

VÉHICULES ÉLECTRIQUES

EN ROUTE VERS UNE DIFFUSION MASSIVE ?



JUIN 2016

5.14.018

9782737119965



www.iau-idf.fr



IAU

INSTITUT
D'AMÉNAGEMENT
ET D'URBANISME

* ile de France

Véhicules électriques

En route vers une diffusion massive ?

Juin 2016

IAU île-de-France

15, rue Falguière 75740 Paris cedex 15
Tél. : + 33 (1) 77 49 77 49 - Fax : + 33 (1) 77 49 76 02
<http://www.iau-idf.fr>

Directeur général par intérim : Fouad Awada
Département Mobilités et transports : Elisabeth Gouveral, Directrice de département
Étude réalisée par Caroline Raes
Avec la collaboration de Pierre Vetois
Cartographie réalisée par Eloise Hoyet
N° d'ordonnancement : 5.14.018

Crédit photo de couverture : © Arnaud Bouissou / Terra

Remerciements : Thierry BLUET (DERET SAS), Thierry BOURDAS (Agence de Mobilité de la Ville de Paris), Walter DELAGE (PVI), Vianney DEVIENNE (GIREVE), Antoine DUSART (AVERE), Sophie ESPIE (RATP), Bruno FLINOIS (Mopeasy), Olivier GOBAUT (SDEM 77), Jérémie MAESTRACCI (PSA), Nicolas PLANCHENAUULT (Solstyce)

Sommaire

I. Introduction	3
II. Voitures électriques, vecteur de transition énergétique ?.....	4
1. Qu'est-ce qu'un véhicule électrique ?	4
2. Véhicules électriques : pour quels usages ?.....	5
3. Véhicules électriques : une alternative prometteuse.....	6
4. ...mais des freins à lever.....	6
III. De nouvelles infrastructures à installer.....	8
1. La borne, composante majeur de l'infrastructure de recharge pour véhicules électriques .	8
2. Des solutions alternatives de recharge qui émergent.....	11
IV. Le soutien public aux véhicules électriques	14
1. Les engagements de l'État et le cadre règlementaire.....	14
2. La politique de soutien de la Région Ile-de-France.....	18
V. Le déploiement des véhicules électriques en Ile-de-France : bilan et perspectives 19	19
1. 25 000 véhicules électriques en Ile-de-France en 2015	19
2. Des ventes qui s'accroissent	20
3. Quels vecteurs de développement en Ile-de-France ?	23
VI. Où en est le déploiement de l'infrastructure de recharge en Ile-de-France ?	28
1. Une infrastructure inégalement répartie sur le territoire.....	28
2. Qui sont les acteurs du déploiement ?	28
3. Priorité à la recharge normale sur voirie	29
4. Des tarifs incitatifs	30
5. Une interopérabilité à mettre en œuvre	31
VII. Un développement qui soulève de multiples interrogations	32
1. Quels impacts sur le réseau de distribution électrique ?	32
2. Impacts environnementaux : un bilan en demi-teinte	33
3. Vers un retour de la voiture en ville ?.....	34
VIII. Conclusion	35
IX. Abréviations	36
X. Glossaire.....	37
XI. Annexes	40
1. Quelques exemples de réseaux de recharge existants et futurs en Île-de-France	40
2. Exemples internationaux	43
3. Historique des dispositifs français et européen en faveur de l'électromobilité	47
4. Récapitulatif des différentes mesures permettant de soutenir la diffusion des véhicules électriques	49
XII. Bibliographie	50

I. Introduction

Le transport routier de voyageurs et de marchandises est le premier émetteur de gaz à effet de serre en France avec 34 % des émissions globales en 2013 (source : Citepa). Le secteur constitue par ailleurs une des principales sources de pollution de l'air : en 2013, il représentait 59 % des émissions de dioxyde d'azote (NO₂), 16 % des émissions de PM₁₀ et 19 % des émissions de PM_{2,5}. En Ile-de-France, le trafic routier contribue à lui seul à plus du tiers des rejets de gaz à effet de serre (GES) en 2012, d'après les chiffres d'AirParif¹. Plus de la moitié des émissions de NO_x et plus du quart des émissions directes de particules PM₁₀ et PM_{2,5} lui sont également attribuées.

Devant cet état de fait, la France a engagé une politique ambitieuse de transition vers des transports plus sobres en énergie et moins polluants. Parmi les leviers d'action identifiés, citons le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables qui fonctionnent grâce à une énergie peu émettrice à l'usage. L'objectif fixé est ambitieux : 2 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables en circulation d'ici 2020 sur l'ensemble du territoire. Au-delà des préoccupations environnementales, l'intérêt porté à l'électromobilité est motivé par une volonté de soutenir l'activité et l'emploi dans le secteur automobile, un symbole de l'industrie française qui rencontre des difficultés depuis quelques années.

Pour préparer cet avenir, l'Etat s'est doté d'un contexte réglementaire porteur et a introduit de nombreuses mesures visant à accélérer la mutation du parc automobile français du thermique à l'électrique. Dans le cadre du Schéma Régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) approuvé en 2012, la Région Ile-de-France s'est elle aussi engagée à soutenir le développement des véhicules électriques afin de lutter contre la pollution de l'air. Elle vise un objectif de 400 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables sur les routes franciliennes d'ici 2020 (soit 20 % de l'objectif national), et 1 million à l'horizon 2030.

Quelle est la réalité de ces annonces ? A quel rythme se déploient les véhicules électriques aujourd'hui en Ile-de-France ? Quelles sont les mesures prises pour accélérer la diffusion à grande échelle des véhicules électriques et quels seraient leurs impacts ? Quelles sont les principaux freins et opportunités de développement de cette motorisation en Ile-de-France ? Quid des impacts d'un développement à grande échelle des véhicules électriques ? Ce sont les questions auxquelles nous nous proposons de répondre dans cette étude.

Le rapport est organisé en six parties :

- Un premier chapitre consacré aux caractéristiques techniques, atouts et inconvénients des véhicules électriques.
- Les différentes solutions de recharge existantes feront l'objet du second chapitre.
- Les politiques de soutien mises en œuvre au niveau national et régional seront traitées en troisième partie de ce rapport.
- Le quatrième chapitre dresse un bilan du déploiement des véhicules électriques en Ile-de-France et identifie les segments à fort potentiel de développement.
- Un état des lieux du déploiement de l'infrastructure de recharge en Ile-de-France est présenté en cinquième partie de ce rapport.
- Enfin, le dernier chapitre examine les impacts d'un développement à grande échelle des véhicules électriques.

¹ Bilan de la qualité de l'air 2014, Air Parif

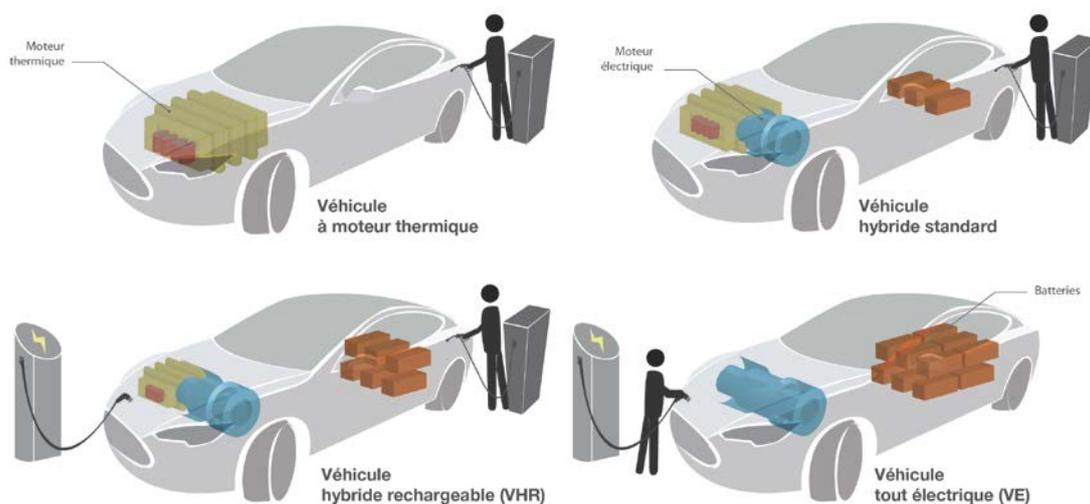
II. Voitures électriques, vecteur de transition énergétique ?

1. Qu'est-ce qu'un véhicule électrique ?

Les véhicules électriques correspondent à l'ensemble des véhicules équipés d'un ou plusieurs moteurs fonctionnant principalement avec une propulsion électrique. On distingue aujourd'hui trois principales catégories de véhicules électriques :

- Le **véhicule électrique à batterie** aussi appelé **véhicule tout électrique** ou **100% électrique (VEB)**. Il utilise pour unique énergie motrice l'électricité stockée dans des batteries rechargeables sur le secteur.
- Le **véhicule hybride rechargeable (VHR)**. Il est doté d'un moteur thermique et d'un moteur électrique alimenté par des batteries. Le VHR démarre en mode électrique et le groupe thermique n'intervient qu'au-delà d'une certaine vitesse ou lorsque les batteries sont épuisées. Contrairement à l'hybride conventionnel², il peut se recharger directement sur le secteur.
- La **voiture à pile à combustible (PAC)**. Elle est aussi appelée voiture à hydrogène car son moteur électrique est alimenté par une pile à combustible qui produit elle-même l'électricité à partir de l'hydrogène.

Les voitures à PAC de série n'étant pas encore commercialisées en France³, nous nous intéresserons, dans la présente publication, uniquement aux VEB et VHR, deux technologies qui bénéficient d'un fort soutien public.



Notons que les caractéristiques des véhicules électriques rechargeables ont fortement évolué au cours des dernières décennies grâce, entre autres, à l'introduction d'une nouvelle technologie de batteries : les batteries de type lithium-ion. Ces dernières offrent en effet des performances élevées (notamment en termes d'autonomie et de durée de vie) par rapport aux batteries plomb et nickel-cadmium des années 1990, compatibles avec une production industrielle. **Les premiers modèles de grande diffusion ont ainsi été lancés en 2010 pour le véhicule 100% électrique et en 2012 pour l'hybride rechargeable.** Si les premiers véhicules commercialisés correspondaient plutôt à des modèles haut de gamme, l'offre

² Les véhicules dits « hybrides » ne sont pas des véhicules rechargeables. La batterie est rechargée grâce à l'énergie récupérée au freinage.

³ La commercialisation de la Toyota Mirai, première voiture à PAC produite en grande série, a d'abord été lancée au Japon, en décembre 2014. Le modèle sera disponible en France à partir de 2017.

« constructeurs » n'a cessé de s'élargir avec l'apparition de modèles compacts destinés au grand public. Ainsi, chaque constructeur a aujourd'hui au moins un modèle électrique dans sa gamme et l'offre devrait poursuivre sa diversification dans les années à venir.

2. Véhicules électriques : pour quels usages ?

Aujourd'hui, l'autonomie moyenne des véhicules tout électrique se situe autour de 160 kilomètres (km) en conditions réelles d'utilisation, à l'exception des voitures Tesla qui affichent une autonomie bien plus élevée, pouvant aller jusqu'à 480 km. **Cette autonomie est largement suffisante pour un usage quotidien en milieu urbain et périurbain.** En effet, la longueur du trajet quotidien en voiture en France est de 35,9 km en moyenne (source : ENTD 2008), un chiffre très inférieur à l'autonomie actuelle des voitures 100 % électriques. En Ile-de-France, où 87,3 % des automobilistes parcourent moins de 50 km par jour et où la distance quotidienne parcourue en voiture par personne ne dépasse pas les 25 km en moyenne (EGT 2010), les véhicules électriques à batterie pourraient ainsi couvrir la plupart des besoins de déplacements en voiture. Les véhicules hybrides rechargeables ont quant à eux une autonomie électrique variant entre 25 et 80 km selon les modèles, bien adaptée aux trajets courts du quotidien. Grâce à leur groupe thermique, ils peuvent également effectuer des trajets plus longs, sans contrainte d'autonomie. Ainsi, **le véhicule hybride rechargeable permet d'offrir une polyvalence identique à une voiture thermique**, les consommations de carburant et les émissions à l'échappement en moins pour les kilomètres effectués en mode tout électrique.

Il importe de souligner qu'au-delà de la capacité affichée des batteries, l'autonomie réelle des véhicules électriques se révèle très liée au style de conduite, à la topographie du parcours (ville, route, autoroute) et aux auxiliaires électriques sollicités (chauffage, climatisation et autres équipements électriques). A titre d'exemple, on estime que la mise en route du chauffage ou de la climatisation peut conduire à une perte de l'ordre de 20 à 30% de l'autonomie affichée selon le contexte géographique.

	Véhicule tout électrique	Véhicule hybride rechargeable
Fonctionnement	Un seul moteur électrique	Double motorisation thermique/électrique
Capacité des batteries	Entre 7 et 25 kWh	Entre 5 à 7 kWh
Autonomie	120 à 180 km en moyenne pour des citadines Jusqu'à 480 km pour une Tesla Model S	25 à 80 km en mode tout électrique Extension d'autonomie offerte par le groupe thermique
Domaine de pertinence	Usage quotidien, essentiellement urbain	Usage polyvalent

3. Véhicules électriques : une alternative prometteuse...

Les véhicules électriques présentent des atouts déterminants par rapport aux véhicules thermiques classiques, parfois mal connus du grand public. Citons parmi ceux-ci :

- **Zéro émission à l'échappement** : le moteur électrique n'émet ni polluant atmosphérique ni gaz à effet de serre en circulation. Il importe toutefois de noter que les véhicules électriques, tout comme les voitures thermiques essence ou diesel, génèrent d'importantes émissions liées aux pneus au freinage et au phénomène général d'abrasion des routes. Selon Airparif⁴, elles ont contribué pour 11% des émissions régionales de particules polluantes en 2012 (41% des émissions du secteur du trafic routier).
- **L'absence de bruit** : le moteur électrique est silencieux. Les seules nuisances sonores générées sont le bruit des pneus sur la route et le léger sifflement émis pour alerter les piétons de l'arrivée du véhicule.
- **Une conduite agréable** : pas d'embrayage, pas de boîte de vitesse, un démarrage rapide et une fluidité de l'accélération.
- **Un coût d'utilisation faible** : l'électricité est moins chère au kilomètre qu'un carburant fossile. Il faut compter 2 euros pour parcourir 100 km avec une voiture électrique contre 6 euros pour parcourir la même distance en diesel consommant 4 litres/100 km (source : Breezcar).
- **Un rendement énergétique plus élevé** : le rendement énergétique des moteurs électriques avoisine 90 à 95%, contre 35% pour un moteur à essence et 40% pour un moteur diesel.
- **Une maintenance facile et peu coûteuse** : pas de vidange à faire, une usure très lente du moteur électrique, donc des coûts d'entretien réduits.

4. ...mais des freins à lever

Un surcoût à l'achat



Les véhicules électriques coûtent plus cher à l'achat que leurs équivalents thermiques. En l'état actuel du marché, il faut compter en moyenne 30 000 euros pour une citadine 100 % électrique contre 10 000 euros pour un modèle thermique comparable. Il s'agit là d'un

ordre de grandeur indicatif. Le prix des voitures tout électrique varie fortement suivant les modèles : de 6 999 euros pour un quadricycle Twizy à environ 80 000 euros pour la berline Model S de Tesla. Le coût d'achat est encore plus élevé pour les hybrides rechargeables : le prix de départ pour un VHR s'établit à 37 000 euros hors aides, selon les données de l'Association pour l'avenir du véhicule électro-mobile (Avem). Cela est dû à la complexité du système de fonctionnement du véhicule et de l'offre constructeur encore limitée en France et plutôt haut de gamme.

On estime qu'il faudrait parcourir environ 10 000 km par an sur plus de 8 années pour que le coût d'un véhicule électrique soit équivalent à celui d'un modèle thermique comparable. Ce surcoût à l'achat s'explique principalement par l'absence d'économie d'échelle dans la filière électrique et le coût élevé des batteries qui peut représenter jusqu'à 30 à 40 % du prix final du véhicule. Afin de rendre leurs prix compétitifs, certains constructeurs ont choisi de commercialiser leurs modèles sans batterie et de proposer ces dernières à la location. C'est la stratégie adoptée par Renault sur sa gamme Z.E, uniquement

⁴ Inventaire régional des émissions en Ile-de-France. Année de référence 2012 – Eléments synthétiques. Edition décembre 2014.

disponible avec une formule de location de batterie. Cela permettrait, selon le constructeur, de réaliser des économies de l'ordre de 8 000 euros à l'achat.

La crainte de la panne

Même si l'autonomie actuelle des véhicules électriques permet de couvrir la majorité des déplacements quotidiens en voiture, la peur de tomber en panne pour des raisons d'autonomie insuffisante reste un obstacle à leur développement. Notons que cette crainte ne concerne pas le VHR qui peut s'affranchir des contraintes d'autonomie grâce à son groupe thermique.

La crainte de la panne pour les véhicules tout électrique est aujourd'hui exacerbée par le manque d'infrastructures de recharge pour les véhicules électriques, notamment sur l'espace public. Les efforts déployés depuis quelques années par l'Etat et les collectivités locales pour développer les infrastructures de recharge devraient contribuer à lever progressivement ce frein « psychologique » à l'achat. En parallèle, la recherche et l'innovation sur les performances des batteries continuent d'avancer, et les constructeurs annoncent une autonomie de 200 à 250 km à horizon 2020, ce qui devrait favoriser la diffusion des véhicules 100% électriques à moyen terme.

Un temps de recharge long

Le temps de recharge des batteries peut varier entre 30 minutes et 8 heures selon les cas, alors qu'un plein de carburant ne dure en général pas plus de quelques minutes. Cette contrainte est particulièrement forte pour certains professionnels tels que les taxis ou les livreurs.

Récapitulatif des principaux avantages et inconvénients des véhicules électriques

AVANTAGES ET CONTRAINTES DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE



«Zéro émission»
à l'usage

Pas de bruit

Prix à la pompe
très compétitif

Agrément de conduite



Autonomie limitée
(150 km en moyenne)

Temps de recharge long
(20-30 minutes pour
les plus rapides)

Surcoûts à l'achat

Absence d'infrastructure
de recharge

III. De nouvelles infrastructures à installer

Les véhicules électriques ayant une autonomie encore limitée, leur généralisation nécessite de disposer d'infrastructures de recharge sûres et simples d'utilisation, tant sur l'espace privé que public.

On estime que la recharge du véhicule se fera dans 80 à 90 % des cas lors du stationnement de longue durée au domicile la nuit ou au lieu de travail (recharge principale). De façon secondaire, les usagers seront amenés à se recharger sur le domaine public, lors d'un arrêt ponctuel (recharge de confort ou d'appoint) ou en cours de trajet pour faire face à un besoin de kilomètres supplémentaires non planifiés (recharge de secours).

1. La borne, composante majeur de l'infrastructure de recharge pour véhicules électriques

Les véhicules électriques peuvent se recharger par simple branchement sur une prise domestique protégée (avec terre traditionnelle) en 8 à 12 heures ou sur une borne de recharge électrique. Cette deuxième solution permet de **réduire le temps de recharge d'au moins 30 %** selon les types de bornes. Elle offre par ailleurs une meilleure sécurité de la recharge. C'est l'infrastructure de recharge la plus répandue aujourd'hui sur le domaine public.



Les bornes se présentent généralement sous la forme d'un appareil fixe raccordé directement à un tableau de distribution électrique. Chaque borne de recharge peut comprendre un ou plusieurs points de charge, à savoir l'infrastructure qui délivre la puissance électrique, et sur lequel l'utilisateur vient brancher son véhicule via un câble mobile ou attaché à la borne. Les bornes peuvent être équipées d'une interface utilisateur et d'un lecteur de radio-identification (RFID) pour organiser l'identification, la recharge et la facturation du service.

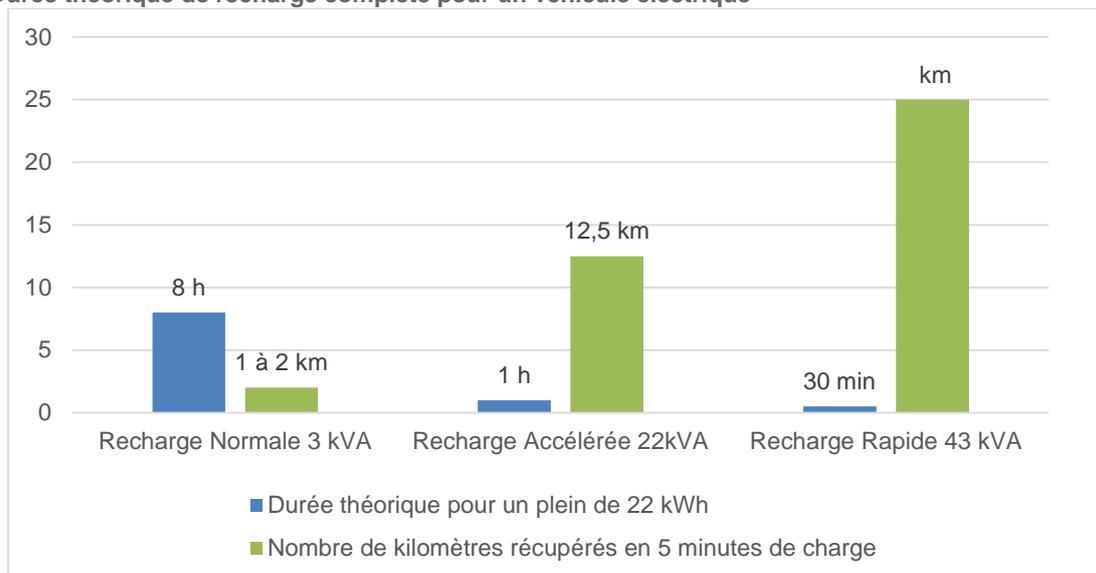
Trois paliers de puissance, trois usages différents

Il existe actuellement trois types de bornes de recharge, présentant chacun des caractéristiques spécifiques en termes de prises, de puissance électrique délivrée (en kW), et de vitesse de charge :

- **Les bornes de recharge « normale » ou « standard »** délivrent une puissance électrique comprise entre 3 et 7 kW permettant d'assurer une charge complète des batteries en 6 à 8 heures. Elles génèrent un appel de puissance équivalent à celui d'un chauffe-eau.
- **Les bornes de recharge « accélérée »** (aussi appelée semi-rapide) assurent une charge complète des batteries en 1 heure avec une puissance de 22 kW. La recharge accélérée génère l'appel de puissance d'un immeuble.
- **Les bornes de recharge « rapide »** fournissent une puissance comprise entre 43 et 50 kW permettant de récupérer 80 % de l'autonomie de la batterie en moins de 30 minutes. La recharge rapide génère un appel à puissance équivalent à celui d'un quartier urbain. L'installation de bornes de recharge rapide est donc très souvent accompagnée d'un renforcement local du réseau, ce qui implique des investissements conséquents.

Notons que tous les véhicules électriques ne sont pas compatibles avec la recharge rapide. De plus, l'utilisation répétée de la recharge rapide peut, à terme, détériorer la performance des batteries.

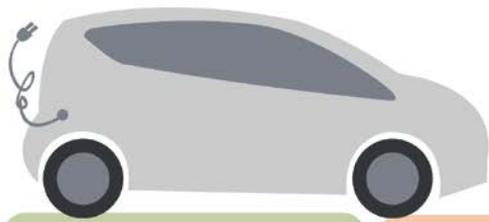
Durée théorique de recharge complète pour un véhicule électrique



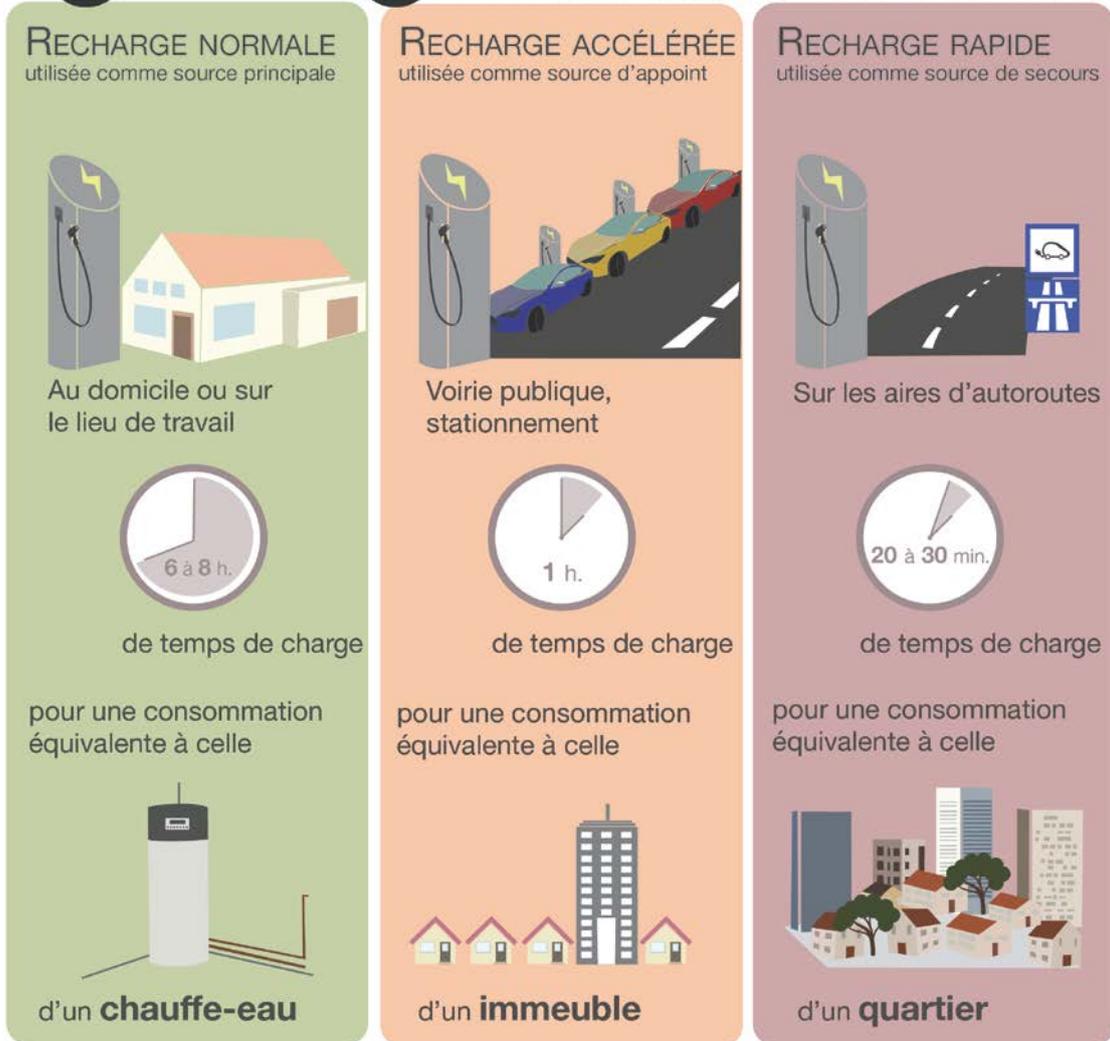
Source : IAU, inspiré du Livret vert, avril 2011

Chaque type de borne correspond à des utilisations et des implantations spécifiques.

Typiquement, les bornes de recharge normale sont particulièrement adaptées au besoin de recharge principale et sont idéalement situées sur le domaine privé (garage individuel, parking d'immeubles collectifs, parking d'entreprises) et sur les places de stationnement sur voirie pour les conducteurs qui ne disposent pas d'un garage privé. Les bornes de recharge accélérée répondent quant à elles au besoin de recharge d'appoint et sont donc installées sur la voirie, au niveau des centres commerciaux et des nœuds de transport. Enfin, les bornes de recharge rapide correspondent à une solution de secours, réservée aux grands trajets ou aux grands rouleurs (taxis, véhicules de livraison). Elles sont donc implantées prioritairement sur les emplacements où les voitures sont stationnées pendant une courte durée, à savoir les aires d'autoroutes, stations-service et aires de livraison.



LA RECHARGE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES



Notons que le constructeur Tesla développe son propre réseau de stations de charge ultrarapide : les *Tesla Superchargeurs*. Uniquement compatibles avec les modèles du constructeur californien, ces stations délivrent une puissance de 120 kW et permettent de récupérer jusqu'à 50 % de la capacité des batteries en 20 minutes, 80 % de la capacité en 40 minutes, et 100 % de la capacité en 75 minutes. On compte aujourd'hui 29 stations superchargeurs dans toute la France et une station en Ile-de-France. Elle est située à Rungis et comprend 6 points de charge (source : Tesla Motors).

Une diversité de standards de charge et de prises

Il existe par ailleurs différents types de prise électrique pour connecter le véhicule à la borne (voir tableau ci-dessous) et les standards varient selon les pays. Avant janvier 2013, le standard français était la prise dite de type 3. La Directive européenne sur les carburants alternatifs adoptée en octobre 2014 a apporté une première harmonisation des prises de recharge à l'échelle communautaire. Elle préconise la prise dite de type 2 comme standard européen pour la recharge à moins de 22 kW (recharge normale et accélérée). Pour la

recharge rapide, le standard retenu est le connecteur Combo 2 mais le connecteur japonais CHAdeMO n'est pas exclu. Un décret transposant cette directive dans la loi française est actuellement en cours de préparation. Ainsi, depuis le 6 novembre 2015, le constructeur Renault livre ses modèles avec un câble pour se brancher sur les prises de type 2 en remplacement du câble de type 3. Un adaptateur T3-T2 est par ailleurs commercialisé pour les possesseurs d'anciens modèles. Les nouvelles installations de bornes de recharge devront intégrer ce standard européen et les bornes déjà implantées devront être adaptées.

Principaux types de socles de prises disponibles sur le marché

Type de socle de prise ou connecteur	Illustration	Description	Compatible puissances élevées	Conformité à la réglementation française côté infrastructure
Type E		Socle de prise type « domestique » compatible avec le Mode 1 ou 2	Non	Oui
62196-2 Type 1		Connecteur dédié côté véhicule, non envisagé côté infrastructure	Oui	n/a (uniquement véhicule)
62196-2 Type 2		Socle de prise élaboré pour le Mode 3, conforme au standard européen	Oui	- oui sur la voie publique (ou assimilable); - non dans les locaux domestiques et assimilés, du fait de l'absence d'obturateurs
62196-2 Type2S		Socle de prise élaboré pour le Mode 3, conforme aux réglementations européenne et française	Oui	Oui
62196-2 Type 3		Sera progressivement remplacé par un type 2S dans les bâtiments résidentiels (individuels ou collectifs), où la présence d'obturateurs est exigée.	Oui	Oui
62196-3 Configuration AA CHAdeMO		Connecteur réservé à la charge rapide en courant continu (dédié côté véhicule, non envisagée côté infrastructure)	Oui	Oui
62196-3 Configuration FF Combo2 (CCS)		Connecteur réservé à la charge rapide en courant continu (dédié côté véhicule, non envisagée côté infrastructure)	Oui	Oui

Crédit : Livre Vert, 2014

2. Des solutions alternatives de recharge qui émergent

Parallèlement au déploiement de bornes de recharge électriques, des solutions de recharge innovantes sont apparues et pourraient être généralisées demain pour apporter des compléments de réponse à une plus grande autonomie des véhicules électriques.

Les stations d'échange de batteries

Une alternative possible à la recharge en borne fixe consiste à échanger une batterie « vide » contre une batterie « pleine » dans des stations automatisées. L'opération, exécutée par un robot grâce à une trappe sous le véhicule, dure trois minutes (soit moins de temps qu'il n'en faut pour faire un plein de carburant) ; un avantage considérable par rapport à la recharge en borne fixe.

Néanmoins, cette solution a perdu une grande partie de son attrait depuis la faillite en 2013 de la société californienne *Better place* qui avait déployé une cinquantaine de stations d'échange de batteries en Israël et au Danemark depuis 2011. En effet, le modèle économique de l'échange de batteries fait face à plusieurs contraintes. L'absence de standardisation des packs de batteries nécessite de disposer d'un large stock à chaque station, ce qui implique un coût d'investissement élevé (estimé à environ 500 000 dollars par station) auquel s'ajoutent les frais de maintenance. Par ailleurs, le système ne peut fonctionner sans la commercialisation de véhicules électriques à batteries amovibles. Or, seul Renault, partenaire du projet *Better Place*, avait développé ce type des véhicules (en l'occurrence des Fluence Z.E).

Stations d'échange de batterie *Better place*



Crédits : *Better Place*

La recharge par « biberonnage »

Il s'agit d'une technologie qui est principalement envisagée **pour la recharge des bus électriques**. Lors d'un arrêt à une station, une recharge partielle mais suffisante pour effectuer le trajet jusqu'à la station suivante est administrée au bus. L'opération dure une vingtaine de secondes, soit le temps de la descente et montée des voyageurs. Elle est ensuite renouvelée à chaque arrêt, sur toute la ligne et pendant toute la durée du service. La charge en elle-même s'effectue par une simple connexion entre un bras articulé placé sur la toiture du bus et un poteau d'alimentation statique situé à proximité de l'abribus ou intégré à celui-ci.

La recharge par biberonnage a été expérimentée, entre janvier et juin 2015, sur le site de l'aéroport de Nice Côte d'Azur. Le test a été effectué avec des bus de capacité standard (12 mètres de long, environ 95 passagers) et pouvant dépasser 70 km/h si nécessaire. Les bus étaient équipés d'un pack de batteries qui leur conféraient une autonomie d'une trentaine kilomètres.

Cette solution présente un avantage majeur : elle permet d'embarquer des batteries de faible capacité, et donc de s'affranchir des contraintes d'encombrement auxquels sont aujourd'hui confrontés les bus électriques « classiques ». Mais le biberonnage présente également des contraintes techniques. Tout d'abord, les bus étant équipés d'un bras articulé, ils sont

cantonnés aux lignes équipées et donc difficilement échangeables en cas de panne. Le biberonnage exige par ailleurs de déployer une infrastructure de recharge assez volumineuse à chaque arrêt, ce qui implique des investissements importants et pose un problème d'occupation de l'espace, notamment en centre-ville. Cette technologie génère par ailleurs des contraintes non négligeables pour le réseau électrique puisqu'elle repose sur un appel de puissance continu, contrairement à la recharge sur des bornes fixes installées en dépôt bus qui peut se faire la nuit, hors des pics de consommation électrique.



La recharge par induction

Recharger son véhicule tout en roulant est désormais possible : c'est le principe de la recharge par induction. Des bobines placées sous la chaussée génèrent un champ magnétique qui est transformé en énergie électrique par un capteur installé sous le véhicule.

La recharge par induction magnétique est encore à l'état d'expérimentation mais les industriels promettent des applications commerciales dès 2017. En Angleterre, l'autorité responsable des autoroutes (Highways England) teste cette solution sur des sections de routes fermées au public depuis la fin de l'année 2015. Si l'expérimentation s'avère concluante, elle prévoit à terme de développer des voies dédiées à la recharge par induction sur les principales routes et autoroutes du pays. Notons que le coût d'installation de ce système est relativement cher (plus de 300 000 euros par kilomètre de route). Se pose par ailleurs la question de l'interopérabilité entre les différents systèmes développés par les constructeurs.



Crédits : Highways England

IV. Le soutien public aux véhicules électriques

Depuis quelques années, les véhicules électriques bénéficient d'un contexte particulièrement favorable à leur diffusion. Que ce soit au niveau européen, national ou local, les pouvoirs publics ont introduit de nombreuses actions en faveur de cette technologie : aides à la recherche et au développement (R&D) des constructeurs, incitations fiscales à l'achat, soutien à l'installation des systèmes de recharge, politique de stationnement préférentiel, etc. Ce chapitre propose un tour d'horizon des principaux engagements et dispositifs mis en place pour accélérer l'électrification du parc automobile.

1. Les engagements de l'État et le cadre réglementaire

Depuis le Grenelle de l'Environnement lancé en 2007, le développement des véhicules électriques est devenu une priorité de la stratégie nationale de réduction des GES et de lutte contre la pollution atmosphérique.



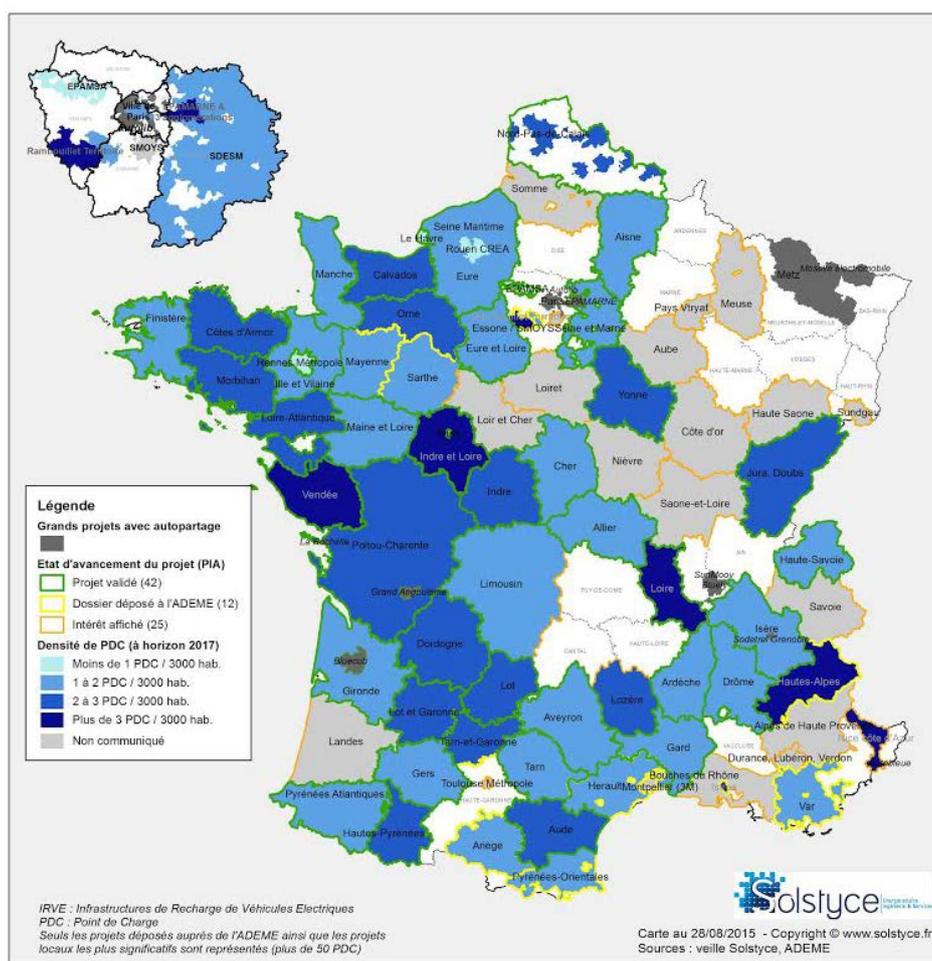
En octobre 2009, le Gouvernement a instauré un Plan national pour le déploiement des véhicules électriques et hybrides rechargeables. Celui-ci fixe un objectif de **2 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables sur les routes françaises en 2020**, soit 10 % du parc automobile circulant. Afin d'y parvenir, le plan

définit 14 actions concrètes parmi lesquelles on peut citer : le soutien à la création d'une filière batterie, l'instauration d'un bonus écologique de 5 000 euros pour l'achat d'un véhicule électrique ou encore le financement des démonstrateurs d'infrastructures de recharge.

La loi du 12 juillet 2010 dite « Grenelle 2 » confie aux communes la responsabilité de créer, entretenir et exploiter l'infrastructure de recharge pour les véhicules électriques. Celles-ci peuvent toutefois transférer cette compétence aux établissements publics de coopération intercommunale (EPCI), aux autorités organisatrices de la mobilité (AOM), aux syndicats d'énergie ou au Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF).

Afin d'accompagner les collectivités territoriales dans leur projet de déploiement, l'Etat a établi un cadre conceptuel et organisationnel sur la base du Livre Vert sur les infrastructures de recharge des véhicules électriques (IRVE) publié en avril 2011. Il formule des recommandations techniques concernant notamment le dimensionnement des infrastructures de recharge et les modèles économiques de déploiement possibles.

De plus, les collectivités souhaitant déployer un réseau de bornes de recharge publique sur leur territoire bénéficient, depuis janvier 2013, d'un **soutien financier de l'Etat**, apporté dans le cadre du programme d'investissements d'avenir (PIA). Le dispositif d'aide, géré par l'ADEME, permet de financer à hauteur de 50 % l'installation de bornes de recharge normale ou accélérée et 30 % pour les bornes rapides. La subvention couvre uniquement les coûts du matériel, du génie civil et du raccordement. Son attribution est conditionnée à l'engagement des collectivités à rendre le stationnement gratuit (2 heures minimum par jour) pour les véhicules rechargeables et pendant une durée minimale de deux ans, quels que soient les emplacements de stationnement (avec ou sans infrastructure de recharge, en surface ou en ouvrage). Suite à un arrêté du 15 juillet 2014, le dispositif, initialement réservé aux seules villes et groupements d'agglomération de plus de 200 000 habitants, a été élargi à toute collectivité (ville, intercommunalité, département, région) qui respecte le critère de densité d'un point de charge pour 3 000 habitants. Le dispositif a également été prolongé jusqu'au 31 décembre 2015, permettant de valider en tout 57 projets, soit 17 000 points de charge sur tout le territoire.



Le **décret du 25 juillet 2011**⁵ introduit l'obligation de pré-câbler les bâtiments neufs d'habitation et à usage tertiaire (notamment les bureaux) disposant de parkings pour la recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables. On parle désormais de « **droit à la prise** ».

La **loi ALUR**, votée le 21 février 2014, étend la loi Grenelle 2 et oblige les centres commerciaux, les grandes surfaces alimentaires et les grandes surfaces spécialisées à installer des bornes de recharge électrique sur leur parking, à destination de leur clientèle (Art. 174).

Le dispositif réglementaire est complété par la **loi du 6 août 2014 facilitant le déploiement d'un réseau d'infrastructure de recharge pour les véhicules électriques (IRVE) sur l'espace public**. Cette dernière ouvre la possibilité à l'Etat ou tout opérateur de dimension nationale, « y compris un opérateur au sein duquel une personne publique détient, seule ou conjointement, une participation directe ou indirecte », d'installer des bornes publiques. La dimension nationale est reconnue dès lors que le projet d'implantation concerne au moins deux régions et que le nombre et la répartition des bornes assurent un aménagement équilibré des territoires concernés. Les opérateurs nationaux sont exonérés de la redevance d'occupation du domaine public. En contrepartie, une majoration de la dotation globale de fonctionnement de la collectivité concernée est prévue afin de compenser la perte de recettes engendrée.

⁵ Décret sur les installations obligatoires dédiées à la recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables dans les bâtiments et aux infrastructures pour le stationnement sécurisé des vélos

Trois projets ont déjà reçu le label d'opération à dimension nationale :

- Le projet « 16 k » du groupe Bolloré : il prévoit d'installer, d'ici 2019, 16 000 points de charge publics dans toute la France. Parmi ceux-ci, 1 000 seront installés en Ile-de-France, essentiellement en moyenne et grande couronne (hors secteur d'Autolib'). Sur le plan technique, le choix s'est porté sur des bornes de recharge dite « semi-accélérée » permettant un rechargement en 4 à 6 heures avec une puissance de 7,4 kilowatts.
- Le projet de la Compagnie Nationale du Rhône qui vise à déployer 27 stations de recharge rapide (2 bornes par stations, soit 54 points de charge au total) réparties le long du Rhône.
- Le projet Corri-Door piloté par EDF qui vise le déploiement de 200 bornes de charge rapide sur les aires d'autoroutes, répondant ainsi à la demande des voyageurs de longue distance.

Le développement des véhicules électriques est également un axe majeur de la loi sur **la transition énergétique pour une croissance verte** promulguée le 17 août 2015. Elle renforce l'objectif d'édification d'un réseau national de bornes de recharge publique. A horizon 2030, ce sont plus de 7 millions de points de charge qui sont prévus sur l'ensemble du territoire. Plusieurs mesures visant à accélérer le déploiement des véhicules électriques et de l'infrastructure de recharge ont également été introduites :

- La **création d'une signalisation spécifique** pour faciliter la localisation et l'accès aux points de recharge électrique. Six panneaux viennent ainsi s'ajouter à celui signalant les places de stationnement dédiées aux véhicules électriques.
- Le **crédit d'impôt de 30 %** permettant de financer les dépenses d'installation de borne à domicile. Il s'applique aux dépenses d'acquisition d'un système de charge payées avant le 31/12/2015.
- Une nouvelle incitation à l'achat de véhicules propres : le **cumul du bonus et de la prime à la conversion**, jusqu'à un total de 10 000 euros a été instauré dès le 1er avril 2015.
- **L'acquisition obligatoire de véhicules « propres » lors du renouvellement des flottes publiques**, dans la proportion de 50 % pour les flottes de plus de 20 véhicules appartenant à l'Etat et ses établissements publics, et de 20 % pour les collectivités locales.
- Le **dispositif « certificat qualité de l'air » ou « Crit'Air »** qui vise à faciliter l'identification des véhicules les moins polluants par le biais d'une vignette colorée à coller sur le pare-brise (voir tableau ci-après). Les véhicules, différenciés selon le type de motorisation et la date de fabrication, pourront ainsi bénéficier d'avantages à la circulation définis localement (stationnement préférentiel, accès aux Zones à Circulation Restreinte, autorisation à circuler lors des jours de circulation alternée, quelle que soit leur plaque d'immatriculation). Ce certificat est facultatif et concerne les voitures particulières mais aussi les deux-roues, véhicules utilitaires, poids lourds, bus et autocars.
- **L'instauration par décret d'une définition officielle des véhicules à « faibles émissions » et « très faibles émissions »** : ces nouvelles définitions permettront de faciliter l'identification des véhicules à partir de critères objectifs et évolutifs (seuil d'émissions de GES et polluants, par exemple). Les voitures électriques seront classées dans la catégorie des véhicules à « très faibles émissions » et pourraient bénéficier, à ce titre, d'avantages à l'usage comme une tarification réduite pour les péages pour les détenteurs d'un abonnement ou l'accès aux voies réservées sur les autoroutes à deux fois trois voies.

 VOITURES PARTICULIERES		
		
<p>Tous les véhicules « zéro émission moteur » : 100 % électrique et hydrogène</p>	<p>Essence et autres EURO 5 et 6 A partir du 1^{er} janvier 2011</p>	<p>Essence et autres EURO 4 Entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus</p> <p>-----</p> <p>Diesel EURO 5 et 6 A partir du 1^{er} janvier 2011</p>
6 % des voitures particulières		23 % des voitures particulières
		
<p>Essence et autres EURO 2 et 3 Entre le 1^{er} janvier 1997 et le 31 décembre 2005 inclus</p> <p>-----</p> <p>Diesel EURO 4 Entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus</p>	<p>Diesel EURO 3 Entre le 1^{er} janvier 2001 et le 31 décembre 2005 inclus</p>	<p>Diesel EURO 2 Entre le 1^{er} janvier 1997 et le 31 décembre 2000 inclus</p>
43 % des voitures particuliers	14 % des voitures particulières	6 % des voitures particulières
<i>Non classés : 9% des véhicules particuliers</i>		

© Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

Enfin, l'Etat a introduit une nouvelle aide au financement des points de charge privés le 10 février 2016 : c'est le **programme ADVENIR**. Ce dernier vise à financer l'installation, avant fin 2018, d'environ 12 000 points de charge privés sur toute la France. Cela concerne plus particulièrement :

- les bornes partagées sur les parkings des entreprises et personnes publiques, accessibles aux salariés et aux véhicules de service,
- les bornes partagées accessibles au public sur des espaces privés, tels les parkings de magasins et de services publics ou les parkings en ouvrage,
- les bornes privées en habitat collectif détenues et gérées par les particuliers, les bailleurs sociaux, les syndicats ou les propriétaires privés.

L'aide financière versée permet de couvrir les frais liés au matériel et à l'installation, à hauteur de 40 à 50 %.

Le programme ADVENIR est porté par l'association pour le développement de la mobilité électrique Avere-France. Son financement sera assuré par les énergéticiens, grâce aux certificats d'économies d'énergies.

2. La politique de soutien de la Région Ile-de-France



Le Schéma Régional du climat, de l'air, et de l'énergie, approuvé en 2012, traduit les engagements nationaux en faveur des véhicules électriques à l'échelle régionale. Il prévoit de déployer **400 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables d'ici 2020** (soit 20 % de l'objectif national) puis 1 million en 2030.

En termes d'infrastructure de recharge, cela représente 40 000 points de charge publics (dont 16 000 sur voirie) à installer sur l'ensemble du territoire régional d'ici 2020.

Ces engagements sont réaffirmés dans la politique de soutien aux Nouveaux Véhicules Urbains (ou NVU) votée le 13 février 2014 par le Conseil Régional, dans la continuité des actions définies par le Plan de Déplacements Urbains d'Île-de-France (PDUIF)⁶. Les NVU sont définis comme étant des véhicules à 2, 3 ou 4 roues qui utilisent des carburants alternatifs (électricité, GNV, GPL, biogaz issu de la méthanisation), et qui servent à de nouveaux usages ou développent de nouveaux services. Cela englobe les véhicules affectés au transport routier de marchandises et de voyageurs.

Pour atteindre les objectifs fixés sur son territoire, la Région s'appuie sur trois axes d'intervention dont deux qui concernent directement les véhicules électriques :

- **Dispositif 1 : soutien financier aux collectivités locales pour le déploiement d'un réseau maillé de points de charge publics.** Le financement concerne uniquement l'installation de bornes de recharge normale et accélérée sur voirie destinées aux véhicules particuliers et utilitaires légers électriques ainsi qu'aux vélos à assistance électrique (VAE). Le taux de financement s'élève à 40 % et une bonification de 25 % est accordée pour les bornes dont l'électricité provient pour plus de la moitié d'énergies renouvelables (dans la limite de 10 000 € par borne).
- **Dispositif 2 : appui aux collectivités mettant en place des services et équipements mutualisés de NVU.** Cela concerne par exemple la mise en place de services d'autopartage électrique ou encore la création de places de stationnement pour les VAE. L'objectif est d'inciter au changement de comportements, notamment dans les territoires périurbains où la dépendance à l'automobile est forte
- **Dispositif 3 : soutien à l'expérimentation de stations de compression publiques GNV** pour l'avitaillement des véhicules, et plus particulièrement les poids lourds roulant au GNV, GPL et biogaz issu de la méthanisation.

La politique NVU s'intègre plus globalement avec d'autres dispositifs de la Région, notamment ceux du Plan Régional pour une Mobilité Durable (PRMD). Le soutien aux services de véhicules électriques en autopartage s'inscrit en effet dans la continuité des actions menées depuis de nombreuses années en faveur de l'écomobilité. Une articulation est également recherchée avec le dispositif « Voies réservées aux modes alternatifs sur autoroute » puisque leur ouverture aux véhicules électriques est également envisagée. Autre exemple, les démonstrateurs de réseaux d'électricité intelligents ou *smart grid* financés dans le cadre du dispositif « Innovation » pourront aussi intégrer les véhicules électriques.

⁶ La question des véhicules propres est traitée sous l'Action ENV 1 « Accompagner le développement de nouveaux véhicules ».

V. Le déploiement des véhicules électriques en Ile-de-France : bilan et perspectives

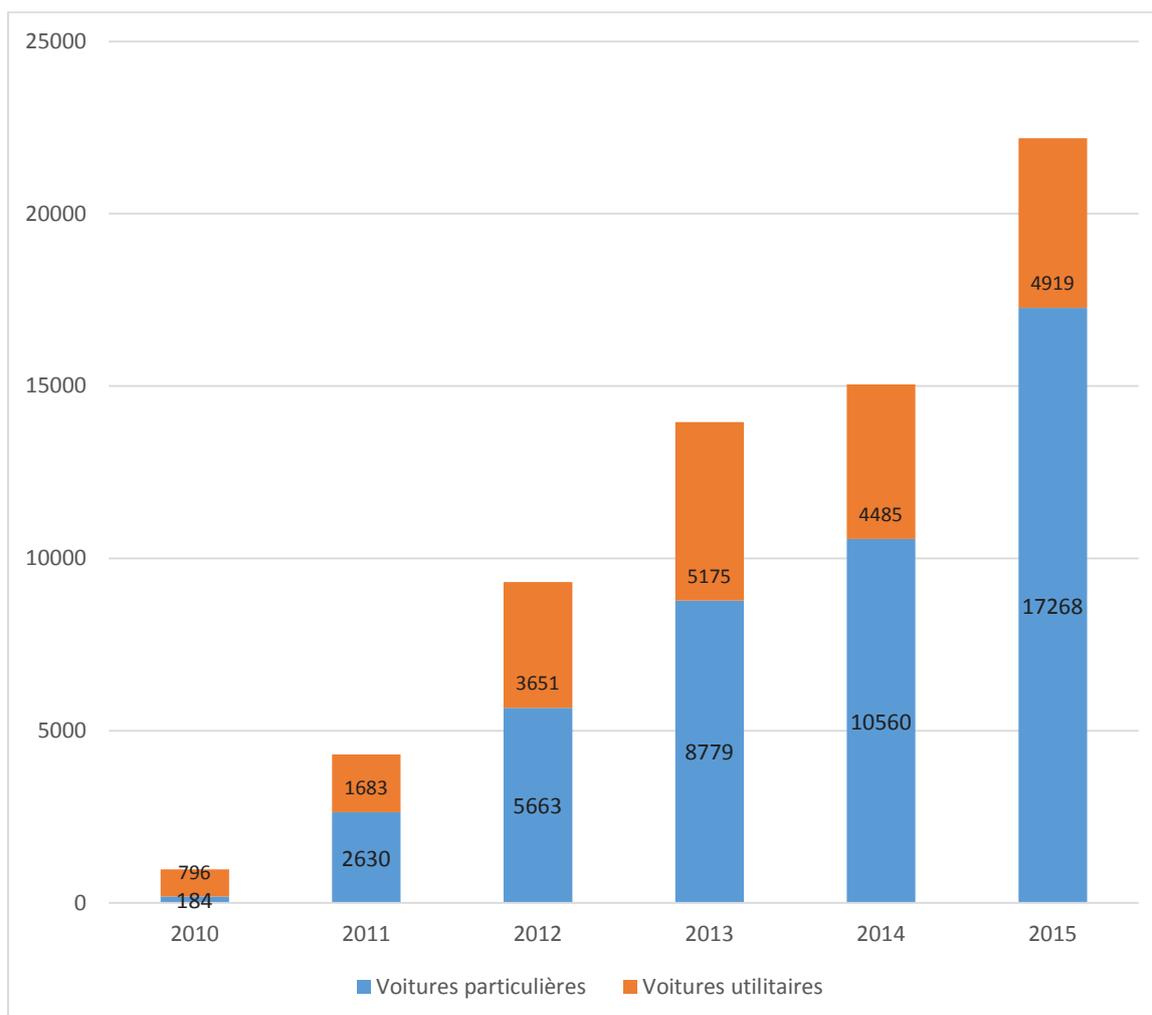
Quelle est la réalité du déploiement des véhicules électriques en Ile-de-France ? Quelles sont les perspectives pour l'avenir ? Quelles sont les principales « niches » où ils pourront se développer à court et moyen terme ?

1. 25 000 véhicules électriques en Ile-de-France en 2015

Avec plus de 65 000 immatriculations enregistrées depuis 2010, la France possède l'une des premières flottes de véhicules électriques en Europe. A cela s'ajoute 8 000 véhicules électriques de première génération. Les véhicules électriques représentent ainsi 0,1% du parc automobile national (plus de 38 millions d'unités au 1^{er} novembre 2015).

Sur l'ensemble du parc électrique français, on compte 45 084 véhicules particuliers (68,5%) et 20 709 véhicules utilitaires (31,5%). Le parc de véhicules hybrides rechargeables reste encore très marginal : on dénombre 8 020 immatriculations depuis le lancement du marché en 2012.

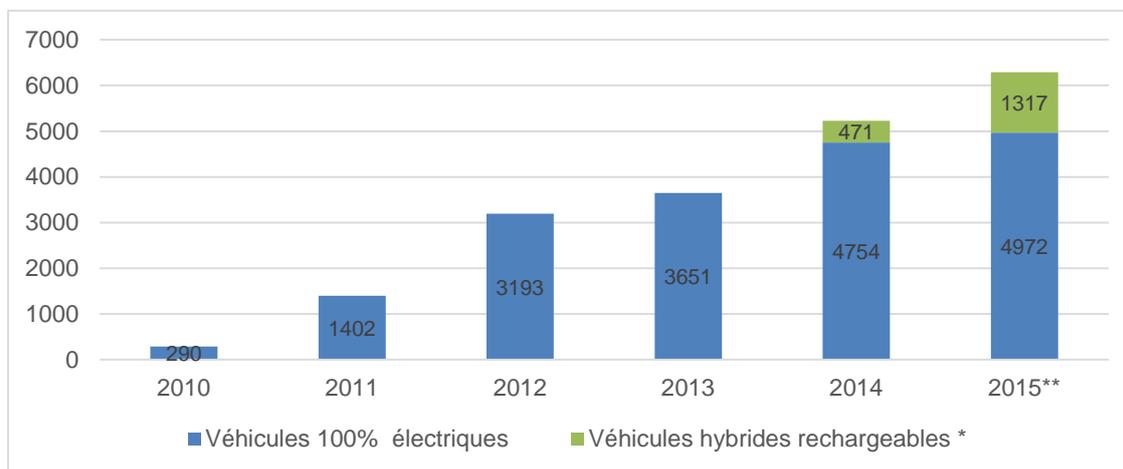
Evolution des immatriculations de véhicules électriques particuliers et utilitaires en France entre 2010 et 2015



Source : Avere France, traitement IAU idF

En Ile-de-France, on compte à ce jour environ 25 000 véhicules électriques (dont 17 500 modèles de nouvelle génération) en circulation pour un parc d'environ 5 millions d'unités, ce qui représente 0,5 % du parc régional. Le marché des véhicules hybrides rechargeables se développe progressivement avec 1 317 immatriculations enregistrées en octobre 2015 contre seulement 471 en 2014, soit une progression de 36 % en un peu moins d'un an.

Evolution des immatriculations de véhicules électriques et hybrides rechargeables (particuliers et utilitaires) en Île-de-France entre 2010 et 2015



* Pas de données antérieures à 2014 mais à regarder la tendance du marché qui a démarré en 2012, les volumes sont en toute vraisemblance marginaux

** Données à jour d'octobre 2015

Source : AVERE FRANCE, traitements IAU

2. Des ventes qui s'accroissent

Dopées par les incitations fiscales et les offres des constructeurs, les ventes de véhicules électriques ont enregistré une forte progression au cours des deux dernières années. Selon l'AVERE, 22 187 véhicules électriques (tous segments confondus) ont été vendus en France en 2015, soit une hausse de 47,5% par rapport à l'année 2014. En termes de part de marché, l'électrique a représenté moins de 1 % des immatriculations neuves en 2015, une part de marché certes très confidentielle mais qui est en hausse constante depuis quelques années. Elle s'établissait à 0,3% des ventes en 2012, 0,6% en 2014 et 0,8% des immatriculations enregistrées en 2015 selon les chiffres du Comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA).

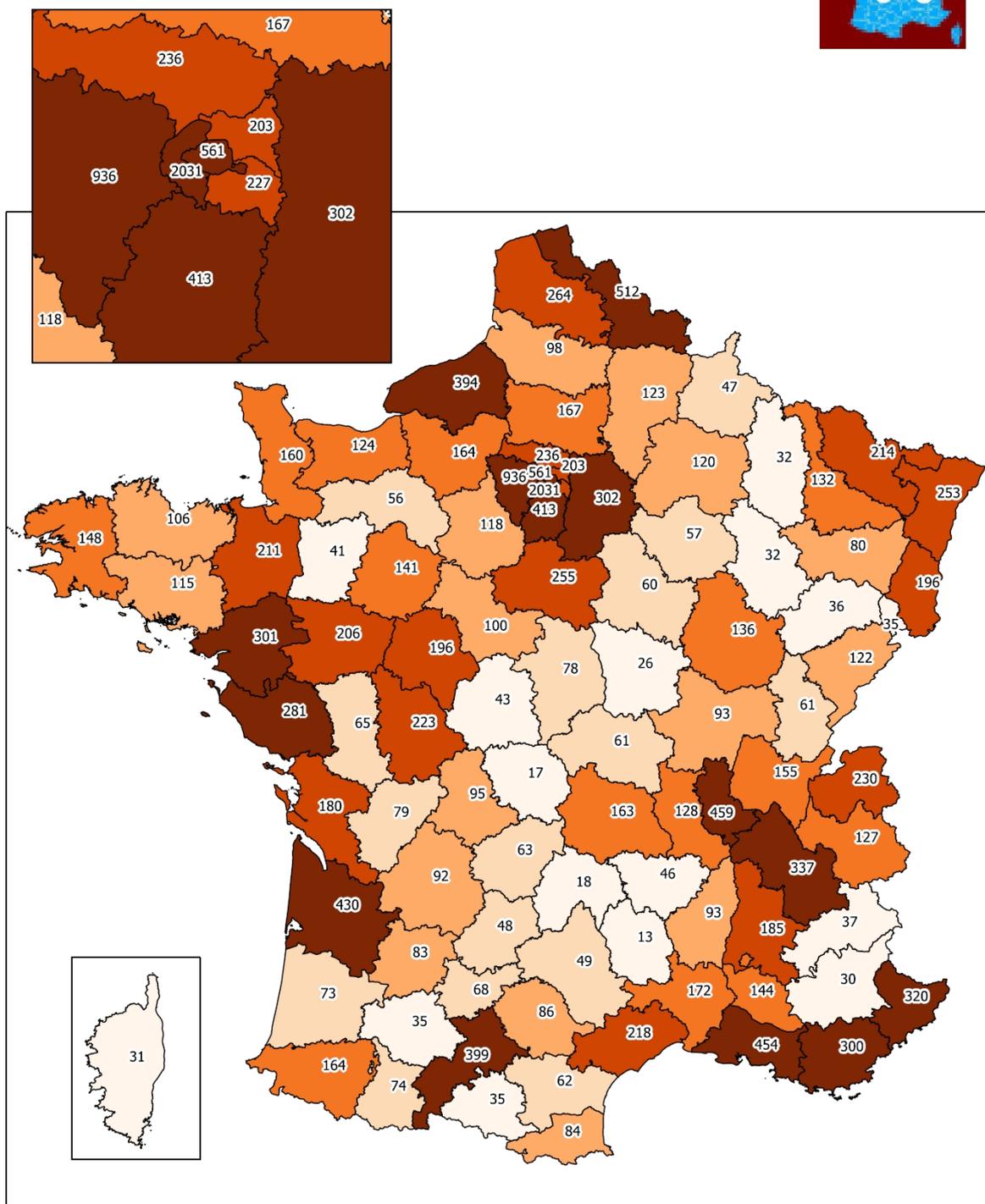
Cette performance reste toutefois largement tributaire des aides fiscales, et notamment le superbonus qui est entré en vigueur au 1^{er} avril 2015.

Selon les données du CCFA, 17 268 voitures électriques particulières ont été immatriculées en 2015 dans un marché de 1,91 million d'unités. Les ventes ont donc progressé de 64 % par rapport à 2014 où 10 560 véhicules avaient été enregistrés sur ce segment. Sur le segment de l'utilitaire électrique, 4 919 unités ont été vendues en 2015 contre 4 485 l'année précédente, soit une progression de 9,6 %.

L'Ile-de-France se classe en tête des régions les plus « électromobiles » de France avec 6 246 unités vendues en 2015, soit 20 % de plus par rapport à l'année 2014 où 4 754 véhicules tout électrique et 471 hybrides rechargeables avaient été immatriculés.

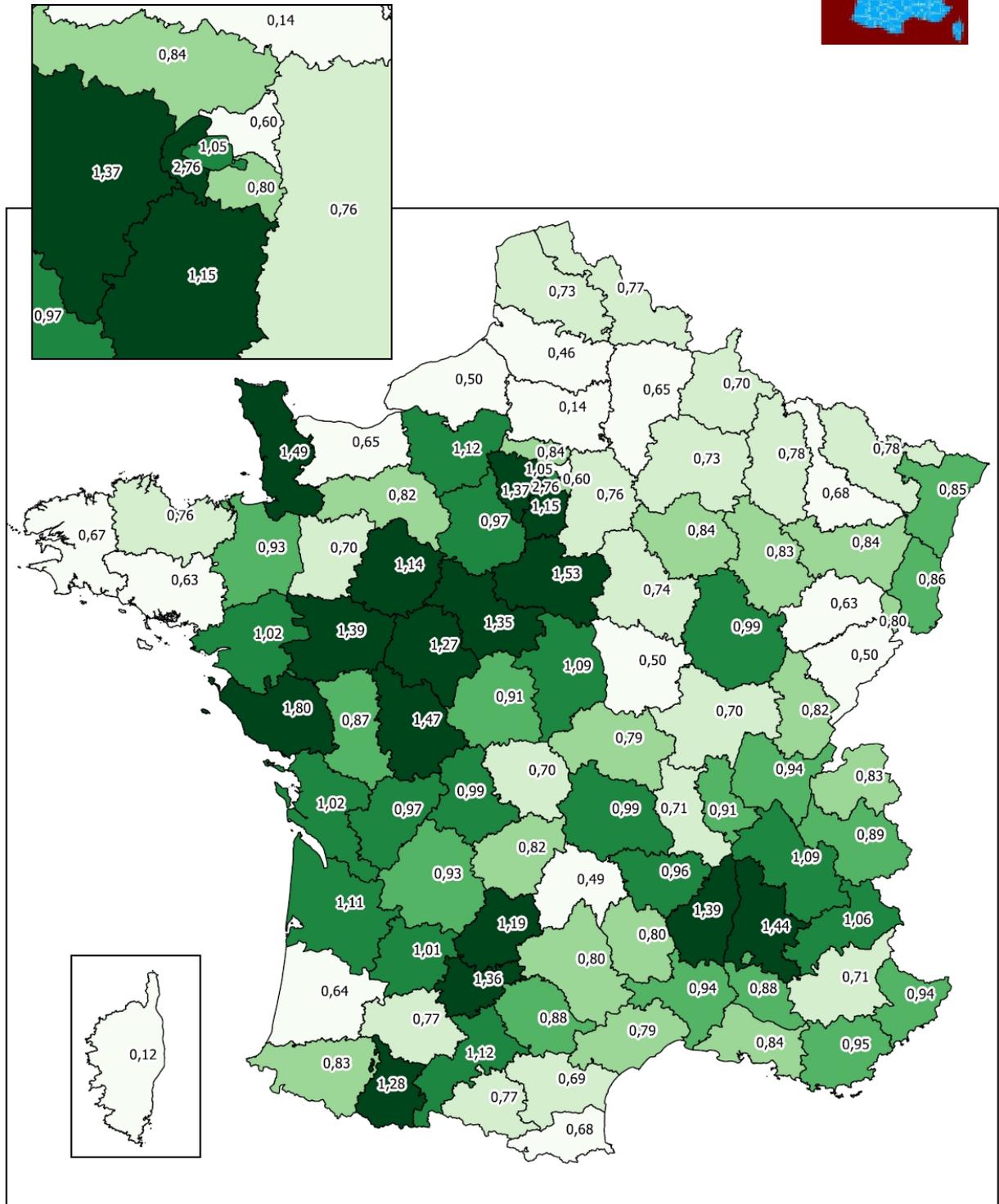
Les départements franciliens ayant enregistré le plus d'immatriculations de voitures électriques particulières sont les Yvelines, les Hauts-de-Seine, et Paris avec respectivement 2 031, 936 et 561 unités vendues. Le top 3 des départements franciliens affichant les taux de pénétration de véhicules électriques particuliers les plus élevés sont les Hauts-de-Seine (2,76%), les Yvelines (1,37%) et l'Essonne (1,15%).

Nombre de VE particuliers immatriculés en 2015 par départements



source AAA

Part des VE dans les véhicules particuliers immatriculés en 2015 par départements



source AAA

3. Quels vecteurs de développement en Ile-de-France ?

Les véhicules électriques gagnent du terrain mais ils représentent encore une part modeste du parc automobile en circulation et des immatriculations neuves, tant au niveau national que régional. Il existe toutefois des segments à fort potentiel de développement à court terme.

Les flottes de bus en ligne de mire

En décembre 2013, l'autorité organisatrice des transports (AOT) en Île-de-France, le STIF, a décidé d'exclure progressivement les bus diesels du réseau francilien. Afin d'accélérer la transition énergétique du parc, l'AOT, également propriétaire du matériel roulant, a demandé aux opérateurs de stopper tout nouvel achat de bus diesel et d'engager un programme d'acquisition de matériel roulant « propre » dès 2014.

En réponse à cette décision, la RATP a mis sur pied un plan de dé-dieselisation de son parc, baptisé « Bus2025 ». La Régie exploite actuellement 4 500 bus (soit la moitié des bus d'Ile-de-France) qui fonctionnent, pour 97 % d'entre eux, au diesel. L'objectif du Plan est de parvenir à un parc 100 % écologique en 2025, comprenant 80% de bus électriques et 20% de bus roulant au bioGNV.

La technologie du bus électrique à grand gabarit n'étant pas encore mature, la conversion du parc se fera par étapes :

- **1^{ère} phase : déploiement des bus hybrides.** En attendant des bus électriques adaptés à ses contraintes techniques et économiques (à savoir une autonomie de 180 km et une capacité de 90 passagers minimum), la RATP prévoit de s'équiper dans un premier temps en bus hybrides. Elle compte actuellement 48 bus hybrides en exploitation et 475 bus hybrides devront intégrer sa flotte à partir de mi-2016. Le parc biogaz passera quant à lui de 90 à 140 véhicules sur la même période. Le recours à la technologie hybride devrait permettre une réduction de consommation de carburant de l'ordre de 20 à 25 %. Par contre, le surcoût à l'achat reste important (de l'ordre de 50 à 60 %) et cette technologie est difficile à rentabiliser. Le bus hybride est donc considéré comme une solution de transition avant de basculer vers les bus tout électrique qui présentent des avantages environnementaux bien plus intéressants.
- **2^{ème} phase (2015 à 2017) : expérimentations grandeur nature des différentes technologies de bus électriques et systèmes de recharge disponibles.** Différents modèles de bus électriques et bio-GNV seront déployés afin de tester le matériel roulant (chaînes de traction, autonomie des batteries, confort des voyageurs) en conditions réelles d'exploitation. En plus de valider certains choix technologiques cruciaux, ces expérimentations permettront d'étudier les modifications à apporter aux infrastructures (adaptations des centres bus et arrêts par exemple), d'obtenir des éléments financiers concernant l'exploitation des lignes et d'adapter les compétences des équipes notamment en matière de maintenance.
- **3^{ème} phase (2017 à 2025) : lancement d'appels d'offres massifs portant sur l'achat de bus électriques et biogaz.** La Régie envisage de déployer plusieurs centaines de bus par an à partir de 2019.

Notons que la mise en œuvre du Plan devrait permettre de diviser par deux le niveau d'émission de particules fines d'ici 2016.

Les premiers bus électriques ont été mis en circulation dès la fin de l'année 2015 sur deux lignes aux caractéristiques très différentes : la ligne 21 (Gare Saint Lazare – Stade Charléty-Porte de Gentilly) et la ligne 147 (Eglise de Pantin – Sevrans-Avenue Ronsard), représentatives d'une ligne parisienne pour la première et d'une ligne de banlieue pour la seconde. Plusieurs modèles de bus devront être testés (Heuliez, Irizar, Solaris, Yutong).



© - RATP - Bruno Marguerite

17/12/2015 - 13571D157

Depuis mi-décembre 2015, la ligne 21 fonctionne grâce à des bus électriques. Cette ligne, reliant la Gare Saint Lazare au Stade Charléty à Porte de Gentilly, traverse une zone très dense dans Paris intramuros.

A partir de mi-2016, 23 bus de gabarit standard de la marque BlueBus (filiale du groupe Bolloré) seront déployés sur la ligne 341 (Charles de Gaulle Etoile – Porte de Clignancourt) qui deviendra la première ligne 100 % électrique du réseau francilien. Cette ligne dépend du centre bus de Belliard qui accueille déjà les midibus du Montmartrobus.

Les bus seront rechargés la nuit, sur des bornes fixes de 22 kW installées en dépôt, ce qui permettra de limiter l'impact sur le réseau de distribution électrique. La RATP n'exclut toutefois pas de tester d'autres systèmes de recharge comme par exemple le biberonnage, la recharge par induction ou encore l'alimentation par le sol (APS) notamment pour les lignes plus longues.

Un des enjeux essentiels de cette conversion à l'électrique est **l'adaptation des 25 centres bus situés dans et autour de Paris**. Le déploiement de bus électriques nécessite en effet de raccorder des dépôts au réseau de distribution électrique, d'adapter les ateliers et de mettre en place des dispositifs de maîtrise du risque « incendie ».

Le véhicule électrique réclame en outre une conduite spécifique, nécessitant de former les conducteurs. Rappelons en effet que l'autonomie réelle des véhicules dépend de plusieurs facteurs tels que le style de conduite ou encore l'utilisation du chauffage et de la climatisation qui peut engendrer des pertes d'autonomie de 30 à 50 % selon le contexte géographique.

Enfin, s'ajoute un troisième enjeu, et non des moindres : l'impact financier du programme. En l'état actuel du marché, **le coût d'un bus électrique s'élève à 500 000 euros, soit deux fois plus qu'un modèle diesel classique**. L'effet de série, lié au lancement de commandes massives à partir de 2017, devrait toutefois contribuer à diminuer le coût d'achat des bus électriques. A cela s'ajoute le coût de l'adaptation des centres bus, estimé à environ 10 à 15 millions d'euros par dépôt.

Un fort potentiel de transfert pour les véhicules utilitaires



Les livraisons urbaines sont **responsables d'un tiers des émissions polluantes** liées au transport en ville, alors qu'elles ne représentent que 9 à 15 % de l'ensemble de la circulation urbaine. Les flottes commerciales sont donc un créneau porteur pour le développement des

véhicules électriques. En particulier, ceux-ci constituent **une solution pertinente pour la livraison du « dernier kilomètre »** car la moitié des véhicules utilisés par les entreprises franciliennes génératrices de flux de marchandises sont des véhicules utilitaires légers (VUL) [Enquête TMV, 2011]. Or, contrairement aux poids lourds (>3,5t) pour lesquels il n'existe pas encore de modèle 100% électrique, l'offre en VUL est plutôt développée dans ce domaine.

Les véhicules électriques sont particulièrement adaptés aux besoins de la logistique urbaine puisque les trois quarts des VUL en France couvrent une distance quotidienne inférieure à 80 km [Enquête VUL 2011, SOeS⁷]. Ainsi, si l'autonomie limitée des batteries reste un inconvénient (150 à 200 km), elle ne devrait pas constituer une contrainte majeure pour la livraison urbaine.

Les véhicules électriques peuvent également faire valoir d'autres atouts pour la logistique du dernier kilomètre puisque les moteurs diesel sont moins adaptés aux arrêts fréquents et sont plus polluants en régime lent, malgré leurs récentes améliorations techniques. Par ailleurs, on assiste depuis quelques années à une augmentation des livraisons en centre-ville liée au développement de l'*e-commerce* (+20 % de croissance en 2012), segment sur lequel le VUL électrique est plutôt bien positionné.

Enfin, l'électrique apparaît comme une solution de plus en plus avantageuse pour les professionnels au regard du **durcissement progressif de la réglementation en zone dense** (sortie du diesel à horizon 2020 à Paris, instauration de zones de circulation restreinte, etc.). En début de chaîne logistique et sur les longues distances, les poids lourds roulant au gaz naturel (GNV) peuvent être un élément de réponse complémentaire. Ceux-ci affichent une autonomie théorique de l'ordre de 1 000 km et offrent un potentiel significatif de réductions des émissions de CO₂ et de polluants par rapport aux poids lourds diesel⁸.

Ainsi, il existe un réel potentiel de transfert des VUL, actuellement essentiellement diesel, sur la motorisation électrique. Aujourd'hui, cette mutation fait face à **trois principaux défis**. Premier défi, et non le moindre : le prix. Un VUL électrique coûte actuellement de 20 à 30 % plus cher qu'un véhicule thermique équivalent. Or, le coût du véhicule représente à lui seul 30 % du prix de la prestation du transporteur. Notons par ailleurs que près de 50 % des livraisons en Ile-de-France se font en compte propre (c'est-à-dire directement par l'artisan ou le commerçant). Se pose ainsi la question de l'accessibilité des modèles électriques pour de nombreuses entreprises qui utilisent des VUL anciens, déjà amortis, et pour qui le renouvellement de la flotte n'est pas un axe de développement prioritaire. Des interrogations sont aussi soulevées quant à la capacité des sous-traitants à s'engager vers une mutation de leur parc, sachant qu'ils constituent la grande majorité des 7 500 transporteurs franciliens.

Pour relever ce premier défi, il faut noter que, si un véhicule utilitaire électrique est plus cher à l'achat qu'un utilitaire diesel du même type, il est **4 à 5 fois moins cher à l'usage**. L'absence de transmission ou le faible nombre de pièces en mouvement (et donc susceptibles de s'user) contribuent à réduire de manière significative les coûts liés à sa maintenance.

⁷ Les véhicules utilitaires légers : une bonne complémentarité avec les poids lourds, n°190 juin 2014.

⁸ Selon les données de l'ADEME, les poids lourds GNV émettent 4 à 16 % de CO₂ de moins que les poids lourds diesel. Ils permettent également de réduire les émissions de NO_x de 30 à 70 %.

Second frein à la mutation des véhicules utilitaires : le temps de recharge des véhicules électriques. Aujourd'hui, deux livraisons sur trois sont réalisées en moins de 10 minutes. Or ce délai est insuffisant pour une recharge, même rapide (20 à 30 minutes). Dans ces cas, la recharge principale ne peut s'effectuer qu'en dehors des livraisons. Les chauffeurs-livreurs souhaitant l'effectuer à domicile deviennent alors tributaires de la disponibilité d'une infrastructure spécifique afin de différencier cette recharge de leur facture énergétique personnelle. La conversion à l'électro-mobilité peut ainsi complexifier le métier de transporteur sur lequel pèsent d'autres contraintes organisationnelles.

Enfin, lorsqu'un utilisateur, professionnel ou non, calcule la rentabilité de son véhicule, il y intègre les gains à la revente. Or les véhicules électriques sont encore peu nombreux et leur marché de l'occasion est confidentiel. La technologie étant récente, le vieillissement des véhicules utilitaires est mal connu, ce qui peut rendre délicat l'établissement d'un prix de revente et limiter la rentabilité ressentie d'un tel investissement.

Deret, un transporteur précurseur

Pour Deret, distributeur de l'enseigne Sephora, le choix des véhicules propres date de 2009 et s'est d'abord porté sur des véhicules électriques. Il a ainsi sélectionné le modèle britannique MODEC, avec une batterie lithium-ion. Le premier hiver d'exploitation a servi de test en conditions difficiles pour 54 véhicules.

Par la suite, Deret s'est porté acquéreur de 27 porteurs hybrides (en série) de 7,5t pouvant transporter 10 palettes chacun. A vitesse réduite, ces porteurs reposent sur l'alimentation électrique et génèrent ainsi une économie de 22 à 23% en matière de carburant. Leur autonomie, semblable à leur équivalent diesel, est de 450 km.

A ce jour, le choix de Deret s'avère concluant et l'équilibre économique a été atteint à la fin de l'année 2012. Malgré la disparition de l'entreprise produisant le MODEC, le garage intégré de Deret est parvenu à assurer la maintenance de ses véhicules sans problème. Deret envisage à présent de s'équiper en véhicules au gaz naturel liquéfié (GNL).

En lien avec ce pari sur les énergies alternatives, le transporteur a complètement réorganisé son schéma logistique avec des agences à moins de 10 km des centres villes, afin de prendre en compte l'autonomie des véhicules électriques. Grâce à cette réorganisation et à ses investissements dans les véhicules propres, Deret estime avoir réduit de 23% ses émissions de CO₂.

Aujourd'hui, les véhicules sont rechargés directement sur les plateformes de Deret. N'ayant pas d'intérêt pour les recharges en cours de journée, il ne sollicite pas les bornes de recharges sur voirie.

Les opportunités liées à l'autopartage électrique

L'autopartage constitue un troisième vecteur de développement pour les véhicules électriques. Le succès d'Autolib' dans Paris et son agglomération (95 500 abonnés réguliers à l'année et jusqu'à 125 000 locations par semaine selon les données de décembre 2015) comme les expériences qui se multiplient en province⁹ ont de toute évidence permis de mieux faire connaître le fonctionnement des véhicules électriques auprès du grand public. Ces services participent par ailleurs au maillage du territoire en bornes de recharge puisqu'ils proposent bien souvent un service de recharge dédié aux véhicules tiers, en complément de l'offre de location de VE. Aussi, on constate qu'à l'échelle nationale, les départements qui ont la plus forte densité de points de charge sont ceux où sont implantés Autolib' et ses dérivés.

⁹ Outre les dérivés d'Autolib' (BlueLy à Lyon, BlueCub à Bordeaux et Arcachon Bluecar), il existe d'autres services d'autopartage électrique

Mais l'autopartage pourrait jouer un rôle encore plus important dans le développement de l'électromobilité. Comme il a été mentionné précédemment dans ce rapport, un des freins majeurs à la diffusion des véhicules électriques est leur surcoût à l'achat. Rappelons-le, on estime qu'il faudrait parcourir 10 000 km par an et 8 années d'utilisation pour que le coût du véhicule électrique soit compétitif par rapport à celui d'une voiture thermique. En mutualisant l'usage des véhicules électriques, l'autopartage permet d'accroître le kilométrage parcouru et donc d'amortir plus rapidement leur coût d'achat ainsi que celui des infrastructures de recharge.

La Poste, leader de l'électromobilité en Europe, s'intéresse à l'autopartage

La Poste est parmi les pionniers de l'électromobilité. Depuis le lancement de sa première commande en avril 2010, l'entreprise n'a cessé d'élargir sa flotte électrique. Elle déploie aujourd'hui environ 5 000 véhicules électriques sur l'ensemble de la France dont 700 en Ile-de-France et 150 à Paris.

Vélo à assistance électrique (VAE), tricycles, quadeos, véhicules utilitaires légers électriques (VULE)...sa flotte est constituée d'une large gamme de véhicules électriques de gabarit moyen, particulièrement adaptés aux trajets de derniers kilomètres. Ces derniers sont rechargés sur des bornes de recharge normale en entrepôt, pendant les heures creuses.

Les premiers retours d'expérience montrent qu'il n'y a pas de problème d'autonomie en milieu urbain dense malgré les nombreux stop-and-go. Le principal défi est plutôt celui du faible kilométrage parcouru, notamment dans Paris, pour rentabiliser les véhicules. Ses VULE effectuent actuellement des tournées de 20 km par jour en moyenne à Paris et 60 km en 1ère et 2ème couronne. Or, c'est à partir de tournées supérieures à 50 km que se justifient économiquement les véhicules électriques.

Afin d'accroître le kilométrage de ses véhicules, La Poste prévoit d'introduire un service d'autopartage au sein du groupe et de l'étendre, à moyen terme, à moyen terme, à artisans et commerçants franciliens. Le leader de l'électromobilité estime que le recours à l'autopartage pour amortir les coûts d'achat se justifiera encore plus à l'avenir, lorsque des véhicules de plus grand gabarit seront intégrés à la flotte.

Outre l'argument économique, l'autopartage est porteur d'un intérêt environnemental. En effet, les analyses de cycle de vie (ACV) réalisées par l'ADEME ont permis de montrer que la durée de vie du véhicule et de sa batterie pèse de manière importante sur le bilan du véhicule électrique en termes d'émissions de CO₂. On estime que jusqu'à 25 000 km d'utilisation, le véhicule électrique ne présente pas de bénéfices en termes d'émissions de GES par rapport à un véhicule diesel. En favorisant une utilisation intensive du véhicule électrique, l'autopartage permet ainsi d'améliorer son bilan environnemental. En outre, les retours d'expérience montrent qu'une voiture en autopartage permet de remplacer neuf voitures personnelles et de libérer huit places de stationnement (source : ADEME). Autant de raisons qui plaident en faveur d'un développement de la voiture électrique sous sa forme partagée.

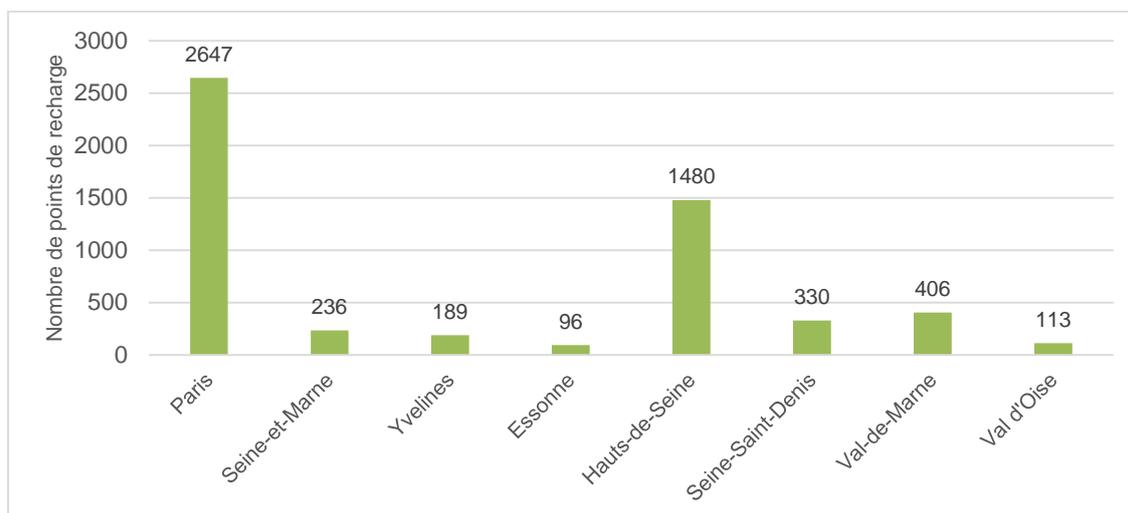
VI. Où en est le déploiement de l'infrastructure de recharge en Ile-de-France ?

Au 1^{er} octobre 2015, le Groupement pour l'itinérance des recharges électriques de véhicules (GIREVE) recense 5 497 points de charge accessibles au public en Ile-de-France, ce qui correspond à plus de la moitié de l'infrastructure installée à l'échelle nationale (10 161 points de charge accessibles au public répartis dans 3 169 stations).

1. Une infrastructure inégalement répartie sur le territoire

La répartition spatiale des points de charge révèle de fortes disparités territoriales. Les départements avec la plus forte densité de points de charge sont Paris (avec 2 647 points de charge, soit 48%) et les Hauts-de-Seine (1 480 points de charge, soit 27 %). Ils concentrent à eux seuls les trois quarts de l'infrastructure installée dans toute la région. Dans ces deux départements centraux, l'implantation des bornes de recharge est principalement portée par le réseau d'Autolib' Métropole.

Répartition des points de charge par département en Ile-de-France



Source : Gireve, données au 1^{er} octobre 2015

2. Qui sont les acteurs du déploiement ?

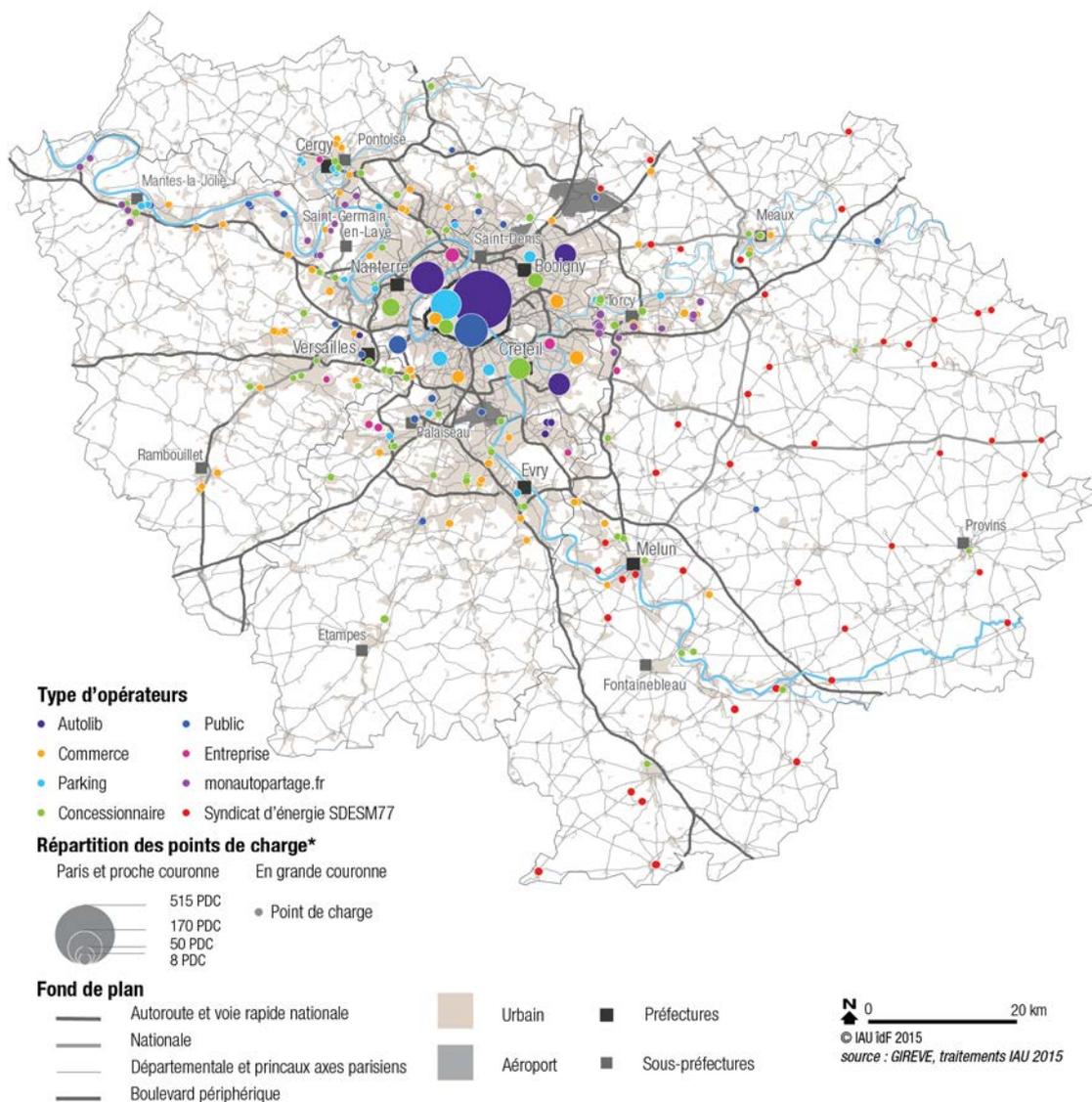
Comme indiqué précédemment, le service d'autopartage Autolib' Métropole contribue de manière significative au maillage régional en infrastructure de recharge. Avec plus de 4 406 points de charge, il représente à lui seul près de 80 % de l'infrastructure installée en Ile-de-France. Ces stations sont par ailleurs ouvertes aux véhicules des particuliers : le service comprend 600 bornes dédiées à la recharge de véhicules « tiers ». Lancé à Paris en décembre 2011, le réseau est aujourd'hui présent dans 66 communes. En 2015, 16 nouvelles communes¹⁰ (y compris des communes de grande couronne) ont intégré le réseau et une trentaine devrait le rejoindre prochainement.

Les autres acteurs qui contribuent au maillage régional en bornes sont : les gestionnaires de parking (209 points de recharge, soit 4 %), les concessionnaires automobiles (169 points de recharge, 3 %) et les centres commerciaux (66 points de recharge).

¹⁰ Bougival, Versailles, Vélizy, Clichy-la-Garenne, Marnes-la-Coquette, Vaucresson, Aulnay, Dugny, Epinay, Le Pré-Saint-Gervais, Montreuil, Neuilly-Plaisance, Champigny, Sucy-en-Brie, Argenteuil et Bezons Bougival

Par ailleurs, de plus en plus de collectivités locales en Ile-de-France installent des bornes de recharge sur leur territoire. Si certains réseaux offrent uniquement un service de recharge électrique, d'autres proposent un véritable bouquet de services comprenant des véhicules électriques en autopartage, du covoiturage, ou de l'information locale aux voyageurs, entre autres (cas du réseau déployé par l'Etablissement public d'aménagement à Marne-la-Vallée, par exemple). Un aperçu des principaux réseaux de recharge électrique existants et futurs initiés par les collectivités est présenté en annexe de ce rapport.

La répartition des points de charge en Ile-de-France



3. Priorité à la recharge normale sur voirie

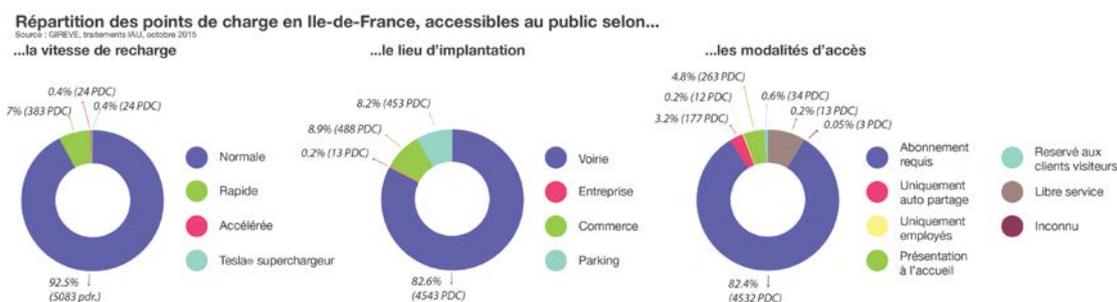
Sur l'ensemble de l'infrastructure de recharge déployée en Ile-de-France, on compte :

- 4 543 points de charge sur voirie (soit 82,6%).
- 488 points de charge au niveau des centres commerciaux (8,9%)
- 453 points de charge dans les parkings (8,2%)
- 13 points de charge installés dans les parkings d'entreprise (0,2%).

En termes de puissance délivrée, on trouve :

- 5 084 points de charge (92,5%) délivrant une puissance comprise entre 3,7 kW et 7 kW.
- 383 points de charge (7%) délivrant une puissance entre 11 kW et 22 kW
- 24 points de charge délivrant une puissance de 50 kW
- Ainsi que 6 stations Tesla délivrant une puissance de 130 kW

De par leur emplacement (essentiellement sur voirie) et la vitesse de charge privilégiée (charge normale), il est permis de déduire que **l'infrastructure déployée vise à offrir prioritairement une solution de recharge principale** voire d'appoint à la recharge à domicile. Elle vise par ailleurs à faciliter les déplacements intra-urbains ou de courte distance.



4. Des tarifs incitatifs

Le tarif de recharge proposé par les différents réseaux franciliens est très hétérogène. Certains réseaux proposent un tarif unique d'utilisation (à l'image du réseau du Syndicat départemental des énergies de Seine-et-Marne) alors que d'autres proposent plutôt un tarif variable en fonction de la durée de recharge (cas de la recharge à Paris).

De manière générale, les tarifs proposés sont volontairement très attractifs pour inciter à l'utilisation des bornes de recharge. Le réseau Electricité Seine Aval offre quant à lui un service de recharge gratuit ouvert à tous.

Coût de la recharge électrique dans les réseaux franciliens

Nom des réseaux	Tarif de recharge
Service de recharge tiers d'Autolib'	- 1 € / heure pour une recharge de 8h à 20h - 1 € / heure plafonnée à 4 € pour une recharge de 20h à 8h
Electricité Seine Aval	Gratuit
Monautopartage.fr	- 0,50 € pour une demi-heure pour la recharge lente (4h à 5h) - 1 € pour la recharge accélérée (1h à 1h20).
SDESM 77	Tarif unique d'utilisation de 0,50 €

L'analyse montre qu'en dépit de tarifs très incitatifs, le taux d'usage actuel des bornes de recharge reste relativement faible et ne permet pas encore de rentabiliser l'infrastructure. En effet, le coût d'installation des bornes de recharge publique reste encore relativement élevé (de l'ordre de 18 000 euros par borne selon le Livre Vert de 2011) et est largement supporté par l'Etat et les collectivités. Si cela semble être justifié dans les premières phases de développement des véhicules électriques, les tarifs devront évoluer à mesure que les véhicules électriques se développent afin de refléter le coût réel de l'infrastructure et de la recharge.

En attendant, les collectivités peuvent optimiser les coûts de raccordement par un choix pertinent des emplacements des bornes. Il importe par ailleurs d'assurer une forte visibilité aux stations de recharge pour accroître leur usage et rentabiliser l'infrastructure. Une très bonne communication avant et après l'installation des bornes sur le territoire s'avère également cruciale.

La question de la rentabilité économique de l'infrastructure reste un enjeu majeur à moyen terme, d'autant plus qu'il existe actuellement une grande incertitude sur les coûts de maintenance des bornes au-delà de 4 à 5 ans d'utilisation.

5. Une interopérabilité à mettre en œuvre

L'interopérabilité est une des clés du développement des véhicules électriques. Elle permet à l'utilisateur d'utiliser, au fur et à mesure de son déplacement, les bornes de n'importe quel opérateur. Pour les gestionnaires des réseaux de recharge, l'interopérabilité permet d'augmenter l'usage des bornes et donc la rentabilité économique du système.

Si le nombre de points de charge progresse rapidement en Ile-de-France, force est de constater que le processus de recharge est encore loin d'être harmonisé pour les utilisateurs. En effet, ces derniers doivent disposer de plusieurs badges pour accéder aux différents réseaux de recharge existants au niveau régional. C'est notamment le cas à Paris où les utilisateurs doivent détenir un badge pour accéder aux bornes tiers d'Autolib' et un second pour se recharger sur le réseau Belib' (nouveau système initié par la Ville de Paris). Cette situation pourrait gêner le développement des véhicules électriques au niveau régional.

Pour remédier à cette situation, le Groupement pour l'itinérance des recharges électriques des véhicules (GIREVE) a été mis en place en juillet 2013 au niveau national. Il s'agit d'une plateforme d'interopérabilité qui vise à faciliter la connexion entre les différents réseaux de recharge. Son objectif : recenser toutes les bornes de recharge existantes sur le territoire national et les intégrer à une plateforme commune de gestion. En outre, la transposition de la Directive européenne sur les carburants alternatifs dans le droit français devrait contribuer à lever progressivement ce frein.

VII. Un développement qui soulève de multiples interrogations

Le développement ambitieux des véhicules électriques suscite de nombreux espoirs, mais aussi des craintes et interrogations : les véhicules électriques sont-ils réellement plus « propres » que les voitures thermiques ? Existe-t-il un risque de fragilisation du système d’approvisionnement électrique lié à leur diffusion massive ? Les politiques de soutien à l’électromobilité signent-elles le retour de la voiture en ville ?

1. Quels impacts sur le réseau de distribution électrique ?

Selon les projections d’ErDF, l’arrivée d’un million de véhicules électriques sur les routes franciliennes devraient générer une demande additionnelle d’électricité de l’ordre de 500 MW, soit 12,5 % de l’ensemble des besoins en électricité à horizon 2030. Si cette demande reste relativement marginale par rapport aux besoins induits par d’autres secteurs (comme par exemple les *data centers*), elle pourrait toutefois avoir un impact important sur la gestion de la pointe carbonée. Rappelons-le, une recharge rapide (43 à 50 kW) génère un appel de puissance sur le réseau comparable à celui d’un quartier de ville entier. Aussi, si plusieurs véhicules étaient simultanément rechargés à cette vitesse pendant les heures de pointe, la puissance maximale disponible localement pourrait être très rapidement dépassée, provoquant d’importantes perturbations sur le réseau de distribution électrique.

LES BESOINS D’ELECTRICITE EN ÎLE-DE-FRANCE A HORIZON 2030 (SOURCE : ERDF)

Secteur	Projets	Besoins futurs 2030
Grand Paris Express	72 gares	400 MW
Résidentiel	800 000 logements	800 MW
Tertiaire, industrie	1 million d’emplois	1 300 MW
Véhicules électriques	1 million de VE	500 MW
Data center	500000 m ²	1 000 MW

Afin d’éviter tout besoin de renforcement de la production de pointe, qui est à la fois coûteuse et plus émettrice en CO₂, il faudra jouer sur différents tableaux. Il convient tout d’abord de **privilégier la recharge normale** à domicile et au lieu de travail. La recharge rapide doit rester exceptionnelle. Second levier à mobiliser : la tarification. En effet, **appliquer une tarification différenciée** (introduction d’un tarif de nuit, par exemple) devrait permettre de moduler l’appel à puissance sur le réseau et de lisser la pointe de consommation. Notons que la distinction heures pleines/ creuses existent déjà aujourd’hui mais il s’agit d’aller encore plus loin. Selon ErDF, onze plages horaires pourraient être envisagées demain avec une tarification spécifique.

Enfin, une **gestion intelligente du réseau** (*smart grid*) apparaît incontournable pour garantir la soutenabilité du réseau électrique déjà sous tension. Notons qu’il existe actuellement des modalités permettant au gestionnaire d’énergie de « piloter » la recharge des véhicules électriques, en faisant par exemple varier le type de charge à distance ou en limitant la puissance délivrée aux heures de pointe. La diffusion des compteurs communicants dits « Linky » permettra d’aller encore plus loin. Cette nouvelle génération de compteurs électriques offre en effet de nombreuses opportunités, comme par exemple le suivi en temps

réel de la consommation électrique, la possibilité de recevoir des alertes en cas de dépassements ou encore la possibilité de moduler les usages. Selon EDF, la demande de 500 MW liée à l'électromobilité correspondra à 3 % de la pointe avec la diffusion des compteurs intelligents ou à 25 % de la pointe sans gestion intelligente du réseau.

Si le développement des véhicules électriques pose des défis pour le secteur électrique, il pourrait également offrir des opportunités significatives. En effet, les batteries de première ou seconde vie des véhicules électriques pourraient être utilisées en « statique » pour stocker l'énergie électrique produite localement et la réinjecter sur le réseau, en cas de hausse de la demande. Ces applications stationnaires peuvent participer à réguler les pics d'électricité et à optimiser l'intégration des énergies renouvelables, caractérisées par une forte intermittence, dans le réseau électrique.

2. Impacts environnementaux : un bilan en demi-teinte

Les performances environnementales du véhicule électrique sont-elles réellement supérieures à celles de la voiture thermique ? La réponse est loin d'être évidente compte tenu des nombreux paramètres à considérer (la durée de vie du véhicule et de la batterie, le mix électrique, le lieu de fabrication des batteries, etc.) et des fortes incertitudes qui entourent le développement des véhicules électriques (durée de vie et choix de la technologie pour la batterie, usages réels des véhicules, etc.).

Elle montre tout d'abord que le véhicule électrique affiche un bénéfice significatif par rapport au véhicule thermique pour plusieurs impacts environnementaux tels que le réchauffement climatique, l'épuisement des ressources fossiles et le potentiel de création d'ozone photochimique au moment de son utilisation.

En revanche, les impacts négatifs dus à la phase de fabrication sont beaucoup plus élevés pour le véhicule électrique. Au cœur de ce constat se trouve la batterie dont la production contribue à elle seule à hauteur de 35 % des impacts environnementaux négatifs du véhicule électrique. Celle-ci nécessite en effet une quantité importante de minerais dont l'extraction est particulièrement polluante. De plus, il est actuellement difficile et coûteux de récupérer les matériaux contenus dans les batteries lithium-ion pour les réutiliser, ce qui ternit davantage le bilan environnemental des véhicules électriques en fin de vie.

Il importe de noter que ces évaluations environnementales sont très sensibles aux conditions de départ, et notamment aux hypothèses sur le mix énergétique, et sont donc à prendre avec beaucoup de précaution. Si l'électricité ne provient pas de sources renouvelables, les avantages environnementaux apportés par les véhicules électriques à l'usage diminuent significativement pour plusieurs de ces impacts.

Notons que plusieurs pistes sont aujourd'hui explorées pour valoriser les batteries en fin de vie. Au-delà de 10 ans d'utilisation (ou lorsqu'elles ont atteint 70 % de leur capacité initiale), les batteries ne sont plus adaptées à l'usage automobile. En revanche, elles peuvent toujours être utilisées « en statique » pour stocker de l'énergie, comme vu précédemment. Ces applications stationnaires sont encore peu développées aujourd'hui étant donné que le nombre de batteries de seconde vie est encore limité mais pourraient représenter un important potentiel de valorisation des batteries dans l'avenir. De plus, la diffusion progressive des véhicules électriques, couplé à la hausse de la demande pour les matières premières rares, devrait favoriser le développement de l'industrie du recyclage des batteries au lithium. Autant de solutions pouvant contribuer à améliorer le bilan final des véhicules électriques à moyen terme.

3. Vers un retour de la voiture en ville ?

Enfin, le volontarisme concernant l'électromobilité inquiète et suscite des interrogations quant à la place accordée à la voiture en ville : le véhicule électrique se substituera-t-il à la voiture thermique ? Ou captera-t-il des parts de marché aux transports collectifs et aux modes actifs ?

En effet, si les divers avantages à l'usage accordés aux véhicules électriques – comme par exemple l'accès aux voies réservées sur autoroute ou aux couloirs de bus comme c'est le cas en Norvège – ne devraient pas poser de problème à court terme, l'encombrement de ces voies et une concurrence accrue avec les modes alternatifs n'est pas à exclure à mesure que le parc électrique se déploie. De plus, même si cela paraît évident, il convient de souligner qu'une voiture électrique est tout aussi encombrante qu'une voiture thermique. Aussi, si le développement des véhicules électriques apporte une réponse à la problématique de la pollution de l'air ou du bruit, il ne permet pas de résoudre les problèmes liés à la congestion routière et à la saturation de l'espace public.

Il importe donc de veiller à ce que les diverses facilités de circulation et de stationnement accordées aux véhicules électriques ne contribuent pas à créer de nouveaux déplacements en voiture et à amplifier l'usage de l'automobile en ville au moment même où on assiste à une inflexion significative des comportements de mobilité dans plusieurs grandes agglomérations françaises (plafonnement voire recul de l'usage de la voiture, forte progression des transports collectifs, regain d'intérêt pour le vélo).

Cela nécessite d'adapter la stratégie d'électromobilité au contexte territorial et d'assurer une bonne articulation avec les politiques de mobilité menées au niveau local, notamment la politique de stationnement. Ainsi, dans les secteurs centraux où le foncier est précieux et l'offre de transport généralement dense et maillée, l'usage de la voiture électrique, aussi propre soit-elle, doit rester limité. Dans cette perspective, plusieurs pistes de solutions existent. La tarification constitue un premier levier à mobiliser. Il est important d'éviter la tendance actuelle au « tout gratuit » au profit de tarifs qui encouragent la recharge nocturne pour les résidents et incitent à une rotation des véhicules en journée, évitant ainsi le problème des « voitures ventouses ». Une autre solution consiste à mutualiser l'usage des bornes de recharge pour les particuliers, les services d'autopartage électrique, les professionnels, etc. Enfin, il est important de poursuivre les efforts pour inciter au report modal vers les transports collectifs et les modes actifs, plus sobres en énergie et moins polluants.

En revanche, le véhicule électrique reste légitime dans les espaces diffus où les transports collectifs sont peu développés et la pression sur le foncier moins forte. Si le véhicule électrique reste pertinent dans les territoires périurbains, il convient tout de même de veiller à ce qu'il se développe principalement sous une forme servicielle, partagée afin d'obtenir des résultats à la hauteur des enjeux environnementaux et sociaux. Il serait également opportun de dynamiser l'usage du vélo à assistance électrique (VAE) qui reste aujourd'hui le parent pauvre des politiques de soutien à l'électromobilité. Sobre en énergie, économique, peu encombrant et bon pour la santé, le VAE présente en effet de nombreux avantages ainsi qu'un réel potentiel de développement dans les territoires peu denses, notamment comme solution de rabattement vers les gares, moyennant une dépense publique modeste.

VIII. Conclusion

En dépit de leurs multiples atouts (absence totale d'émission à l'échappement, moteur silencieux, coûts d'utilisation faibles...) et du contexte particulièrement favorable dont ils bénéficient depuis quelques années, les véhicules électriques continuent de compter pour une part très modeste du parc circulant et des ventes neuves. Au regard de leur rythme de déploiement actuel, il est probable qu'ils restent cantonnés à un marché de niche pendant quelques années.

En effet, le développement à grande échelle des véhicules électriques impose l'installation de plusieurs milliers de bornes de recharge, tant sur la voirie que sur l'espace privé. Or, si l'infrastructure de recharge se déploie progressivement, y compris hors de l'agglomération centrale, on est encore loin d'avoir un maillage dense et cohérent en bornes de recharge à l'échelle de l'ensemble de la région Ile-de-France. De plus, les réseaux de recharge installés se caractérisent par une forte hétérogénéité des types de bornes, prises et moyens d'accès au service, ce qui ne facilite pas leur usage. Une action forte en direction des territoires mal couverts et où l'utilisation du véhicule électrique se justifie (zones périurbaines, par exemple) apparaît donc nécessaire. Harmoniser l'accès à l'infrastructure de recharge constitue également une des principales priorités pour permettre aux véhicules électriques de se déployer. En outre, l'analyse a montré que même si des économies d'échelle sont attendues dans la filière électrique, le surcoût à l'achat du véhicule électrique reste un enjeu sensible pour sa compétitivité à moyen terme.

Ainsi, si la diffusion générale de l'électro-mobilité se fait attendre, cette étude a toutefois permis d'identifier trois créneaux particuliers en Ile-de-France où ce modèle est à privilégier. C'est le cas des transports collectifs qui sont désormais encouragés par le STIF à s'équiper en bus électriques. Si la technologie n'est pas encore mature, les expérimentations récemment lancées par la RATP à Paris devraient permettre de tester les différentes technologies de bus électriques et de systèmes de recharge disponibles avant une montée en puissance à partir de 2019. Cette conversion vers des bus électriques impose d'importants défis parmi lesquels on peut citer le coût global de l'investissement, particulièrement élevé, ainsi que l'adaptation des centres de dépôt. Le second levier de développement des véhicules électriques est l'autopartage. En mutualisant l'utilisation des véhicules électriques, ce dernier contribue à amortir plus rapidement le coût du véhicule pour l'utilisateur mais aussi celui des infrastructures de recharge, largement supporté par les collectivités. Enfin, on notera qu'il existe un fort potentiel de transfert pour les véhicules utilitaires légers (VUL) dans un contexte de durcissement de la réglementation pour la livraison du dernier kilomètre en zone dense.

Par la suite, l'analyse a permis de montrer que le développement ambitieux et « vertueux » des véhicules électriques en Ile-de-France suppose de répondre à un certain nombre de défis. Il convient tout d'abord de garantir la soutenabilité du réseau de distribution électrique. En effet, le déploiement de masse de véhicules électriques va avoir des implications importantes pour le réseau de distribution électrique, un défi qui doit être anticipé et préparé afin d'éviter des besoins de renforcement local. La gestion intelligente du réseau électrique constitue un élément clé de cette stratégie d'anticipation. Il faudra également mettre en place des incitations (notamment tarifaires) pour encourager les usagers à recharger leur véhicule hors des périodes de pics de consommation. Autre défi : s'assurer que les mesures de soutien à l'électromobilité ne contribuent pas à amplifier l'usage de la voiture en ville. Dans les zones denses, l'utilisation de la voiture, aussi propre soit-elle, doit rester limitée ou se développer sous une forme servicielle.

IX. Abréviations

APS : Alimentation par le sol

CCFA : Comité des constructeurs français d'automobiles

EGT : Enquête Globale Transport

ENTD : Enquête nationale transport et déplacements

ENR : Energies renouvelables

GES : Gaz à effet de serre

GNV : Gaz naturel pour véhicule

GPL : Gaz de pétrole liquéfié

LEZ : Low Emission Zone

NOx : Oxydes d'azote

PAC : Pile à combustible

PIA : Programme d'Investissements d'Avenir (PIA)

PL : Poids lourd

PM : Particules en suspension (de l'anglais « Particulate matter »)

RFID : Radio Fréquence Identification (de l'anglais Radio Frequency Identification)

VE : Véhicule électrique

VEB : Véhicule électrique à batterie

VHR : Véhicule hybride rechargeable

VUL : Véhicule utilitaire léger

ZCR : Zone à circulation restreinte

X. Glossaire

Accumulateur : il s'agit d'un dispositif électrochimique destiné à emmagasiner de l'électricité pour la restituer ensuite à la demande.

Alimentation par le sol (APS) : APS un est un système éprouvé d'alimentation au sol pour les tramways, fonctionnant sans caténaire. L'alimentation électrique se fait alors par l'intermédiaire d'un troisième rail au niveau du sol. L'APS peut être utilisée comme système unique d'alimentation ou en complément d'autres systèmes, comme la caténaire ou les batteries.

Autodécharge : Décharge spontanée de l'accumulateur lorsqu'il n'est relié à aucun circuit extérieur. Cette autodécharge dépend du type d'accumulateur. Elle est très importante pour les accumulateurs au plomb, peu importante pour les accumulateurs au Nickel-Cadmium et presque inexistante pour les accumulateurs au Lithium-Ion.

Batterie : une batterie est un système qui convertit l'énergie chimique en énergie électrique. Il existe deux catégories de batteries : les piles (non rechargeables) et les accumulateurs (rechargeables).

BioGNV : la production du bioGNV, ou biométhane carburant, peut être réalisée par captage de gaz en décharge. Il peut également provenir d'installations de méthanisation qui utilisent un processus de fermentation sans oxygène des déchets organiques (déchets alimentaires ou industriels, boues de stations d'épuration, etc.). (Source : Logistiques Magazine)

Borne de recharge : elle correspond à l'équipement permettant de recharger les batteries des véhicules électriques. Selon l'organisation des places de stationnement qui y sont associées, elle peut comprendre un ou plusieurs points de charge. Elles sont généralement équipées de tous les éléments nécessaires à leur fonctionnement et à l'accueil des véhicules dans de bonnes conditions de sécurité et d'utilisation (coffrets de raccordement, interface utilisateur permettant de choisir la puissance, lecteur RFID pour organiser l'identification et la facturation du service, etc.).

CHAdEMO : norme relative aux bornes de recharge rapide, mise en avant par une association japonaise.

Effet mémoire : l'effet mémoire est un phénomène qui caractérise une batterie qui refuse de délivrer toute l'énergie qu'elle a en magasin, car elle a été rechargée avant d'être totalement épuisée et a mémorisé le seuil atteint au moment de la recharge comme seuil d'épuisement.

Energies renouvelables (Enr) : énergie pouvant être naturellement reconstituée ou renouvelée au cours de la durée de vie d'un être humain. Elles sont fournies par le soleil, le vent ou l'eau et ne produisent pas ou peu de déchets ou de GES. Le solaire photovoltaïque et thermique, l'hydroélectricité, l'éolien, la biomasse, la géothermie sont des technologies qui les emploient.

Gaz à effet de serre (GES) : En plus de l'effet de serre naturel qui permet à la Terre d'être habitable, certains gaz sont responsables d'un « effet de serre additionnel » qui est à l'origine du réchauffement climatique observé à l'échelle planétaire. Il existe trois principaux gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Le CO₂ est le principal indicateur des GES compte tenu de l'importance de ses émissions d'origine essentiellement humaine.

GNV (gaz naturel pour véhicule) : constitué de méthane, le GNV est identique au gaz distribué sur le réseau de GrDF, utilisé par les particuliers pour la cuisine ou le chauffage. (Source : Logistiques Magazine)

GPL : méthane liquéfié à très basse température (-160°C) permettant un stockage dans des citernes. (Source : Logistiques Magazine)

Infrastructure de charge électrique : ensemble de matériels tels que circuit d'alimentation électrique, socles de prises de courant, bornes, grappes de bornes, point d'interface utilisateur, systèmes de supervision et de facturation destinés à la charge des véhicules électriques ou hybrides rechargeables

Interopérabilité : l'interopérabilité signifie que toutes les bornes peuvent communiquer avec un outil de supervision et de gestion unique.

Lecteur RFID : Le terme RFID englobe toutes les technologies qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes. Ou **RFID** : RFID (Radio Frequency Identification - radio-identification en français) est une technologie d'identification automatique. Elle permet l'identification à distance d'objets ou de personnes grâce à un lecteur qui capte les informations contenues dans une puce.

Méthanisation : processus naturel de dégradation biologique de la matière organique dans un milieu sans oxygène due à l'action de multiples micro-organismes (bactéries). Elle produit un gaz, appelé « biogaz » (ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie).

Pile à combustible : dispositif électrochimique qui combine l'hydrogène avec l'oxygène de l'air pour produire de l'électricité, de la chaleur et de l'eau.

Poids lourd : en France, tout véhicule de transport de voyageurs ou de marchandises dont le PTAC (Poids Total Autorisé en Charge) est supérieur à 3,5 tonnes. Il nécessite un permis spécifique (permis C pour les marchandises, permis D pour les voyageurs).

Point de charge : il correspond à la partie de la borne de recharge délivrant à un instant donné la puissance électrique à un et un seul véhicule électrique ou hybride rechargeable.

Smart Grid : Une smart grid est un système électrique capable d'intégrer de manière intelligente les actions des différents utilisateurs, consommateurs et/ou producteurs afin de maintenir une fourniture d'électricité efficace, durable, économique et sécurisée (définition de la plateforme technologique européenne sur les Smart Grids).

Station de recharge correspond à une « grappe » de bornes de recharge électrique alimentées par un même point de livraison du réseau public de distribution et exploitées par un même opérateur (selon le Livre Vert, 2014).

Stop-and-go : pratique automobile surtout présente en milieu urbain dense qui multiplie les démarrages et les arrêts courts (du fait des feux, des embouteillages, des stationnements courts, etc...). Pour les batteries des véhicules électriques et hybrides cela peut être exigeant.

Véhicule électrique : véhicule équipé d'un ou plusieurs moteurs fonctionnant principalement avec une propulsion électrique.

Véhicule électrique à batterie : véhicule entraîné par un moteur qui utilise pour unique source d'énergie l'électricité stockée dans des batteries rechargeables sur le secteur.

Véhicule hybride conventionnel : Le véhicule hybride conventionnel possède un moteur thermique et un moteur électrique alimenté par des batteries de faible capacité, offrant 2 à 3 km d'autonomie. La batterie ne se recharge pas sur le secteur électrique : c'est le groupe thermique qui assure le rechargement grâce à l'énergie cinétique récupérée en phase de décélération et de freinage.

Véhicules hybrides rechargeables : il s'agit d'un véhicule combinant un moteur thermique et un moteur électrique alimenté par des batteries rechargeables sur le secteur. Le VHR démarre en mode électrique. Le groupe thermique se met en route au-delà d'une certaine vitesse ou lorsque les batteries sont épuisées.

Véhicule hydrogène ou à pile à combustible : un véhicule hydrogène n'est autre qu'un véhicule entraîné par un moteur électrique, alimenté par de l'électricité produite à bord par une pile à combustible (PAC). Il dispose d'une autonomie de plusieurs centaines de kilomètres, et le temps de remplissage de son réservoir est de quelques minutes (Rapport Hydrogène). Il ne rejette que de l'eau.

Voiture à pile à combustible : elle est aussi appelée voiture à hydrogène car son moteur électrique est alimenté par une pile à combustible (PAC) qui transforme l'hydrogène en énergie électrique par réaction d'hydrolyse inverse. En l'état actuel du marché, les voitures à PAC affichent une autonomie de 500 km pour un « plein ».

Véhicules utilitaires légers : correspondent aux véhicules adaptés pour accueillir des marchandises dans un but professionnel. Son PTAC ne doit pas dépasser 3,5 tonnes en France. Les VUL *sont le plus souvent utilisés pour des déplacements de 2 heures, et inférieurs à 150 km* (Sources Commissariat général au développement durable, CGDD).

Zone à faibles émissions (Low Emission Zone) : il s'agit d'une zone dont l'accès est interdit aux véhicules ne répondant pas à certains critères sur leurs émissions polluantes. Ces critères sont généralement établis d'après les normes Euro, ensemble de normes qui fixe les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules neufs roulants.

XI. Annexes

1. Quelques exemples de réseaux de recharge existants et futurs en Île-de-France

Les collectivités territoriales ont un rôle important à jouer dans le déploiement de l'infrastructure de recharge pour les véhicules électriques. En effet, depuis 2010, les communes et leurs groupements ont la responsabilité de créer, entretenir et exploiter l'infrastructure de recharge pour les véhicules électriques.

Un aperçu des réseaux de points de recharge existants et futurs déployés par les collectivités locales en Ile-de-France est présenté ci-dessous.

Le réseau ElectriCité Seine Aval

L'EPAMSA et les 21 principales collectivités du territoire de Seine Aval prévoient de déployer un réseau de 46 bornes de recharge accélérée (3-22 kW) entre 2015 et 2016. Baptisé ElectriCité Seine Aval, le réseau viendra compléter les 54 bornes de recharge déjà pérennisées suite à l'expérimentation SAVE¹¹ (cf. encadré ci-dessous).

Les bornes, installées principalement en centre-ville et dans les zones d'emplois et de commerces, seront gratuites et ouvertes à tous ceux qui se déplacent sur le territoire. L'accès aux bornes se fera grâce à un badge distribué par les collectivités sur simple inscription. Le stationnement est également gratuit pour les véhicules électriques dans les communes où une borne est installée.

Le déploiement et l'exploitation du réseau ont été attribués au groupement Sodetrel (filiale EDF dédiée au développement de la mobilité électrique) et Sade Telecom. Le projet bénéficie des aides de l'ADEME (50% du coût d'une borne) et de la Région Ile-de-France (40% par borne).

Le projet SAVE

Le projet Seine Aval Véhicules Electriques (SAVE) est une expérimentation conduite de mars 2011 à décembre 2012, dans le cadre du Programme Investissement d'Avenir (PIA). L'objectif de cette démarche était de tester et valider les choix technologiques (véhicules électriques, infrastructure de recharge), d'étudier les comportements vis-à-vis de la recharge ainsi que d'expérimenter les modèles économiques, dans la perspective d'un déploiement plus large sur le territoire.

65 véhicules électriques Renault-Nissan ont été mis à disposition et 130 points de charge (tout type de charge) ont été déployés dans les domiciles et copropriétés, dans les parkings privés d'entreprise, des centres commerciaux, en voirie, dans les parkings publics et stations-service. Le projet a regroupé 8 partenaires publics (EPAMSA, Conseil général des Yvelines, la Région Ile-de-France) et privés (l'Alliance Renault-Nissan, EDF, Schneider Electric et Total).

Déploiement de stations d'écomobilité à Marne-la-Vallée

En 2014, le territoire de Marne-la-Vallée s'est doté d'un réseau de 16 stations d'écomobilité proposant un bouquet de services comprenant : infrastructure de recharge, véhicules électriques en autopartage, covoiturage et information locale aux voyageurs sur les transports.

¹¹ Il s'agit d'une expérimentation conduite sur le territoire Seine Aval entre mars 2011 à décembre 2012, dans le cadre du Programme Investissement d'Avenir (PIA). L'objectif était de cette démarche de tester et valider les choix technologiques (véhicules électriques, infrastructure de recharge), d'étudier les comportements vis-à-vis de la recharge ainsi que d'expérimenter les modèles économiques, dans la perspective d'un déploiement plus large sur le territoire.

Le réseau, géré par la société Mopeasy, comprend actuellement :

- 125 bornes de recharge normale (3 kVA) implantées à proximité des gares du RER A desservant le territoire ainsi qu'au niveau de la Cité Descartes et des écoquartiers de Bussy-Saint-Georges et Montévrain
- 6 bornes de recharge rapide (43-50 kVA) installées aux franges du territoire de Marne-la-Vallée.
- 12 véhicules électriques en autopartage.

L'accès au service se fait par réservation en ligne ou directement sur la borne via le pass Navigo ou une simple carte bleue, moyennant un abonnement de 4 €/mois. Le service d'autopartage est facturé à 3,5€ pour la première demi-heure puis un tarif dégressif est appliqué jusqu'à 1€. Le coût de la recharge est de 0,5€ pour une demi-heure pour la recharge lente (4 à 5h) et 1€ pour la recharge accélérée (1 à 1h20).

L'infrastructure de recharge déployée permet de moduler la puissance délivrée en fonction de l'heure de la journée, et ainsi d'optimiser l'usage des bornes en fonction des pics de consommation d'électricité.

D'ici 2016, le réseau sera étendu à l'ensemble du territoire de Marne-la-Vallée ainsi qu'aux territoires de la CA Marne et Chantieraine et la CC de la Brie Boisée. Le réseau devrait compter 250 points de charge et entre 50 à 70 véhicules électriques en autopartage répartis dans 102 stations de recharge.



Belib', nouveau réseau de recharge public de la Ville de Paris

La Ville de Paris développe un réseau de 900 points de charge sur voirie offrant trois types de puissance : 3 kW, 22 kW et 50 kW. Ce réseau viendra compléter les 600 points de recharge normale du réseau « tiers » d'Autolib', davantage adaptés à la recharge principale la nuit. L'objectif est de disposer d'une infrastructure pour la recharge de réassurance.

Les bornes de recharge rapides (50 kW) seront déployées dans les stations-services concédées de la Ville, situées aux portes de Paris. Les premières bornes ont été inaugurées à l'occasion de la COP21.

Quant au réseau de bornes de recharge normale et accélérée, la première phase du déploiement a démarré à l'automne 2015. Elle concerne l'installation de 60 stations de recharge d'ici la fin du premier trimestre 2016. Chaque station proposera deux points de charge délivrant une puissance de 22 kW et un point de charge à 3 kW. Ces stations seront principalement déployées le long des grands axes de circulation à deux sens. Un certain nombre de lieux d'implantation ont été identifiés pour cette première phase : les aires de livraison peu utilisées, les places de stationnement payantes ainsi que les sites des anciennes bornes de recharge de la Ville de Paris¹². Les premières stations ont été inaugurées dès janvier 2016.

Le stationnement est uniquement autorisé pour les véhicules électriques branchés. Le système tarifaire est le suivant : 1 euro de l'heure (y compris le coût du stationnement) puis 25 centimes le 1^{er} quart d'heure, 2 euros à partir du 5^{ème} quart d'heure et 4 euros le 6^{ème} quart d'heure. Il s'agit d'un tarif dissuasif visant à éviter le stationnement ventouse. Il est à noter que la Ville de Paris propose déjà un stationnement gratuit pendant deux heures pour les véhicules électriques.

Pour l'heure, l'interopérabilité avec le réseau Autolib' n'est pas assurée. Aussi, les abonnés devront se munir d'un badge pour accéder au service Autolib' et d'un second badge pour le réseau de la Ville de Paris.

La Ville attend d'avoir un premier retour d'expérience avant de déployer le reste de son réseau. L'enveloppe totale du projet s'élève à 10 millions d'euros.

Le projet de Rambouillet Territoires

Rambouillet Territoires a lancé un projet de déploiement de 40 bornes électriques à partir de mars 2016. Les bornes seront déployées sur l'ensemble des 25 communes de l'agglomération et chaque commune sera dotée d'au moins une borne. Le dispositif comprend également l'installation, dès 2017, de 15 bornes de recharge dans les nouvelles communes (dont 8 communes du sud Yvelines) qui rejoindront l'agglomération.

Chaque site de recharge sera équipé d'une ou deux bornes de recharge accélérée (22kVA) comportant deux points de charge. Dans un premier temps, la recharge sera gratuite.

Projet de stations d'écomobilité en Vallée de Chevreuse

La Communauté de Commune de la Haute Vallée de Chevreuse compte mettre en place un service d'autopartage de véhicules électriques sur son territoire. Géré par la société MOPeasy, le réseau sera déployé courant 2016.

Ecocharge 77

Le SDESM 77 déploie un réseau de bornes de recharge pour véhicules électriques à l'échelle de l'ensemble du département. Le dispositif prévoit d'installer 160 bornes de recharge doubles (soit 320 points de charge) sur voie publique entre 2014 et 2016. Fin septembre 2015, un tiers des bornes était installé et le reste du réseau est en cours de déploiement.

¹² Cela correspond aux 40 bornes de recharge installées dans les années 1990 par la Ville de Paris et qui sont aujourd'hui très peu utilisées

Les bornes proposent chacune 2 prises de 3 kVA (recharge normale en 6 à 8 heures) et 2 prises de type 2 de 18 kVA (recharge accélérée en 1h30 à 2 heures). Le projet vise les cœurs de villes et de villages. Les bornes sont distantes de 20 km au maximum, ce qui correspond à un maillage assez dense.



Le fonctionnement du service est le suivant : l'utilisateur s'inscrit en ligne et reçoit en retour une carte magnétique lui permettant d'accéder aux bornes. Le service est payant : 5 euros à l'inscription puis un tarif unique de 0,5 € est appliqué à chaque recharge. Le tarif est identique pour une charge de 20 minutes et pour une charge de 2 heures. Ce tarif attractif est mis en place pour lancer le service et sera valable jusqu'au 31 décembre 2017.

Le projet a bénéficié d'un financement de l'ADEME (50 % du montant hors taxe de l'investissement), complété par une enveloppe du Département de Seine-et-Marne (30% du coût total). Notons que des démarches sont

actuellement en cours afin de rendre le réseau interopérable avec celui de l'EPAMARNE.

2. Exemples internationaux

L'Estonie : exemple d'un réseau national de bornes de recharge rapide

L'Estonie a adopté une stratégie intéressante de déploiement d'infrastructures de recharge. Tout d'abord, elle se distingue par le fait qu'elle a misé sur les bornes de recharge rapide au détriment des solutions plus traditionnelles. Ce choix se justifie par le fait que la recharge rapide permet de mieux répondre aux différents modes de recharge identifiés sur le territoire, notamment la recharge sur la voie publique, la recharge d'urgence ou encore la recharge liée aux déplacements touristiques. De plus, le pays a été le premier au monde à déployer un réseau de bornes de recharge rapide couvrant l'ensemble de son territoire. La stratégie adoptée est justifiée par la volonté d'éliminer les craintes liées au temps de charge et à l'autonomie des VE sur des longues distances.

Elle a déployé 165 points de charge rapide entre septembre 2012 et janvier 2013, chacun mettant également à disposition des bornes de recharge de niveau 2. Il est à noter que les bornes de recharge publiques estoniennes sont alimentées à 90 % par une production éolienne d'électricité. La vente des crédits de carbone qui a permis le déploiement du projet n'a rien coûté aux contribuables estoniens.

Comment la Norvège est devenue le premier marché de véhicules électriques en Europe ?

La Norvège fait figure d'exemple en matière de soutien aux véhicules électriques. En 2009, le pays s'est fixé un objectif de 10 % de véhicules électriques dans la totalité du parc circulant à l'échelle nationale, soit 200 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables d'ici 2020.

L'Etat norvégien a mis sur pied un programme de financement et d'installation de points de charge sur l'ensemble du pays pour un coût total de 60 millions de NOK (soit l'équivalent d'environ 6,4 millions d'euros). A cela s'ajoute, le réseau de bornes de recharge porté par la Ville d'Oslo.

Le nombre de points de recharge publics au niveau national est ainsi passé de 500 à 2 500 au bout de la première année de mise en œuvre du dispositif. A la fin de l'année 2014, on comptait plus de 5 600 stations de recharge publiques dans toute la Norvège.

A la fin du troisième trimestre 2015, on dénombrait plus de 7 000 points de charge répartis dans 1 800 stations à travers le pays (source : Norwegian Public Roads Administration). Le pays comptait 10 569 points de charge au 1er janvier 2016.

Il est à noter que les bornes de recharge norvégiennes sont alimentées par une production d'électricité qui est quasi exclusivement d'origine hydraulique.

La Norvège offre l'aide à l'acquisition de véhicules électriques la plus généreuse au monde : près de 17 000 euros. Les acheteurs de véhicules électriques bénéficient par ailleurs d'exonérations fiscales sur la taxe à l'achat d'un véhicule (25% sur les nouveaux véhicules), la TVA, la taxe d'immatriculation, la taxe de circulation annuelle ainsi que la taxe sur les véhicules de société (TVS). Aussi, un véhicule électrique est aujourd'hui vendu au même prix qu'une voiture thermique équivalente sur le marché norvégien.

Les véhicules électriques bénéficient par ailleurs de nombreux avantages à l'usage tels que :

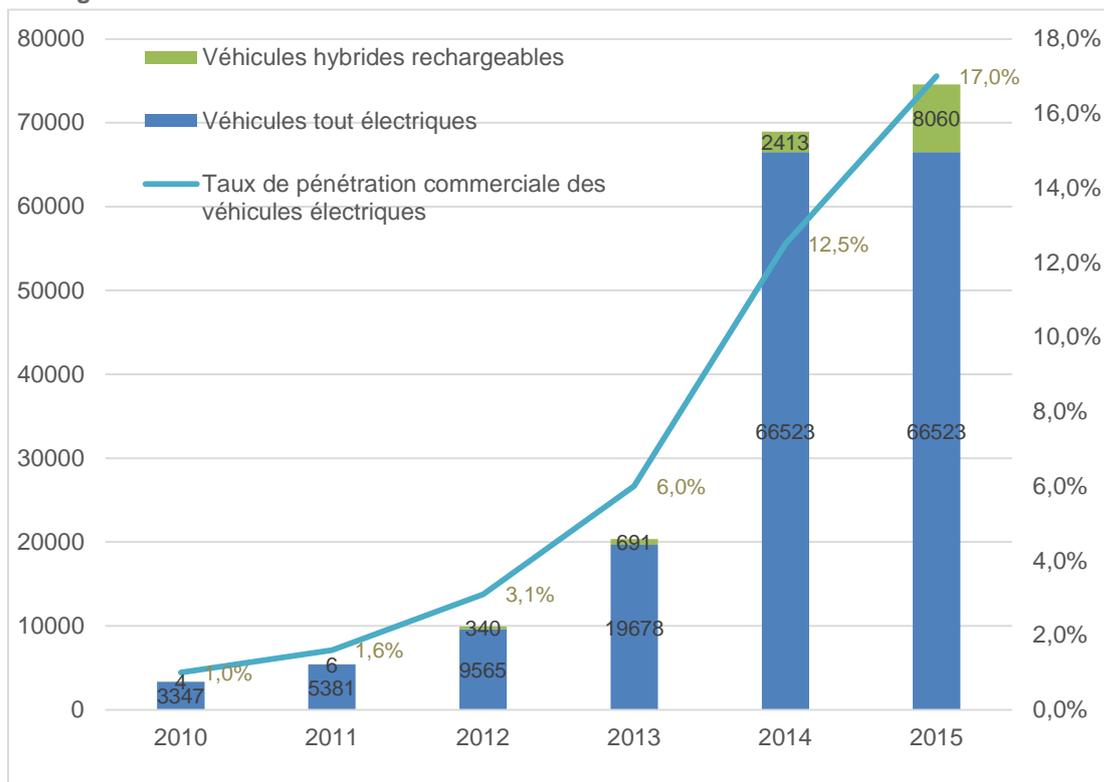
- l'accès aux couloirs de bus et aux taxis permettant aux conducteurs de véhicules électriques d'éviter les bouchons notamment aux heures de pointe
- le stationnement gratuit en centre-ville dans toutes les municipalités à travers le pays
- la gratuité pour l'utilisation des services de ferry, notamment dans les territoires côtiers plus ruraux.
- l'exemption des péages routiers
- la possibilité de recharger et de stationner gratuitement sur toutes les stations de recharge publiques du pays.

Grâce à cette politique volontariste, le nombre d'immatriculations de véhicules électriques est passé de 3 351 en 2010 à 74 583 en 2015 (données à jour de septembre 2015), soit une augmentation de 12 %.

Sur les cinq premiers mois de l'année 2015, plus de 11 000 véhicules électriques ont été vendus, soit une hausse de près de 40 % par rapport à la même période en 2014 (données de l'AVERE). La totalité du parc électrique circulant était estimée à 74 583 unités en septembre 2015. A ce rythme, le pays ne devrait pas avoir de difficulté à atteindre l'objectif de mise en circulation annoncé pour 2020.

Le pays affiche par ailleurs le taux de pénétration commerciale de véhicules électriques le plus élevé du monde : 17 % en 2015 contre 3 % en 2012. Au premier trimestre 2015, une voiture sur trois vendues sur le marché norvégien était électrique.

Evolution des immatriculations et du taux de pénétration commerciale des véhicules électriques en Norvège entre 2010 et 2015.



Données à jour de septembre 2015
Source : Grønn BI

Aujourd'hui, le marché des véhicules électriques norvégien a atteint une taille suffisamment critique pour que la sortie progressive de certaines mesures soit envisagée. En effet, le dispositif d'aides fiscales à l'achat était initialement programmé jusqu'en 2017 ou lorsque le pays aurait atteint la barre des 50 000 immatriculations, ce qui s'est produit dès mars 2015 (à cette date, on comptait 52 865 véhicules électriques sur les routes norvégiennes).

En outre, la diffusion des véhicules électriques ne va pas sans poser problème, notamment dans les grandes agglomérations. Le réseau de bus à Oslo connaît actuellement des retards dû à l'encombrement des couloirs par les véhicules électriques. Ces derniers peuvent constituer jusqu'à 85% du trafic dans ces couloirs aux heures de pointe, selon une étude officielle réalisée sur un tronçon très fréquenté d'Oslo.

Aussi, les dispositifs de stationnement gratuit et d'accès aux couloirs de bus et de taxis ont été remaniés et sont désormais pilotés à l'échelle locale. Les municipalités peuvent ainsi décider de les maintenir ou non. A Oslo, l'accès aux couloirs de bus reste en vigueur malgré les difficultés citées précédemment mais le dispositif fait l'objet d'un suivi particulier afin d'éviter toute concurrence avec les transports collectifs. Cela devrait changer car le nouveau maire élu en octobre 2015 prévoit de bannir les voitures particulières, y compris électriques, du centre-ville d'ici 2019.

Concernant la politique de détaxe, le Parlement norvégien a décidé, suite à de nombreux débats, de maintenir les incitations fiscales jusqu'en 2017, en dépit de l'atteinte de l'objectif des 50 000 immatriculations, afin d'éviter que la dynamique enclenchée ne s'essouffle. Une sortie progressive des mesures d'exonérations est toutefois prévue à partir de 2018. A partir de cette date, les conducteurs de véhicules électriques devront s'acquitter de 50 % de la taxe de circulation annuelle et devront en payer la totalité à partir de 2020. Ils devront également s'acquitter d'un tarif (certes préférentiel) pour les péages routiers.

La stratégie de Londres en faveur des véhicules électriques

Londres est souvent mis en avant en matière de lutte contre la pollution de l'air. La municipalité affiche son intention d'être la capitale du véhicule électrique en Europe. Elle a mis en avant le concept d'ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) qui rassemble, dans un souci de neutralité, les véhicules électriques à batterie rechargeable, les hybrides, les véhicules à pile à combustible, etc... L'ensemble de ces mesures est à replacer dans l'objectif de réduction de 60% des émissions de CO₂ de toutes origines d'ici 2025 par rapport aux chiffres de 1990.

Pour ce faire, à partir de 2008, il a été mis en place une Low Emission Zone (LEZ) destinée aux véhicules utilitaires dans le Grand Londres. Pour qu'ils puissent accéder aux LEZ, les poids lourds doivent être au minimum Euro IV tandis que les VUL doivent respecter les exigences d'Euro III. Les résultats positifs ont poussé à aller plus loin dans ce sens. En 2014 a été annoncé l'arrivée d'une ULEZ pour Ultra Low Emission Zone d'ici 2020 dans le centre de Londres (elle reprend le périmètre de la Congestion Charge qui est le péage urbain de Londres). Pour asseoir cette décision, il y a eu une consultation citoyenne avec plus de 58% de personnes favorables cette mesure. Elle s'appliquera cette fois-ci aussi aux véhicules particuliers.

Ainsi, les automobiles, les vans, les VUL et les motos ne suivant pas les exigences suivantes devront payer 12,50£/jour. Les poids lourds et les cars qui ne seront pas au standard demandé devront payer 100£/jour. Seuls les véhicules au-dessus des exigences ci-dessous pourront circuler sans payer de taxe :

- Les automobiles Diesel devront être au standard Euro 6 quand les automobiles essences devront être Euro 4.
- Les vans et les VUL Diesel devront être au standard Euro 6 quand les véhicules à essence devront être Euro 4.
- Les poids lourds et les cars devront être Euro 6.
- Les motos devront atteindre le standard Euro 3.

De plus, il a été décidé que les taxis londoniens devraient émettre Zéro Emission de CO₂ (ZEC) d'ici janvier 2018, c'est-à-dire qu'ils rejeteront moins de 50g/km CO₂. TfL finance 25 millions de £ d'aide aux professionnels de ce secteur pour acquérir un modèle ZEC. Il pourra s'agir de véhicules hybrides ou de véhicules électriques.

Cette politique Zéro Emission de CO₂ s'étend aussi aux bus à impériale, si symboliques de la capitale britannique. Ils passeront progressivement à l'électrique pour se conformer à l'ULEZ du centre de Londres. Les exigences techniques d'un tel véhicule rendaient sa conception très complexe car elle nécessitait de grosses batteries assez encombrantes. Des essais sont menés actuellement et en 2016 commence le déploiement de ces bus sur trois lignes du centre de Londres, celles concernées par l'ULEZ. Les bus hybrides déjà très présents (1300 en 2015) verront, eux, augmenter leur nombre avec 800 nouveaux véhicules mis en service en 2016.

3. Historique des dispositifs français et européen en faveur de l'électromobilité

2007	Grenelle 1	Mise en place du système de bonus-malus qui incite les acquéreurs de véhicules neufs à privilégier les voitures les plus sobres en carbone, notamment les VE
Octobre 2009	Plan national pour le déploiement des véhicules électriques et hybrides rechargeables	Définit l'objectif de 2 millions de VE et VHR en 2020 à travers 14 actions concrètes (le financement de démonstrateurs dès 2010, création d'une filière batterie, super bonus de 5 000 €...)
Avril 2010	Lancement des démonstrateurs d'infrastructures de charge	12 villes pilotes engagées à développer un réseau de bornes (Bordeaux, Grenoble, Rennes, Nice, Angoulême, Aix-en-Provence, Orléans, Paris, Rouen, Strasbourg, Le Havre, le Grand Nancy)
Juillet 2010	Loi Grenelle II.	Elle confie aux communes et à leurs groupements la compétence du déploiement et de l'entretien des infrastructures de recharge nécessaires à l'usage des VE et VHR
Avril 2011	Publication du Livre Vert sur les infrastructures de charge publiques.	Destiné aux collectivités territoriales, ce document cadre formule des recommandations sur le dimensionnement des infrastructures, ainsi que les modèles économiques et juridique pour leur déploiement. Il précise aussi les modalités d'intervention de l'état.
Juillet 2012	Plan National Automobile / plan de soutien à la filière automobile.	Il inclut dans ses priorités le soutien au déploiement des infrastructures de recharge. Augmentation du super bonus accordé aux véhicules électriques qui passe de 5 000 à 7 000 €
Octobre 2012	Lancement de la Mission Hirtzman	Mise en place d'une cartographie des bornes de recharge en France à travers le projet GIREVE, nouvelles mesures pour soutenir la filière
Janvier 2013	Dispositif d'aide – AMI lancé par l'ADEME	En janvier 2013, l'Etat a lancé un dispositif d'aide visant à soutenir le déploiement des infrastructures de recharge à l'initiative des collectivités territoriales, dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir (PIA) piloté par l'ADEME.

2013	Création du GIREVE (Groupement pour l'Itinérance des Recharges Electriques de Véhicules)	
Juin 2014	Proposition de décret de l'UE	Instauration d'une prise unique au niveau européen (prise de « Type 2 »), définition d'objectifs nationaux d'ici 2020
Octobre 2014	Directive européenne sur les carburants alternatifs adoptée en octobre 2014	Elle a introduit une première harmonisation des prises de recharge au niveau de l'Europe. Elle préconise la prise dite de Type 2 comme standard européen pour la recharge à moins de 22 kW (recharge normale et accélérée).
2014	Mise à jour du Livre Vert sur les infrastructures de recharge	
4 août 2014	Loi facilitant le déploiement d'un réseau d'infrastructures de recharge de véhicules électriques sur l'espace public	Exonère de redevance les opérateurs qui implantent des bornes de recharge dans le cadre d'un projet de dimension nationale. Jusqu'à cette loi, seules les communes étaient responsables de l'installation des bornes.
Octobre 2014	Projet de Loi Transition énergétique	Le projet de loi comprend plusieurs dispositions relatives aux VE et VHR : Un objectif d'installer, d'ici 2030, 7 millions de points de charge sur voie publique, évolution du code de la construction et de l'habitation, etc.

4. Récapitulatif des différentes mesures permettant de soutenir la diffusion des véhicules électriques

Les mesures agissant sur la demande de véhicules électriques	Les mesures agissant sur l'offre de véhicules électriques
<p>Incitations fiscales : bonus-malus, primes à l'achat, exonérations fiscales, etc.</p>	<p>Soutien à la R&D : financement des activités de R&D des constructeurs, projets de démonstrateurs</p>
<p>Avantages à l'usage : stationnement gratuit, accès aux couloirs de bus, aux voies réservées aux modes alternatives ou aux zones de péages urbains.</p>	<p>Instauration de normes : normes pour les véhicules et les carburants.</p>
<p>Soutien au déploiement de l'infrastructure de recharge : subventions, installation des bornes, révision des codes des bâtiments</p>	
<p>Promotion de l'électromobilité : actions de communication, dispositif de labélisation, introduction d'une signalétique spécifique, exemplarité des collectivités, etc.</p>	

XII. Bibliographie

Guide technique pour la conception et l'aménagement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques et hybrides rechargeables, Décembre 2014.

Les Nouveaux Véhicules Urbains. Rapport de mission de M. Jacques Picard. Conseiller Régional, administrateur du STIF et secrétaire général de la commission des transports et mobilités, Octobre 2013

Frédérique Predali, Le partage de véhicules : un marché francilien en expansion, Note Rapide N°699 ? IAU île-de-France

Véhicules électriques en perspective. Analyse coûts-avantages et demande potentielle. Commissariat Général au Développement Durable – Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. N°4, Mai 2011

RATP, BUS2025. Compte-rendu de l'atelier 4 « De la transition énergétique aux services innovants, quels bus pour la ville de demain ? », 29 juin 2015.

ADEME, Elaboration selon les principes des ACV des bilans énergétiques, des émissions de gaz à effet de serre et des autres impacts environnementaux induits par l'ensemble des filières de véhicules électriques et de véhicules thermiques, VP de segment B (citadine polyvalente) et VUL à l'horizon 2012 et 2020. Etudes réalisées pour le compte de l'ADEME par Ginkgo21 et PE International, 2013.

IFP Energies nouvelles, Le développement des véhicules hybrides et électriques. Panorama 2011.

AUDRSO, Mobilité électrique. Les dossiers de l'Agence d'Urbanisme et de Développement de la Région de Saint-Omer. N° 26 – Décembre 2014.

Amsterdam Roundtables Foundation, *Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam, avril 2014

Mayor of London, *An Electric Vehicle Delivery Plan for London*, Londres, mai 2009

Mayor of London, *An Ultra Low Emission Vehicle Delivery Plan for London*, Londres, juillet 2015

SIA Partners, *Le GNL comme carburant routier, quel potentiel pour la France ?* [Mis en ligne le 24/09/2014, consulté le 01/10/2015]

CEREMA - Direction technique Territoires et ville, *La logistique urbaine - Connaître et agir*, Lyon, CEREMA, 2014

Vilars Thimothée, « Voiture électrique: une hausse des tarifs de recharge est inévitable », *Les Echos*, 20/08/2014

Office for Low Emission Vehicle, *Driving the Future Today. A strategy for ultra-low emission vehicles in the UK*, Londres, septembre 2013

Urban Foresight, *EV City Casebook, 50 Big Ideas Shaping the Future of Electric Mobility*, Newcastle upon Tyne, 2014

Inventaire régional des émissions en Ile-de-France. Année de référence 2012 – Eléments synthétiques. Edition décembre 2014.

LAET, *Enquête TMV, Méthodologie et premiers résultats*, novembre 2014

Dablanc Laetitia, Patier Danielle, Gonzalez Jesus, Augereau Virginie, Leonardi Jacques, et al. *SUGAR City Logistics best practices : a handbook for authorities*, 2011

Quelques sites Internet de référence

<http://www.avem.fr/>

<http://www.breezcar.com/>

<http://www.chargepoint.com/>

<http://www.aver-france.org/>



INSTITUT
D'AMÉNAGEMENT
ET D'URBANISME



L'INSTITUT D'AMÉNAGEMENT ET D'URBANISME DE LA RÉGION D'ÎLE-DE-FRANCE
EST UNE FONDATION RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 2 AOÛT 1960.

15, RUE FALGUIÈRE - 75740 PARIS CEDEX 15 - TÉL. : 01 77 49 77 49