

Union Française de l'Électricité

Développement de l'électromobilité : Démystifier les questions de faisabilité pour faire apparaître les opportunités pour le système électrique

*Dans la continuité de l'étude sur le système électrique du futur, l'Union française de l'électricité a consacré ses travaux en 2018 à la thématique de la mobilité électrique. Ainsi, en rassemblant les démarches engagées non seulement par les énergéticiens (producteurs, gestionnaires de réseaux, fournisseurs, sociétés de service) mais l'ensemble de l'écosystème de la mobilité (constructeurs, collectivités, pôles de compétitivité...), l'UFE a produit un **rapport permettant de porter un avis éclairé sur la faisabilité et les opportunités pour le système électrique liées au développement de l'électromobilité.***

Pour ce faire, l'Union française de l'électricité a mené durant cette année les auditions de :



C'est donc sur la base de ces auditions, de l'expertise des membres de la Commission prospective et innovation de l'UFE et des études de référence que le présent rapport a été rédigé.



1.

Pour répondre aux enjeux environnementaux et de qualité de l'air dans les transports, le véhicule électrique est pertinent



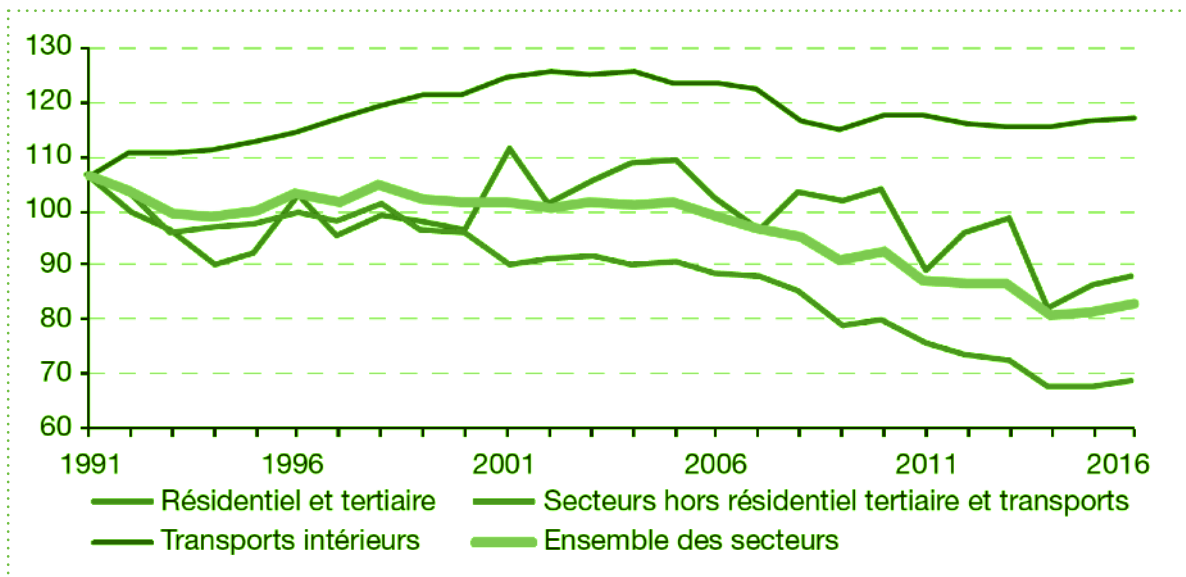
Face aux enjeux d'amélioration de la qualité de l'air et de réduction des émissions de dioxyde de carbone, le secteur des transports doit faire sa mue vers des solutions de mobilités propres. Pour ce faire, le véhicule électrique est une solution incontournable en raison de son bilan environnemental, que l'on considère simplement les émissions en phase de roulage ou sur la totalité de son cycle de vie, significativement meilleur que celui du véhicule thermique – diesel et essence – et ce particulièrement en France qui bénéficie d'un mix électrique décarboné. Grâce à une réglementation en faveur de la mobilité propre, les projections de marché des constructeurs automobiles montrent une forte progression de cette motorisation dans le parc automobile français mais aussi dans les flottes de bus et autocars.

A. LA NÉCESSAIRE DÉCARBONATION DES TRANSPORTS : UN ENJEU CLIMATIQUE ET DE SANTÉ PUBLIQUE

Les émissions du secteur du transport représentent aujourd'hui environ **un tiers des émissions de gaz à effet de serre en France**. En 2015, les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers étaient responsables de 77 % des émissions du secteur du transport routier, les véhicules lourds représentant quant à eux 22 % de ces émissions¹. Ce secteur est le seul dont les émissions ont augmenté de façon continue depuis 1991. En 2017, s'agissant des véhicules mis en circulation en Europe, les émissions moyennes de CO₂ par kilomètre parcouru ont augmenté de 0,4 gCO₂/km par rapport à 2016 et atteignaient désormais 118,5 gCO₂/km.

Cette augmentation marque un coup d'arrêt à 6 années de baisses consécutives de ces émissions en Europe. Cette inversion a une double origine. Tout d'abord, pour la première fois depuis 2010, les véhicules essence, plus émetteurs (121,6 gCO₂/km), ont été plus vendus que les modèles diesel (117,9 gCO₂/km). Ensuite, ces derniers ont vu leur consommation de carburant augmenter² entraînant mécaniquement une augmentation des émissions de CO₂ (+1,1 gCO₂/km entre 2016 et 2017). En France, l'augmentation des émissions a été supérieure à la moyenne européenne (+0,6 gCO₂/km).

Figure 1 : Evolution des émissions de gaz à effet de serre par secteur en France depuis 1991
(source : SDES, CCTN 2017 d'après CITEPA avril 2017)



Note de lecture : Indices base 100 en 1991

Au-delà des enjeux climatiques, les transports ont un rôle crucial à jouer dans l'amélioration de la qualité de l'air : en France, les transports sont responsables de 16 % des émissions de particules fines PM10, 19 % des émissions de particules PM2,5³ et 59 % des émissions d'oxydes d'azote NOx, avec une concentration particulièrement élevée dans les grandes agglomérations. La pollution de l'air est responsable de **48 000 décès prématurés par an en France**⁴. A cela s'ajoutent les conséquences sanitaires souvent négligées du bruit généré par les transports, chiffrées au niveau européen à 40 milliards d'euros par an par l'Agence Européenne de l'Environnement. Selon l'ADEME, le transport routier est responsable de plus de la moitié (environ 54 %) de la pollution sonore en France.

Au niveau national, afin de répondre à ce triple défi, annoncé le 6 juillet 2017, le Plan Climat du Gouvernement, préparé à la demande du Président de la République, vise notamment « *la fin de la vente des véhicules émettant des gaz à effet de serre d'ici à 2040* ». Ce plan climat fait de la **mobilité propre accessible à tous** un des leviers majeurs de la réussite de la décarbonation de l'économie française comme cela est porté également par le scénario issu de la

stratégie nationale bas carbone. Le véhicule électrique est dans ce cadre une solution incontournable pour répondre à ces enjeux de décarbonation et de qualité de l'air et notamment car :

1. **En fonctionnement, les véhicules électriques n'émettent ni CO₂ ni particule.** En outre, bénéficiant d'un frein moteur plus important, ils émettent également significativement moins de particules liées au freinage et, enfin, sont très peu bruyants
2. Sur le plan énergétique, **la chaîne de traction électrique est largement plus efficace que la chaîne thermique** (le rendement d'un moteur électrique est environ trois fois plus important que celui d'un moteur thermique) ;
3. **La France bénéficie d'un mix de production d'électricité largement décarboné**⁵ et l'industrie électrique européenne s'est engagée dans une démarche de décarbonation du mix d'ici à 2045 ;
4. Enfin, le développement significatif de l'électromobilité dans certaines parties du monde, notamment en Chine et dans les pays scandinaves, crédibilisent une politique d'électrification massive des transports en Europe et en France, cette dernière devant et pouvant y occuper un rôle prépondérant.

Il convient de noter que le véhicule électrique à batterie n'est pas la seule solution répondant à la problématique de décarbonation du secteur des transports. En effet, les véhicules à pile à combustible utilisant de l'hydrogène « décarboné » présentent également des atouts notamment sur le segment des véhicules utilitaires légers et le transport lourd et/ou longue distance. De même, s'ils sont moins pertinents du point de vue de l'amélioration de la qualité de l'air et des nuisances sonores dans les milieux urbains, les véhicules circulant au biogaz ainsi que ceux utilisant des biocarburants, tous deux présentant

des caractéristiques et des perspectives d'évolutions différentes, font partie des solutions pour réduire, à tout le moins en partie, les émissions de GES dans les transports. Toutefois, de nombreuses questions existent quant au rythme de développement de ces technologies dans la mobilité (disponibilité et sécurité des infrastructures de recharge, capacité à fournir de l'hydrogène « vert » ou du biogaz dans des quantités suffisantes, compétitivité des différentes solutions). Ces technologies existantes ou à venir ayant un impact moindre voire nul sur le système électrique ne seront pas abordées dans le présent document.

B. LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE : UNE SOLUTION PRÉSENTANT UN BILAN CARBONE FAIBLE SUR SON CYCLE DE VIE

Si dans une logique d'émissions en phase de roulage, les véhicules électriques présentent des avantages indéniables pour améliorer la pollution à l'usage et diminuer les émissions de CO₂, il est important qu'ils soient également une solution pertinente lorsque l'on considère des analyses en cycle de vie, c'est-à-dire intégrant également la phase de production, de recyclage et de déconstruction de ces véhicules et de leurs composants. Pour ce faire, il convient alors de prendre en compte également les émissions liées à la production des batteries qui est une étape énergivore et actuellement quasi-exclusivement réalisée dans les pays d'Asie caractérisés par un mix électrique plus carboné que celui existant en France. **De nombreuses études comparant les véhicules thermiques et les véhicules électriques grâce à une analyse en cycle de vie montrent la pertinence des véhicules électriques du point de vue environnemental.** Sans pour autant prétendre être exhaustif, sont synthétisés ci-dessous les résultats de différentes études sur le sujet.

Comme expliqué dans un rapport du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) paru en 2017 sur l'analyse coûts / bénéfices des véhicules électriques⁶, en considérant les trois sources d'émissions de gaz à effet de serre identifiées, à savoir la production des batteries, la phase amont (extraction, transport et raffinage du carburant, production de l'électricité) et la phase de circulation (combustion du carburant), les véhicules électriques permettent d'envisager, grâce au mix électrique français particulièrement décarboné, une forte réduction des émissions en cas de développement de la mobilité électrique. **L'étude du CGDD montre que, en considérant un véhicule particulier qui roule 13 000 km / an durant 16 ans⁷, les émissions de CO₂**

seraient divisées par 5 en tenant compte du cycle de vie des véhicules (production de l'énergie et de la batterie).

En décembre 2017, la fondation pour la Nature et l'Homme et la fondation européenne pour le climat, en partenariat avec de nombreux acteurs tels que SAFT, Avere France, le groupe Renault et RTE, ont publié une étude comparant les émissions en tonnes-équivalent CO₂ des véhicules thermiques et électriques (citadines et berlines) en 2016 et à l'horizon 2030 en France⁸. Cette étude, qui tient également compte de la phase de recyclage des batteries, montre qu'aussi bien en 2016 qu'en 2030, les véhicules thermiques présentent des potentiels de réchauffement climatique plus important que **les véhicules électriques ou hybrides rechargeables, ces derniers étant, en fonction des scénarios de l'étude, deux à trois fois moins polluants que les véhicules thermiques.** Afin de prendre en compte des mix électriques différents, cette étude a été prolongée en considérant les caractéristiques du Royaume-Uni, de l'Italie et de l'Union européenne⁹. Il ressort de cette étude complémentaire que, y compris lorsque sont pris en compte des mix électriques plus carbonés que celui existant en France, les véhicules électriques présentent une empreinte carbone moindre que les véhicules thermiques et que les véhicules à hybridation légère (hybrides non rechargeables)¹⁰.

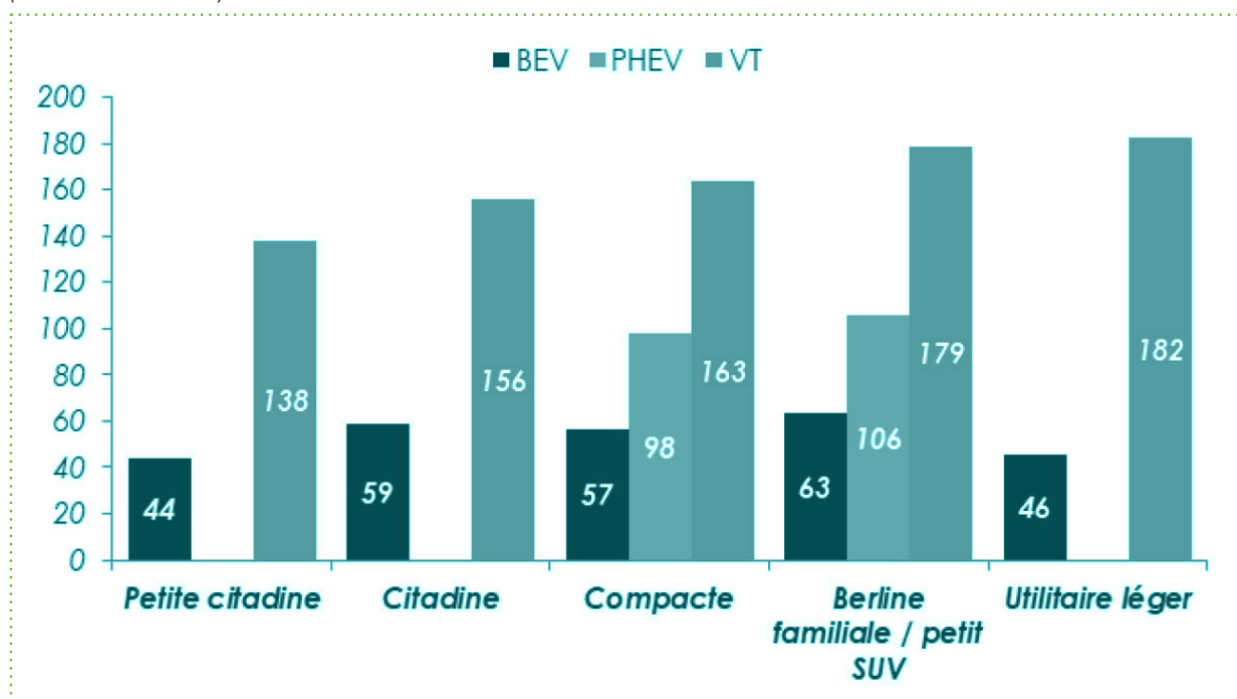
Plus récemment, l'IFP Energies Nouvelles et l'ADEME ont également publié une étude visant à comparer les émissions en termes de CO₂ des véhicules électriques, véhicules hybrides rechargeables, véhicules thermiques et véhicules à hybridation légère dans le cadre d'une utilisation urbaine des véhicules¹¹. Cette étude présente également

l'intérêt d'analyser différentes motorisations des bus utilisés pour le transport urbain. S'agissant de l'impact environnemental des différents types de motorisation, **les véhicules électriques et hybrides rechargeables sont, sur les différents segments étudiés, significativement moins émetteurs de CO₂ que les véhicules thermiques, ce constat prévalant également pour les bus.**

Enfin, en collaboration avec EDF, le cabinet de conseil Carbone 4 a étudié les écarts en termes d'empreinte carbone des véhicules thermiques et des véhicules électrifiés en France à l'horizon 2030 sur l'ensemble du cycle de vie des véhicules c'est-à-dire en intégrant à la fois le recyclage des batteries – cette obligation existe déjà dans la réglementation européenne – et des

voitures ainsi que l'empreinte carbone des centrales électriques et pas seulement leur utilisation. En tenant compte du recyclage des batteries qui permet de réduire les impacts liés à la production des batteries, l'étude conclut que **le rapport des émissions totales entre un véhicule léger électrique et un véhicule léger thermique est compris entre un facteur 2,5 et un facteur 4 (cf. infra).** A l'instar d'autres études sur le sujet, la présente étude souligne l'importance de disposer de mix électrique décarboné comme cela est le cas en France et l'impact positif du nombre de kilomètres effectués avec le véhicule pour accroître l'effet positif des véhicules électriques en termes de réduction d'émissions.

Figure 2 : Emissions de carbone en ACV par segment et par motorisation en gCO₂e/km en France à l'horizon 2030 (source : Carbone 4)



Note de lecture : BEV correspond à la version 100 % électrique (à batterie), PHEV à la version hybride rechargeable et VT à la version thermique de la catégorie de véhicules étudiée.

C. UNE RÉGLEMENTATION EN FAVEUR DE LA PROGRESSION DU MARCHÉ DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

En dépit des avantages que représentent les véhicules électriques tant du point de vue de la qualité de l'air, de la réduction des nuisances sonores que de la réduction des émissions de gaz à effet de serre – y compris en considérant des analyses en cycle de vie des véhicules, les parts de marché restent en France relativement modestes. En effet, en 2017, les ventes de véhicules électriques à batterie (voitures particulières et véhicules utilitaires légers) représentaient 1,2 %

des immatriculations totales de l'année alors que les véhicules hybrides rechargeables représentaient quant à eux 0,51 % des immatriculations¹².

Toutefois **l'évolution de la réglementation au niveau tant national qu'europpéen démontre la volonté des pouvoirs publics d'accélérer le déploiement de l'électromobilité.** Tel est le cas du Contrat Stratégique de Filière signé en mai 2018 par la plateforme de la filière automobile et mobilités (PFA)

et le gouvernement français qui fixe des objectifs de croissance des parts de marché de l'électromobilité dans un horizon de court terme. Ce contrat stratégique contient notamment un double engagement :

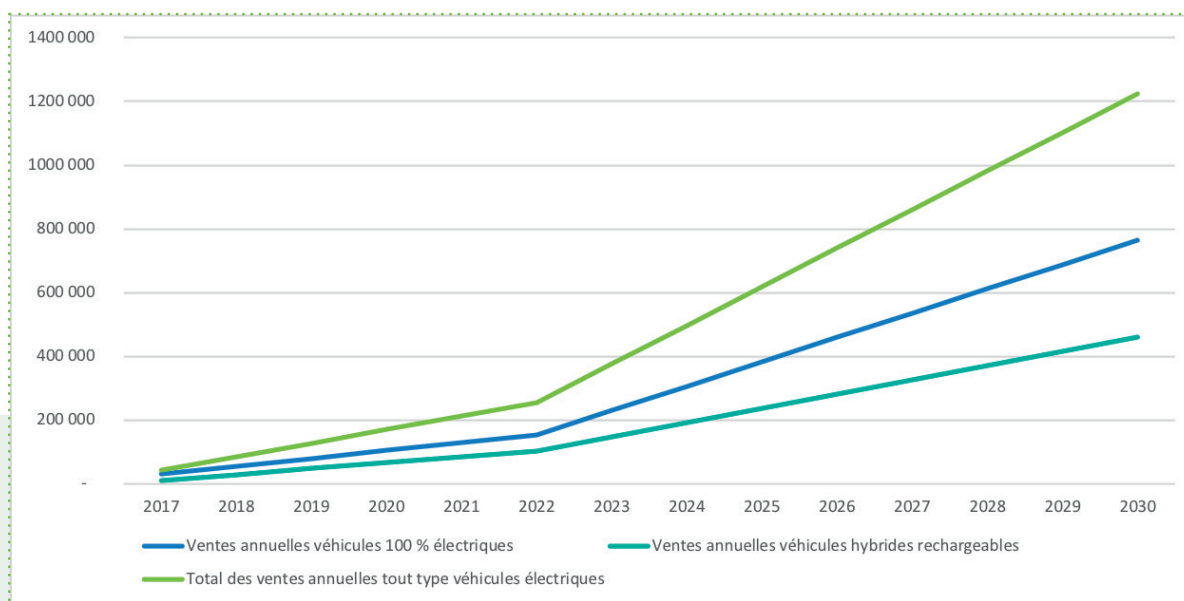
- Celui de la filière automobile française de multiplier par 5 les ventes de véhicules électrifiés d'ici à 2022 afin d'atteindre une part de marché de 6 % pour les véhicules électriques à batterie et de 4 % pour les véhicules hybrides rechargeables. En suivant ces objectifs, les véhicules électriques en circulation représenteraient 600 000 unités et les véhicules hybrides rechargeables 400 000 unités à cet horizon.
- Celui des pouvoirs publics français de faciliter l'installation des points de charge accessibles au public et que ceux-ci soient au nombre de 100 000 d'ici à 2022.

A moyen terme, s'agissant des voitures et des véhicules utilitaires légers, la réglementation européenne en matière de réduction des émissions à laquelle est adossé un objectif de ventes de véhicules faibles émissions¹³ va représenter un accélérateur en termes de développement de véhicules électriques. Les véhicules neufs vendus par les constructeurs en Europe devront présenter des émissions moyennes inférieures de 37,5 % par rapport à l'objectif d'émissions fixé pour 2021

(95 gCO₂/km), soit des émissions moyennes d'environ 59 gCO₂/km. De plus, les véhicules vendus devront intégrer au moins 35 % de véhicules zéro émission ou véhicules hybrides rechargeables. A plus long terme, en France, s'agissant des véhicules particuliers, la stratégie nationale bas carbone fait de l'objectif de « *fin de ventes des véhicules émettant des gaz à effet de serre à l'horizon 2040* » porté par le plan Climat précité un des points de passage clés garantissant l'atteinte de la neutralité carbone nécessaire pour maintenir la hausse de température inférieure à 1,5 °C¹⁴. **Cet objectif pour 2040 a été rappelé par le gouvernement français lors de la présentation du projet de loi d'orientations des mobilités (LOM) et de la programmation pluriannuelle de l'énergie les 26 et 27 novembre 2018.**

Au-delà de la réglementation, il est pertinent de s'intéresser aux projections des constructeurs automobiles en matière de développement du marché des véhicules électriques ou hybrides rechargeables. **A l'horizon 2030, selon la PFA, dans un scénario intermédiaire dit « *Green Constraint* », les véhicules électriques à batterie devraient représenter 30 % des ventes de véhicules en France. Les véhicules hybrides rechargeables quant à eux devraient représenter 18 % de part de marché.**

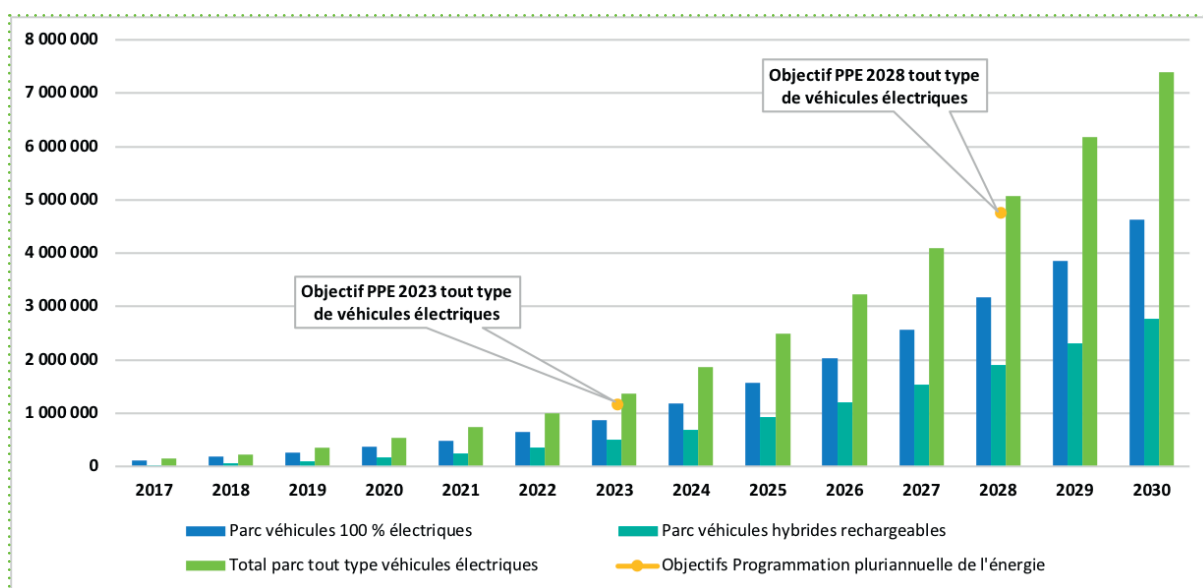
Figure 3 : Evolution des ventes de véhicules électriques et hybrides rechargeable à l'horizon 2030 (source PFA, calcul UFE)



En supposant un volume annuel d'immatriculation constant, ces projections de croissance du marché des véhicules électriques et hybrides rechargeables correspondent à un parc de véhicules électrifiés d'environ 7,4 millions d'unités en 2030. En supposant un parc de véhicules constant à cet horizon (soit 38,9 millions de voitures et véhicules utilitaires légers), les véhicules électrifiés représenteraient alors environ 19 % du parc total. Présentée le 27 novembre

dernier, la programmation pluriannuelle de l'énergie emporte deux objectifs de développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables. Ces objectifs fixés pour 2023 et 2028 visent un parc roulant composé respectivement de 1,2 million et de 4,8 millions de véhicules électriques. Ces données d'évolutions du parc automobile électrifié sont représentées dans la Figure 4 ci-dessous.

Figure 4: Evolution du parc de véhicules électriques et hybrides rechargeable à l'horizon 2030 (sources AAAData, PFA ; calcul UFE)



Le marché des véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers n'est pas le seul à connaître une évolution du mix énergétique. En effet, **les bus qui sont au cœur de la politique de mobilité urbaine et interurbaine sont concernés par la nécessité de réduire les émissions de ces moyens de transports.** Si elle est aujourd'hui marginale en France, la part de marché des bus propres en premier lieu desquels les bus électriques sera portée à la hausse aussi bien par la réglementation que par les initiatives locales de verdissement du parc des moyens de transports collectifs. Au niveau européen, la révision de la directive véhicules propres impose aux acheteurs publics (Etat, collectivités, entreprises publiques) ou aux entreprises titulaires d'une délégation de service public des quotas nationaux d'achat de véhicules propres intégrant notamment les véhicules électriques. Bien que les voitures soient aussi

concernées, ce texte est particulièrement important pour les bus. En l'état des négociations, le Parlement européen introduit des sous objectifs de bus zéro-émission : il propose que 66 % des bus propres soient zéro émission ou circulant au biométhane en 2025 et à 75 % d'ici en 2030, les bus circulant au biométhane ne pouvant excéder à cet horizon 30 % du volume acheté. Plus localement, des initiatives telles que celle de la RATP et de la ville de Paris sont autant de moteurs du déploiement des bus électriques¹⁵. La RATP, la ville de Paris et Ile-de-France Mobilités (ex-STIF) se sont engagés à disposer en 2025 d'un parc composé aux deux tiers de bus électriques (soit plus de 3 100 bus¹⁶), le tiers restant étant composé de bus circulant au bio-GNV. En France, d'autres villes telles que Lyon, Marseille, Amiens ou encore Nantes ont prévu d'ici à 2025 la mise en service de plusieurs centaines de bus électriques dans chacune de ces villes.

Enfin, s'agissant du transport lourd de marchandises, la réglementation en cours de négociation tant au niveau européen – notamment le règlement sur les standards d'émissions de CO₂ des véhicules lourds de plus de 16 tonnes – qu'au niveau national – via les zones de circulation restreinte et les objectifs fixés dans la stratégie nationale bas carbone – contribue à faire évoluer les technologies utilisées dans le parc de camions français qui est composé en 2017 de 540 000 véhicules dont le tonnage est supérieur à 5 tonnes. Au niveau européen, la Commission Environnement du Parlement européen a adopté une réduction de 35 % en 2030 par rapport au niveau de 2019 avec un sous-objectif de 20 % de camions zéro et basses émissions dans les flottes des constructeurs à l'horizon 2030. La Commission européenne proposait quant à elle un objectif de 30 % de réduction en 2030 sans sous-objectif mais avec un principe de super-crédit dans la prise en compte des camions zéro-émissions dans

l'atteinte des objectifs de réduction d'émissions de CO₂. Au niveau national, la Stratégie nationale bas carbone considère qu'il serait nécessaire d'électrifier 30 % du parc de camions à l'horizon de 2050 afin d'atteindre les objectifs de décarbonation de l'économie française. Toutefois au regard des incertitudes existantes quant à l'évolution des énergies utilisées dans le transport de marchandises y compris à court terme, ce segment ne sera pas abordé dans le présent document.

Ces données relatives à l'évolution des marchés démontrent que les véhicules électriques auront une place importante voire prépondérante dans la mobilité de demain quand bien même ils seraient concurrencés par d'autres technologies. Du point de vue du système électrique, l'intégration de ces véhicules, dans des proportions de plus en plus importantes, peut représenter un nouvel enjeu qu'il faut prendre en compte.



ALORS, L'ÉLECTRIFICATION DE LA MOBILITÉ : VÉRITABLE RÉVOLUTION POUR LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE OU ÉVOLUTION POSITIVE ?



2.

L'intégration des véhicules électriques dans le système électrique : de la faisabilité à l'opportunité

Une électrification poussée de la mobilité, qu'il s'agisse du transport routier de voyageurs ou du transport léger de marchandises ne présente pas de difficultés en termes de consommation additionnelle d'énergie tant au niveau européen qu'au niveau français. A horizon 2035, ces nouveaux usages de l'électricité ne représenteront pas plus de 8 % à 9 % de la consommation totale.

Si la question des appels de puissance peut apparaître comme étant *a priori* dimensionnante, les analyses menées aussi bien au niveau local qu'au niveau national démontrent que le système électrique est et sera en mesure d'absorber à un coût raisonnable, et grâce à un management adéquat de la recharge, les appels de puissance provenant de la recharge des véhicules électriques sans risquer de coupure.

De plus, les solutions de pilotage de la recharge permettront aux propriétaires de véhicule électrique qui les choisiront, et dans une moindre mesure aux gestionnaires du bâtiment où le véhicule fera sa charge, de bénéficier pleinement des opportunités offertes par ces véhicules (optimisation du coût et des délais de raccordement, nouvelles opportunités économiques). Du point de vue du système électrique, le pilotage de la recharge permet de créer des synergies en créant de nouvelles flexibilités de la demande, facilitant par exemple l'intégration des EnR variables.

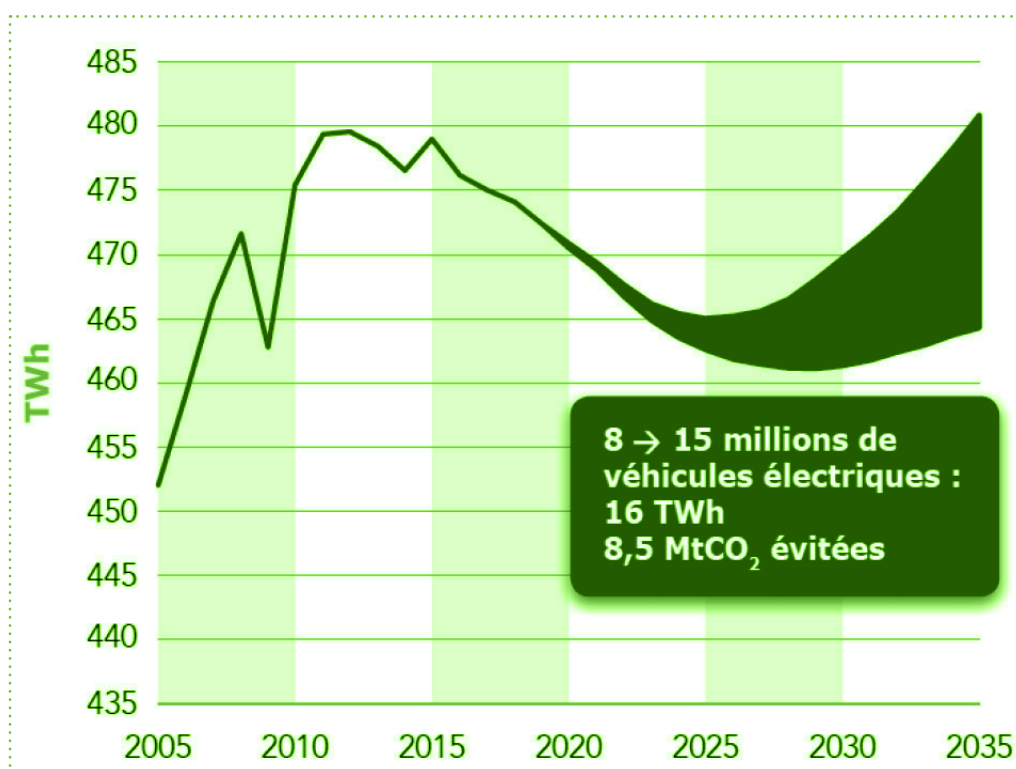
A. LA MASSIFICATION DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES N'EST PAS UN ENJEU EN TERMES DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La consommation des véhicules électriques dépend des distances parcourues par les utilisateurs ainsi que de la performance énergétique des véhicules électriques (en kWh/km parcouru). En supposant un kilométrage annuel moyen d'environ 13 000 km et une performance énergétique des voitures particulières d'environ 18 kWh/100 km, un véhicule électrique consomme environ 2,3 MWh par an. Ce niveau de consommation est proche de celui d'un chauffe-eau électrique dont la consommation annuelle moyenne est d'environ 2,4 MWh par an.

Dans son bilan prévisionnel publié en 2017, RTE estime que, dans un scénario considérant un parc de véhicules électriques d'environ 15 millions d'unités à l'horizon 2035, soit environ 40 % du parc de voitures et de véhicules utilitaires légers

(VUL), ceux-ci représenteraient environ 7 % de la consommation nationale d'électricité sur le même horizon (soit 34,4 TWh)¹⁷. Au regard des économies d'énergie engagées par ailleurs, cette consommation supplémentaire pourrait être absorbée sans pour autant nécessiter une croissance significative du parc de production d'électricité en France. Il convient de souligner que les hypothèses de développement de véhicules électriques prises en compte par RTE sont conformes avec les hypothèses de croissance du parc électromobile de la filière automobile. **En considérant les hypothèses présentées ci-dessus, l'électromobilité en 2030, générerait une consommation annuelle supplémentaire comprise entre 16 TWh et 17 TWh (environ 3,4 % de la consommation nationale).**

Figure 5 : Evolution de la consommation française d'électricité à l'horizon 2035 (source : RTE)



Note de lecture : Le passage d'un parc de véhicules électrifiés de 8 à 15 millions d'unités engendre une consommation supplémentaire d'électricité d'environ 16 TWh et une économie de 8,5 MtCO₂.

S'agissant du transport routier de voyageurs, circulent aujourd'hui en France entre 90 000 et 100 000 autobus et autocars. Leur kilométrage moyen est d'environ 33 000 km par an¹⁸. Selon une étude de Bloomberg New Energy Finance parue en mars 2018, la consommation moyenne des bus électriques est comprise entre 120 kWh/100 km et 130 kWh/100 km¹⁹.

Ainsi, en supposant que l'intégralité du parc des autobus et autocars soit électrifiée, cela représenterait une consommation d'électricité additionnelle comprise entre 3,5 et 4,3 TWh par an, soit moins de 1 % de la consommation nationale d'électricité en France en 2017.

Au niveau européen, en considérant des hypothèses similaires à celles retenues par RTE dans son bilan prévisionnel précité, **l'électrification de la mobilité représenterait environ 220 TWh, soit 7,2 % de la**

consommation totale européenne. Cette croissance supplémentaire de demande au niveau européen supposerait que la production d'électricité augmente de 0,4 % par an. Ce chiffre est à comparer à la croissance annuelle de la production d'électricité européenne qui s'élève à environ 1,3 % par an depuis 1990. Cette même consommation représenterait en 2035 **seulement 11 % de la production totale européenne d'électricité provenant d'énergies renouvelables.**

En somme, il ressort de ce qui précède qu'**une électrification poussée de la mobilité, à tout le moins s'agissant du transport routier de voyageurs et du transport léger de marchandises, tant au niveau européen qu'au niveau français, ne représente pas un enjeu en termes de consommation d'énergie.**

B. DES APPELS DE PUISSANCE GÉRABLES ET OPTIMISÉS GRÂCE AU PILOTAGE DE LA RECHARGE

La gestion des appels de puissance et les atouts du pilotage de la recharge

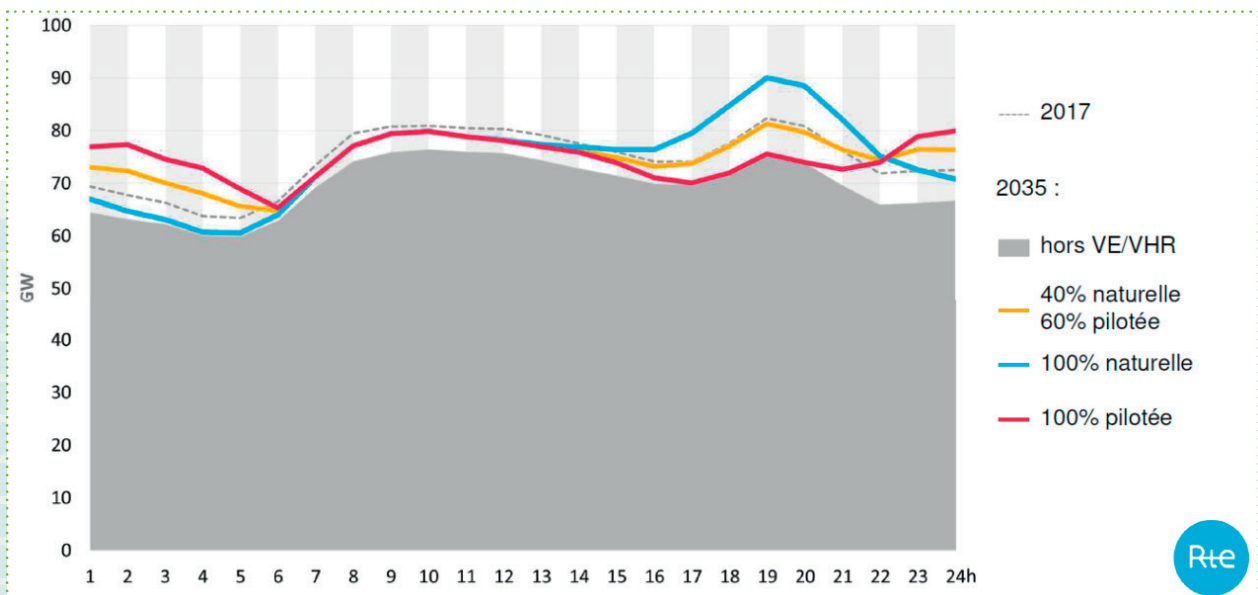
L'appel de puissance des véhicules électriques, corrélé à la vitesse de recharge de ces véhicules, dépend du nombre et de la puissance unitaire des points de recharge ainsi que de la répartition des bornes de recharge entre les différentes catégories à savoir points de charge à domicile (généralement de faible puissance), sur le lieu de travail (puissance faible à moyenne) et ouverts au public (puissance moyenne à forte). Pour des vitesses de recharge actuellement disponibles, l'appel de puissance peut être équivalent à un chauffe-eau électrique pour une vitesse de recharge normale (habituellement celle privilégiée pour les installations à domicile entre 3 et 7 kVA) ou bien correspondre à la puissance nécessaire pour alimenter environ 20 logements lorsqu'il s'agit de systèmes de recharge rapide (point de charge à 150 kVA).

Les appels de puissance provenant des véhicules électriques – par exemple le soir lorsque les consommateurs mettent en charge leur véhicule à leur domicile – sont présentés comme étant *a priori* une question plus sensible du point de vue du système électrique. Selon les projections de RTE dans son bilan prévisionnel, la recharge naturelle – c'est-à-dire non pilotée – des véhicules électriques augmenterait, à l'horizon 2035, la pointe de demande du soir d'environ 20 GW, celle-ci atteignant donc 90 GW pour un jour ouvrable de janvier à température

de référence. A l'horizon 2030, au regard des projections de parc de véhicules présentées supra (soit entre 7 et 8 millions de véhicules électrifiés), cet impact sur le système électrique serait deux fois moins important. Si les pointes de consommation qui en découleraient sont inférieures aux pics extrêmes de consommation connus en France (un peu plus de 100 GW), le pilotage de la recharge des véhicules électriques permet de garantir que le pic de puissance maximum permis par le système électrique ne soit jamais dépassé.

La recharge des véhicules électriques peut en effet faire l'objet d'un pilotage, c'est-à-dire d'une gestion dans le temps des quantités d'énergie soutirées. Si tel est le cas, l'intégration des véhicules électriques peut être « neutre » pour le système électrique²⁰. En effet, comme il ressort de la figure ci-dessous issue du bilan prévisionnel de RTE, dans le scénario considéré précédemment, dès lors que 60 % des recharges fait l'objet d'un pilotage, le déploiement des véhicules électriques n'aurait, en 2035, qu'un impact limité sur la pointe de consommation usuellement constatée en fin de journée, celle-ci ne dépassant pas la point de consommation observée en 2017. L'impact serait même nul si l'ensemble des véhicules électriques bénéficie du pilotage de la recharge. L'analyse au niveau local est similaire : les appels de puissance supplémentaires liés aux véhicules électriques au niveau local sont aisément absorbés grâce au pilotage d'une partie de la recharge des véhicules électriques.

Figure 6 : Courbe de charge nationale avec un parc de 15 millions de VE en fonction du type de recharge (Source : RTE)



En outre, s'il permet de lisser la demande en électricité des véhicules électriques à batterie ou hybrides rechargeables, **le pilotage de la recharge bénéficie également aux demandeurs de raccordement des infrastructures de recharge. En effet, ces dispositifs qui garantissent la maîtrise des appels de puissance permettent également d'optimiser les puissances de raccordement des points de charge, et donc d'en limiter le coût pour le demandeur mais aussi d'accélérer la procédure de raccordement.** Cela est d'autant plus vrai dans le cas d'installation de plusieurs bornes de recharge (notamment dans les parkings privés ou publics) où le foisonnement et le pilotage permettent d'optimiser les coûts de raccordement. Cet avantage pour les opérateurs des bornes de recharge ou les utilisateurs des véhicules électriques pourra éventuellement être accru si la structure du Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Electricité (TURPE) est améliorée afin que ce dernier reflète au mieux les différences de coûts associés aux puissances souscrites (*cf. infra*)²¹.

En somme, si la question des appels de puissance peut apparaître comme étant *a priori* dimensionnante, les analyses menées aussi bien au niveau local qu'au niveau national démontrent que **le système électrique est et sera en mesure d'absorber à un coût raisonnable les appels de puissance provenant de la recharge des véhicules électriques** grâce à la mise en œuvre d'un pilotage de tout ou partie des véhicules électriques. Si les utilisateurs optent pour **un pilotage de la recharge**, ce dernier **permet non seulement d'optimiser la recharge des véhicules électriques du point de vue du système électrique mais aussi de réduire les coûts et les délais de raccordement.**

Les différentes modalités de pilotage de la recharge

Le pilotage de la recharge peut être de nature différente : i) le pilotage peut être unidirectionnel (on parle alors de V1G), c'est-à-dire qu'il détermine seulement si le véhicule soutire ou s'efface ; ii) le pilotage peut se faire de manière bidirectionnelle (on parle alors de V2G par exemple), dans ce cas, en plus de la gestion dans le temps de la recharge, le pilotage peut conduire le véhicule à réinjecter de l'énergie dans le réseau. Bien sûr le niveau de finesse et de flexibilité est plus important dans le cas du pilotage bidirectionnel. Toutefois quelle qu'en soit la nature, **le recours au pilotage de la recharge nécessite que le propriétaire du véhicule ait une volonté et/ou une incitation à la flexibilité ou alors que celle-ci soit intégrée dans une gestion optimisée de l'énergie au sein d'un bâtiment.**

S'agissant dans un premier temps du pilotage unidirectionnel, celui-ci est déjà disponible en France grâce aux signaux tarifaires du type « heures pleines/heures creuses » utilisés depuis des décennies pour gérer les chauffe-eaux électriques. En France, un peu moins d'un foyer sur deux bénéficie déjà de ce type de contrat basé sur des différentiels horaires de prix et la quasi-totalité des foyers dispose d'un compteur permettant la souscription de ce type d'offre. Avec le développement de l'électromobilité, certains fournisseurs d'électricité ont déjà élaboré des contrats de fourniture d'électricité adaptés à la recharge des véhicules électriques. Ce mouvement tendra à se poursuivre à mesure que la part de marché de ces véhicules croîtra puisque ces derniers permettront de faire émerger des mécanismes de valorisation de la flexibilité de la recharge. **Afin de créer les incitations nécessaires à ce que les consommateurs choisissent des offres adaptées et permettant le pilotage tarifaire, il convient que les différentiels de prix soient suffisants pour que le décalage de la recharge représente une opportunité économique pour les utilisateurs de véhicules électriques.** Pour cela, le déploiement des compteurs communicants tels que Linky permettra aux fournisseurs d'électricité de proposer des contrats avec un nombre d'options différenciées plus important – et plus proche des différents usages envisageables – ce qui pourra ainsi accroître les incitations des utilisateurs de véhicules électriques à éventuellement décaler leur recharge.

Au-delà, la recharge intelligente, définie dans la réglementation française comme étant « *une charge de véhicule électrique contrôlée par une communication afin de répondre aux besoins des utilisateurs en optimisant les contraintes et les coûts des réseaux et de la production d'énergie au regard des limitations du système et de la fiabilité de l'alimentation électrique* »²² permettra d'affiner le pilotage de la recharge. Bien que définie dans la réglementation, le pilotage de la recharge et son essor nécessitent que certaines conditions soient réunies. Tout d'abord, le rôle des différents acteurs (gestionnaire de réseau, fournisseur d'électricité, constructeur automobile, opérateurs de bornes) mériterait d'être clarifié dans un cadre réglementaire. Ensuite, **l'installation dans les lieux de parking privé d'une borne de recharge permettant cette communication²³ doit être favorisée au détriment du recours à une simple prise murale renforcée.** Cela est d'autant plus pertinent pour les recharges s'effectuant dans le domaine privé qui représente environ 80 % à 90 % des recharges et qui sont caractérisées par des temps de charge disponible *a priori* plus important et donc

plus propice à l'étalement dans le temps. Enfin, le pilotage de la recharge se base sur la communication entre, d'une part, les réseaux électriques et, d'autre part, les points de recharge et/ou les véhicules. Pour garantir l'effectivité de cette communication il est important que soient développées et généralisées des normes de communication adéquates. En effet, si le cadre réglementaire comporte déjà des dispositions afférentes au contrôle de la recharge, celles-ci concernent principalement les bornes ouvertes au public sans clairement définir les signaux sur lesquels les bornes devraient s'appuyer pour moduler la recharge, de façon temporaire ou pas (*cf. infra*).

En ce qui concerne le pilotage bidirectionnel, les véhicules électriques grâce aux batteries qu'ils emportent offrent des capacités de stockage très importantes de plusieurs centaines de gigawattheures (dans le cadre d'un parc d'environ 8 millions de véhicules), contribuant ainsi à une nouvelle source de flexibilité pour le système électrique grâce au développement de solutions du type Vehicle-to-Grid (V2G), Vehicle-to-Home (V2H) ou Vehicle-to-Building (V2B). D'une part, ces solutions pourraient permettre aux véhicules électriques, couplés à des systèmes de comptage adéquats, de participer aux services systèmes (réglage de fréquence par exemple) à l'instar des solutions de stockage stationnaire ou des Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP). D'autre part, en permettant de décaler la recharge et/ou réinjectant de l'énergie dans les réseaux, les véhicules électriques pourraient à terme participer au marché de l'énergie et ainsi bénéficier d'une source de

rémunération complémentaire. Les expérimentations afférentes à ces solutions qui existent aujourd'hui en Europe, et devraient également se développer en France, permettront de répondre à certaines questions inhérentes à ces avancées technologiques telles que notamment le modèle économique de ces services, le partage de la valeur entre l'utilisateur de la voiture électrique et l'agrégateur ou encore l'impact de la multiplication des cycles sur la durée de vie des batteries²⁴. De même de nombreuses études sont menées actuellement afin de quantifier la valorisation de ces nouveaux services pour les utilisateurs des véhicules électriques ou hybrides rechargeables.

Enfin, **l'intérêt principal que peuvent représenter les véhicules électriques du point de vue du système électrique est leur intégration dans des démarches plus globales de décarbonation de la consommation d'énergie en étant par exemple complémentaire de l'installation de production décentralisée (ex. : solaire) dans le secteur diffus.** Au regard de la consommation moyenne d'un foyer français (environ 5 600 kWh par an, soit 15 kWh par jour), l'énergie contenue dans la batterie d'un véhicule électrique représente plusieurs jours de consommation stockée et peut donc ainsi prendre le relais de source de production décentralisée. De façon générale, **les synergies qui existent entre les véhicules électriques et le système électrique sont autant d'atouts pour celui-ci dans le cadre de la transition qu'il opère via notamment la croissance de la part des EnR variables dans le mix électrique et le besoin de sources de flexibilités qui en résulte.**



3.

La question de l'accès à la recharge : des besoins croissants et des réseaux capables d'accueillir les bornes

Les perspectives de croissance du marché de l'électromobilité conduisent nécessairement à anticiper des besoins croissants en termes d'infrastructures de recharge. La dualité en matière de recharge qui dépend de l'appétence de chaque utilisateur de véhicule électrique nécessite que tant les infrastructures de recharge publiques que privées soient développées.

S'agissant des infrastructures publiques, celles-ci nécessitent que soit planifié à moyen terme leur déploiement afin de tenir compte des besoins de mobilités et la prévention des zones blanches. Ceci permettra en outre d'avoir une intégration optimisée car anticipée dans les réseaux électriques.

S'agissant des bornes de recharge privées, il est nécessaire que soit facilitée leur installation pour garantir le décollage de l'électromobilité et le bénéfice que ces véhicules offrent (notamment pilotage de la recharge).

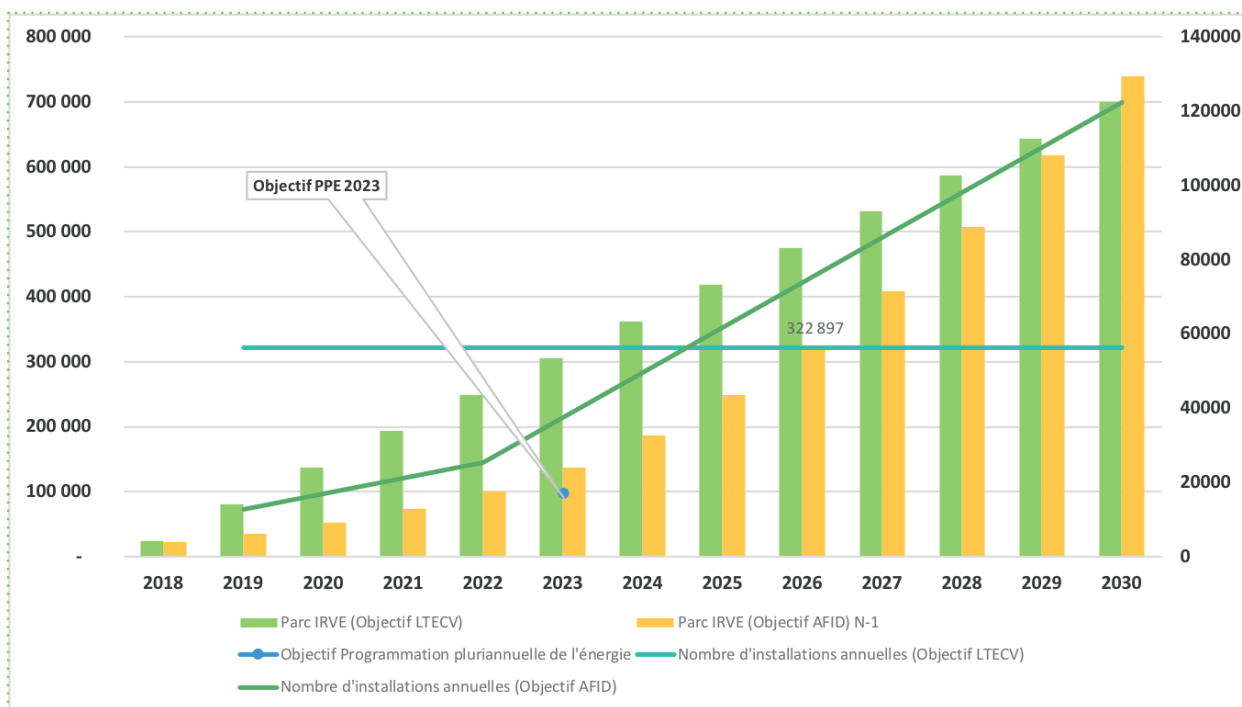
Enfin, afin que les utilisateurs des véhicules électriques et le système électrique puissent profiter pleinement des atouts de l'électromobilité, il convient que les enjeux tarifaires, d'interopérabilité et de sécurité soient pris en compte suffisamment tôt.

A. LE DÉVELOPPEMENT DES POINTS DE CHARGE

Le développement à grande échelle des véhicules électriques qui se dessine tant au regard de l'évolution de la réglementation que des perspectives de marché nécessite que le déploiement des infrastructures de recharge soit accéléré et entre dans une phase de développement industriel. **Contrairement aux véhicules thermiques, le véhicule électrique présente l'avantage de pouvoir être rechargé aussi bien dans un lieu public (station, parking d'un centre commercial, voies publiques) que dans un lieu privé (à domicile ou sur le lieu de travail).** Il est aujourd'hui délicat de déterminer « un nombre d'or » en matière de nombre de points de charge par typologie (publics vs privés, vitesse de recharge) en raison notamment de l'évolution des usages (recharge dans le domaine privé ou public, développement des nouveaux services de mobilité comme l'autopartage) ou des caractéristiques de batteries (taille et puissance). Toutefois, certains

éléments issus de la réglementation permettent de disposer d'un ordre de grandeur quant aux besoins à venir. En effet, au regard des objectifs fixés dans la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), le nombre de points de charge en 2030 devrait atteindre environ 7 millions d'unités dont 10 % accessibles au public. Pour ces derniers, cela représente un rythme d'environ 56 000 points de charge installés par an d'ici à cet horizon. Si l'on se réfère aux données relatives aux perspectives de marché, soit environ 7,4 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables, il conviendrait d'installer 740 000 points de charge afin de respecter les critères fixés par la directive relative aux infrastructures de carburants alternatifs²⁵, la croissance des points de charge devant accompagner la croissance du parc de véhicules électriques (cf. Figure 5 ci-dessous).

Figure 7: Evolution des installations d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques ouvertes au public (calcul UFE)



Note de lecture : Pour simuler l'évolution du parc d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques (IRVE) ouvertes au public en respectant le ratio présent dans la directive portant sur les infrastructures de carburants alternatifs, il a été supposé que si l'on anticipe un parc de véhicules électrifiés d'environ 3,2 millions de véhicules en 2026, il conviendrait que le nombre de points de charge installés à la fin de l'année 2026 soit d'environ 320 000 unités.

Le déploiement des infrastructures de recharge ouvertes au public doit être planifié tout particulièrement à la maille locale pour répondre aux besoins de mobilité et anticiper les investissements dans les réseaux électriques

S'agissant de la recharge publique, le déploiement de réseaux de bornes doit répondre en premier lieu à des besoins de mobilité, c'est-à-dire intégrer une dimension aussi bien qualitative (localisation, puissance de recharge) que quantitative (nombre de points de charge par véhicule électrique en circulation). Ces deux dimensions permettent d'avoir un déploiement au plus près des besoins des utilisateurs, c'est-à-dire en considérant le nécessaire maillage du territoire en matière de points de charge ouverts au public et en optimisant la fréquentation de ces points de charge.

Pour répondre à ce besoin de cohérence globale dans le déploiement des infrastructures de recharge et au regard de la refonte plus globale de la gouvernance des autorités organisatrices de mobilités (AOM), il est nécessaire que soient **créées des instances de concertation, à l'échelle locale, du déploiement des IRVE ouvertes au public** qui réuniraient les acteurs de la mobilité (notamment les AOM et concessionnaires et sous-concessionnaires autoroutiers), les opérateurs

de bornes de recharge concernés²⁶ et l'ensemble des gestionnaires de réseau présents sur le territoire qui bénéficient de la meilleure vision de l'état du réseau sur leur territoire. **Ces instances auraient notamment pour but d'établir une vision à moyen terme des besoins en matière d'infrastructures de recharge publiques et d'anticiper leur déploiement efficace à l'échelle régionale, dans une optique d'aménagement du territoire.** De telles concertations permettraient également d'anticiper les éventuels besoins de renforcement du réseau et d'utiliser au mieux les capacités disponibles. Ces instances auraient en outre vocation à résorber les zones blanches et à produire des outils permettant d'éclairer les décideurs dans le développement de leurs projets, sans avoir de rôle normatif.

D'un point de vue opérationnel, les premières études menées par les acteurs du système électrique sont rassurantes quant à leur capacité à entrer dans une phase de déploiement significatif des infrastructures ouvertes au public. A titre d'exemple, s'agissant de l'adéquation des réseaux électriques et de l'installation de bornes de charge rapide, une étude Enedis a permis d'établir que la totalité des aires de service existantes le long du réseau autoroutier français (soit plus de 360 aires) pouvait disposer de stations de recharge

dont la puissance totale s'éleverait à 2 MW (soit l'équivalent d'environ 13 bornes de recharge d'une puissance individuelle d'environ 150 kW et ce tous les 60 kilomètres) et ce sans surcoût de renforcement local pour le réseau électrique. Le financement de telles installations de recharge reste à définir.

L'installation de points de recharge privés doit être facilitée

Au regard de l'intérêt que peut représenter pour les utilisateurs de véhicules électriques la possibilité de se charger à domicile ou dans un environnement proche ou sur le lieu de travail, le décollage du marché de l'électromobilité suppose que les acheteurs potentiels puissent avoir la possibilité de disposer aisément et rapidement d'un point de recharge dans leur habitation dès lors que celle-ci dispose d'un garage ou d'un parking ou à proximité de leur habitation le cas échéant.

A ce titre, il est **nécessaire d'avoir une politique en matière d'installation de points de charge et de pré-équipement dans les bâtiments résidentiels ou non plus ambitieuse et en ligne avec les objectifs de la France s'agissant du déploiement de l'électromobilité**. Comme cela est rappelé plus haut, la France s'est fixée comme objectif dans l'article 41 de la LTECV l'installation de plus de 6 millions de points de charge dans le domaine privé. A ce titre, la directive relative à la performance énergétique des

bâtiments révisée²⁷ souligne : « Fixer des exigences en matière d'électromobilité au niveau de l'Union pour le pré-équipement des emplacements de stationnement et l'installation de points de recharge est une façon efficace de promouvoir les véhicules électriques dans un avenir proche tout en permettant de nouvelles évolutions à un coût moindre à moyen terme et à long terme ». Si, à l'heure actuelle, la réglementation française prévoit l'obligation pour les bâtiments neufs de pré-équiper ceux-ci – notamment installation de gaines et de chemins de câbles, il est souhaitable, au regard des projections en matière de ventes de véhicules électriques, que des bornes de recharge soient installées dans le cas des bâtiments neufs.

Cette politique en matière d'infrastructure de recharge doit également être complétée de mesures réglementaires visant à supprimer les obstacles pour l'installation de point de charge. Si le droit à la prise est présent dans la législation française, il s'avère que, en pratique, de nombreux freins subsistent notamment dans le cas de copropriétés. Les règles en matière d'accès aux infrastructures de recharge et de gestion des relations avec les syndicats de co-proprétaires doivent évoluer à la fois pour en faciliter et accélérer l'accès mais également pour faire en sorte que les points de charge permettent le pilotage de la recharge qui, comme cela est présenté *supra*, peut représenter une opportunité tant pour l'utilisateur du véhicule électrique, et le bâtiment le cas échéant, que pour le réseau.

B. LA GARANTIE D'UNE EXPÉRIENCE UTILISATEUR PLEINE ET ENTIÈRE PASSE PAR L'ANTICIPATION DES ENJEUX INHÉRENTS AU PAIEMENT DE LA RECHARGE DE SON VÉHICULE

Des évolutions tarifaires seront nécessaires pour accroître les bénéfices de l'électromobilité

Qu'il s'agisse des infrastructures de recharge privées ou publiques, il est important, pour limiter leurs coûts de raccordement mais également les éventuels coûts de renforcement des réseaux, que les puissances de raccordement des points de charge soient justement dimensionnées au regard des besoins de recharge. Les nouveaux usages de l'électricité dont font partie les véhicules électriques appellent à vérifier que les structures du tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE) et des autres signaux adressés

aux utilisateurs (facturation des raccordements, prestation) restent adaptés. En effet, assurer le bon reflet des coûts futurs dans les signaux économiques précités et utilisés par les différents acteurs sera un moyen de minimiser les coûts socio-économiques liés à l'électromobilité. De ce point de vue, le TURPE devrait être revu afin que ce dernier puisse être le reflet des coûts des gestionnaires de réseaux, c'est-à-dire, du point de vue du système électrique et au cas d'espèce, être le reflet des coûts engendrés par les éventuels appels de puissance induits par la recharge des véhicules électriques lors de la pointe de fin de journée.

L'interopérabilité

Afin de bénéficier pleinement de l'effet de réseau que représentent les réseaux de bornes de recharge ouvertes au public, il est important que ceux-ci fonctionnent suivant le principe de système ouvert c'est-à-dire assurant **la possibilité pour les utilisateurs d'un réseau donné d'accéder à un réseau tiers. Cela représente un levier important de réassurance des utilisateurs et donc un point crucial pour le développement du secteur du véhicule électrique.** Au-delà de la question de l'itinérance entre deux réseaux de bornes, l'interopérabilité permet, via le développement de protocoles ou de normes de communication, le pilotage des bornes de recharge, pour les gestionnaires de réseaux électriques ou les gestionnaires de bâtiments ou de parking.

Au regard des opportunités que l'interopérabilité représente, il convient que les systèmes de communication soient harmonisés au niveau national et européen. La Directive sur le déploiement d'une infrastructure de carburants alternatifs décrit les spécifications techniques que les points de recharge publics doivent respecter (notamment les normes EN 62196-2 pour les chargeurs en courant alternatif et EN 62196-3 pour les chargeurs ayant recours à du courant continu). Au niveau français, le décret du 12 janvier 2017 qui transpose ladite directive et reprend les spécifications techniques décrites supra prévoit en outre un ensemble de mesures (possibilité d'itinérance, données transmises, etc.) que les exploitants de bornes de recharge doivent mettre en œuvre. Tous ces efforts doivent perdurer et se renforcer afin de s'adapter au mieux au besoin des utilisateurs et d'intégrer également les nouveaux usages de la recharge destinés aux camions, aux autocars et autobus ou encore aux nouvelles formes de recharge (recharge sans fil par exemple). Pour aller au-delà, il convient également que des normes de communication entre le véhicule et le point de charge (norme ISO 15 118) soient développées rapidement au niveau des points de charge et bien sûr dans les véhicules. Le déploiement de cette norme permettra d'améliorer l'expérience utilisateur en développant les services accessibles (identification

automatique du véhicule) mais également facilitera le développement des services avancés de recharge intelligente (intégration dans la gestion énergétique d'un bâtiment, optimisation des coûts de recharge d'un véhicule ou d'une flotte de véhicules, intégration dans les usages des EnR, etc.).

S'agissant de l'itinérance, celle-ci suppose la possibilité pour les abonnés d'un réseau d'avoir accès à un réseau tiers sans avoir de contraintes initiales d'enregistrement, d'abonnement ou sans avoir besoin de disposer d'un moyen de paiement spécifique à chaque réseau. Pour cela les opérateurs de bornes de recharge passent des accords d'interopérabilité afin d'accroître les possibilités de recharge des utilisateurs. En France, ces contrats d'interopérabilité sont centralisés via notamment la plateforme du GIREVE²⁸ afin d'en faciliter et d'en accroître la portée. La mise en œuvre de l'interopérabilité pourrait se construire également par le biais d'accords peer-to-peer s'appuyant sur le protocole OCPI (Open Charge Point Interface) qui s'installe comme le protocole de référence pour l'itinérance de la recharge. Afin de garantir une itinérance aussi bien au niveau national qu'europpéen, il conviendrait que soit défini au niveau européen un protocole standard.

Les enjeux de cybersécurité et de confiance

Les véhicules étant de plus en plus des objets communicants, ils sont des objets potentiellement vulnérables et soumis au risque de cyberattaques. En effet, la multiplication des services connectés accroît les points de vulnérabilité d'un véhicule. Selon IHS Markit, le marché mondial de la cybersécurité automobile représentera, d'ici à 2023, 759 millions de dollars. Du fait de leur connexion aux réseaux électriques via les points de charge également communicants, les véhicules électriques représentent donc un moyen nouveau d'intrusion dans la sécurité des réseaux électriques. **Afin d'anticiper les enjeux de ces évolutions, il est nécessaire que soient développés des protocoles pour tester et garantir la fiabilité tant du véhicule que du point de charge.**

4. Conclusion

L'avènement et le développement de la mobilité électrique sont entourés de mythes notamment quant à sa pertinence au niveau environnemental et son intégration dans le système électrique. Le présent rapport vise à lever ces mythes et démontrer que le système électrique est en mesure d'intégrer un développement en masse des véhicules électriques, qui, en étant pilotés, peuvent représenter une opportunité pour le système électrique.

Face aux enjeux d'amélioration de la qualité de l'air et de réduction des émissions de dioxyde de carbone, le secteur des transports doit faire sa mue vers des solutions de mobilités propres. Pour ce faire, le véhicule électrique est une solution incontournable en raison de son bilan environnemental, que l'on considère simplement les émissions à l'usage ou sur la totalité de son cycle de vie, significativement meilleur que celui du véhicule thermique – diesel et essence – et ce particulièrement en France qui bénéficie d'un mix électrique décarboné. Grâce à une réglementation en faveur de la mobilité propre, les projections de marché des constructeurs automobiles montrent une forte progression de cette motorisation dans le parc automobile français mais aussi dans les flottes de bus et autocars.

Une électrification poussée de la mobilité, qu'il s'agisse du transport routier de voyageurs ou du transport léger de marchandises ne représente pas un enjeu en termes de consommation additionnelle d'énergie tant au niveau européen qu'au niveau français. A horizon 2030, ces nouveaux usages de l'électricité ne représenteront pas plus de 8 % à 9 % de la consommation totale. Si la question des appels de puissance peut apparaître comme étant a priori dimensionnante, les analyses menées aussi bien au niveau local qu'au niveau national démontrent que le système électrique est et sera en mesure d'absorber

à un coût raisonnable les appels de puissance provenant de la recharge des véhicules électriques sans risquer de coupure. De plus, les solutions de pilotage de la recharge permettront notamment aux propriétaires de véhicule électrique qui les choisiront de bénéficier pleinement des opportunités offertes par ces véhicules (optimisation du coût et des délais de raccordement, nouvelles opportunités économiques). Du point de vue du système électrique, le pilotage de la recharge permet de créer des synergies en créant de nouvelles flexibilités de la demande, facilitant par exemple l'intégration des EnR variables.

Les perspectives de croissance du marché de l'électromobilité conduisent nécessairement à anticiper des besoins croissants en termes d'infrastructures de recharge qui sont à la frontière entre le système électrique et les véhicules électrifiés. La dualité en matière de recharge, qui dépend de l'appétence de chaque utilisateur de véhicule électrique, nécessite que tant les infrastructures de recharge publiques que privées soient développées. S'agissant des infrastructures publiques, celles-ci nécessitent que soit planifié à moyen terme leur déploiement afin de tenir compte des besoins de mobilités et la prévention des zones blanches. Ceci permettra en outre d'avoir une intégration optimisée car anticipée dans les réseaux électriques. S'agissant des bornes de recharge privées, il est nécessaire que soit facilitée et accélérée leur installation pour garantir le décollage de l'électromobilité et le bénéfice que ces véhicules offrent (notamment pilotage de la recharge). Enfin, afin que les utilisateurs des véhicules électriques et le système électrique puissent profiter pleinement des atouts de l'électromobilité, il convient que les enjeux tarifaires, d'interopérabilité et de sécurité soient pris en compte suffisamment tôt.

NOTES

1. Source : « [Chiffres clés du transport, édition 2018](#) », version publiée en mars 2018 par le Commissariat général au développement durable.
2. Cette augmentation des consommations est principalement liée à une masse moyenne des véhicules plus importantes en raison de la croissance dans les parts de marché des SUV sur différents segments de marché.
3. Les particules PM10 et PM2,5 sont des particules fines en suspension dont le diamètre est inférieur respectivement à 10 micromètres et 2,5 micromètres.
4. Source : Santé publique France.
5. Au regard de la composition du mix électrique, entre 90 % et 95 % de la production d'électricité est décarbonée. Source : RTE
6. Commissariat Général au Développement Durable, Analyse coûts bénéfiques des véhicules électriques, Juillet 2017, d'après des données de l'ADEME.
7. L'hypothèse retenue est de 6 tCO₂ pour la production de deux batteries (3 tCO₂ pour chaque batterie ayant une durée de vie de 8 ans). Les contenus des énergies sont ceux de la base carbone de l'ADEME.
8. L'hypothèse retenue ici est une durée de vie de 10 ans des véhicules, les citadines parcourant 15 000 km par an alors que les berlines sont supposées parcourir 25 000 km. [Pour voir le détail de l'étude.](#)
9. L'étude complémentaire est disponible à l'adresse suivante : <https://europeanclimate.org/>
10. Il convient de noter que l'organisation non gouvernementale Transport & Environment a mené en 2017 une étude similaire sur l'impact des véhicules électriques au niveau européen. Ses conclusions sont similaires à celle évoquée ici.
11. Cette étude aborde, en plus du volet écologique des véhicules, la dimension économique en comparant les coûts totaux de possession des différents types de véhicules. [Pour en savoir plus sur cette étude.](#)
12. Source AAAData.
13. En l'état des négociations de cette réglementation, un véhicule faible émission est un véhicule émettant moins de 50 gCO₂/km, c'est-à-dire correspondant à certains modèles de véhicules hybrides rechargeables.
14. Voir en ce sens les conclusions du rapport du GIEC publié le 9 octobre 2018.
15. Paris est rejoint par 25 autres grandes villes européennes dans cet objectif de disposer d'un parc entier de bus propres d'ici à 2030.
16. A titre de comparaison, au début de second semestre 2018, la Chine comptait un parc de 381 000 bus électriques, 9 500 bus électriques étant mis en circulation toutes les 5 semaines.
17. Pour déterminer la consommation des véhicules électrifiés en 2035, RTE suppose que les voitures particulières parcourent environ 12 750 km par an et consomment environ 18 kWh/100 km, les véhicules hybrides rechargeables effectuant 50 % de leur trajet en mode électrique. S'agissant des véhicules utilitaires légers, RTE prend comme hypothèse un kilométrage annuel moyen de 16 000 km et une performance énergétique de ces véhicules de 20 kWh/100 km.
18. Source : [Chiffres et statistiques du transport collectif routier de voyageurs en 2014.](#)
19. Pour plus de détails, voir l'étude « [Electric Buses in Cities Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂](#) », mars 2018.
20. Il convient de noter qu'une évolution des usages de recharge, notamment si celle-ci est réalisée sur le lieu de travail durant la journée, a un impact positif sur la maîtrise des pics de consommation constatés en fin de journée.
21. Voir également la réponse de l'UFE aux consultations publiques de la CRE du 27 juillet 2016 sur les prochains TURPE dans les domaines de tension HTB et HTA-BT. <http://ufe-electricite.fr/>
22. Voir décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques et portant diverses mesures de transposition de la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs.
23. Le surcoût lié à l'intégration dans les installations de recharge de dispositif de pilotage est marginal s'agissant de ce type de borne ce qui devrait permettre de les embarquer de série dans les bornes nouvellement installées.
24. Une étude commune réalisée par des chercheurs du Laborelec et de l'université de Bruxelles, présentée au 29^{ème} symposium sur le véhicule électrique en 2016, a toutefois montré que l'usage du Vehicle-to-Something (V2X) durant un an n'a pas d'effet négatif sur le vieillissement de la batterie des véhicules électriques.
25. Directive 2014/94/UE du parlement européen et du conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs.
26. L'UFE considère que les bornes de recharge n'ont pas vocation à être opérées par les gestionnaires de réseau d'électricité, cette activité devant relever du champ concurrentiel.
27. Directive 2018/844 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments et la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique.
28. GIREVE est une start-up créée en 2013 par Renault, CNR, la Caisse des Dépôts, EDF et Enedis. Gireve a depuis développé un nombre important de partenariats à travers l'Europe avec d'autres plateformes similaires ou avec des opérateurs de bornes.

Nous remercions tout particulièrement les personnes auditionnées durant les travaux sur ce rapport :

Rémi Bastien, ITE VEDECOM et Move'o

Joseph Beretta, Avere-France

Maité Jaureguy-Naudin, RTE

Olivier Dekens, EDF

Dorothee Coucharrière, Blue Solutions

Dominique Lagarde, Enedis

