

Voitures électriques : un avenir « borné »

Laurent Benzoni*

@ 22323

Mots-clés : *points de recharge, voitures électriques, marché, prévision, Europe verte*

Les bornes de recharge sont cruciales pour la transition de l'automobile thermique vers l'électrique. L'article estime le besoin de bornes en 2030 en France selon les ventes de voitures électriques, l'habitat (individuel/collectif, avec/sans place de parking), les besoins en déplacement. 6 à 10 millions de bornes sont nécessaires selon les scénarios. Cela implique une rupture drastique d'échelle du déploiement avec trois points noirs : les bornes publiques en zone rurale, celles des 11 millions de logements sans parking, celles de l'habitat collectif avec parking extérieur. Quelle politique pour créer un réseau national de bornes si la vente de voitures thermiques est stoppée en 2035?

Introduction

Reprenant les préconisations de l'Agence Internationale de l'Énergie¹, la Commission européenne prévoit dans le cadre de son « Pacte vert » l'interdiction de la vente de véhicules à moteur thermique ou hybrides dès 2035, la date de 2030 est désormais proposée.

Sans point de recharge, une voiture électrique constitue une contrainte et un embarras. Assurer la diffusion des voitures électriques impose donc de déployer des points de recharge (PR) en cohérence avec le parc et l'usage de ces voitures. À défaut, l'usage décevant freinera leur adoption et contrecarrera nécessairement l'objectif d'arrêt de l'émission des gaz à effet de serre en 2050. Les articles se multiplient dans la presse révélant le désarroi, voire la colère, des propriétaires de véhicules électriques dont le trajet et la durée des déplacements sont totalement dictés par la disponibilité des PR.

L'installation des PR reste un angle mort de la politique énergétique de transition vers le tout véhicule électrique.

Qu'en est-il en France du parc de PR actuel et quel rythme de déploiement? Combien de PR faut-il prévoir pour couvrir les futurs besoins en cohérence avec la croissance anticipée du parc de véhicules électriques?

L'article tente principalement de répondre à ces deux questions. Dans un premier temps est dressé l'état du parc de PR en France à fin 2020. Dans un second temps, sont estimés les besoins à l'horizon 2030 selon différents scénarios de croissance du parc de voitures électriques. Cette estimation permet d'évaluer le nombre de PR à installer pour répondre aux différentes catégories de besoin : recharge en stationnement long et recharge rapide en déplacement en prenant en compte la structure de l'habitat individuel versus collectif, avec place de parking versus sans.

* TERA Consultants (cf. biographies p. 2).

Les défis quantitatifs à relever sont énormes et ne sont pas homogènes selon les types d'habitat et les types de PR. Ce constat général appelle à réfléchir à un plan national «opérationnel» dépassant des objectifs macroscopiques indifférenciés du type «xx bornes installées en 2030». Il importe de bien préciser les besoins en PR selon les types d'habitat, leur usage (stationnement long versus mobilité), leur localisation, leur puissance et leur coût, les besoins d'électricité à fournir en fonction des données du trafic automobile². Sur cette base, un plan «PR» est envisageable en ciblant les moyens là où ils ont le plus indispensables.

État des lieux et dynamique récente du déploiement

Segmentation des points de recharge et répartition du parc

Un PR est l'interface connectant un véhicule électrique au réseau électrique pour assurer sa recharge. Deux types de PR sont distingués. Les PR «normaux», puissance de 2 kW à 22 kW, assurent une recharge complète entre 2 h et 20 h. Ils conviennent aux véhicules stationnant sur plusieurs heures et souvent sont

notamment mobilisés pour des trajets courts au quotidien après recharge nocturne. Les PR «rapides», puissance au-delà de 22 kW, assurent une recharge complète entre 15 min pour les plus puissants (>150 kW) et 45 min. Ils sont adaptés aux déplacements avec minimisation du temps d'arrêt. Une borne de recharge compte généralement de 2 à 4 PR.

Le parc de PR se compose de trois segments distincts selon leur emplacement.

1. Les PR «entreprises» installés dans les parkings d'entreprise dédiés aux véhicules de service, à ceux des salariés et des visiteurs.

2. Les PR «privés» installés dans les maisons individuelles ou les parkings de l'habitat collectif.

3. Les PR «publics» installés dans les espaces accessibles à tout véhicule au public (voirie, parkings publics, centres commerciaux, parcs d'attraction, devant certains restaurants) pour la recharge de tous véhicules, particuliers sans parking privé ou en support de recharge lors des trajets.

Les PR privés sont essentiellement de faible puissance. Les PR entreprises sont en moyenne plus puissants <22 kW. Les PR publics sont normaux (stationnement en zone urbaine) ou

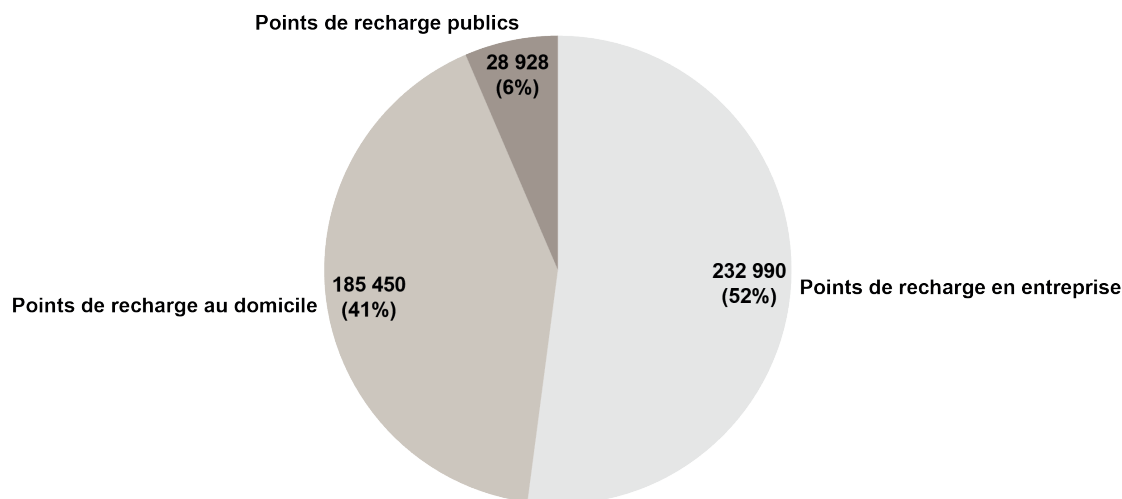


Figure 1. Parc des PR installés en France par segment (T3 2020)

Source : d'après Enedis, Gireve (données au T3, 2020)

Voitures électriques : un avenir « borné »

rapides (pour recharge lors des trajets). Sur cette base, les PR seront décomptés par segment indépendamment de leur puissance.

Au troisième trimestre 2020, 447 000 PR sont installés en France³ dont 233 000 PR entreprises (52 %), 185 000 PR privés (42 %), 29 000 PR publics (6 %) (cf. Figure 1).

Dynamique récente de la diffusion des voitures électriques et du parc de PR

Du premier trimestre 2018 au troisième trimestre 2020, le parc de voitures électriques passe de 206 299 à 392 153 unités, soit une croissance de 91 %.

Dans le même laps de temps, le parc total de PR croît de 130 % passant de 194 419 à 447 368 unités. Toutefois, la dynamique est très différente selon les segments de PR.

Les PR privés croissent de 153 %, donc bien plus vite que le parc de voitures électriques, les PR entreprises croissent quant à eux au même rythme que le parc de voitures tandis que les PR publics connaissent un rythme de déploiement très inférieur : 26 % seulement sur les trois années 2018, 2019, 2020 (cf. Figure 2).

Cette dynamique révèle en filigrane l'usage principal des voitures électriques aujourd'hui : des trajets courts pour des propriétaires majoritairement non dépendants des PR installés sur la voie publique. Les PR privés en habitat individuel et dans les parkings couverts de l'habitat collectif disposent aujourd'hui de solutions simples à prix abordables expliquant leur croissance tandis que les entreprises sont soumises à des obligations.

Au-delà de la quantité de PR installés, il importe aussi d'évaluer leur disponibilité. Si 80 % des propriétaires de véhicules sont satisfaits de leur achat en France, l'indisponibilité et la déficience des PR publics constituent leur premier motif d'insatisfaction. L'observatoire de la qualité des services de recharge électrique accessibles au public explique qu'il ne s'agit pas d'un ressenti : en moyenne 25 % des PR publics ne sont pas disponibles 99 % du temps et 9 % restent hors service plus de 7 jours consécutifs dans un mois calendaire⁴.

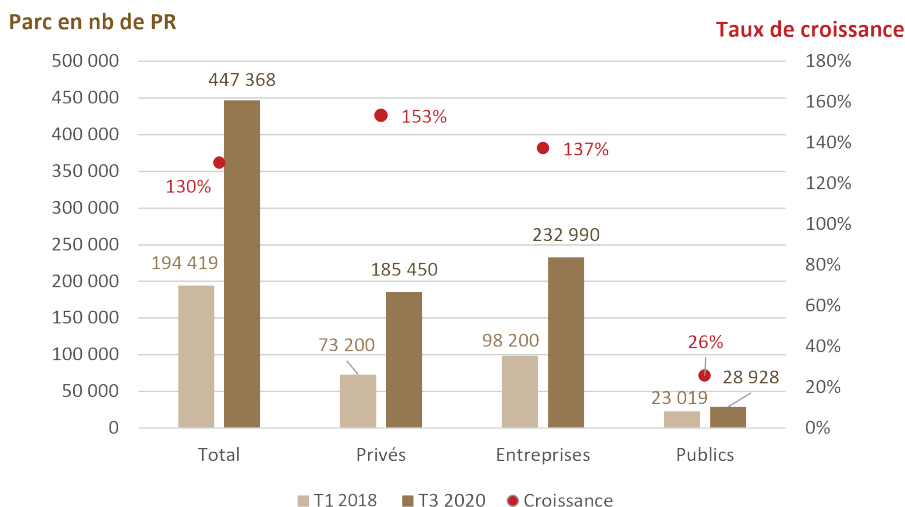


Figure 2. PR installés en France par segment (T1 2018 - T3 2020)

Source : d'après Enedis, Gireve (données arrêtées au T3 2020).

Prévision des besoins en points de recharge à 2030

Parc de voitures électriques en 2030 : trois scénarios

La France se situe un peu au-dessus de la moyenne européenne en termes de diffusion des voitures électriques. La disparité des taux de pénétration de ces voitures selon les pays dépend, pour l'essentiel, des politiques publiques d'incitations à l'acquisition de ces véhicules (primes à l'achat, primes à la casse des voitures thermiques, défiscalisation, interdiction de circulation dans certaines zones, etc.).

Sur cette base et selon les études, la part des ventes des voitures électriques dans le total des ventes en France à l'horizon 2030 oscille entre 40-50 % (Enedis, Deloitte, BCG) et monte à 60 % dans certaines études (CSEF) pour tenir l'objectif d'arrêt des ventes de voitures à moteur thermique en 2035. Il ne sera pas discuté du réalisme ou non de ces objectifs qui dépendra notamment de la continuité des politiques d'incitations fiscales à l'achat des voitures électriques, voire de leur approfondissement, car les ménages équipés présentent des caractéristiques particulières : revenu supérieur de 30 % à la moyenne nationale, résident en milieu urbain, possèdent souvent une seconde voiture généralement à moteur diesel et disposent pour 83 % d'entre eux d'une place de parking individuel.

Les différentes prévisions publiées permettent de cadrer des scénarios plausibles de parcs de véhicules électriques en circulation en France en 2030. Pour estimer le parc à partir des flux de ventes, il est considéré que les voitures électriques vendues entre 2020 et 2030 seront encore en circulation en 2030⁵.

Trois scénarios sont considérés⁶.

- Bas : taux de croissance moyen annuel des ventes à 28 % conduisant à un parc d'un peu plus de 4,5 millions de voitures électriques en 2030.

- Moyen : taux de croissance moyen de 31 % et parc de 5,5 millions.

- Haut : taux de croissance moyen de 36 % pour un parc de proche de 8 millions.

Sur cette base, les besoins de déploiement annuel de PR sont estimés pour chacun des trois segments identifiés supra.

Du parc de voitures électriques au parc de PR en 2030

Parc de PR entreprises en 2030

En 2020, les personnes morales et les administrations disposaient d'un parc de 2,9 millions de voitures particulières, soit un peu plus de 7 % du parc d'automobiles en circulation⁷. Cette catégorie compte pourtant pour 57 % du parc de voitures électriques en France début 2021⁸.

Les contraintes réglementaires (par exemple obligations de pré-équipement des parkings pour les bâtiments post-2012, mise en service des zones à faible émission dans les grandes villes, etc.), les incitations fiscales et surtout la baisse du coût total de possession sur l'ensemble du cycle de vie du véhicule maintiendront la dynamique de transition des voitures thermiques vers l'électrique en entreprise.

Selon l'INSEE (2015), 70 % des salariés, soit 16,4 millions, se rendent au travail en voiture. Les voitures électriques sont aujourd'hui principalement utilisées pour les trajets du quotidien. Un certain nombre d'entreprises installeront peut-être des PR sur leurs parkings permettant à leurs salariés de recharger leur voiture sur le lieu de travail.

Il sera considéré ici que les entreprises privilégieront leur propre parc de véhicules laissant l'usage des bornes aux salariés marginalement. Le taux d'électrification des voitures d'entreprises et d'administration dépasserait 50 % en 2030 dans le scénario bas, 65 % dans le scénario moyen et près de 95 % dans le scénario haut.

Sous ces hypothèses, le parc de PR entreprises en 2030 approcherait 1,6 million dans

Voitures électriques : un avenir « borné »

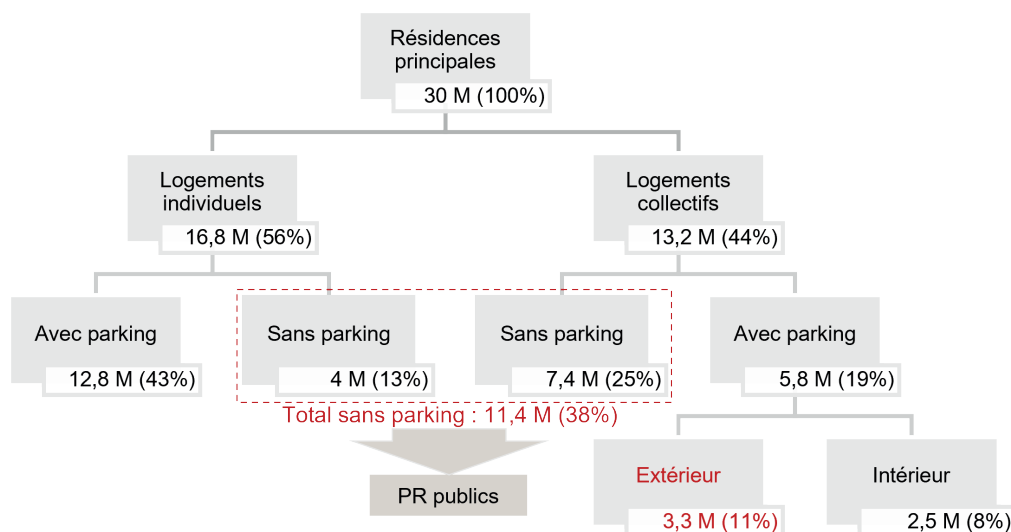


Figure 3. Typologie du parc de résidences principales en France métropolitaine

le scénario bas, 1,9 million dans le moyen, et 2,8 millions dans le haut.

Structure du parc de résidences principales et équipement des ménages en voiture électrique

Pour des raisons évidentes de commodité, chaque particulier doit pouvoir recharger sa voiture à domicile ou à proximité immédiate pour ceux ne disposant pas d'un garage ou d'une place de parking.

En 2020, la France métropolitaine compte environ 30 millions de résidences principales, 3,6 millions de résidences secondaires et 3 millions de logements vacants⁹. 56 % des résidences principales relèvent d'un habitat individuel (16,8 M) et 44 % d'un habitat collectif (13,2 M).

Aujourd'hui, seuls 6 % des propriétaires de voiture électrique résident en habitat collectif et 81 % des propriétaires disposent d'une place de garage ou de parking intérieur alors que seules 52 % des résidences principales en sont pourvus, 30 millions. 11,4 millions de logements n'ont pas de place de parking privée (cf. Figure 3). Ces fortes disparités dans la détention de véhicules électriques entre

propriétaires de logements avec parking versus sans parking, entre ménages en habitat individuel versus collectif marquent la puissante influence de la faculté d'installer un PR ou de la possibilité d'accéder à un PR pour assurer une recharge à domicile.

Il est fait l'hypothèse qu'une diffusion massive des véhicules électriques implique que la structure des détenteurs de véhicules électriques converge vers la répartition des types d'habitat. Partant de la situation initiale, la modélisation de l'équipement en PR converge en 2030 vers la typologie de la Figure 3¹⁰. Autrement dit, il est posé, par exemple, qu'au cours de l'année 2030, 44 % des acheteurs de véhicules électriques résideront en habitat collectif ou encore que 38 % des acheteurs résideront dans des logements sans place de parking ce qui implique pour ces propriétaires de voiture électrique de pouvoir néanmoins accéder à un PR.

Ce dernier point souligne que ces propriétaires doivent disposer de PR à proximité de leur domicile, en l'occurrence sur la voie publique. De ce fait, les PR pour répondre aux besoins des occupants de logements sans place de parking seront, selon la segmentation

retenue, comptés comme PR publics et non comme PR privés.

Parc de PR privés à l'horizon 2030

Il doit être alors considéré que le parc de voitures particulières en circulation est d'environ 37 millions en 2020. 84 % des ménages sont équipés et 36 % des ménages disposent de deux voitures ou plus. On considère ainsi en moyenne environ 1 voiture par résidence principale.

Sous les hypothèses précédemment énoncées, le parc de PR privés, hors PR destinés aux logements sans parking, atteint près de 2,9 millions d'unités en 2030 dans le scénario bas, plus de 3,5 millions dans le scénario moyen et plus de 5 millions dans le haut.

On notera que dans cette simulation, dans chacun des scénarios, en 2030, 31 % des achats de véhicules électriques seront réalisés par des ménages résidant en logement collectif avec une place de parking et 69 % en habitat individuel avec garage ou parking.

Parc de PR publics à l'horizon 2030

Les besoins en PR publics sont donc constitués de deux demandes distinctes.

(i) La demande des ménages résidant en logements sans place de parking et qui va émerger si la voiture électrique devient un vrai substitut du véhicule thermique. Pour être satisfaite, cette demande requerra des PR publics d'une puissance inférieure à 50 kW pour une recharge avec stationnement sur plusieurs heures.

(ii) La demande de PR publics de transit pour assurer les recharges en déplacement. Ces PR doivent assurer une recharge rapide, durée de 30 à 40 minutes maximum impliquant une puissance au moins entre 50 et 100 kW. Mais il est probable qu'à l'usage des PR dits ultra rapides, comme ceux situés sur les aires de service des autoroutes avec une puissance supérieure à 100 kW, permettant une recharge en moins de 20 minutes seront indispensables pour rapprocher l'usage d'une voiture électrique de celui d'une voiture thermique.

Pour dimensionner le nombre de PR de transit, l'estimation se base sur l'abaque de l'Union européenne d'un PR pour 10 véhicules électriques en circulation¹¹. Mais cet abaque

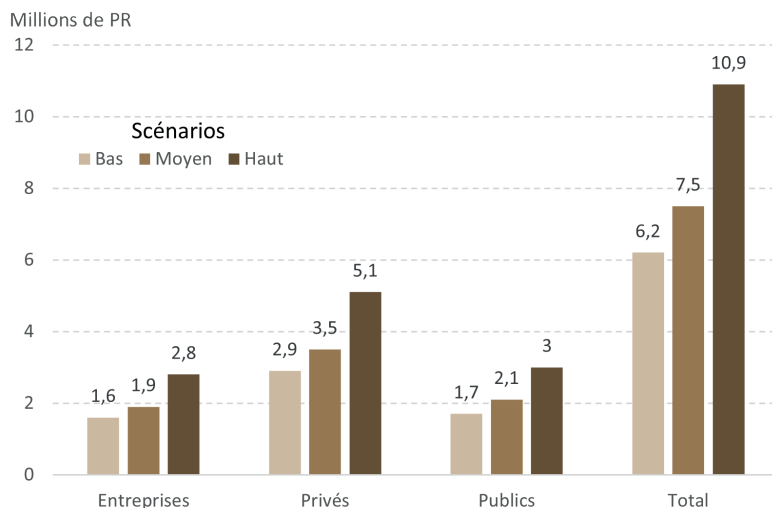


Figure 4. Besoin total de PR et par segment en 2030 selon les scénarios (en millions)

Voitures électriques : un avenir « borné »

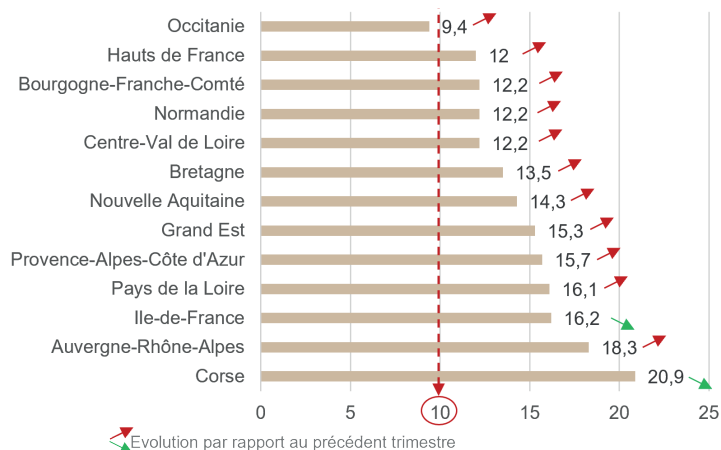


Figure 5. Nombre de voitures électriques par PR Public

Sources : AAA Data, Gireve, calcul UFE – données au 30 septembre 2021

ne tient pas compte du besoin de PR publics pour satisfaire la demande émanant des détenteurs de voitures électriques résidant dans les 11,4 millions de logements sans place de parking (cf. supra).

En cumulant ces deux types de demande de PR publics, il ressort un besoin de PR publics de 1,7 million dans le scénario bas dont 450 000 PR de transit (rapides ou ultra rapides), 2 millions dans le scénario moyen, dont 550 000 PR de transit, et 3 millions dans le haut dont 800 000 PR de transit.

L'accélération nécessaire du déploiement des PR extérieurs : privés et publics

Le besoin total de PR en 2030 se situe selon les scénarios entre 6,2 et 10,9 millions en 2030 (cf. Figure 4). La croissance passée du déploiement des PR entreprises et des PR privés (logements individuels et habitat collectif avec parkings couverts) suit jusqu'à présent le rythme de croissance du parc de véhicules électriques. Tel n'est pas le cas des PR publics et des PR privés de l'habitat collectif avec parking extérieur.

En dépit du plan « 100 000 bornes » fin 2021, doté de 100 millions d'euros de subventions, le nombre de PR publics installés en fin d'année

dépassera difficilement 50 000 unités. Sur 13 régions, une seule, l'Occitanie, atteint le seuil de 10 PR publics pour 10 véhicules ciblé dans la directive européenne 2014/94 (cf. Figure 5). Pire, au 2^e trimestre 2021, deux régions, Île-de-France et Corse, ont installé suffisamment de PR pour essayer de combler leur retard (baisse du nombre de voitures par PR), les 11 autres l'accentuent.

Le cas particulier et essentiel des PR publics de transit

Le seuil cible de PR publics préconisé dans la directive ne spatiale pas la densité de PR dans l'espace géographique. Or, ce critère est essentiel pour assurer un service effectif de mobilité avec des voitures électriques sans contrainte lourde. Pour pallier cette insuffisance, l'ACEA a calculé le nombre de PR publics par 100 km de routes principales, distance nécessaire pour effectuer des recharges rapides sans être contraint outre mesure par la question de la recharge. La France affiche un faible score de 4,1 PR par 100 km, 3 fois moins que le Portugal, 4 fois moins que l'Allemagne, 10 fois moins que les Pays-Bas¹².

La méthode de mesure de l'ACEA soulève l'impérieuse nécessité de bien positionner et répartir les PR publics ultra rapides dans

l'espace géographique national s'il faut assurer la même aisance d'usage des voitures électriques comparativement aux voitures thermiques. Or évalué dans sa dimension spatiale, l'équipement de la France est dramatiquement en retard, voire totalement déficient. En cause, le particularisme géo-démographique national avec 80 % de la population résidant sur 20 % du territoire (INSEE). Cette inégale répartition de la population sur le territoire se traduit par de grands espaces faiblement denses en population et en activités. Sur ces vastes espaces, l'installation de PR ultra rapides pour les besoins de déplacements est non seulement coûteuse (plus de 100 k€), mais ne sera a priori pas rentabilisable.

Le cas de la région Corse est à cet égard particulièrement illustratif de cette problématique. Alors que les données de la Figure 5 montrent que la région Corse est la mieux équipée de France en PR lorsque le nombre de PR est rapporté au nombre de véhicules électriques déclarés dans cette région, les médias se sont faits récemment un ample écho du sous-dimensionnement drastique du réseau de PR publics pour assurer correctement le

déplacement des vacanciers qui disposaient de voitures électriques pour se déplacer sur l'île¹³. En cause, l'insuffisance criante du nombre de PR rapides et ultra rapides et la déficience de nombreux PR publics censés être opérationnels. Le défaut sur la quantité de PR publics renvoie manifestement à l'absence de prise en compte des populations non résidentes en déplacement (tourisme et autres) dans la région pour établir le dimensionnement du parc de PR nécessaire à un usage satisfaisant des véhicules électriques. L'installation des PR publics est de surcroît laissée à l'initiative manifestement non coordonnée des collectivités locales et des acteurs publics et privés (hôtels, restaurants, centre commerciaux, gares ferroviaires ou routières, etc.). Le défaut de qualité des PR publics renvoie quant à lui à un manque patent dans le suivi du fonctionnement effectif des PR installés sur la voie publique.

L'exemple Corse n'est qu'un concentré dans le temps et dans l'espace des effets qui surgiront partout en France d'un déploiement des PR insuffisamment concerté et planifié. L'expérience déceptive de l'usage des voitures

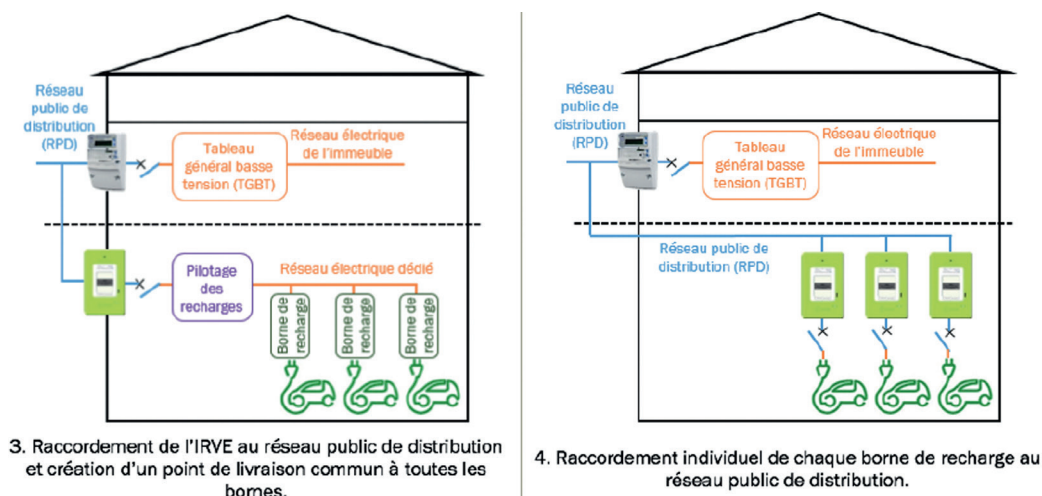


Figure 6. Schémas de raccordement au réseau de distribution de PR des parkings couverts en habitat collectif

Source : CRE, octobre 2018, «Les réseaux électriques au service des véhicules électriques», document de réflexion et de proposition

Voitures électriques : un avenir « borné »

électriques risque de se traduire au mieux par une défiance des futurs clients, au pire par un rejet.

Course poursuite et impossible rattrapage?

Selon nos estimations, le rattrapage du retard déjà constaté et le suivi de la rapide croissance du parc de véhicules électriques pour tenir les objectifs de décarbonation imposeront un rythme d'installation de PR dépassant un minimum de 500 000 PR tous segments confondus par an en moyenne soit l'équivalent du parc installé au cours des 10 dernières années. Il faudrait donc multiplier par plus de 10 le rythme actuel d'installation tous types de PR confondus.

Cette montée en charge très rapide pose la question de sa soutenabilité par l'écosystème impliqué dans l'offre des PR. Avant toutes choses, ce rythme de déploiement suppose un abaissement considérable des délais d'installation des réseaux et du renforcement des colonnes de distribution d'électricité alimentant les PR dès lors que l'augmentation de la puissance est nécessaire (PR privés des logements collectifs, PR publics, etc.).

Par exemple, pour l'installation des PR dans les parkings couverts de l'habitat collectif, la CRE identifie parmi les quatre solutions disponibles sur le marché aujourd'hui, les deux, dites 3 et 4, qui seraient les plus pérennes à long terme (cf. Figure 6).

Mais aujourd'hui, les délais de raccordement pour commencer à équiper un parking couvert en habitat collectif sont donc compris

au minimum entre 15 semaines et 11 mois (cf. Tableau 1). Or comme indiqué ci-dessus, la croissance de l'installation des PR des parkings couverts en habitat collectif a été jusqu'à présent un segment qui a suivi de près la croissance du parc de véhicules électriques.

Les besoins de coordination, les délais de décision sont en cause, mais la montée en puissance très rapide requise pour tenir un rythme d'installation des PR en phase avec le parc de véhicules électriques implique surtout la formation de très nombreux techniciens, la certification de multiples entreprises et installateurs agréés pour travailler sur les courants forts, etc.

Mais l'accent devra être mis en premier lieu sur la densification des PR publics pour mieux répondre aux deux types de demande qu'ils adressent : (i) les PR de faible ou moyenne puissance pour les logements sans parking, (ii) les PR de forte puissance utilisés lors des déplacements.

Faut-il alors se souvenir que le très important retard de déploiement des nouveaux Vélib' à Paris a été principalement justifié par la difficulté rencontrée par l'opérateur de raccorder rapidement au réseau électrique les nouvelles stations de bornes d'accrochage des vélos.

En second lieu, l'installation de PR dans les parkings extérieurs de l'habitat collectif, 3,3 millions de logements, est aujourd'hui quasi inexistante. En cause, le coût très élevé de leur installation qui exige des travaux de génie civil pour apporter l'électricité au niveau des places de parking, décision qui ne peut être

	Installation initiale / pré-équipement	Déviations particulières / installation point de recharge
Solution 3	12 à 14 semaines	3 à 4 semaines
Solution 4	3 à 8 mois	12 semaines*

* <https://innopolis-expo.com/les-replays/>

Tableau 1. Délai d'attente pour l'installation des PR des solutions 3 et 4

Source : Enedis, Zeplug

que collective (copropriété) et l'installation de bornes d'un coût bien supérieur aux « *Wall box* » individuelles accrochées aux murs ou poteaux dans les parkings couverts.

Si le développement des véhicules électriques ne doit pas être « borné », il faut donc s'assurer d'une politique publique ambitieuse et adaptée au déploiement des bornes pour répondre à la diversité des besoins sur l'ensemble du territoire.

Le parc des PR publics comme réseau, le marché et ses limites

Il existe une externalité positive croisée évidente entre le marché des voitures électriques et le marché des PR : l'utilité d'une voiture électrique croît avec la taille du parc de PR disponibles, réciproquement, l'utilité du déploiement des PR dépend du parc de voitures électriques en circulation. Cette situation débouche sur le paradoxe de l'œuf et de la poule : sans véhicule électrique pas de marché des PR et sans PR pas de véhicule électrique. Aucun des deux marchés n'a intérêt à précéder l'autre de telle sorte qu'en dynamique le système se bloque.

Le modèle économique standard pour dépasser le paradoxe consiste à développer simultanément les deux activités. C'est le modèle économique initial de Tesla qui a développé son propre réseau de PR dédié à ses voitures. Dès lors que les constructeurs automobiles se lancent dans la production de véhicules électriques, le système intégré trouve rapidement ses limites. Il aboutit à dupliquer les infrastructures pour que chaque constructeur puisse garantir à ses clients un minimum « d'usagivité » de leur véhicule. La multiplication des PR concurrents localisés à proximité et incompatibles devient vite une source gigantesque d'inefficience. Le marché laissé à lui-même trouve ici sa limite : l'intervention publique devient nécessaire.

L'interopérabilité des PR publics pour que tout véhicule indépendamment de sa marque

puisse se recharger sur tout PR accessible au public constitue une condition de base minimale pour éviter le blocage et le gaspillage de ressources investies. Cette première condition a logiquement été instaurée au niveau technique avec la normalisation des puissances de bornes et des prises des véhicules pour que l'ensemble de PR publics constitue fonctionnellement un réseau et non un ensemble d'équipements disjoints incompatible.

Il reste encore des briques d'interopérabilité à construire et/ou à parfaire pour que les PR relevant de tous les prestataires disposant d'infrastructures de recharge offrent un service simple et homogène pour tout détenteur de véhicule électrique de quelque puissance et marque que ce soit, à l'instar de ce qui existe pour l'itinérance entre les réseaux mobiles. À cet égard, deux facteurs de complexité doivent être relevés : le mode de facturation et les moyens de paiement.

S'agissant du mode de facturation, certains opérateurs optent pour un paiement à la durée, d'autres pour un paiement au kWh, d'autres encore pour des forfaits. La différenciation des modalités de tarification ne pose pas problème pour les PR privés. En revanche, pour les PR public l'interopérabilité exigera *in fine* une obligation de transparence tarifaire pour les consommateurs finaux. S'agissant d'un marché où les acteurs sont libres d'entrer, on peut suggérer une tarification binomiale. Chaque acteur capte ses clients et leur facture un abonnement destiné à couvrir les frais fixes d'installation des bornes. L'utilisation de la borne est ensuite facturée au kWh, une unité de mesure simple à comprendre et homogène. En revanche, le prix du kWh serait différencié selon la puissance du PR et selon que l'utilisateur soit ou non abonné au propriétaire du PR. Les non abonnés paient logiquement plus chers que les abonnés. Ce système de tarification présente l'avantage d'inciter les opérateurs de PR à développer rapidement leur parc de PR et à favoriser l'installation de PR de puissance tout en assurant l'interopérabilité.

L'interopérabilité technique et l'homogénéisation des modalités de tarification passe aussi par l'interopérabilité des moyens de paiement. Force est de constater que les moyens de paiement sur les PR publics passent aujourd'hui par des applicatifs spécifiques qui, de surcroît, ne sont pas tous compatibles entre eux. Il est difficile d'imaginer que les PR publics ne puissent pas, à l'avenir, devoir accepter obligatoirement les paiements par carte bancaire, comme cela est le cas pour les parcs de stationnement, les péages autoroutiers, les paiements de places de stationnement public, etc.

En sus des apports de fonds privés, un financement public sera indispensable. Le concept de marché biface peut alors être un référentiel intéressant si on considère que la politique d'intervention publique constitue *de facto* et *de jure* la plateforme responsable de l'optimisation de développement harmonieux des deux faces de l'écosystème, voitures électriques d'une part et PR d'autre part.

Aujourd'hui, la dépense budgétaire de l'État penche clairement en faveur de la voiture avec des aides pour accélérer la transition du parc de véhicules thermiques vers l'électrique. Les diverses primes à l'équipement en voiture électrique des ménages émargeront pour 1,2 milliard en 2022 au budget de l'État, soit près de 10 fois plus que ce qui sera consacré aux PR. Un rééquilibrage budgétaire semble nécessaire, soit en augmentant les dotations au déploiement des PR, soit en réaffectant une partie du budget consacrée à l'équipement en voitures électriques au financement de l'installation des PR publics. Dans tous les cas, il s'agit de mieux harmoniser le développement des deux faces de l'écosystème.

Si le PR relève d'une économie de réseau, une politique d'aménagement du territoire sera nécessaire pour assurer un déploiement évitant de larges zones « blanches » sans PR publics. Des délégations de service public territoriales devraient de toute évidence être initiées. Leurs limites ne devraient pas être déterminées en fonction des frontières administratives des communes, départements ou

régions, mais en fonction d'une analyse des flux de déplacement.

Concevoir *in fine* un service d'intérêt économique général au niveau national serait enfin souhaitable. Cette approche permettrait un déploiement planifié et ordonnancé des PR publics sur l'ensemble du territoire national en prenant en compte les besoins à satisfaire au niveau local. Sur ce sujet, tout est à construire, en particulier la cartographie d'implantation optimale des PR et non la cartographie constatée des PR déjà installés qui révèle déjà les « trous » qu'il faudra bien combler pour que les déplacements en voitures électrique évitent d'être aléatoires dans leur durée voire anxio-gènes en raison de l'inexistence ou de l'indisponibilité des PR.

NOTES

1. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0716bb9a-6138-4918-8023-cb24caa47794/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>.
2. Cette recherche a fait l'objet d'un financement de la société Zeplug. Les opinions émises sont celles de l'auteur, seul responsable des inexactitudes ou omissions qui substitueraient.
3. Les véhicules rechargés directement sur secteur, même renforcé, ne sont pas comptés. Le ministère de l'Écologie annonce un total de 612 000 PR mi-juillet 2021 sans préciser la répartition entre PR particuliers et entreprises : <https://www.ecologie.gouv.fr/deploiement-des-bornes-recharge-electrique-moitie-des-aires-service-desormais-equipees>.
4. <https://www.observatoire-recharge-afirev.fr/resultats/>.
5. À titre d'exemple, Renault indique que son modèle Zoé, voiture électrique la plus vendue pendant plusieurs années, a une durée de vie comprise entre 20 et 30 ans.
6. N'est pas pris en compte l'effet des dernières initiatives de la Commission européenne (juillet 2021) pour réduire plus rapidement les émissions de gaz à effet de serre.
7. Commissariat général au développement durable, *Les flottes de véhicules des personnes morales : Caractéristiques et perspectives*, août 2019.
8. *Ibidem*, p. 35, et base de données AAA – 2019.
9. Insee, Ministère de la Transition écologique et solidaire, Service de la donnée et des études statistiques (SDES),

Estimations annuelles du parc de logements au 1^{er} janvier 2020.

10. Il est fait l'hypothèse que la convergence s'effectue de façon linéaire sur la période 2021-2030.

11. Directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs. «Les États membres devraient veiller à ce que des points de recharge ouverts au public soient mis en place pour assurer une couverture adéquate [...]. À titre indicatif, le nombre moyen approprié de points de recharge devrait correspondre à au moins un point de recharge pour dix voitures [...]».

12. <https://www.acea.auto/press-release/electric-cars-10-eu-countries-do-not-have-a-single-charging-point-per-100km-of-road/>.

13. https://www.francetvinfo.fr/economie/automobile/diesel/voitures-electriques-en-corse-la-galerie-des-automobilistes_4684731.html ; <https://auto-live.fr/corse-des-voitures-electriques-a-la-location-mais-pas-assez-de-bornes-de-recharge/> ; <https://www.60millions-mag.com/2021/07/28/location-auto-en-corse-la-galerie-des-voitures-electriques-18940>.