

# La mobilité électrique et les bornes de recharge

Par Joseph BERETTA

Avere France (Association pour le développement de la mobilité électrique)

Le Plan climat lancé par le gouvernement français en juillet 2017 fixe à l'année 2040 la fin de la vente des véhicules essence et diesel. La priorité est d'accélérer la transformation des pratiques de mobilité en maîtrisant la demande, en favorisant la diversification des modes de déplacement, ainsi que les nouveaux usages (covoiturage, auto-partage), et en accélérant la conversion du parc vers les nouvelles motorisations.

Il est souvent mis en avant le fait que le développement de la mobilité électrique doit permettre d'atteindre les objectifs environnementaux fixés dans les cadres européen et national pour lutter contre le changement climatique, visant notamment à diminuer les émissions de CO<sub>2</sub>.

La contribution des véhicules électriques (et les limites de celle-ci) à la lutte contre le changement climatique est intrinsèquement liée à la mise en œuvre des transitions énergétique et écologique. C'est pour cela qu'il faut prêter une attention toute particulière à l'intégration de la mobilité électrique dans les réseaux électriques du futur. Il en va de même en matière de réduction des nuisances pour l'environnement et de l'utilisation raisonnée de ressources naturelles.

Le développement des véhicules électriques va entraîner en 2030 une consommation de 12 TWh d'énergie électrique (soit plus que la production d'un réacteur nucléaire), et ce, pour 4,4 millions de véhicules électriques. Il est donc essentiel d'anticiper la problématique de la recharge bien en amont du développement des véhicules rechargeables tant électriques qu'hybrides. En outre, une des conditions essentielles du succès du véhicule électrique réside dans les systèmes qui seront développés pour créer une infrastructure de recharge des batteries. Enfin, l'arrivée du véhicule électrique, qui bouleverse bien entendu le panorama des constructeurs automobiles, sera un accélérateur des réflexions relatives à l'aménagement des territoires urbains.

## Qu'entend-on par mobilité électrique ?

Tout d'abord, il est bon de définir ce que nous entendons par « mobilité électrique ». Elle se concrétise par l'utilisation de véhicules à motorisation électrique : véhicules hybrides rechargeables, aujourd'hui, et, demain, véhicules à pile à hydrogène. Performante, intelligente, silencieuse et zéro émission à l'usage, la mobilité électrique permet d'utiliser des véhicules adaptés aux besoins et aux enjeux énergétiques et économiques actuels et futurs. Une large gamme de modèles est aujourd'hui disponible et permet de déplacer efficacement les hommes comme les marchandises. À ces véhicules, il faut associer les systèmes

d'avitaillement en énergie : stations de recharge en hydrogène et bornes de recharge électrique. Le parc des bornes de recharge électrique est appelé « infrastructure de recharge ». Il prend plusieurs formes et propose plusieurs puissances électriques pour s'adapter aux différents usages des véhicules électriques.

## Intérêts et avantages de la voiture électrique

La dernière étude <sup>(1)</sup> FNH (Fondation pour la Nature et l'Homme) et ECF (*European Climate Fondation*) sur *Le véhicule électrique dans la transition écologique en France* a clairement démontré l'avantage écologique du véhicule électrique sur l'ensemble de son cycle de vie par rapport à un véhicule thermique, aujourd'hui comme à l'horizon 2030.

En effet, en 2016, sur l'ensemble de son cycle de vie – de sa production jusqu'à sa déconstruction –, une voiture électrique, que ce soit une citadine ou une berline, « a une contribution au changement climatique de 2 à 3 fois inférieure à celle de son équivalent thermique ». Cet avantage significatif est susceptible de se renforcer en 2030, dans le cas où les objectifs de la loi de Transition énergétique seront atteints. Ce bilan positif peut par ailleurs s'améliorer significativement dans un scénario visant

(1) « Le véhicule électrique dans la transition écologique en France », étude FNH ECF, décembre 2017.

100 % d'énergies renouvelables dans le mix électrique français en 2050. Le développement de l'électromobilité doit donc se faire de concert avec celui des énergies renouvelables.

### Les freins au développement de la mobilité électrique

Prix élevé, autonomie encore limitée et insuffisance du nombre des bornes de recharge sont les trois points qui sont mis en avant dans toutes les enquêtes et études sur les véhicules électriques.

Les voitures alimentées par batterie sont non seulement économiques à l'usage, non polluantes (localement) et silencieuses, mais elles sont aussi agréables à conduire grâce au couple instantané délivré par leur moteur. Il n'en demeure pas moins que leur développement reste freiné par des idées fausses fortement ancrées dans notre subconscient collectif.

Le premier frein est donc budgétaire. Pourtant, lorsque l'on calcule le TCO (*Total Cost of Ownership*) incluant les avantages comme le stationnement gratuit, l'assurance et l'entretien, un véhicule électrique, en tenant compte des aides publiques à l'achat, est au même niveau que son équivalent essence, du point de vue du prix.

La deuxième contrainte est un faible rayon d'action. Mais si l'on détaille les performances des nouveaux modèles qui sont équipés de batteries de capacités allant de 40 à 60 kWh, leur autonomie réelle est alors de l'ordre de 300 à 450 kilomètres, une autonomie largement suffisante pour 70 à 80 % des utilisateurs.

Le troisième et dernier obstacle à l'essor de la voiture électrique est l'insuffisance du nombre des bornes de recharge et le temps nécessaire à la recharge de ses batteries, qui, en fonction de l'installation, peut prendre entre trente minutes et une dizaine d'heures. Et c'est bien ce dernier point qu'il reste à solutionner pour accélérer le développement de la mobilité électrique.

### Les infrastructures de recharge

Comme nous venons de le voir, la rareté des infrastructures de recharge est jugée comme un frein important au développement de la mobilité électrique. L'arrivée des véhicules électriques et le développement des infrastructures de recharge soulèvent de nombreuses questions quant à leur financement et à la nécessité d'une normalisation des prises et des bornes de recharge électriques. Dans la mesure où les véhicules vont devenir de plus en plus communicants, il faut aussi réfléchir aux informations qui seront transmises par le véhicule ou la borne de recharge au réseau électrique lors de la recharge, ainsi qu'au choix du fournisseur chargé d'alimenter en électricité les bornes de recharge installées dans les parties communes privatives d'immeubles et dans l'espace public. Enfin, la recharge aura forcément un impact sur la demande de puissance et il est indispensable de l'anticiper pour éviter un renforcement trop important (et donc coûteux) des réseaux électriques, et ce, dans un contexte où le com-

portement des utilisateurs n'est pas encore connu. La recharge des véhicules électriques nécessite l'installation de bornes de recharge sur l'ensemble du territoire national, tant dans le domaine privé que dans l'espace public.

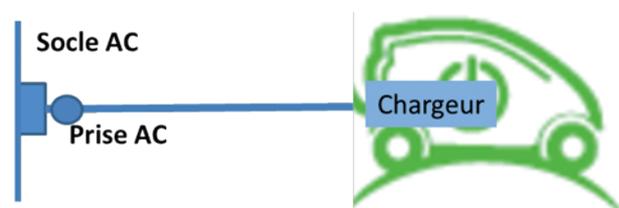
### Les besoins, les types et la durée des recharges en électricité

Différents seuils de puissance de recharge existent, correspondant globalement aux puissances disponibles permettant d'alimenter des installations dimensionnées pour des intensités de 16, 32 et 63 ampères (en monophasé ou en triphasé).

Il est possible de raccorder les véhicules au réseau électrique de différentes manières, que l'on appelle les « modes de charge ». Ceux-ci définissent le type de raccordement, la sécurité et la communication véhicule/infrastructure.

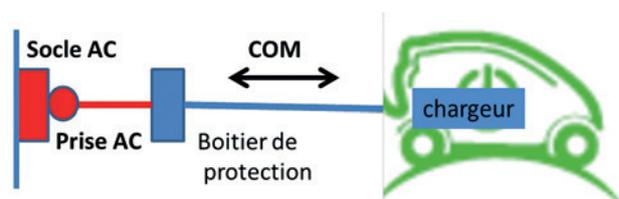
Nous exposons ci-après les 4 types de mode de charge.

#### *Mode 1 – prise fixe non dédiée sans protection ni communication*



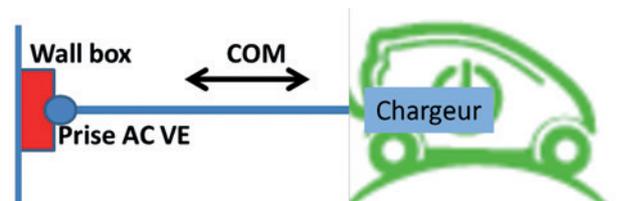
Branchement au réseau par le biais de socles de prise de courant normalisés en monophasé ou en triphasé alternatif, avec un conducteur relié à la terre. Le câble « mode 1 » utilisé dans ce cas n'a pas de fonction spécifique. La protection électrique est celle de l'installation du local concerné.

#### *Mode 2 – prise non dédiée avec dispositif de protection incorporé au câble et communication*



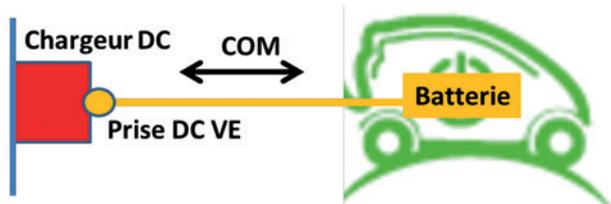
Branchement au réseau par le biais de socles de prise de courant normalisés en monophasé ou en triphasé alternatif, avec conducteurs d'alimentation et de protection reliés à la terre. Ce câble « mode 2 » incorpore du côté de l'infrastructure un coffret de protection (surcharges et fuites de courant vers la terre) et de contrôle. La fonction de contrôle est réalisée grâce à un conducteur assurant une communication avec le véhicule avant de déclencher la charge.

#### *Mode 3 – prise fixe et circuit dédié + communication*



Branchement direct au réseau avec une fiche spécifique via un coffret (fixé au mur) de protection (surcharges et fuites de courant vers la terre) et de contrôle dédié. La fonction de contrôle est réalisée par un conducteur assurant une communication avec le véhicule avant de déclencher la charge. Ce mode de charge peut être utilisé pour l'échange d'informations entre le véhicule et le réseau électrique.

**Mode 4 – connexion courant continu, prise dédiée et communication**



Branchement indirect au réseau par l'intermédiaire d'un chargeur externe. La fonction de contrôle est réalisée par un conducteur assurant une communication avec le véhicule avant de déclencher la charge. C'est le véhicule qui va piloter ce chargeur externe en fonction des contraintes de sa batterie. Le câble de recharge est installé de façon permanente sur la borne. Ce mode de charge peut être utilisé pour échanger des informations entre le véhicule et le réseau électrique et faire du V2G (*Vehicle to Grid*).

Le tableau ci-dessous présente les prises utilisées pour la recharge des véhicules électriques. L'Europe a choisi les prises de type 2 pour le courant alternatif (AC) et de type Combo 2 pour le courant continu (DC).

### Le décret du 12 janvier 2017 sur les infrastructures de recharge

Ce décret correspondait à la transposition de la directive européenne AFI (*Alternative Fuel Infrastructures*) qui a dé-

fini les obligations en matière d'installations de recharge sur la voie publique (et ce, en fonction de la puissance de la borne).

### La recharge normale, jusqu'à 22 kW

Alimenté en courant monophasé ou triphasé d'intensités de 16 à 32 A, ce type de recharge utilise les prises de type 2. L'aménageur doit prévoir : une prise de type 2 (ou de type 2S) pour la recharge en mode 3, une prise de type E (prise domestique usuelle en France) par station pour la recharge en mode 1 ou 2. Certaines situations échappent par ailleurs à l'obligation de s'équiper de prises de type 2. C'est notamment le cas des points de recharge non accessibles au public d'une puissance inférieure ou égale à 3,7 kW, lorsqu'ils sont installés dans un bâtiment d'habitation privée ou lorsque leur fonction principale n'est pas de permettre de recharger un véhicule électrique. Une simple prise de type E/F équipée d'un socle adéquat suffit alors.

### La recharge rapide, plus de 22 kW

Alimenté en courant monophasé ou triphasé (alternatif ou continu), ces bornes de charge rapide doivent être en tri-standard (type 2, CHAdeMO, Combo 2) uniquement pour les points de recharge accessibles au public, et ce, jusqu'à la fin 2024. Toute station de recharge rapide doit être ainsi équipée d'un câble pour courant alternatif avec un connecteur type 2, d'un câble pour courant continu avec un connecteur du type CHAdeMO (configuration AA comme décrite dans la norme EN62196-3), d'un câble pour courant continu avec un connecteur du type Combo 2 (configuration FF comme décrite dans la norme EN62196-3).

Si, en raison de contraintes techniques, le tri-standard ne peut être installé directement sur la borne, il est possible

Courant	CAC		DC	AC	DC
	De 3 à 43 kVA		50KVA	43KW	50KVA
Prise véhicule	Type 1	Type 2	CHAdeMO	Combo 2	
Phase	Mono	Mono/tri	DC	Mono/tri	DC
Courant max	32A	63A	125A	63A	125A
tension	250V AC	500V AC	500V DC	500V AC	500V DC
Nombre connecteurs	5	7	10	7	5

Figure 1 : Les différents types de prise servant à la recharge des véhicules électriques.

de prévoir d'installer à proximité immédiate des bornes complémentaires exploitées par un opérateur-tiers d'infrastructure de recharge. Les stations de recharge rapide à usage strictement privé ne sont pas soumises à ces obligations.

#### La charge forte puissance

De 150 kW à 350 kW, la charge forte puissance utilise les prises type 2 et Combo 2. Les groupes automobiles BMW, Daimler, Ford et Volkswagen ont décidé d'unir leurs forces pour déployer un réseau de bornes de recharge rapide pour les véhicules électriques en Europe. L'objectif est de mettre à disposition des Européens quelque 400 stations de recharge à haute puissance d'ici à 2020. Baptisé Ionity, ce consortium va implémenter petit à petit un réseau de recharge ultrarapide doté de bornes d'une capacité atteignant les 350 kW.

#### La durée de charge

Les premières offres de véhicules se sont calées sur des chargeurs embarqués de 3,7 kW correspondant à la puissance théorique délivrée par une prise domestique de 16 Ampères. Toutefois, on voit apparaître des solutions à 7 kVA, qui sont capables d'utiliser de façon pertinente la puissance des bornes 22 kVA utilisant la connectique de type 2. Il convient de noter que la charge à 22 kVA permet une utilisation plus importante de l'infrastructure (plus de véhicules chargés sur une même durée améliorant l'équation économique de l'infrastructure). Le tableau de la Figure 2 présente la durée de charge en fonction de la puissance de recharge, pour une batterie de 22 kWh, soit 150 kilomètres d'autonomie.

### État des lieux du développement des bornes de recharge et de leur financement

L'équipement du territoire en infrastructures de recharge publiques et privées fait partie des priorités pour

accompagner le développement des véhicules électriques. Il doit aussi tenir compte de l'importance d'y adjoindre une énergie d'origine renouvelable et un système de pilotage pour limiter les effets éventuels de la recharge sur le réseau.

La loi Grenelle II a donné une impulsion réglementaire au déploiement de l'infrastructure de recharge du véhicule électrique : elle impose, pour les nouvelles constructions (après le 1<sup>er</sup> janvier 2012), l'équipement en prises de recharge d'une partie des emplacements dans les parkings de tous les ensembles d'habitation et de tous les bâtiments à usage tertiaire. Pour les bâtiments en copropriété, un droit à la prise a vu le jour, qui permet à tout propriétaire d'installer à ses frais un point de recharge dans son parking couvert.

Pour le financement des installations de charge dans le domaine privé (particuliers, entreprises, collectivités), le programme CEE (certificat d'économie d'énergie) ADVENIR, piloté par Avere-France, permet de financer jusqu'à 50 % du matériel et de l'installation (ce financement étant capé à 1 600 € par point de charge). Pour les particuliers, le crédit d'impôt transition énergétique (CITE) rembourse 30 % du matériel, sous contrainte de plafonds et peut être cumulé avec les aides ADVENIR.

En ce qui concerne la voie publique, le dispositif d'aide au déploiement d'infrastructures de recharge, lancé dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir (PIA), a permis de soutenir financièrement les villes, agglomérations, groupements d'agglomérations, syndicats intercommunaux, départements et régions qui se sont engagés dans le déploiement d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques ou hybrides rechargeables. Dans le même temps, pour faciliter le déploiement d'un réseau d'infrastructures de recharge de véhicules électriques sur l'espace public, les opérateurs (l'État ou une société privée) qui implantent des bornes de recharge électrique dans le cadre d'un projet de dimension nationale bénéfi-

Durée de recharge Batterie 22kWh	Alimentation	Puissance	Tension	Intensité maxi	km/h citadine
12-14 heures	Monophasé	2kW	230 VAC	8 A	14
6-8 heures	Monophasé	3,7kW	230 VAC	16 A	25
2-3 heures	Triphasé	11kW	400 VAC	16 A	75
3-4 heures	Monophasé	7kW	230 VAC	32 A	48
1-2 heures	Triphasé	22kW	400 VAC	32 A	150
20-30 minutes	Triphasé	43kW	400 VAC	63 A	300
20-30 minutes	Continu	50kW	400 - 500 VDC	100 - 125 A	340

Figure 2 : Temps et puissances de recharge.

cient d'une exonération de la redevance d'occupation de l'espace public. Dans ce cadre, le consortium comprenant EDF et quatre constructeurs automobiles français et allemands (Renault, Nissan, BMW et Volkswagen) a déployé 200 bornes de recharge rapide le long des autoroutes et en périphérie de grandes villes. Ce consortium a bénéficié du soutien financier de la Commission européenne dans le cadre du programme Réseau transeuropéen de transport (RTE-T). La CNR, de son côté, a déployé 52 bornes de charge rapide dans la vallée du Rhône.

Au 31 décembre 2017, le nombre de points de charge accessibles au public est de l'ordre de 22 308. Ils sont répartis entre 8 320 stations pour desservir un parc de VE de l'ordre de 135 000 véhicules, ce qui correspond à un point de charge pour 6 véhicules.

Le coût du déploiement des bornes de recharge a été estimé à quelques milliers d'euros par borne de recharge normale (de 3 ou 6 kW) installée dans un parking public ou sur la voirie. Ils se montent à plus de 15 000 euros pour une borne de recharge rapide (43 kW). Dans les garages privés, le prix de l'équipement du point de charge pourrait s'élever à quelques centaines d'euros. Selon le ministère de l'Écologie, cela pourrait donc représenter un coût total atteignant les 10 milliards d'euros pour les infrastructures privées et publiques et 7 millions de véhicules.

Chargés d'acheminer l'énergie jusqu'aux points de recharge, les gestionnaires de réseaux publics de distribution d'électricité sont mis à contribution à hauteur de 10 à 20 % (de 2010 à 2025). En effet, les demandeurs de raccordement des points de recharge ne paient qu'une partie du coût des ouvrages de raccordement (branchement et extension) : ils ne paient pas les investissements nécessaires au renforcement du réseau. Ces coûts sont supportés *via* le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE), payé par l'ensemble des consommateurs d'électricité.

### **L'impact sur le réseau électrique : quels enjeux pour la recharge des véhicules électriques ?**

#### **La disponibilité et l'interopérabilité des infrastructures de recharge**

La recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables induit deux questions majeures, à commencer par le nombre des infrastructures de recharge disponibles. Ce sujet a été identifié comme étant fondamental par les acteurs de la filière et l'État, qui l'a mis au cœur des plans pour la Nouvelle France Industrielle. L'objet du plan « Bornes électriques de recharge » est ainsi de pouvoir garantir une infrastructure disponible de manière équilibrée sur tout le territoire, à raison d'une borne tous les 60 kilomètres.

La compatibilité des bornes avec tous les véhicules et l'accessibilité du service à tous les utilisateurs de véhicules électriques fait également partie des priorités identifiées. Le décret du 12 janvier 2017 a défini les standards des prises applicables en France, ainsi que les obligations relatives à l'itinérance de la charge des véhicules électriques (pour les stations accessibles au public).

#### **Stockage d'énergie et gestion du réseau**

Autre sujet d'importance posé par la recharge : la question de la fourniture de l'énergie nécessaire et la gestion du réseau. Les charges et recharges de deux millions de VE représentent une demande annuelle de 6 TWh, soit moins de 2 % de la production d'électricité de la France. Par contre, si tous ces véhicules se branchaient en même temps, ils absorberaient une puissance unitaire de 3 à 7 kW, représentant au total 6 GW. Il y a donc, pour les producteurs d'électricité, un réel enjeu de fourniture au client, sans parler des difficultés de la gestion de la puissance du réseau lors des pics de demande. Reste à consolider les différents scénarios en tenant compte des habitudes de recharge des utilisateurs de véhicules électriques et de l'intelligence des bornes. Et ce d'autant plus que le véhicule électrique représente aussi une opportunité pour l'équilibrage de l'intermittence des énergies renouvelables. Les véhicules électriques représentent un potentiel de réserves d'énergie et de puissance, pouvant permettre de lisser la demande : si les consommateurs et les fournisseurs se mettent d'accord, le fournisseur pourra solliciter de manière instantanée cette réserve pendant les pics de consommation et la restituer lors des périodes de creux.

#### **Le véhicule électrique, un acteur clé de la transition énergétique**

Pour illustrer cela, revenons aux enseignements de l'étude FNH/ECF : le développement de l'électromobilité pourra accompagner l'essor des énergies renouvelables. En effet, « le véhicule électrique offre des moyens de flexibilité complémentaire au système électrique » qui permettront d'apporter des réponses à une partie des enjeux liés à l'intermittence de la production des énergies renouvelables (EnR). Associés à des solutions de recharge intelligentes, les véhicules sont en effet susceptibles de renvoyer de l'électricité au réseau pour le soulager lors des pics de consommation, maîtriser les surcharges ou encore absorber les surplus d'énergie (générés notamment par les renouvelables). Ainsi, en 2030, pour le scénario 1 (à 4,4 millions de VE), la consommation annuelle sera de l'ordre de 12 TWh, le pilotage de la charge permettra de décaler de l'ordre de 7,6 TWh, ce qui permettra de minimiser les demandes de puissance. À cela s'ajouteront 3 TWh de réinjection dans le réseau et 8 TWh d'utilisation des batteries en seconde vie. Comme on peut le voir, le développement de la mobilité électrique peut être maîtrisé par le pilotage de la charge, le V2G et la deuxième vie des batteries. Mais, – cerise sur le gâteau ! –, la puissance disponible *via* les VE branchés au réseau est de 46 GW entre 18 et 20 heures, ce qui permettra d'éviter de faire appel, pendant 4 heures, aux 21 GW d'énergie fossile nécessaires pour pallier l'intermittence des EnR (voir la Figure 3 de la page suivante).

De plus, cette fonction de stockage de l'électricité assurée par les accumulateurs dans leur deuxième vie est amenée à se développer pour créer des solutions de stockage tampon dans divers domaines : chez les particuliers ou dans les bureaux, où elle sera associée à de la production renouvelable, comme celle du photovoltaïque ; dans les bâtiments où elle permettra de gérer les pics de consom-

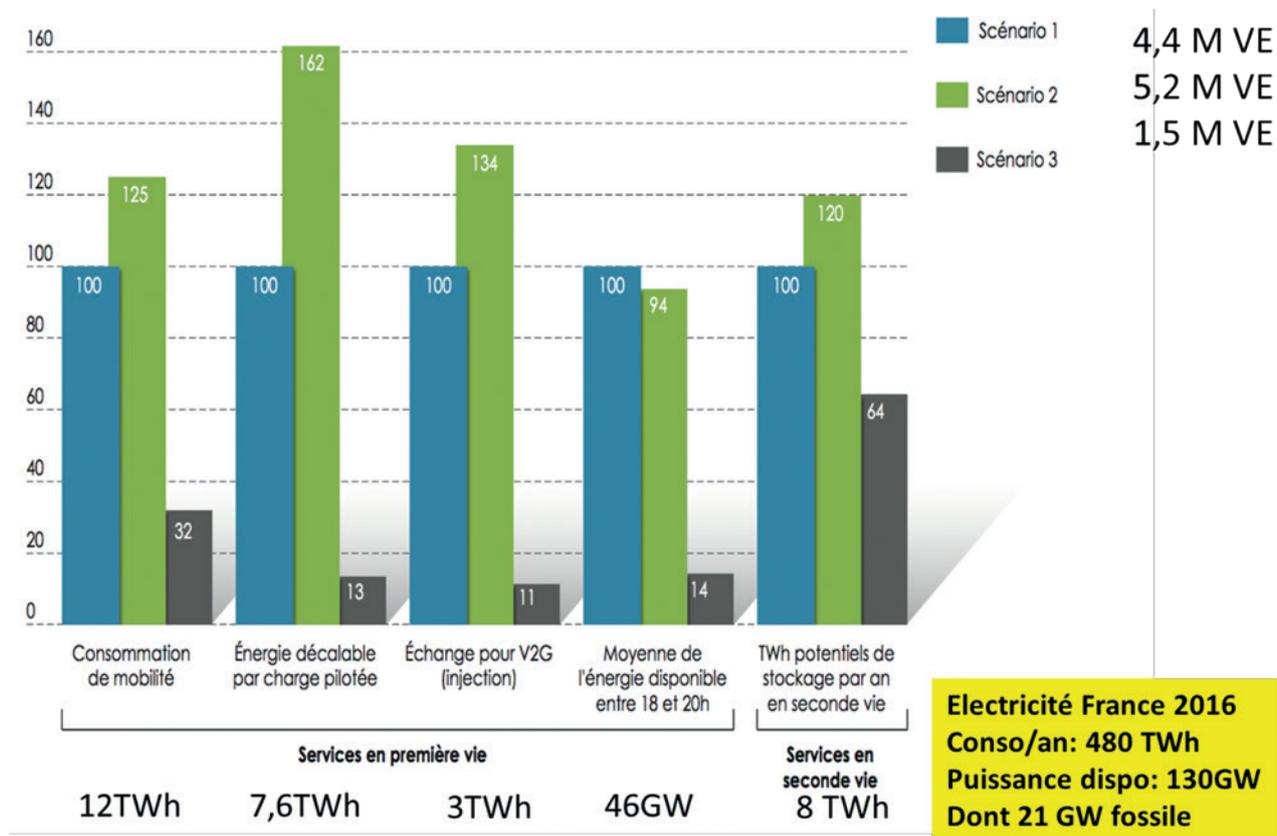


Figure 3 : Potentiel de services rendus au réseau d'électricité par les accumulateurs de véhicules électriques.

mation ; ou encore au pied des centrales de production photovoltaïque ou éolienne. Cette fonction de stockage permettra de fournir jusqu'à 37 TWh en 2040. Bien entendu, cela passera par le développement des énergies renouvelables.

### Conclusion

Les voitures électriques sont des acteurs à part entière de la transition énergétique. Plus que de simples objets de mobilité plus propre, elles constituent des solutions de stockage de l'électricité « sur roulettes » qui peuvent apporter des réponses aux contraintes des énergies renouvelables. Dans une seconde vie, leurs batteries jouent

un rôle essentiel d'accompagnement de la production d'électricité renouvelable. Leur développement constitue une opportunité de construire un modèle vertueux pour la France, à la fois du point de vue des transports et de celui de l'accélération de la transition écologique de son mix énergétique.

Le rôle de l'électromobilité dans la lutte contre le réchauffement climatique est avéré. Il sera renforcé par des politiques actives de développement des énergies renouvelables en France. Ces véhicules apportent également des réponses aux enjeux sanitaires liés à la qualité de l'air. Toutes les raisons sont donc réunies pour en accélérer le développement.