en Asie, tandis que les constructeurs automobiles sont distribués de façon plus homogène entre les trois grands pôles économiques mondiaux que sont l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie. Or, il apparaît que l'industrie automobile, que ce soit à travers les constructeurs automobiles ou de futurs consortia, est en passe de devenir le *driver* principal du marché de la batterie et dispose d'un levier sur la construction des packs batteries qui pourrait être exploité par l'Europe.

b. S'appuyer sur les atouts de l'économie européenne

Les constructeurs automobiles sont en effet prescripteurs sur le marché de la batterie. Ils sont en position de déterminer les caractéristiques des batteries qu'ils souhaitent intégrer à leurs véhicules. Dans le cas où les caractéristiques des batteries exigées par les constructeurs valoriseraient les axes de compétitivité d'une industrie européenne de la batterie, alors elles pourraient contribuer à favoriser son émergence.

Les atouts de l'Union européenne sont d'abord une main-d'œuvre qualifiée et capable d'imaginer des chaînes de valeur complexes. Si les économies asiatique et américaine ne

sont pas dépourvues de qualités en termes d'innovation, les secteurs industriels européens ont démontré leur capacité à mutualiser leurs efforts pour développer des solutions complexes, innovantes et intégrées. L'industrie de la ville intelligente est un bon exemple de cette capacité. Les industriels européens de la construction, des télécoms, des transports ou encore des réseaux s'allient pour proposer des projets de grande envergure livrés clés en main à l'international. L'exemple le plus célèbre demeure néanmoins celui d'Airbus, qui est le fruit d'une collaboration européenne encore inégalée. En s'appuyant sur ses atouts, l'industrie européenne pourrait alors s'orienter directement vers la manufacture de batteries à haute performance et surtout à haut niveau de sécurité. Le développement de batteries capables de se charger à la fois rapidement et lentement, en toute sécurité et sans en détériorer la performance et la durée de vie, pourrait en outre être valorisé dans un contexte européen de développement des énergies renouvelables variables. La transformation des systèmes électriques européens exigera en effet la participation, contre revenus, des véhicules électriques aux différents mécanismes d'équilibrage du système électrique. Si tous les industriels d'envergure internationale tendront *in fine* vers ces standards élevés, les trajectoires pour y parvenir peuvent être différentes en fonction de leurs aptitudes à les atteindre. Les industriels européens sont en mesure de viser ces standards plus rapidement que les autres industriels en s'appuyant sur les atouts de l'économie européenne.

Le système électrique européen, de plus en plus décarboné, pourrait également offrir un avantage environnemental important à une industrie de la batterie. L'aspect environnemental est en effet un élément important du véhicule électrique, et donc de sa batterie. La garantie de disposer d'un approvisionnement en électricité décarbonée ou renouvelable peut se transformer en argument commercial particulièrement valorisable auprès des consommateurs finals, notamment pour les modèles de véhicule du segment haut de gamme. Pour l'heure, seuls certains pays européens,

dont la France, disposent de cet avantage, mais l'ensemble de l'industrie électrique européenne s'est engagée à être décarbonée totalement « bien avant 2050 » [Eurelectric, 2017].

Un second aspect environnemental pourrait favoriser une production européenne des batteries. La matière première des batteries est coûteuse, et les batteries sont source de pollution environnementale. C'est pourquoi leur recyclage est déjà un enjeu depuis de nombreuses années. Cet enjeu a notamment été matérialisé par une directive européenne en 2006 [Union européenne, Directive relative aux piles et accumulateurs ainsi qu'aux déchets de piles et d'accumulateurs]. Ce texte européen fixe aux États membres des objectifs de taux de collecte des batteries croissants. L'Europe pourrait inciter son industrie à anticiper davantage les contraintes portant sur le recyclage dans la conception même des batteries.

Néanmoins, les constructeurs automobiles ne peuvent se résoudre à réaliser seuls de tels choix. En premier lieu, l'industrie européenne en étant à ses prémices, le risque d'être dépositionné du marché de l'automobile en termes de prix est trop grand. Ensuite, un constructeur automobile en quête de batteries pour plusieurs centaines de milliers de véhicules a besoin de solides garanties sur la capacité à délivrer de ses fournisseurs, en particulier sur un marché où les coûts de construction des unités de production se chiffrent en milliards d'euros. C'est la raison pour laquelle les constructeurs automobiles ne s'approvisionnent qu'auprès d'industriels déjà bien établis sur le marché, à savoir les industriels asiatiques. L'émergence d'une industrie européenne de la batterie dépend donc d'une intervention particulièrement volontariste de l'Union européenne et de ses États membres.

c. Orienter la demande de batteries vers les atouts européens

L'enjeu stratégique majeur que représente le développement d'une filière industrielle de la batterie doit motiver l'Europe et les États

membres à investir ou à susciter l'investissement de façon significative, comme elle a su le faire pour les énergies renouvelables. Au premier niveau, les pouvoirs publics nationaux et européens peuvent adapter à l'industrie de la batterie des outils de financement bien connus : la subvention de démonstrateurs, la garantie de la dette des industriels ou encore la constitution de partenariats publics privés. L'application de ces mesures de soutien devra prendre en compte les spécificités de l'économie européenne pour être efficace. L'Union européenne pourrait également autoriser et participer à la construction des contrats de long terme entre constructeurs automobiles et constructeurs de batteries [Mathieu, 2017].

Au-delà de ces instruments absolument nécessaires à l'amorçage de la filière, l'Union européenne peut également s'appuyer sur une caractéristique peu exploitée jusqu'à présent : sa position de domination régulatoire. L'Union européenne est en effet en mesure d'imposer ses normes au reste du monde par la simple application des forces du marché, si tant est que ces normes soient plus restrictives que celles imposées par les régulateurs des autres grands marchés que sont l'Amérique du Nord et l'Asie. L'Union européenne représente un marché de taille suffisamment importante pour que, lorsqu'elle impose une norme restrictive (norme de sécurité, de performance, d'obsolescence, ou encore environnementale...), les industriels d'envergure internationale s'y conforment. De façon à bénéficier des économies d'échelles liées à la production d'un bien uniformisé, ces industriels étrangers répliquent alors cette norme sur les autres marchés. C'est par ce mécanisme qu'une norme européenne qui ne s'applique qu'au marché européen peut inciter un industriel asiatique à appliquer cette norme à des biens offerts sur le marché asiatique. L'Union européenne peut donc chercher à bâtir des normes qui se fonderaient sur les avantages compétitifs de l'industrie européenne naissante et qui joueraient en sa faveur dans un premier temps, c'est-à-dire durant la phase d'amorçage. De cette façon, l'Europe pourrait chercher à favoriser, par la norme, la reterritorialisation

de la construction des batteries. Cette stratégie ne sera pas suffisante, seule, à déclencher un mouvement de reterritorialisation de l'industrie de la batterie, mais elle peut s'inscrire dans une stratégie d'accompagnement globale de soutien à l'industrie de la batterie.

Conclusion

Plus d'un siècle après avoir perdu une première bataille technologique, le véhicule électrique se trouve donc de nouveau aux portes du marché automobile. La conjonction de facteurs environnementaux, économiques, politiques et géopolitiques laisse entrevoir une parité économique du véhicule électrique avec ses homologues thermiques avant 2025. Dès lors que son coût total de possession atteindra ce niveau, l'économie européenne peut s'attendre à un retournement très rapide du marché automobile en faveur de l'électrique. Les filières de l'automobile et de l'industrie électrique doivent anticiper cette évolution pour ne pas la ralentir, car elle est souhaitable pour la collectivité. La réussite économique d'une transition électrique de l'automobile dépendra néanmoins de la capacité de l'Union européenne à faire émerger une industrie de la batterie sur le territoire européen. Sans cela, c'est un tiers de la valeur économique du marché automobile qui est condamné à être capté par d'autres puissances économiques, notamment asiatiques.

La révolution automobile à venir entraînera dans son sillage une redistribution des cartes au niveau mondial. Les monarchies du golfe arabe, les potentiels *big losers*, se préparent déjà à l'après-pétrole en convertissant leurs économies. L'Europe, alors qu'elle est en passe d'en finir avec une dépendance traînée comme un fardeau depuis les années 1970, doit faire preuve d'agilité pour ne pas en débiter une autre. Et elle doit agir rapidement, car il ne reste que peu d'années avant d'atteindre un marché dont les volumes donneraient aux autres puissances une avance technologique trop difficile à combler.

S'il est peut-être déjà trop tard pour enrayer la domination asiatique sur la production des composants, il est encore permis d'espérer conquérir une partie de la chaîne de valeur des batteries : le packaging et la fabrication des cellules. Pour cela, l'Europe devra développer une vision industrielle stratégique de la batterie et la décliner en soutiens financiers appuyés d'une régulation ambitieuse. C'est une condition *sine qua non* pour faire de l'Europe le *big winner* de la transition automobile qu'elle doit souhaiter devenir.

RÉFÉRENCES

- Assemblée Nationale, Loi n° 2017-1837 du 30 décembre 2017 de finances pour 2018, *Journal Officiel de la République Française*, 2017
- Avere-France, L'histoire du véhicule électrique, www.aver-france.org, 2014
- Avere-France, Véhicules électriques : en route vers une diffusion massive, www.aver-france.org, 2016
- BIPE et PFA, Contribution des transports routiers à la réduction de la demande énergétique et des émissions de CO₂, 2016
- BNEF, The Latest bull case for electric cars: the cheapest batteries ever, about.bnef.com, 2017
- BNEF, The Battery Will Kill Fossil Fuels – It's Only a Matter of Time, about.bnef.com, 2018
- BNEF, Lithium-ion Battery Costs: Squeezed Margins and New Business Models, about.bnef.com, 2017
- Boon-Brett et al, EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions, Publications Office of the European Union, 2017
- Boon-Brett et al, Lithium-ion battery value chain and related opportunities for Europe, Publications Office of the European Union, 2017
- Anu Bradford, Exporting standards: the externalization of the EU's regulatory power via markets, *International review of law and economics*, 2014
- CGDD, Analyse coûts bénéfices des véhicules électriques, Collection Théma, 2017
- Commission Européenne, Europe on the move – an agenda for a socially fair transition towards clean, competitive and connected mobility for all, 2017
- Eurelectric, Vision of the European Electricity industry, www.eurelectric.org, 2017
- France Stratégie, Le véhicule propre au secours du climat, Actions critiques, 2016
- ING, Breakthrough of electric vehicle threatens European car industry, ING Economics Department, 2017
- IPSOS, Troisième Baromètre de la mobilité électrique, sondage pour Avere-France et Mobivia Groupe, 2016
- Carole Mathieu, La course aux batteries électriques : quelles ambitions pour l'Europe ?, Études de l'Ifri, 2017
- Observatoire de l'industrie électrique, Les enjeux de l'intégration des véhicules électriques dans le système électrique, www.observatoire-electricite.fr, 2017
- RTE, Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, Édition 2017, 2017
- Sénat, Pollution de l'air : le coût de l'inaction, Rapport de la commission d'enquête sur le coût économique et financier de la pollution de l'air, 2015
- VEDECOM et IEST, Véhicule autonome : accompagner la transition, Note d'analyse, 2016
- Alasdai R. Young, The European Union as a global regulator? Context and comparison, *Journal of European Public Policy*, 2014