

Enedis, partenaire de la mobilité électrique



Synthèse

La transition vers des mobilités moins émettrices de gaz à effet de serre et de pollution est engagée.

Elle se traduit par des changements d'habitudes et l'usage de technologies complémentaires. Parmi celles-ci, la mobilité électrique.

Tous les signaux sont au vert pour que la mobilité électrique se développe fortement dans les prochaines années. En effet :

- Le cadre législatif et réglementaire est favorable, et en phase avec les aspirations « citoyennes » (réglementation européenne, populations, collectivités locales) ;
- Les performances technologiques des batteries rendent le véhicule électrique plus autonome et plus compétitif ;
- Les constructeurs automobiles investissent à hauteur de centaines de milliards d'euros cumulés et enrichissent leurs offres de véhicules.

Le développement de la mobilité électrique est une aventure collective.

Il est fortement lié aux dynamiques territoriales locales, qu'elles soient politiques, industrielles ou sociétales, et il nécessite la rencontre de plusieurs écosystèmes : l'automobile, les réseaux électriques, la fourniture d'électricité, les services associés, les data et les systèmes de communication.

Enedis, opérateur du réseau de distribution d'électricité est un des acteurs clés de cette évolution.

En effet, c'est au réseau de distribution que sont directement ou indirectement connectées les infrastructures de recharge. De surcroît, Enedis roule électrique au quotidien, elle dispose de la deuxième flotte électrique en France.



Plus largement, Enedis s'engage aux côtés des acteurs industriels et des acteurs publics. Il s'agit de mettre au point les solutions de recharge pour les différents cas d'usage de la mobilité électrique, d'identifier les besoins des différents territoires, et de faciliter le pilotage de la recharge de véhicules pour en optimiser le coût pour les utilisateurs et pour la collectivité, et notamment de la combiner avec la production d'énergie éolienne et solaire. Il s'agit également de travailler à l'interopérabilité, à la sécurité des communications, et aux normes minimales nécessaires pour la compatibilité des véhicules, des bornes, et du réseau électrique.

Le réseau de distribution d'électricité opéré par Enedis est robuste et capable de gérer des pics de sollicitations.

Le développement du réseau a accompagné la croissance et la diversification des usages de l'électricité. En particulier, depuis une dizaine d'années, plus de 400 000 installations de production solaire et éolienne ont été raccordées au réseau de distribution. Le réseau s'est aussi renforcé à cette occasion et a poursuivi sa modernisation. Enedis a notamment été pionnier dans le développement des réseaux électriques intelligents (« *smart grids* »).

L'intégration de la mobilité électrique dans le réseau est progressive et locale.

Une partie des installations de recharge s'intègrent aux équipements électriques existants et la puissance appelée par la recharge des véhicules foisonne avec les autres usages électriques. De plus, les véhicules se rechargent sur une période de temps limitée et la recharge peut se programmer. Les investissements nécessaires seront réalisés, et optimisés avec chacun des demandeurs. Les estimations d'ores et déjà menées par Enedis à horizon 2035, par construction discutables au vu de la nouveauté du sujet, montrent que la part des investissements liée à l'intégration de la mobilité électrique sera inférieure à 10 % du total des investissements anticipés sur la période.

L'essor de la mobilité électrique sur les quinze prochaines années n'est pas le facteur dominant du développement du réseau de distribution.

Par ailleurs, la combinaison de la production éolienne et solaire avec les besoins de recharge électrique ouvre un champ d'optimisation à l'échelle locale notamment.



La mobilité électrique concerne l'ensemble des mobilités, allant des deux-roues aux bateaux de croisière, en passant par des expérimentations dans l'aérien.

Ces derniers mois, les réalisations opérationnelles sur le terrain se sont accélérées: Enedis, en étroite relation avec les collectivités locales, est partenaire de plus de 120 projets concernant les véhicules légers, les autocars, les bus, les bateaux. Ces réalisations attestent de la faisabilité et de l'industrialisation très proche de la mobilité électrique. Certaines mettent en œuvre de l'hydrogène produit par des moyens non émetteurs de CO₂. Elles permettent aux acteurs de l'écosystème de combiner leurs complémentarités, de mieux connaître le coût des opérations, et les leviers de simplification. Certaines évolutions comme l'électrification des flottes de bus sont en phase industrielle, d'autres comme l'équipement des parkings d'immeubles sont à un niveau de maturité moins avancé. La capacité à valoriser l'énergie disponible des batteries quand les véhicules ne roulent pas et ne se rechargent pas est également appelée à se développer.

La loi d'orientation des mobilités (LOM) a permis de fixer des orientations sur le moyen terme. La France fait partie des pays les plus dynamiques sur le sujet de la mobilité électrique, dont la Chine est le leader mondial. Concernant les bornes de recharges accessibles au public, **l'équipement sur le territoire est déjà conséquent, en moyenne; il convient toutefois d'être attentif à un accès équilibré de ces bornes sur l'ensemble du territoire. Il continue à se développer** sous l'impulsion d'acteurs privés, notamment le long des axes routiers principaux. Concernant l'équipement en points de recharge privés, l'effort doit être porté dans les parkings de l'habitat collectif, ainsi que vers les personnes stationnant leur voiture dans la rue.

Enfin, les innovations en matière de mobilité électrique vont encore s'intensifier. Enedis, comme les autres acteurs, développe en conséquence une activité de recherche et développement. Il s'agit d'observer l'évolution des habitudes de consommation de la mobilité, de s'intéresser aux technologies en émergence comme l'induction, les robots mobiles assurant la recharge, ou aux avancées de la voiture autonome. **Ces champs d'expérimentation ont pour objectif de contribuer à développer les services qui simplifieront l'expérience des utilisateurs:** interopérabilité, disponibilité et fiabilité des données, fiabilité de la recharge, et des équipements.

Sommaire

Synthèse p.3

1. Le développement des mobilités durables, une évolution de fond face à l'urgence climatique p. 9

1.1 La mobilité électrique : une réalité en France p. 10

1.2 Une évolution portée par la conjonction de facteurs convergents et inscrits dans la durée p. 13

1.3 La mobilité électrique, d'abord de la mobilité ! p. 15

2. L'intégration de la mobilité électrique dans le réseau de distribution p. 17

2.1 Les points de charge lorsqu'ils s'insèrent dans une installation existante p. 19

2.2 Les points de charge qui nécessitent la création d'une nouvelle connexion au réseau public de distribution p. 21

2.3 Les points de charge pour les longues distances p. 23

2.4 Le développement de l'infrastructure de recharge est intégré au réseau électrique à l'échelle locale p. 24

2.5 L'impact financier de l'intégration de la mobilité électrique p. 27

2.6 La combinaison entre le pilotage de la charge des véhicules électriques et la production solaire ou éolienne. p. 27

3. Un écosystème innovant et en voie d'industrialisation, au service des territoires p. 31

3.1 La co-construction des solutions de mobilité électrique dans les territoires p. 32

3.1.1 L'ancrage local d'Enedis : un atout pour les collectivités rurales et urbaines p. 32

3.1.2 L'implication d'Enedis avec les acteurs de l'habitat collectif p. 33

3.1.3 Les projets à dimension industrielle p. 34

3.1.4 Les partenariats institutionnels p. 36

3.2 Les projets plus innovants, en laboratoire et en conditions réelles p. 37

3.2.1 Linky crée déjà de la valeur ajoutée autour du véhicule électrique p. 37

3.2.2 Enedis participe à simplifier l'expérience utilisateur grâce aux technologies et à la normalisation p. 38

3.2.3 Enedis et les acteurs du marché mettent au point les solutions nouvelles de mobilité électrique p. 41

Annexe p. 44

Introduction

Moins de bruit, de pollution, moins d'émissions de CO₂, entre 2 € et 3 € aux 100 km environ pour une voiture, la mobilité électrique est en plein essor.

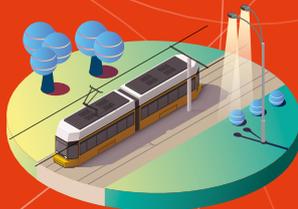
En France, avec 255 000 véhicules en circulation, 27 800 points de charge accessibles au public, des lignes de bus entièrement électrifiées, la mobilité électrique entre en phase industrielle.

Les coopérations institutionnelles, industrielles et commerciales se multiplient afin de co-construire les solutions, les produits et le référentiel de la mobilité électrique à grande échelle et pour tous types de mobilité : transports individuels, transports publics, transports logistiques et industriels, sur l'eau, sur route, et même dans l'air.

Enedis, opérateur du réseau de distribution électrique sur 95 % du territoire français, est au cœur de cette transformation. Engagé depuis plus de 5 ans, Enedis a branché au réseau public de distribution d'électricité les points de recharge accessibles au public. Par ailleurs, plus de 2 100 « voitures bleues » électriques circulent partout en France, ce qui fait de la flotte d'Enedis la deuxième flotte électrique en France après celle de La Poste. Enedis a également contribué en 2016 à la rédaction du rapport « *En route pour un transport durable* », et a mené des expérimentations pour défricher le sujet sur le terrain. Enfin, Enedis est actionnaire de la société Gireve, plateforme numérique de services qui facilite la recharge en itinérance.

La mobilité électrique connaît aujourd'hui une phase d'accélération : investissements industriels engagés par les principaux constructeurs automobiles mondiaux, engagements européens en faveur d'un « airbus » des batteries, positionnement des acteurs de marché dans des applications numériques de la mobilité liées à la charge des véhicules, dispositions réglementaires fixant une perspective de moyen et long termes.

Dans ce contexte, le présent rapport a pour objectif de renseigner sur la mobilité électrique et son intégration au système de distribution électrique dans les territoires.



Chapitre 1

Le développement des mobilités durables, une évolution de fond face à l'urgence climatique

Le secteur des transports représente à l'échelle mondiale plus du tiers des émissions de gaz à effet de serre (dont 52 % sont attribués aux véhicules légers et 48 % aux autres moyens de transports¹).

Face à l'urgence climatique et sanitaire, la Chine, le Japon, les États-Unis (Californie), certains pays européens comme la France, les Pays-Bas, la Norvège, ont mis en place des politiques publiques à la fois incitatives et coercitives avec un double objectif : améliorer la qualité de l'air et réduire l'impact carbone des mobilités.

En France, les mobilités propres constituent un des chantiers majeurs de la transition énergétique. Parallèlement à leur contribution à la baisse des émissions de gaz à effet de serre et de la pollution de l'air, elles sont au cœur des préoccupations des Français et des pouvoirs publics, garantes du vivre ensemble et de l'aménagement des territoires. Le chantier est d'ores et déjà engagé comme le montre le déploiement des points de charge sur le territoire.

1.1 | La mobilité électrique: une réalité en France

255 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés en France (octobre 2019)

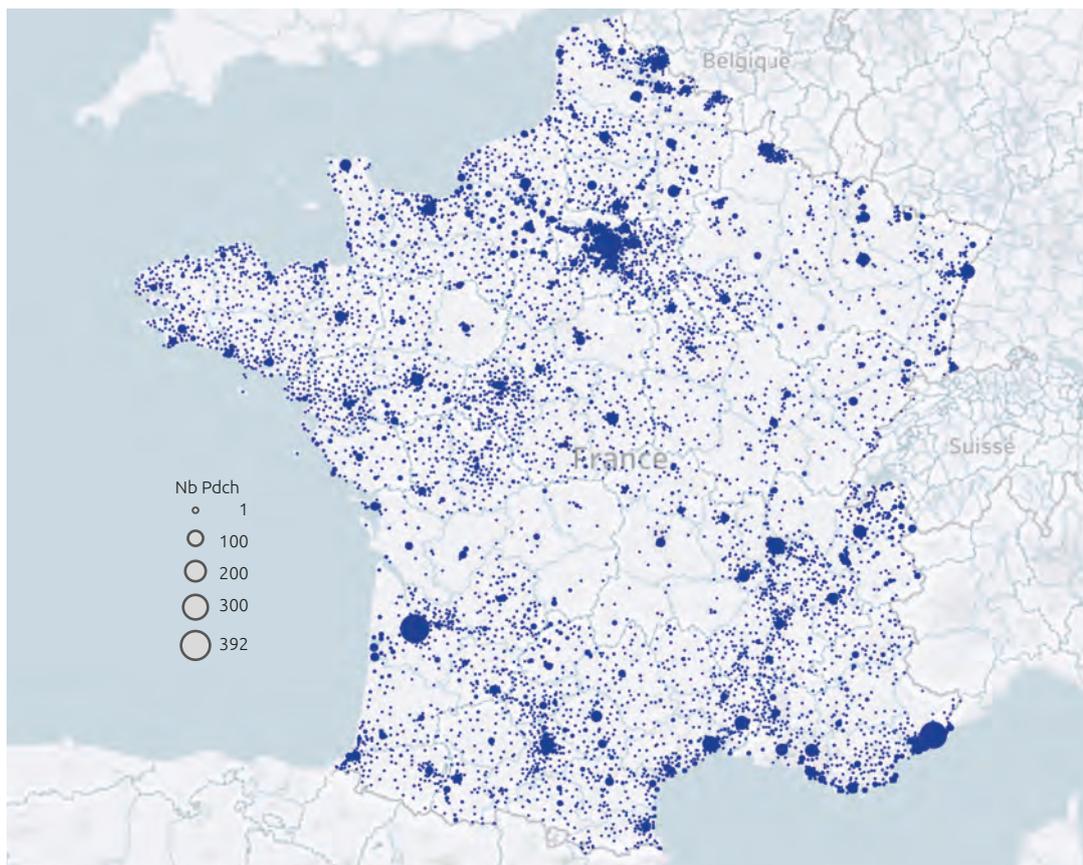
Les immatriculations de voitures électriques sont en forte augmentation: 50 000 véhicules légers électriques ont été mis en circulation ces 12 derniers mois, soit une hausse de 50 % par rapport à la même période en 2018 (*source: AVERE*).

C'est dans les territoires ruraux et périurbains que l'utilisation quotidienne des véhicules individuels électriques est la plus importante. Pour ces territoires, le passage à l'électrique devrait se faire sur un double arbitrage économique (coût complet d'utilisation) et technique (autonomie) par rapport aux solutions thermiques. On peut d'ores et déjà considérer que le critère technique

est levé avec l'arrivée sur le marché de véhicules disposant d'autonomies suffisantes pour assurer des trajets pendant plusieurs jours, voire une semaine (modèles franchissant les 40 kWh de capacité de stockage, soit ~300 km réels).

C'est dans les territoires les plus denses que l'on trouve en plus grand nombre les véhicules électriques (VE), y compris les hybrides rechargeables (VHR). La carte des immatriculations de VE et VHR fait ainsi nettement ressortir les métropoles, mais aussi les préfectures et leurs abords. La mobilité électrique est en effet aussi adaptée aux territoires urbains, à la fois en raison de trajets en voiture plus courts qu'en milieu rural, mais aussi en raison des politiques de qualité de l'air qui encouragent le développement de véhicules à zéro-émission dans les centres urbains.





Déploiement des points de charge

Données Observatoire des mobilités électriques d'Enedis. Septembre 2019.

Un point de charge pour 7 véhicules est ouvert au public

Près de 27 800 points de recharge ouverts au public sont implantés sur le territoire. 72 % ont été installés sur l'initiative des collectivités locales. Les zones rurales ont fait figure de précurseurs, avec de nombreuses initiatives portées par les syndicats d'énergie et soutenues par le Programme d'investissement d'avenir (PIA).

La qualité du réseau électrique et son maillage très dense ont permis le déploiement de ces bornes sans difficulté technique majeure, avec un coût et un impact environnemental maîtrisés (coût moyen : 1 900 € HT pour un raccordement simple, 13 000 € HT pour une extension de réseau de 100 m).

Les zones moins densément équipées devraient disparaître à court terme, notamment grâce à l'élargissement du soutien financier apporté aux collectivités (programme ADVENIR).

Actuellement, il existe un point de recharge ouvert au public pour 7,2 véhicules légers électriques (*source: Avere France, septembre 2019*). Ce taux est supérieur à celui préconisé par la directive européenne de 2014 qui préconise un point de charge pour 10 véhicules. 85 % de ces bornes ouvertes au public proposent une charge dite « normale », inférieure ou égale à 22 kVA². Ce type de recharge permet de couvrir les besoins liés aux déplacements du quotidien (30 km/jour en moyenne). Les points de recharge de forte puissance, supérieurs à 22 kVA, représentent 15 % du parc installé, en priorité à proximité des grands axes de circulation et autoroutes ; ils sont plus adaptés aux trajets de longue distance.

S'y ajoutent progressivement la grande distribution (Ikea, Leroy Merlin, Leclerc, Lidl... avec 576 stations dotées en moyenne d'une borne de recharge comprenant deux points de charge par borne, ~7 % du parc installé – *source: Gireve*), les pétroliers avec l'équipement des stations-service, les réseaux de concessions automobiles (750 stations, ~8 % du parc), les opérateurs d'autopartage, et les sociétés de parkings.

2 - Les 85% étant répartis de la manière suivante : 32% < 22 kVA et 53% = 22 kVA, source MTES (ministère de la Transition écologique et solidaire, janvier 2019).

Enfin, certains territoires imaginent le déploiement de « bornes à la demande » (cf. § 3.1.1), reprenant un modèle déjà éprouvé aux Pays-Bas.

Le développement de ces bornes se fait aujourd'hui au gré des initiatives ou des opportunités. Il reste à s'assurer de la cohérence d'ensemble sur le territoire pour rendre tout le service qu'on peut en attendre en termes de sécurité d'approvisionnement des véhicules tout au long de leurs trajets.

Les recharges des véhicules en circulation se font à plus de 80 % sur des points de charge situés sur le lieu de travail et au domicile (source: AVERE). Même s'il est difficile d'en connaître précisément le nombre, on peut estimer, en tenant compte d'hypothèses de charge au domicile et sur le lieu de travail, que le nombre total de points de charge est environ de 30 % supérieur au nombre de véhicules.

L'installation d'un point de charge est relativement simple en maison individuelle, elle est plus longue en copropriété. En effet, elle nécessite d'interagir

avec la copropriété soit pour adopter une solution collective, soit pour les travaux visant à une installation individuelle (cf. § 3.1.2).

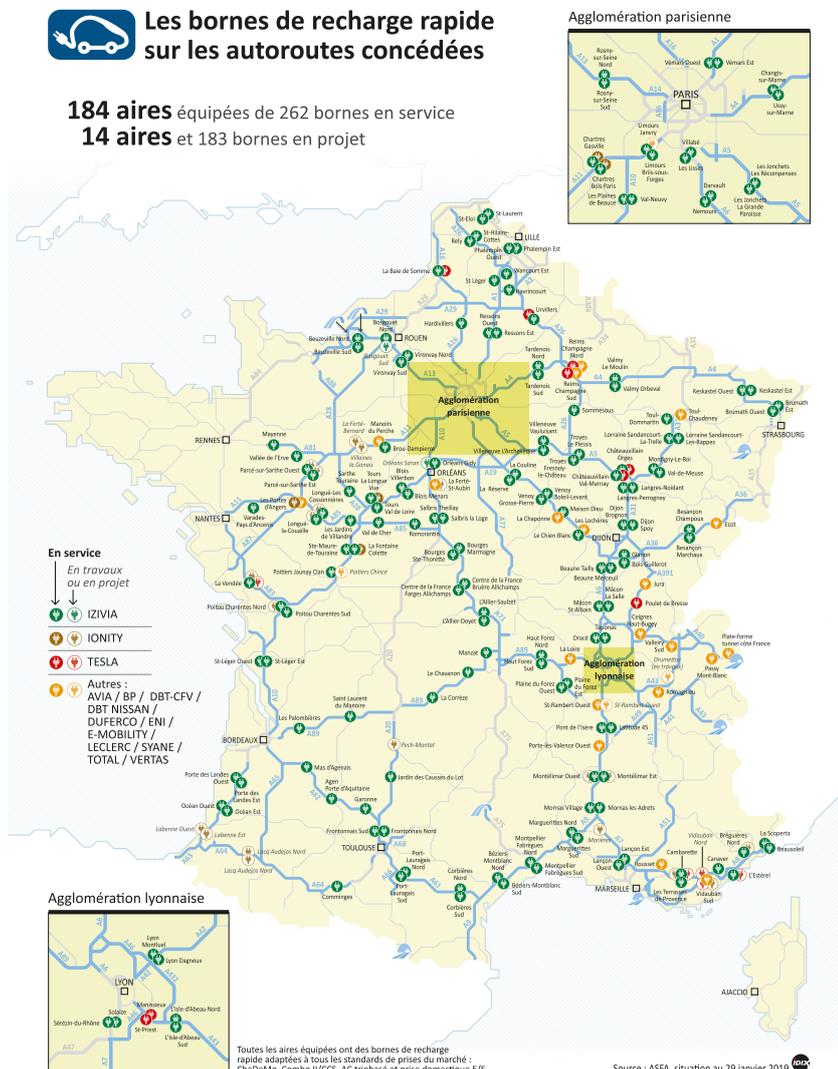
La couverture du réseau autoroutier et des grands axes de circulation est aujourd'hui au rendez-vous.

Concernant le réseau autoroutier et les grands axes de circulation, la couverture est engagée de manière conséquente au regard des véhicules électriques en circulation. On recense en effet à juin 2019 :

- 360 stations comportant au moins un point de charge 43 kVA (pour 550 points de charge 43 kVA) ;
- 800 stations comportant au moins un point de charge 50 kVA (pour 1 100 points de charge 50 kVA) ;
- 90 stations comportant au moins un point de charge 120 kVA (pour 600 points de charge 120 kVA).

Les bornes de recharge rapide sur les autoroutes concédées

184 aires équipées de 262 bornes en service
14 aires et 183 bornes en projet



Du bateau de croisière à quai à la trottinette électrique

La mobilité électrique concerne l'ensemble des mobilités. Déjà une réalité pour les trains, les tramways et le métro, elle s'étend à un rythme industriel aux bus et aux moyens de déplacements individuels: vélos, trottinettes et deux-roues motorisés. Les marchés des cars, des camionnettes, et camions vont également se développer. De plus en plus, les ports, comme Marseille et Royan, s'équipent de points de charge adaptés pour que les bateaux puissent utiliser l'électricité comme source d'énergie lorsqu'ils sont à quai.

En France, sous l'impulsion de la loi de Transition énergétique pour la croissance verte (TECV) de 2015, précisé par le décret n° 2017-23 du 11 janvier 2017, 100 % des flottes de bus renouvelées d'ici 2025 le seront faibles émissions (électrique, GNV, hydrogène). En augmentation régulière, on pouvait compter début 2018, 170 réseaux de transport urbain et 17 000 bus en circulation en France. Le plan bus de la RATP prévoit par exemple, d'ici 2025, de passer les 2/3 de ses bus à l'électrique. Une quinzaine de métropoles ont d'ores et déjà développé des projets de bus électriques et de nombreux territoires moins denses y sont aussi engagés (Vichy, Bayonne, Roanne, Limoges, La Rochelle...).

Le transport aérien n'est pas en marge de ces évolutions. La RATP s'est récemment associée à Airbus

et Aéroports de Paris pour expérimenter des taxis volants électriques à l'occasion des Jeux olympiques et paralympiques 2024. Uber travaille actuellement sur un projet similaire (Elevate).

Et l'hydrogène ?

L'hydrogène produit par électrolyse de l'eau avec de l'électricité non carbonée peut être utilisé pour la mobilité électrique. Il convient pour cela de convertir dans le véhicule l'hydrogène en électricité. Encore en phase de développement, 100 000 véhicules électriques hydrogène pourraient être en circulation en France à horizon 2030 (contre 400 actuellement – source: *Afhypac*). On compte aujourd'hui 27 stations, (6 en construction et 29 en projet – source: *Afhypac*). Elles sont utilisées pour l'essentiel par des flottes d'entreprise, afin de tendre vers une rentabilité des installations de desserte (taxis « Hype », Paris).

Des expériences de bus électriques à hydrogène se concrétisent également. C'est le cas dans le Pas-de-Calais (Auchel / Bruay-la-Buissière, mis en service), à Pau (FEBUS, mise en service septembre 2019) et à Auxerre (AUXR_H2).

À long terme, l'hydrogène pourrait offrir également des perspectives intéressantes dans les transports aériens. À titre d'exemple, le projet Hycarus, développé par Air Liquide avec Zodiac Aerospace, Aviation et le CEA, vise à démontrer la pertinence de l'utilisation d'une pile à combustible dans un avion.



1.2 | Une évolution portée par la conjonction de facteurs convergents et inscrits dans la durée

Des politiques publiques qui orientent le marché

À l'échelle européenne et nationale, les politiques publiques ont introduit depuis de nombreuses années des dispositions prescriptives en faveur des mobilités durables. Dès 2014, une directive européenne prévoit l'implantation de bornes de recharge pour véhicules électriques sur tout le territoire national.

Le 15 avril 2019, un nouveau règlement européen impose une moyenne de 95 grammes de rejets de CO₂ par voiture et par kilomètre pour les voitures vendues en 2020 et prévoit une amende pour les constructeurs qui dépasseraient ce seuil. Ces objectifs seront encore durcis après 2020: les émissions devront encore baisser de 37,5 % entre 2021 et 2030, avec une étape intermédiaire en 2025

(-15 %). Le montant de l'amende est notable, il est de 95 € par gramme de CO₂ au-dessus du seuil et par voiture; ce qui revient à un montant de 95 millions à payer en 2021 si vous avez vendu en 2020 un million de véhicules avec une moyenne d'émissions de 96 grammes de CO₂/km. Pour rappel, les émissions étaient de 118 g en moyenne par véhicule en 2018 (tous modèles confondus).

Les pouvoirs publics français ont également engagé, dès 2010 avec la loi « Grenelle II », des politiques incitatives. La loi TECV de 2015 a fixé un objectif de 7 millions de points de charge, publics et privés, installés d'ici à 2030. Le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoit pour 2023 la mise en circulation de 1,2 million de véhicules électriques particuliers et la mise en service de 100 000 points de recharge ouverts au public. La loi d'orientation des mobilités renforce

encore l'incitation à la transition (clarification de l'organisation territoriale en matière de mobilités, conversion des flottes d'entreprises, simplification de l'installation de bornes de recharge en résidentiel collectif notamment).

La mobilité électrique à hydrogène bénéficie également d'un contexte réglementaire favorable : lancement d'un Plan hydrogène en 2016, signature d'un engagement pour la croissance verte en faveur de la production décarbonée d'hydrogène, lancement d'un appel à projets par l'ADEME en 2019. Les premières applications devraient se trouver dans le domaine des transports lourds.

Face à l'enjeu sanitaire d'amélioration de la qualité de l'air, 15 agglomérations ont décidé de mettre en place des zones à faibles émissions (ZFE) sur leurs territoires, au plus tard fin 2020. Après Paris et Grenoble, les métropoles du Grand Paris, du Grand Lyon, d'Aix-Marseille, de Strasbourg, Nice, Toulouse, Montpellier, Clermont, Saint-Étienne, Reims, Toulon, Rouen et Fort-de-France ont décidé la mise en place de ZFE. Les modalités de mise en œuvre et le calendrier varient en fonction des territoires, mais l'objectif est commun : réduire puis interdire la circulation des véhicules thermiques dans le centre-ville.

À l'international, de la même manière, les politiques publiques orientent le marché. En Norvège, les incitations à l'acquisition de véhicules électriques existent depuis 1990 : gratuité du stationnement, des péages et circulation sur voies prioritaires, taxes très élevées à l'immatriculation sur les véhicules thermiques. Le véhicule électrique représente en 2019 près de 31,2 % du parc, contre 20,8 % en 2017 (source : OFV). Des mesures similaires ont été mises en place en Californie, avec en complément l'installation massive d'infrastructures de recharge

dans les centres commerciaux, sur les lieux de travail et de bornes « à la demande ». À ce jour, 50 % des immatriculations du modèle 3 de Tesla ont été réalisées en Californie. En Chine, l'État a rendu obligatoire les investissements sur les infrastructures de recharge et a allongé les délais d'obtention des véhicules thermiques. Les débouchés sur le marché interne et la structuration de la filière vers l'international ont permis un développement particulièrement rapide de la filière. En 2019, la production de véhicules électriques a atteint 792 000 unités (+65 % en un an). Le Gouvernement chinois s'est fixé un objectif de 2 millions de véhicules électriques vendus en 2020.

Des investissements conséquents engagés par la filière automobile

Les constructeurs automobiles ont investi massivement pour adapter leur outil industriel, pour mettre sur le marché dès 2020 des modèles de véhicules électriques. Ces investissements doivent permettre de réduire de 20 % les émissions des véhicules entre 2019 et 2020 (alors qu'il a fallu dix ans pour les réduire de 25 % – source : étude Euler Hermes). Une récente étude (Alix Partners) évalue à 225 milliards d'euros le montant engagé par les constructeurs pour se conformer aux objectifs européens. Dans les cinq prochaines années, 50 milliards d'euros supplémentaires seront investis pour développer les véhicules autonomes.

Des attentes sociétales fortes, des expressions citoyennes croissantes

L'environnement est une préoccupation croissante dans l'opinion. À l'échelle européenne, la récente initiative « WeEuropeans » (consultation citoyenne à laquelle ont participé près de 1,5 million d'Européens,



en avril 2016) montre que l'environnement s'impose comme un sujet du quotidien. En France, 40 % des répondants portent cette question au premier rang de leurs préoccupations. La pollution de l'air est considérée par 20 % d'entre eux comme un sujet d'action prioritaire (source: WeEuropeans). Parmi les solutions évoquées, les évolutions des modes de transport sont les plus citées: amélioration des transports publics, développement du ferroutage, encouragement à utiliser des moyens de transport plus propres... 37,5 % des répondants pensent pouvoir contribuer à protéger l'environnement en modifiant leurs habitudes de mobilité, tout en confirmant leur dépendance au véhicule individuel (32 %).

Dans le même temps, les attentes sont fortes sur les bilans comparés des cycles de vie des différentes technologies. Ainsi se sont multipliées les études sur le sujet: ADEME (2014), Consumer Reports (2018), Vrije Universiteit Brussel (2018)... De nombreuses initiatives industrielles existent pour améliorer



ces bilans dans la durée. C'est notamment le cas des batteries des véhicules, avec les innovations technologiques en développement pour s'affranchir des matériaux coûteux à extraire, leur utilisation après leur usage dans le véhicule (en seconde vie), les perspectives de les fabriquer en Europe.

1.3 | La mobilité électrique, d'abord de la mobilité!

La mobilité électrique est une réponse industrielle au développement des transports bas carbone. Elle s'intègre dans un projet politique plus large, local, national, et mondial qui est l'organisation des mobilités.

Les besoins de mobilité s'accroissent selon des tendances de long terme. En France comme dans tous les pays occidentaux, le phénomène de métropolisation s'accroît: population, activité économique, innovation se concentrent de plus en plus dans les grandes villes. Cela amplifie les besoins de mobilité entre les métropoles et les territoires. Au sein des métropoles, du fait des prix élevés du logement au centre, les mobilités quotidiennes sont plus importantes, encore effectuées à 80 % avec un véhicule individuel. Le temps consacré aux déplacements ne cesse d'augmenter (*étude IPSOS/Transdev, septembre 2019*): 35 minutes en moyenne entre le domicile et le travail.

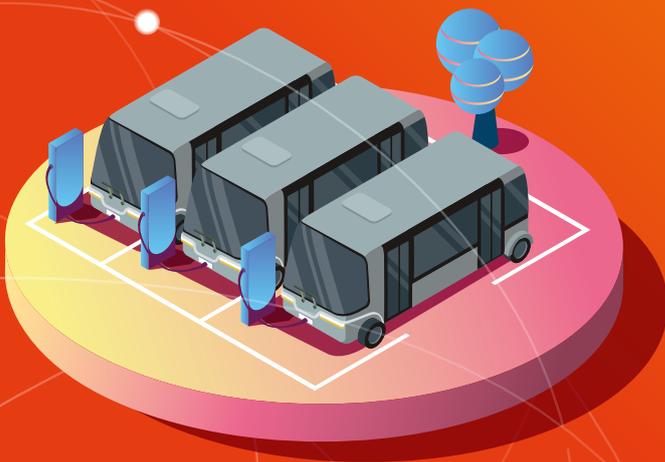
Plus nombreux, les flux sont plus aléatoires et les rythmes de déplacements moins prévisibles qu'il y a 20 ou 30 ans. Les nouveaux modes de consommation (livraisons à domicile) accentuent le phénomène.

L'essor du numérique a également bouleversé les attentes en matière de mobilités. Plus de 50 % des Français de la « génération Y » (nés entre 1980 et 2000) utilisent une application mobile pour

planifier leurs trajets (*source: Deloitte, The Future of Mobility, 2016*). Les mobilités sont de plus en plus individualisées, intégrant plusieurs modes de déplacement pour un même parcours.

Aussi, les responsables territoriaux pensent la mobilité à l'aune de ces enjeux. Leurs réponses sont différenciées suivant la nature des territoires. La Loi d'orientation des mobilités prévoit en particulier que les régions établissent un contrat de mobilité pour leurs territoires.

Enedis a pour ambition d'accompagner les régions et de construire et hiérarchiser en conséquence les prévisions de développement du réseau de distribution. Les industriels vont développer pour leur part des offres de « Mobility as a Service ». Ce n'est plus le moyen de transport mais les besoins du client qui sont au cœur de l'écosystème.



Chapitre 2

L'intégration de la mobilité électrique dans le réseau de distribution

Le réseau de distribution d'électricité s'est constitué dans sa forme et sa robustesse actuelles en accompagnant le développement socioéconomique du pays ainsi que celui des usages de l'électricité. Le réseau va continuer à se développer ce qui permettra entre autres d'intégrer le développement de la mobilité électrique. Pour Enedis, opérateur du réseau sur 95 % du territoire national, le développement de la mobilité électrique est une opportunité : une opportunité de développement, une opportunité d'innovation à l'écoute des acteurs de la mobilité électrique, une opportunité de renforcement de son ancrage dans les territoires.

C'est d'abord par une approche locale que l'intégration de la mobilité électrique est la plus tangible, puis, en élargissant, par la maîtrise des investissements et enfin, par le pilotage de la recharge.

La mobilité électrique constitue un nouvel usage de l'électricité.

Les installations qui sont nécessaires pour recharger les véhicules, les points de charge, sont directement ou indirectement raccordés au réseau de distribution d'électricité. Dans les deux cas, l'électricité consommée est acheminée par le réseau de distribution d'électricité.

Le déploiement à grande échelle du véhicule électrique signifie pour Enedis de :

- concevoir les solutions avec les clients, partenaires ou territoires et, si besoin, de tester des solutions avant leur généralisation ;
- réaliser des connexions nouvelles sur le réseau de distribution, le cas échéant de renforcer le réseau pour accueillir ces nouvelles connexions ;
- anticiper les besoins en investissement en prenant en compte les autres usages ;
- mener des travaux de R&D pour prendre en compte les évolutions des comportements, les technologies en développement, et pour contribuer à l'élaboration des normes internationales ;
- poursuivre l'électrification de sa propre flotte d'entreprise, développer son parc de points de charge et le pilotage associé.

À noter qu'Enedis ne se substitue pas aux acteurs du marché. L'Union européenne, au travers du *Clean Energy Package*, prévoit toutefois le cas hypothétique d'un constat de carence d'initiatives privées. Elle autorise dans cette situation les États membres à permettre aux DSO (*Distribution System Operators*) d'intervenir dans les zones carencées en infrastructures de recharge (directive européenne concernant les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité - Art. 33 – « *Integration of electromobility into the electricity network* »).

Depuis près de dix ans, Enedis a intégré les installations de production d'énergie solaire et éolienne sur le réseau de distribution. Cette expérience acquise est précieuse pour aborder la croissance de la mobilité électrique. En effet, le travail technique d'études et de raccordement au réseau s'est accompagné d'une adaptation au projet du client, et de l'élaboration de nouveaux types de contrats. Par ailleurs, dans l'exploitation du réseau, le développement de l'automatisation a permis de piloter des pics de production locaux conséquents.

Enedis intègre de façon anticipée et optimisée la mobilité électrique dans le réseau de distribution, du simple branchement individuel à domicile d'un point de charge, à des solutions plus complexes pouvant avoir un impact plus notable pour le réseau.



Point de charge directement raccordé au réseau public de distribution (RPD).



Point de charge indirectement raccordé au RPD, le raccordement étant déjà existant.

2.1 | Les points de charge lorsqu'ils s'insèrent dans une installation existante

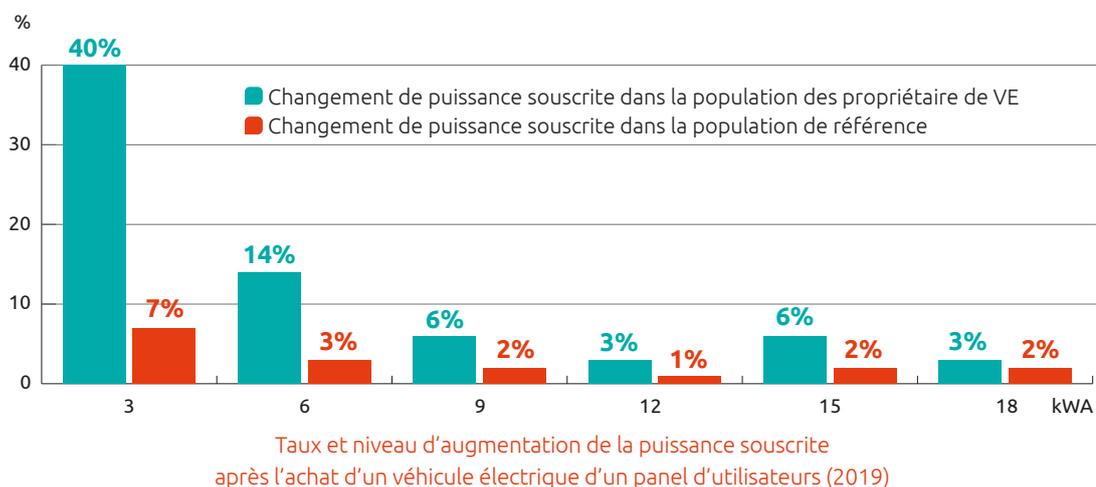
Si la mobilité électrique s'alimente toujours, directement ou indirectement, sur le réseau, les installations de charge n'ont pas systématiquement un impact sur ce dernier. En effet, dans beaucoup de situations décrites ci-dessous, la recharge d'un véhicule électrique ne fait que s'ajouter aux consommations d'un site déjà existant et n'en modifie pas son dispositif d'acheminement de l'électricité.

Cas de la maison individuelle

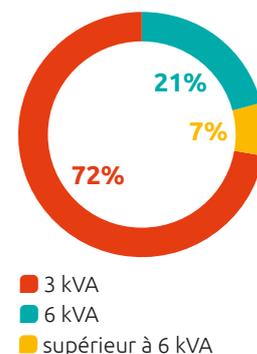
La majorité des utilisateurs de voitures électriques actuels résident en maison individuelle, et disposent d'un point de charge à domicile. Il s'agit soit d'une simple prise, soit d'une prise renforcée, ou encore d'une borne de recharge³. La puissance maximale délivrée par ces trois types d'installation domestiques est comprise entre 1,8 kVA et 7,4 kVA pour les

bornes. Ces prises ou bornes sont raccordées sur les installations électriques intérieures des maisons, c'est-à-dire en aval du compteur électrique et disjoncteur général, séparation physique entre le réseau de distribution d'électricité et l'installation privée.

Comme le montre une étude réalisée par Enedis sur un panel de 13 000 utilisateurs de véhicules électriques (cf. tableau ci-dessous), l'utilisateur organise sa consommation totale de la maison (tous usages, y compris la recharge de son véhicule électrique) de façon à ne pas être obligé d'augmenter la puissance souscrite de son abonnement auprès des fournisseurs d'électricité, avec comme intérêt principal la maîtrise de sa facture. Seulement 14 % des propriétaires de véhicules électriques ayant un abonnement de 6 kVA demandent une puissance supérieure.



Niveau d'augmentation de la puissance souscrite



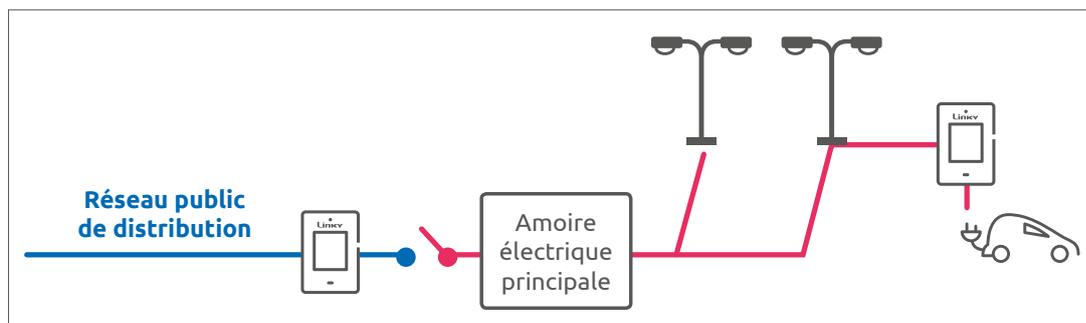
Pour le client, le positionnement dans le temps des consommations programmables, dont la recharge du véhicule électrique, sorte de « pilotage manuel par l'utilisateur », permet d'intégrer une voiture électrique à la maison sans surcoût autre que :

- la borne de recharge ;
- les consommations d'électricité liées à la recharge du véhicule (à mettre au regard du gain sur le carburant d'un véhicule thermique).

En outre, les puissances souscrites ne sont pas modifiées ou restent dans la limite de dimensionnement du réseau. Quant à l'impact en termes de transit d'énergie sur les câbles du réseau électrique, il est lui aussi négligeable.

À l'échelle d'une maison, l'arrivée d'un véhicule électrique n'a donc qu'un impact très limité sur le réseau d'électricité.

3 - La simple prise ainsi que la prise renforcée doivent être conformes à la norme NFC 61-314. La puissance doit alors être limitée à 1,8 kVA (8A) par le dispositif de recharge du véhicule (cf. décret N° 2017-26 du 12 janv. 2017). Une borne de recharge pouvant délivrer une puissance supérieure à 3,7 kVA doit être installée par un professionnel agréé.



Borne de recharge sur lampadaire



Recharge sur les réseaux d'éclairage public

Depuis quelques années, les ampoules des réseaux d'éclairage public ont été remplacées par des ampoules LED basse consommation. Ce gain d'énergie sur les consommations électriques permet aux câbles d'alimentation du réseau d'éclairage de reconstituer « une réserve de puissance électrique ». Cette puissance électrique peut être utilisée pour des bornes de recharge électrique. Fort de ce constat mené avec une collectivité vendéenne, Enedis a participé, avec des partenaires industriels, à la mise en œuvre d'une solution de « bornes de recharge sur lampadaires ».

Grâce à cette expérimentation, des recommandations ont été élaborées pour permettre un déploiement industriel. Ces recommandations ont été publiées par les ministères de la Transition écologique et solidaire et de l'Économie et des Finances sur le site du Gouvernement.

Le nombre de lampadaires en France est d'environ dix millions d'unités. En fonction des configurations des câbles du réseau d'éclairage public, de la puissance souscrite disponible, de l'emplacement du

lampadaire sur la chaussée, Enedis estime à 200 000 le nombre de lampadaires pouvant accueillir une borne de recharge.

Pour les usagers du véhicule électrique, cette solution est complémentaire à la recharge à domicile, pour un appoint de recharge. C'est aussi une solution pour des usagers n'ayant pas de place de parking privée. Ce type d'infrastructure peut ainsi être déployé en collaboration avec les collectivités et Enedis.

Pour le réseau de distribution, ce nouvel usage ainsi que l'installation de recharge raccordée au lampadaire ne nécessite pas de travaux, à l'exception de la pose d'un compteur dans la borne de recharge et de son exploitation dans la durée.

En effet, l'opérateur de la borne de recharge doit pouvoir choisir librement son fournisseur d'électricité, et donc mesurer séparément les flux d'électricité dédiés à l'éclairage de ceux dédiés à la recharge d'un véhicule.

Recharge à l'occasion d'un déplacement dans les centres commerciaux

De nombreux centres commerciaux installent des bornes de recharge sur leur parking pour améliorer le service apporté à leurs clients. Cette tendance est d'ailleurs soutenue par des obligations réglementaires.

Comme dans le cas de la maison individuelle, ces nouvelles installations de recharge de véhicules électriques n'entraînent pas nécessairement de modification de l'alimentation électrique du client.

En effet, le client organise sa charge pour ne pas modifier son abonnement électrique.

Recharge sur son lieu de travail

De plus en plus d'entreprises se dotent d'infrastructures de recharge. Ces bornes de recharge sont soit à destination des salariés utilisant un véhicule électrique personnel, soit destinées aux flottes d'entreprises qui s'électrifient.

Les gestionnaires des sites réalisant le « *Facility Management* » utilisent des outils de pilotage afin d'éviter d'augmenter l'abonnement ou des travaux de renforcement des câbles et transformateurs électriques.

2.2 | Les points de charge qui nécessitent la création d'une nouvelle connexion au réseau public de distribution

L'installation de certaines bornes de recharge nécessite :

- soit un nouveau branchement au réseau public de distribution, avec ou sans extension de réseau. C'est généralement le cas des bornes de recharge ou grappes de bornes déployées dans les villes, sur la voie publique ou le long des autoroutes. C'est aussi le cas de certaines installations dans les parkings d'immeubles d'habitation. En France, le coût des travaux est pris en charge à 40 %⁴ par Enedis. Le demandeur prend donc à sa charge 60 % de la facture globale (on dit que le taux de « réfaction » est de 40 %). Les 40 % pris en charge par Enedis sont financés par le TURPE (tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité) ;
- soit un nouveau branchement avec ou sans extension, et qui nécessite de renforcer le réseau (cf. § 2.4).

Toutes les situations sont à traiter localement, avec une réponse spécifique en fonction de l'état du réseau, du lieu d'emplacement du point de charge sur le réseau, de la topologie environnante et de sa capacité à acheminer toute l'électricité.

Pour le client, l'objectif est de disposer de son branchement dimensionné pour ses besoins, dans les coûts et les délais convenus. Le client minimisera son coût d'investissement en dimensionnant au « juste besoin » sa puissance de raccordement, puis son coût de fonctionnement en souscrivant auprès de son fournisseur d'électricité un abonnement fonction de ses besoins au fil du temps.

Pour Enedis, l'objectif est de satisfaire le client et de minimiser le coût pour la collectivité. Il est donc important qu'Enedis et le client travaillent de concert en amont des projets de déploiement de bornes de recharge afin d'optimiser collectivement les investissements.

Cette anticipation est d'autant plus utile pour les projets d'ampleur (dépôts de bus, nouveaux aménagements urbains, nouveaux sites industriels et commerciaux...) et pour les travaux de planification des mobilités propres dans les territoires.

Cas de la recharge de grappes de bornes : un foisonnement naturel

Enedis utilise depuis de nombreuses années des coefficients de foisonnement dans ses règles de dimensionnement des réseaux afin de tenir compte du fait que tous les usages électriques ne fonctionnent jamais tous en même temps à la puissance maximale. Par exemple, pour des lotissements, le coefficient de foisonnement prend en compte la configuration des logements (chauffés ou pas à l'électricité par exemple) et l'endroit de l'emplacement sur le territoire.

4 - La loi d'Orientation des mobilités prévoit que le taux de réfaction évoqué plus haut sera rehaussé à 75% dans certaines conditions.

De la même manière, mais avec moins de recul, un coefficient de foisonnement est utilisé pour déterminer la puissance de raccordement d'un ensemble de bornes de charge, afin de tenir compte du fait que les recharges de véhicules ne démarrent pas de manière simultanée et que le niveau de charge initial des véhicules est différent d'un véhicule à l'autre.

Le graphique ci-dessous montre la puissance appelée par trois points de charge délivrant la même puissance, à des moments différents et pendant des durées différentes.

Le coefficient de foisonnement utilisé par la profession aujourd'hui est de 0,4⁵. Il s'applique à la somme des puissances de chaque borne.

Au regard de l'expérience qui va s'accumuler en situation réelle, Enedis pourrait proposer à l'avenir de baisser ce coefficient de foisonnement pour limiter encore les puissances de raccordement.

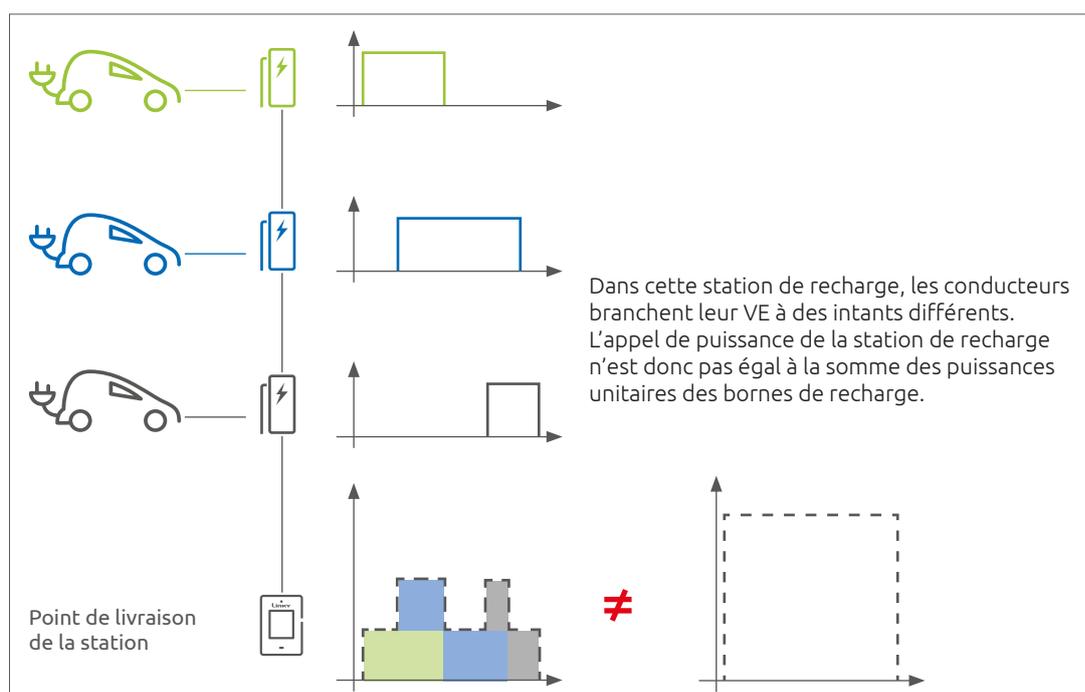
Enfin, le véhicule électrique étant un usage « pilotable », une solution de pilotage local de la recharge peut être associée à ce type d'installations dans le but d'optimiser encore plus la puissance de raccordement et/ou la puissance souscrite.

Des raccordements adaptés aux clients

Ces derniers mois, des solutions spécifiques ont été définies et mises en œuvre pour des projets particuliers. Elles constituent des pratiques transposables pour la suite du développement des infrastructures de recharge.

Quelques exemples :

- Enedis propose une possibilité de raccordement groupé, permettant à plusieurs porteurs de projet situés au même endroit de mutualiser les coûts d'extension du réseau au prorata de leur puissance de raccordement et de la longueur de leur extension. Le partage de ces coûts réduit donc la facture de chaque opérateur pour la mise en service de leurs stations de recharge. Cette solution a déjà fait ses preuves et a permis l'installation de bornes à forte puissance sur la Côte d'Azur. Des expériences similaires ont depuis été réalisées en Pays de la Loire et dans les Alpes.
- Le projet FlexMob'île à Belle-île-en-Mer comprend un raccordement de deux points de livraison distincts avec une puissance de raccordement inférieure à la somme des puissances maximum d'utilisation de chaque point de livraison. Le bénéfice pour le client et pour la collectivité est de réduire le coût de l'extension du réseau, et la durée des travaux. Pour sa part, le client s'engage auprès d'Enedis à limiter la puissance maximale cumulée appelée par les deux points de livraison.



Répartition de la puissance appelée par trois points de charge

5 - Coefficient préconisé par Enedis et la filière au travers de la fiche Séquelec « Dimensionnement des infrastructures de recharge pour véhicules électriques dans les immeubles collectifs » (IRVE).



- Certains projets font l'objet d'études spécifiques. C'est le cas notamment des dépôts de bus, ou de l'alimentation des ports pour permettre la connexion des bateaux à quai.

Ces adaptations permettent aux clients et à la collectivité de réduire la facture globale d'intégration de la mobilité électrique sur les réseaux. Au cas par cas, elles peuvent permettre de réduire de 20 à 30 % le montant du raccordement.

2.3 | Les points de charge pour les longues distances

Outre la mobilité quotidienne, Enedis étudie aussi la mobilité longue distance. En effet, les infrastructures de recharge commencent à se multiplier sur les aires d'autoroutes. Le taux d'équipement actuel suffit à couvrir les besoins de recharge au regard du nombre encore restreint de véhicules électriques parcourant de longues distances.

Pour se projeter à plus long terme, Enedis a réalisé en 2018 une étude sur plus de 400 stations-service sur autoroute afin d'évaluer les éventuels besoins d'adaptation et d'investissements à terme dans de nouveaux postes sources.

Le scénario étudié par Enedis est le suivant : l'installation sur chacune de ces stations-service sur autoroute de « stations de recharge » de 5 MW chacune correspondant par exemple à 100 points de charge de 50 kW (ou à plus de 30 points de charge à 150 kW ou de 15 points de charge à 350 kW). Ce type de puissance engendre nécessairement la création d'un branchement dédié depuis le poste source le plus proche.

Les résultats de l'étude montrent que l'installation d'une telle infrastructure de recharge :

- dans 80 % des cas, ne nécessite que des travaux de création de lignes ;

- dans 20 % des cas, nécessite des travaux de renforcement du poste source (ajout ou modification du transformateur associé par exemple) ;
- pour quatre cas seulement, cela nécessite la création de deux postes sources.

Si les futures « stations de recharge » sur autoroute devaient plutôt se stabiliser autour d'une puissance de 2 MW, aucun poste source supplémentaire ne devrait être créé.

Ces résultats ont été confortés par une première estimation des flux de fréquentations générés par les chassés-croisés estivaux sur le réseau autoroutier ; il en résulte à la fois une confirmation de la pertinence du palier de puissance à 5 MW précédemment utilisé et des disparités importantes à prendre en compte d'une aire à l'autre.

En complément, Enedis et RTE (Réseau de transport d'électricité) mettent en commun leurs évaluations respectives des investissements réseaux en lien avec la mobilité électrique sur autoroutes, en affinant autant que possible les hypothèses de fréquentation de ces axes. Un rapport d'étude sera publié au premier semestre de 2020.

2.4 | Le développement de l'infrastructure de recharge est intégré au réseau électrique à l'échelle locale

La mobilité électrique s'intègre dans le réseau électrique de distribution, dans les prévisions d'investissement comme dans son exploitation.

À ce jour, la totalité des infrastructures de recharge est connectée au réseau de distribution en moyenne tension (HTA) ou basse tension (BT) comme l'illustre le schéma ci-dessous. Sont aussi connectées au réseau de distribution plus de 400 000 installations de production solaire et éolienne.

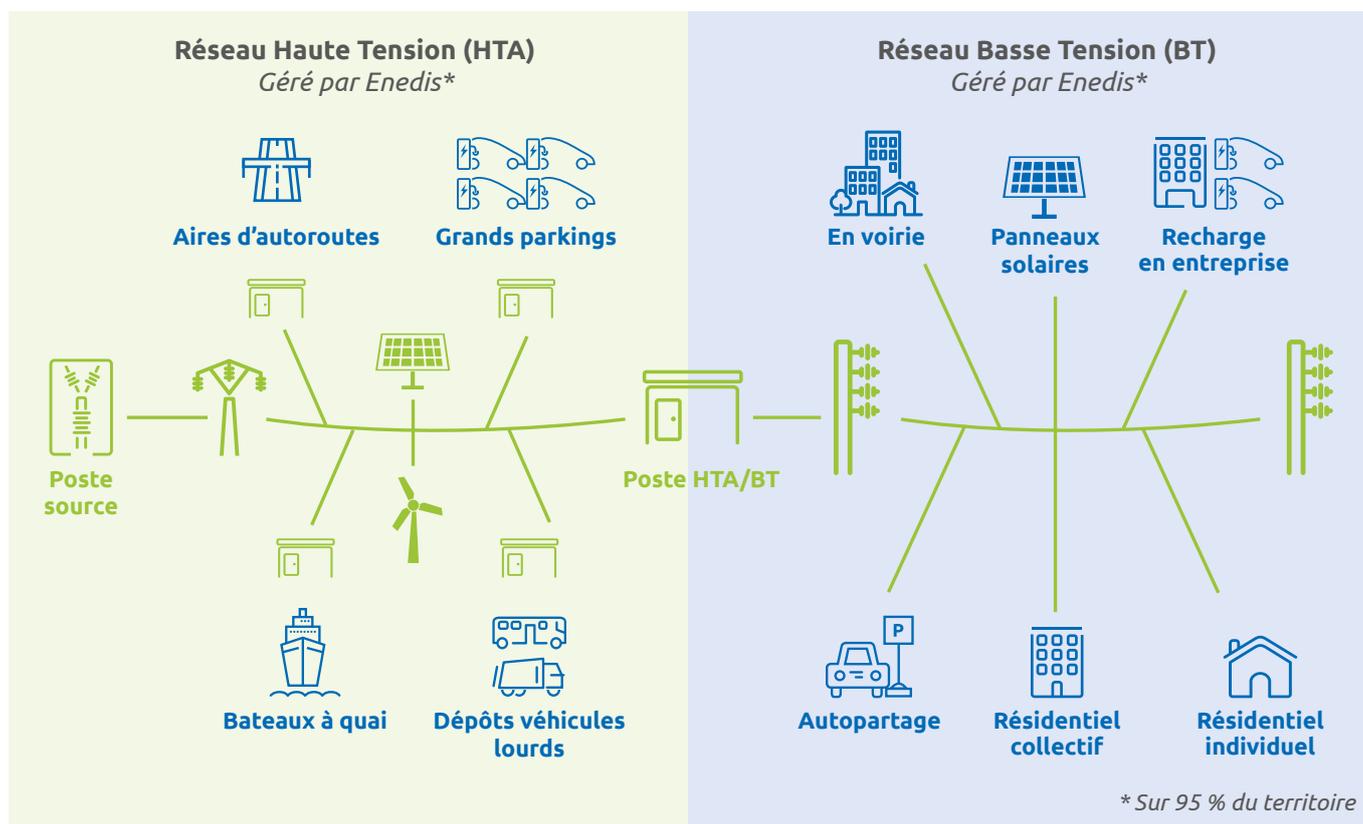
Le rayon d'action d'un poste HTA/BT dépend de la puissance et des caractéristiques des charges à alimenter. Globalement, il est de l'ordre de 500 m en zone rurale ou semi-rurale et plutôt de l'ordre de 250 m en zone urbaine dense. La puissance raccordée à un tel poste va de 60 à 1 000 kVA.

Le périmètre couvert par les postes sources va de quelques kilomètres en zone urbaine dense à quelques dizaines de kilomètres en zone rurale. Ils alimentent, *via* les postes HTA/BT ou en direct, quelques milliers à quelques dizaines de milliers de consommateurs par poste, et réceptionnent la production éolienne et celle des grands parcs photovoltaïques au sol.

Anticiper le renforcement du réseau de distribution

Même si un raccordement pris isolément ne conduit pas nécessairement à un renforcement du réseau, l'augmentation des raccordements au réseau doit être anticipée pour définir les besoins de renforcement, afin de garantir la qualité du service aux utilisateurs: continuité de l'acheminement, résilience du réseau aux défauts, gestion des pics de consommation et de production, prise en compte des amplitudes météorologiques.

C'est pourquoi, des études technico-économiques réalisées régulièrement aux niveaux des 740 000 postes HTA/BT et des 2 200 postes sources permettent de recenser les besoins et de définir, le cas échéant, la manière dont la hausse des sollicitations sera prise en compte, soit par des solutions relevant de l'exploitation des réseaux, soit par des investissements de renforcement.





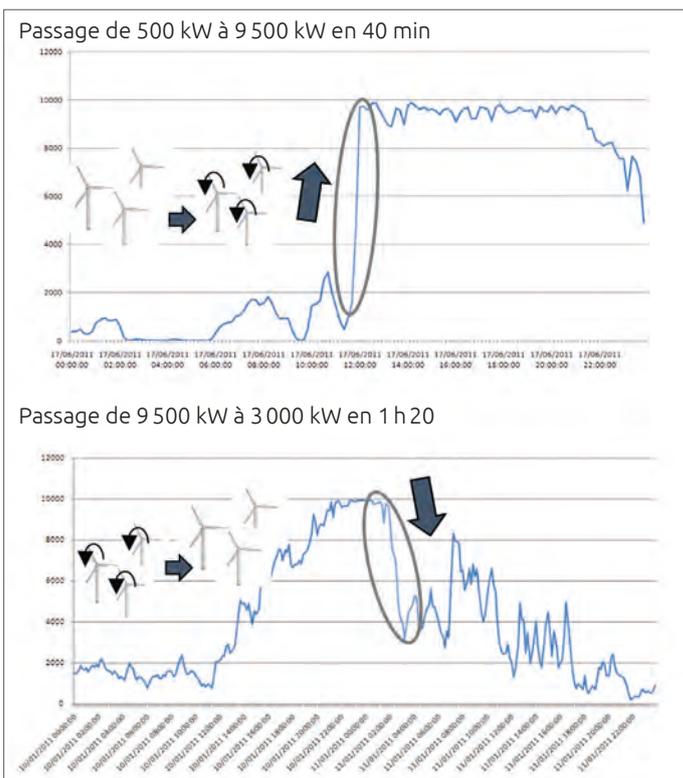
Sont notamment pris en compte dans les analyses des besoins de renforcement :

- en premier lieu le raccordement des nouveaux utilisateurs (aujourd'hui environ 300 000/an), la mobilité électrique faisant partie des nouveaux usages;
- des déplacements d'ouvrages à la demande de tiers (réseaux sur des tracés de nouvelles voies routières par exemple);
- des adaptations de réseau pour répondre aux développements économiques de certaines zones, des remplacements de réseaux fragilisés présentant un nombre d'incidents supérieur à la moyenne;
- des enfouissements de réseaux dans certaines zones soumises à des aléas climatiques importants (exemple de zones littorales ou boisées);
- des scénarios dans lesquels le réseau est fortement sollicité: pic de production au moment où la consommation est faible et réciproquement, combinés à des phénomènes météorologiques extrêmes.

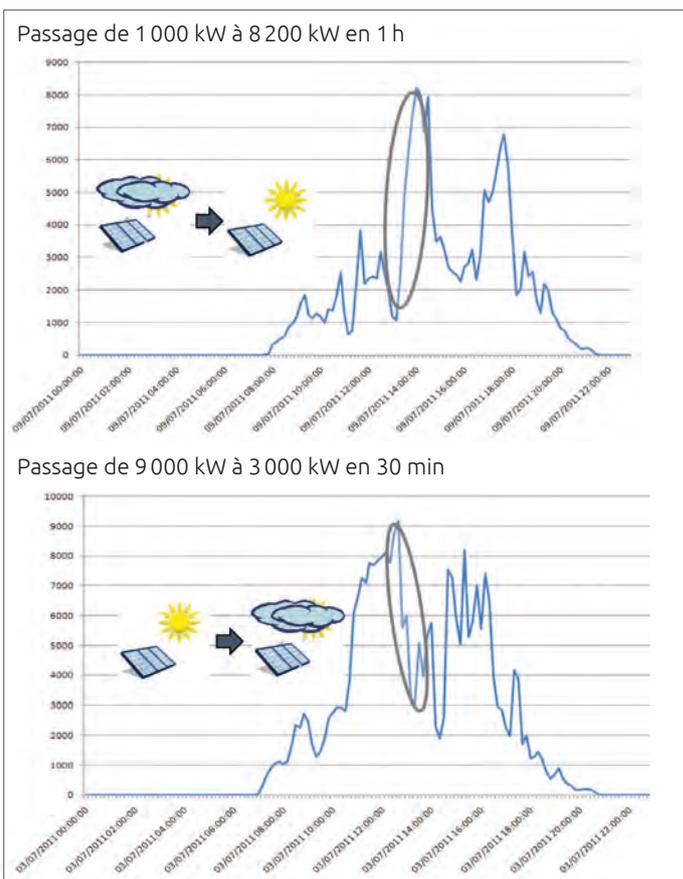
Piloter l'exploitation du réseau

Enedis a développé des outils de pilotage et d'optimisation du réseau, centralisés dans des sites sécurisés (~30 en France), grâce notamment aux nouveaux moyens de digitalisation et télécommunication. Ainsi, Enedis est capable par exemple de réalimenter, lors d'incidents, plus de 2/3 des clients à distance en quelques minutes grâce à des algorithmes décisionnels de conduite du réseau.

En outre, pour éviter des investissements ou les décaler dans le temps, **Enedis a également développé des outils d'optimisation des schémas électriques d'exploitation, rendant dynamique la conduite des réseaux de distribution en reportant des consommations d'un poste sur l'autre, d'un câble sur l'autre.** Ceci est rendu possible par les nombreux capteurs implantés sur le réseau. Ils mesurent notamment la tension en tout point du réseau, permettant ainsi à Enedis de garantir la sécurité des biens et des personnes ainsi que la qualité de fourniture de l'électricité aux consommateurs.



Courbes de production d'un site éolien de 10 MW (pas 10 min)



Courbes de production d'un site photovoltaïque de 10 MW (pas 10 min)

Maîtriser les pics locaux de consommation ou de production

Enedis a modifié en profondeur sa manière d'exploiter le réseau afin d'intégrer la production des énergies renouvelables, les installations de stockage et les dispositifs d'autoconsommation. Ainsi, les règles de conception ont évolué : si les sections de câbles étaient auparavant décroissantes de l'amont vers l'aval, ce n'est aujourd'hui plus le cas. De même, le régime des protections du réseau était unidirectionnel, ne voyant le flux d'électrons que dans un seul sens. Il est désormais bidirectionnel. Enedis gère à présent des hausses de tension en plus des chutes de tension le long du réseau.

Le pilotage du réseau permet également de maîtriser des pics de sollicitation conséquents. Les figures ci-contre montrent l'ampleur de ces pics de sollicitation liés à la production renouvelable au niveau des postes sources.

Les mêmes types de moyens seront mis en œuvre pour gérer les pics de sollicitation du réseau causés par des afflux locaux et ponctuels de nombreux véhicules électriques.

Ces évolutions ajoutées à la robustesse du réseau, à l'anticipation des besoins en renforcement du réseau dus à la croissance globale des usages électriques et à l'intelligence croissante embarquée dans la gestion du système de distribution ont donc créé des conditions favorables à l'intégration de la mobilité électrique.

De surcroît, la capacité de programmer la recharge des véhicules permettra aux acteurs du « marché » d'inciter les consommateurs à recharger leurs véhicules lors des pics de production locale, ce qui aura pour conséquence d'atténuer les pics locaux de sollicitation, et le refoulement de la production locale sur le réseau de transport (RTE) (cf. § 2.6).

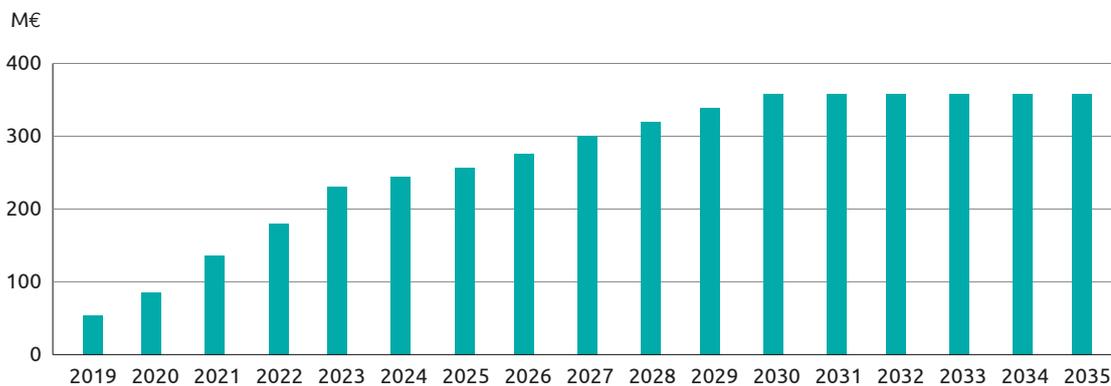
2.5 | L'impact financier de l'intégration de la mobilité électrique

L'évaluation des besoins d'investissement sur le réseau de distribution repose sur des scénarios d'évolution des consommations et des productions à l'échelle locale, et de leur traduction en sollicitation effective sur le réseau de distribution.

Le développement de la mobilité électrique a été intégré dans ces prévisions en 2018 en se plaçant à un horizon 2035. Cette première estimation est indicative et elle devra être régulièrement actualisée en fonction de multiples paramètres : développement effectif de la mobilité électrique, installation de nouveaux points de charge et de leur puissance, habitudes des consommateurs... C'est pourquoi des études complémentaires seront réalisées en 2020.

L'impact prévisionnel en investissements de l'intégration de la mobilité électrique montre que :

- les montants estimés croissent au rythme du marché, et **restent inférieurs sur les 15 prochaines années à 10 % du total des investissements d'Enedis**. Les opérations de raccordement des bornes au réseau de distribution représentent les 3/4 du montant, tandis que le 1/4 du montant restant est lié à des renforcements (câbles et/ou transformateurs);
- les montants estimés **sont inférieurs aux montants liés à la croissance des énergies renouvelables estimés** dans la même période.



Estimation des investissements (CAPEX en euros constants) d'Enedis nécessaires à l'intégration de 9 millions de véhicules électriques d'ici à 2035

2.6 | La combinaison entre le pilotage de la charge des véhicules électriques et la production solaire ou éolienne

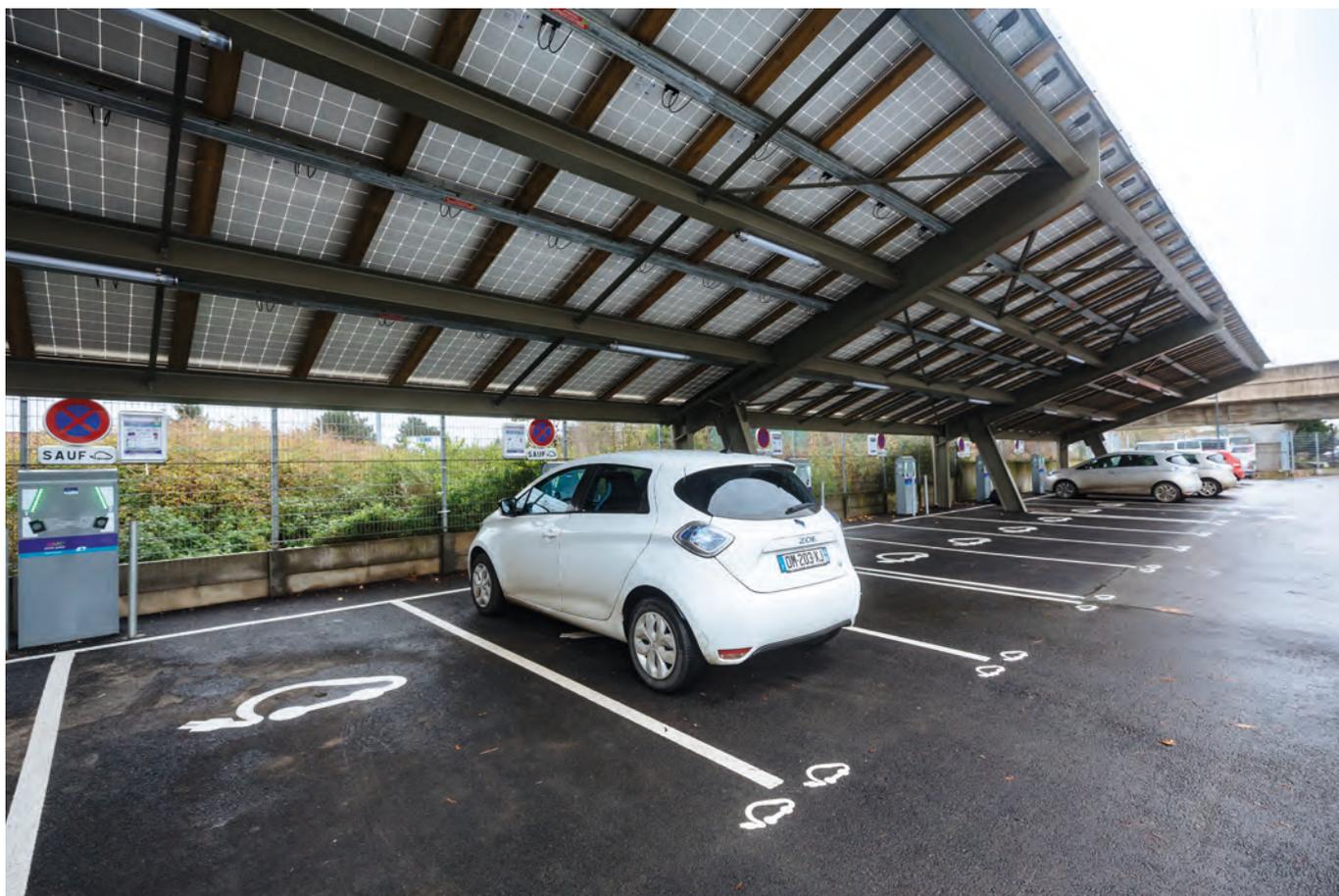
Dans un certain nombre de situations, la recharge de véhicules électriques pourra se faire en fonction de la production éolienne et solaire. 87 % des Français se disent en effet prêts à faire évoluer leurs habitudes de consommation pour les adapter à la production locale (Source : Étude IFOP pour Synopia).

À l'échelle d'un site, l'autoconsommation

Cette situation en France est de plus en plus fréquente. Aujourd'hui, un raccordement de production sur deux est accompagné d'un contrat d'autoconsommation. C'est le cas tout particulièrement de la production photovoltaïque sur toiture, disposition qui va encore être encouragée avec la RT 2020⁶. Elle dispose qu'un bâtiment doit produire

plus d'énergie qu'il n'en consomme annuellement. Cela passe par une meilleure isolation du bâti, une gestion intelligente de l'énergie *via* la domotique, et par le déploiement d'une source de production renouvelable locale. Le surplus d'électricité est renvoyé sur le réseau.

Enedis dénombre aujourd'hui plus de 100 000 installations en autoconsommation individuelle. C'est le cas de maisons individuelles équipées de panneaux solaires ou d'ombrières installées sur des parkings (cf. exemple ci-dessous).



À l'échelle locale

Enedis, en lien avec les acteurs du marché, expérimente dans les conditions réelles la combinaison de la recharge avec les énergies renouvelables. Plusieurs projets (cf. § 3.2.3) sont en cours. **Ils reposent sur le principe suivant: anticiper la production des énergies renouvelables, transmettre l'information au système de charge du client, inciter le client à se charger au moment de la production renouvelable locale.** La mise au point du système vise à développer les équipements et les moyens de communication nécessaires, à identifier les sources d'information nécessaires (prévisions

météo, production renouvelable en temps réel, marge disponible dans les sites de consommation, prix des transactions, flux d'électricité...), à identifier les cas d'usage les plus porteurs, à mesurer les coûts et les bénéfices pour les acteurs du marché et pour les clients.

Ces projets s'appuient sur les expériences de « *smart grids* » développées depuis près de dix ans. Enedis a notamment développé des systèmes de prévisions des énergies renouvelables au niveau de chaque parc éolien, ainsi qu'à l'échelle de chaque poste source. Cela lui permet de prévoir production et consommation à l'échelle des postes sources.

À l'échelle du système électrique

De manière plus globale, le pilotage du système électrique et les prévisions associées assurés par RTE prennent en compte le développement des énergies renouvelables et les moyens de pilotage de la consommation. Comme RTE et l'AVERE l'ont expliqué dans un rapport diffusé au premier semestre 2019⁷, la possibilité de piloter la charge des véhicules électriques constituera un levier supplémentaire pour gérer les équilibres à l'échelle du système.

La production des énergies éolienne et solaire et la consommation des véhicules électriques vont croître dans des ordres de grandeur similaires. L'optimisation de l'un par l'autre en sera donc facilitée.

La consommation des véhicules électriques est estimée en moyenne à 2MWh/an, ce qui conduirait à une consommation cumulée pour 15 millions de véhicules de 30 TWh.

La PPE prévoit une augmentation de la puissance installée solaire de 9 GW aujourd'hui à 44 GW en 2028, ce qui multiplierait la quantité produite en proportion de 8,4 TWh à 41 TWh en journée. Concernant l'éolien, on passerait d'une production de 26 TWh pour 15 GW installés en 2018 à 60 TWh pour 35 GW installés en 2028. Ce sont 34 TWh supplémentaires qui seront injectés sur le réseau, dont environ la moitié la nuit.

Les productions éolienne et photovoltaïque sont complémentaires sur l'année. La production solaire est maximale en été et le jour, tandis que la production éolienne est maximale en hiver et la nuit. Les perspectives d'optimisation en sont renforcées.



7 - http://www.avere-france.org/Site/Article/?article_id=7622



Chapitre 3

Un écosystème innovant et en voie d'industrialisation, au service des territoires

Le développement de la mobilité électrique est une aventure collective

Les acteurs porteurs du développement de la mobilité électrique sont nombreux et de natures différentes : les utilisateurs de véhicules électriques en premier lieu (particuliers, entreprises...), le Gouvernement, les élus nationaux et locaux, les administrations et autorités administratives, les acteurs industriels des véhicules, des transports, des données, de la fourniture d'électricité et les fournisseurs de services, les fabricants, installateurs et mainteneurs de bornes. Enedis en tant que partenaire des territoires en matière de transition énergétique et opérateur de service public du réseau de distribution est un acteur clé de cette évolution. **Aucun des acteurs ne peut développer des solutions et les industrialiser à lui seul. Aussi, les actions d'Enedis sont systématiquement menées en partenariat avec des acteurs de la mobilité électrique.**

Des références concrètes sur le terrain

En lien étroit avec les acteurs de la mobilité électrique, Enedis a pour priorité de définir et de mettre en œuvre les différentes solutions de charge en conditions réelles dans les territoires. **Ce sont ainsi plus de 120 réalisations concrètes impliquant Enedis qui se sont déployées ces deux dernières années.** Ces projets concernent différents moyens de transports (voitures, bus, bateaux...) et situations (recharge à domicile, recharge sur voie publique en l'absence d'un parking privé, bateaux à quai, bus en zone urbaine...).

Des outils de prévisions et une activité de recherche et développement

Les bornes de recharge devront être déployées densément sur les territoires et leur puissance devra être adaptée au besoin, **afin de permettre un développement harmonieux de la mobilité électrique.** Il existe en effet une multitude d'usages et de besoins liés à la mobilité, qui se distinguent selon la durée, la fréquence et l'énergie nécessaires aux trajets. Il convient de développer une cohérence d'ensemble dans la durée. De plus, les innovations technologiques (recharge mobile, batteries solides...) et les évolutions des comportements vont se poursuivre.

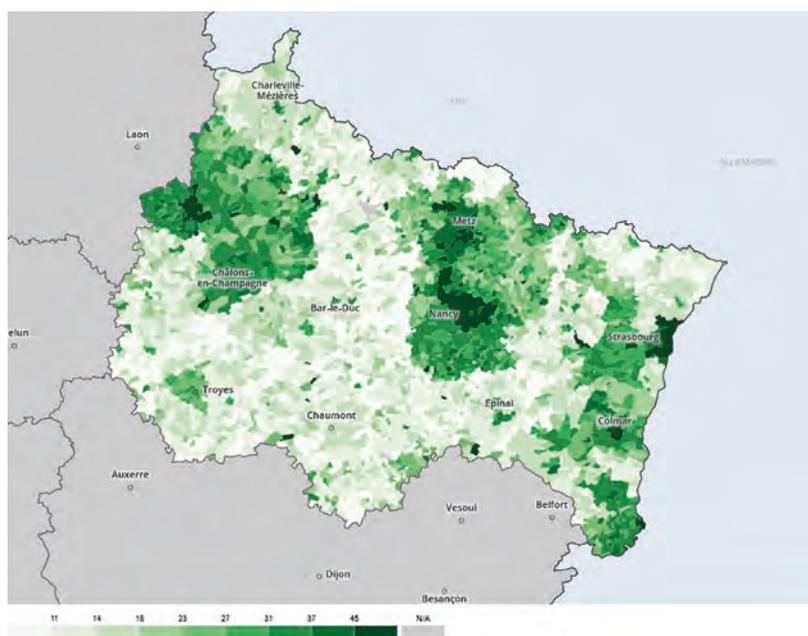
3.1 | La co-construction des solutions de mobilité électrique dans les territoires

3.1.1 L'ancrage local d'Enedis : un atout pour les collectivités rurales et urbaines

Enedis, en tant qu'entreprise de service public concessionnaire du réseau de distribution, est un partenaire historique des collectivités territoriales. Depuis l'électrification rurale dans la première moitié du XX^e siècle jusqu'aux projets locaux de transition énergétique aujourd'hui, en passant par le déploiement du haut débit⁸, Enedis a toujours été un accompagnateur et un facilitateur au service des territoires.

Le déploiement des mobilités propres est un nouveau sujet de coopération. **Enedis a vocation à développer son expertise sur le sujet et à la mettre à disposition des élus. Il s'agit de contribuer à penser les mobilités de demain, à anticiper les impacts réseaux et à optimiser l'implantation des infrastructures au plus près des besoins des collectivités.** Cela implique et impliquera une concertation renforcée avec les équipes techniques de ces dernières, qui s'illustrera de plusieurs façons :

- **En s'associant avec les collectivités pour se projeter dans l'avenir.** En fonction des dynamiques socio-économiques locales et des projections de pénétration du marché des véhicules électriques sur leur territoire, Enedis mène des analyses prospectives pour scénariser localement le développement de la mobilité électrique et anticiper les impacts réseaux. À titre d'exemple, Enedis a été associé par la région Grand Est à l'élaboration de cahiers des charges d'études des besoins de mobilités propres, et à la phase de supervision de la production de l'étude.
- **En tant que partenaire des schémas d'implantation de bornes pour notamment en optimiser les coûts.** Principale alternative aux bornes de recharge privées, le développement de l'infrastructure ouverte au public⁹ constitue également une priorité : 36 % des Français¹⁰ ne possèdent pas d'emplacement de parkings et doivent pourtant être en mesure de recharger facilement leur véhicule électrique. Les conducteurs doivent également disposer de solutions de recharge lorsqu'ils sont en déplacement. Si des programmes, tels ADVENIR¹¹ ont été mis en place pour soutenir les collectivités dans leurs projets de déploiement, 52 % d'entre elles reconnaissent ne pas savoir comment estimer précisément leurs besoins¹². Enedis peut contribuer à l'identification du nombre, de la localisation et de la puissance des bornes en intégrant les projections en déplacement et les analyses d'impact sur le réseau. Il est par ailleurs possible de solliciter Enedis pour évaluer la complexité de l'intégration des bornes sur le réseau public de distribution et pour se voir proposer des solutions alternatives réduisant le coût pour le porteur de projet.



Taux d'électrification des flottes de véhicules individuels en 2022 par commune dans la région Grand Est

Quelques exemples de ces initiatives du distributeur :

- Dans la Meuse, Enedis s'est investie dans le projet d'installation de 44 bornes en zone peu dense avec la FUCLEM (Fédération unifiée des collectivités locales pour l'électricité en Meuse), en étudiant l'implantation spécifique de chaque borne pour les positionner de manière optimale

8 - Possibilité offerte aux opérateurs télécom d'utiliser des supports communs au réseau électrique pour le déploiement de la fibre optique.

9 - Le décret n° 2017-26 du 12 janvier 2017 relatif aux infrastructures de recharge pour véhicules électriques définit un point de recharge ouvert au public comme « un point de recharge, exploité par un opérateur public ou privé, auquel les utilisateurs ont accès de façon non discriminatoire ».

10 - Source Étude CODA Stratégies Avril 2019 « Analyses Infrastructures de recharge pour véhicule électrique ».

11 - Advenir est un programme qui utilise le mécanisme de certificats d'économie d'énergie pour apporter une aide financière à l'installation de points de charge en habitat collectif, en entreprise, et en zones ouvertes au public (parkings publics ou privés, voirie) ; <http://advenir.mobi/>

12 - Selon l'étude « Infrastructures de recharge pour véhicule électrique », Direction générale des entreprises, 2019.

sur le réseau. C'est aussi le cas dans la Creuse (35), le Gers (41), en Ariège (51), dans les Landes (92), les Hautes-Pyrénées (100).

- À Paris, la ville a associé Enedis dans le processus de consultation qu'elle a lancée afin d'unifier sous la même bannière les stations de recharge des réseaux Belib' et ex-Autolib', soit environ 2 100 bornes.
- Pour la Région Ile-de-France, une étude des besoins en infrastructure de recharge de véhicules électriques, en partenariat avec l'ADEME, est en cours.
- Aux côtés d'E-Totem, Demeter, Renault et la métropole de Saint-Étienne, Enedis a participé au premier projet de bornes à la demande, pour déployer des infrastructures de recharge au plus près des besoins des conducteurs de véhicules électriques. Le principe de « bornes à la demande » vise à associer les résidents dans



la planification et la localisation des bornes qui seront installées en voirie. Dans le cadre de ce projet, Enedis a réalisé des analyses d'impact sur les localisations proposées par les habitants : 20 % des emplacements des stations de recharge ont ainsi été redéfinis pour répondre aux attentes des habitants tout en minimisant l'impact sur le réseau.

3.1.2 L'implication d'Enedis avec les acteurs de l'habitat collectif

Équiper les résidences collectives existantes de bornes de recharges est un des leviers majeurs pour accélérer le développement de la mobilité électrique.

En France, 44 % de la population habite effectivement au sein d'une résidence collective¹³. Parmi ces logements, une majorité possède des parkings privés. Néanmoins, l'installation d'une infrastructure de recharge y est plus complexe qu'en habitat individuel. En effet, l'installation individuelle ou collective d'une infrastructure de recharge¹⁴, passe par le processus de décision de la copropriété ou du bailleur social. Il nécessite aussi des travaux électriques, car les parkings existants ne sont pas pré-équipés pour alimenter et accueillir de telles infrastructures.

Dans l'habitat social, dans lequel le processus de décision relève du bailleur, la mobilité électrique peut apporter des solutions de mobilité aux locataires et permettre de mieux valoriser les places de parking parfois inoccupées.

Enfin, la promotion immobilière intègre très progressivement la mobilité électrique dans ses projets. La loi prévoit ainsi un pré-équipement sous forme de fourreau de câbles. Mais certains

promoteurs font d'une offre mobilité électrique un caractère distinctif de leur projet (voitures en autopartage, option d'installation d'une borne pour les futurs acquéreurs).

Enedis s'est associée dans le cadre de partenariats avec de nombreux acteurs de l'immobilier pour notamment :

- développer un accompagnement personnalisé pour tous les projets d'installations collectives de points de charge dans le résidentiel collectif ;
- établir un guide¹⁵ destiné aux syndics, bailleurs ou promoteurs afin de les orienter dans leurs parcours et de leur permettre de comparer les différentes solutions possibles ;
- faciliter et réaliser les travaux pour ce qui concerne Enedis, en particulier l'extension du réseau de distribution dans les parkings chaque fois que cette solution a été retenue ;
- travailler avec les acteurs nationaux, AVERE et PFA notamment, pour faire évoluer les textes réglementaires et définir des mécanismes d'incitation, comme le programme « 3 000 copropriétés »¹⁶ en cours.

13 - Source : INSEE 2018, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3620894>

14 - En habitat collectif, l'exercice du « droit à la prise » peut se voir refuser par décision de veto de la copropriété.

15 - <https://www.enedis.fr> – rubrique Installer une borne de recharge dans ma copropriété pour ma voiture électrique.

16 - [advenir.mobi/3-000-coproprietes/](https://www.advenir.mobi/3-000-coproprietes/)

Les références dans le résidentiel collectif

Après une phase expérimentale lancée par Enedis avec des partenaires précurseurs (démonstrateur BienVenu clos en février 2019), les solutions sont désormais sur le marché et proposées par plusieurs

entreprises. Elles font l'objet de références concrètes et se déploient progressivement. Outre l'accompagnement d'Enedis pour mieux comprendre les solutions, la contribution d'Enedis peut consister à prolonger le réseau de distribution dans le parking et à y installer un ou plusieurs points de livraison.

3.1.3 Les projets à dimension industrielle

En tant qu'entreprise de service public régulée, Enedis a un devoir de neutralité et de promotion de la transition énergétique sous le contrôle de la commission de Régulation de l'énergie. Elle a ainsi pour mission de travailler en étroite collaboration avec les acteurs du marché pour favoriser l'essor de la mobilité électrique. Enedis a un devoir d'indépendance vis-à-vis de l'ensemble des acteurs en concurrence et joue son rôle de partenaire industriel public auprès d'eux. Cela s'illustre à travers différents types de projets.

L'équipement long des autoroutes

Le développement d'infrastructures de recharge sur les principaux axes de circulation est essentiel pour la réassurance et la perception qu'ont les utilisateurs de l'avenir de la mobilité électrique. Après la mise

en place de l'infrastructure Corri-Door, exploitée par Izivia, l'équipement des autoroutes se poursuit, avec des niveaux de puissance pouvant aller jusqu'à 350 kW. Dans ce cas, l'installation ne se résume pas à l'implantation de la borne.

Ainsi, en partenariat avec chacun des acteurs du marché, Enedis a par exemple été partenaire :

- pour des installations sur l'A10 sur l'aire de Fontaine Collette et l'aire de Tours la Longue. Ces deux sites sont dotés de 6 points de charge pour tous véhicules du standard européen avec une charge en 350 ou 150 kW ;
- pour des installations de 14 points de charge de 350 kW par Ionity sur une nouvelle station d'autoroute sur l'axe A64 Toulouse-Tarbes au niveau de la commune de Capens, avec extension du réseau. Sur les aires de Bois Mandé sur l'A20, dans les deux sens, Enedis a accompagné Ionity dans son projet d'installation de 4 bornes de recharge rapide ;
- pour l'implantation de 72 « superchargeurs » Tesla sur 7 sites le long des 4 autoroutes principales traversant la Champagne-Ardenne, axes de transits particulièrement sollicités, notamment en périodes de transit estival.

La transition vers des bus propres est également en phase industrielle

Le cadre législatif et réglementaire fixe des objectifs précis en matière de développement de bus propres, qu'il s'agisse de la loi Transition Énergétique pour la Croissance Verte (50 % de bus à faible émission en 2020, 100 % en 2025), des zones à faibles émissions (15 ZFE en France aujourd'hui) ou des plans de protections de l'atmosphère (PPA). De la même façon, des objectifs de réduction des émissions de CO₂ sont fixés au niveau européen pour les poids lourds.

Ce sont ainsi près de 17 000 bus en France sur 140 réseaux qui sont concernés selon l'Union des transports publics et ferroviaires, avec un marché en augmentation du fait du développement des transports en commun.





Bus à pantographe inversé d'Amiens.

Dans ce contexte, les échanges avec Enedis sont essentiels, car les solutions de recharges pour bus électriques sont multiples et varient en fonction de la taille des véhicules, du linéaire des lignes, de la topographie, etc. Au-delà de l'aspect technique, les paramètres économiques sont également clés et le coût des raccordements et des contrats d'accès au réseau de distribution peut être évalué en amont pour aider la collectivité à choisir et optimiser les coûts du projet.

Par exemple, à Amiens, pour les bus à haut niveau de service de 18 m de long, le choix s'est porté sur un système de recharge complémentaire rapide (biberonnage) grâce à des pantographes inversés. À Nantes, pour les bus de 24 m, c'est le système TOSA d'ABB permettant une recharge le long du trajet qui a été mis en œuvre. La RATP, quant à elle, s'oriente vers de la recharge en dépôt (recharge lente), plutôt la nuit, mais aussi en journée, pour une flotte de 2 500 bus électriques, bientôt rejointe par IDF Mobilité pour 2 000 bus supplémentaires.

De façon générale, l'intégration au réseau de la recharge de bus en dépôt sera doublement facilitée par le fait que la recharge en dépôt s'effectue majoritairement aux heures creuses de la nuit et par le fait que, selon la taille du dépôt, la recharge des différents bus sera pilotée afin que les appels de puissance et les coûts pour l'opérateur soient minimisés.

Les projets portuaires se multiplient

C'est désormais une réalité, des bateaux sont alimentés par de l'électricité lorsqu'ils sont à quai, en substitution de leur consommation de fuel ou la recharge d'un bateau à propulsion électrique. L'approche est spécifique pour chaque situation étant donné leur diversité : ports maritimes ou fluviaux, de commerce, de tourisme, de pêche, etc. Cela peut néanmoins conduire à des installations électriques conséquentes, jusqu'à 15 MW pour les grands ports maritimes. Les études techniques en amont du projet sont donc nécessaires afin d'optimiser le coût de l'infrastructure pour le client.

Enedis contribue déjà à un certain nombre de projets. Depuis le début du projet en 2015, Enedis accompagne les équipes du grand port maritime de Marseille pour faciliter le raccordement électrique des navires à quai *via* l'installation de 3 points de charge. À Dunkerque, Enedis, RTE, le Grand Port Maritime (GPM) et la communauté urbaine ont signé un partenariat pour la création d'un nouveau poste source qui permettra les projets d'alimentation à quai des bateaux. À Bordeaux, Enedis a analysé les différentes solutions pour l'alimentation à quai des bateaux de Bordeaux Métropole et mettra en œuvre la solution technique finalement retenue (4 pontons pour 12 bateaux de croisière). La communauté portuaire de Paris étudie avec Enedis la conversion des bateaux à l'électricité (122 bateaux sur le bief parisien).

3.1.4 Les partenariats institutionnels

Des partenariats institutionnels permettent, en complément des opérations industrielles ayant des implications concrètes sur le terrain, de bien comprendre les enjeux de chaque type d'acteurs de la mobilité, de partager les analyses sur les leviers du développement de la mobilité électrique en

cours, pour apporter de l'information aux acteurs de terrain et pour interagir avec les pouvoirs publics. En ce sens, différents partenariats stratégiques ont été signés avec les acteurs de l'automobile, de l'immobilier et des territoires, ces derniers mois.



Enedis a signé un partenariat avec la Plateforme automobile (PFA) pour favoriser le développement de la mobilité électrique à grande échelle. L'objectif affiché est en ligne avec les cibles gouvernementales : atteindre un million de véhicules électriques et hybrides rechargeables et 100 000 points de charge ouverts au public à horizon 2022. Dans cette optique, la PFA et Enedis mettent en commun leurs expertises et actions volontaristes au service de l'ensemble des acteurs de l'écosystème et au bénéfice de tous les territoires.



Dans sa démarche de promotion de la mobilité électrique pour tous les territoires, Enedis a noué un partenariat avec l'Association des maires de France et des présidents d'intercommunalité (AMF). L'objectif est de soutenir les initiatives locales, en aidant les collectivités dans la conversion de leurs flottes, dans le maillage territorial des implantations de bornes ou dans la mise en place de solutions adaptées aux territoires peu denses.



Enedis et la Banque des Territoires s'engagent à collaborer pour accompagner les collectivités du programme « Cœur de villes » dans la définition d'un déploiement optimisé de bornes de recharge en tenant compte des impacts de ces projets sur les réseaux de distribution.



La FPI et Enedis ont pour objectif de définir conjointement les leviers qui favoriseront le développement de la mobilité électrique dans les programmes immobiliers neufs (résidentiel collectif, habitat individuel, locaux d'entreprise). Au travers de ce partenariat, Enedis s'engage à accompagner les promoteurs immobiliers dans leurs projets de mobilité électrique et à développer des supports communs avec la FPI pour le pré-équipement de solutions collectives d'installations de recharge pour véhicules électriques (IRVE).



Enedis a récemment signé un partenariat avec CDC Habitat, filiale de la Caisse des dépôts et consignations ayant pour mission principale la gestion du patrimoine immobilier public. À travers ce partenariat, CDC et Enedis s'engagent mutuellement sur trois grands axes : l'installation de bornes en résidentiel collectif, l'ouverture au public de certaines d'entre elles, et enfin la mise en place de solutions d'autopartage.



L'Union des syndicats de l'immobilier est le 1^{er} syndicat professionnel de la gestion de copropriétés et de la rénovation immobilière, avec 1 003 entreprises syndics de copropriétés (1/3 de la profession) et 1 204 entreprises de gestion locative & administrateurs de biens.

UNIS et Enedis ont signé une convention de partenariat pour sensibiliser et accompagner les adhérents sur les enjeux et solutions de raccordement de bornes de recharge en immeuble d'habitation ainsi que sur les aides financières accessibles.

3.2 | Les projets plus innovants, en laboratoire et en conditions réelles

Enedis investit en R&D notamment dans l'anticipation des évolutions des mobilités et dans le développement de services innovants en collaboration avec les acteurs de l'écosystème.

Enedis travaille au sein de la filière à la définition de normes et d'architectures techniques clés garantissant la qualité, l'interopérabilité et la sécurité des services de recharge.

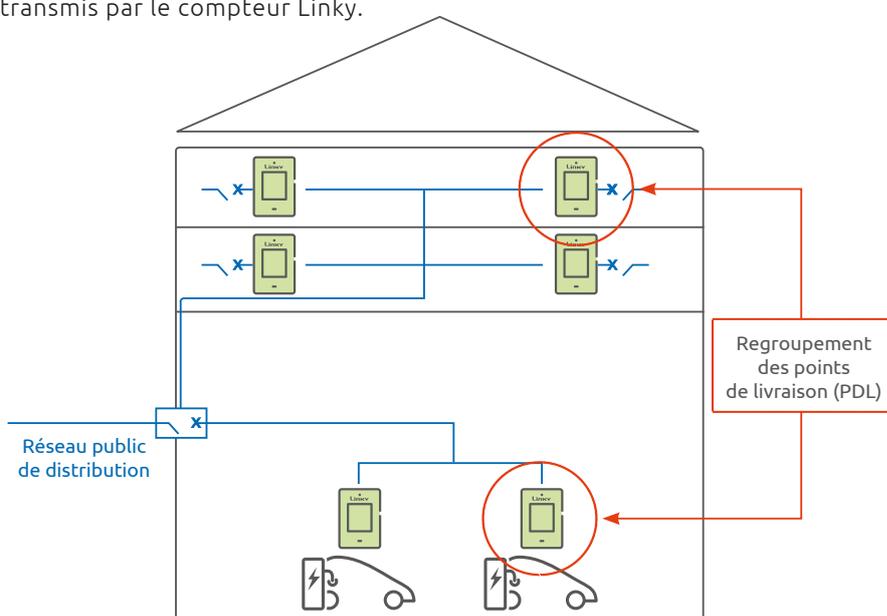
Avec les partenaires du marché et les collectivités locales, Enedis met en place des démonstrateurs afin notamment d'explorer tout le potentiel apporté par le véhicule électrique pour soutenir l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau français.

3.2.1 Linky crée déjà de la valeur ajoutée autour du véhicule électrique

On observe que les conducteurs de véhicules électriques qui peuvent se recharger chez eux déclenchent assez naturellement leur recharge (cf. § 2.1). Sur la base des technologies et des chaînes communicantes de comptage Linky, Enedis contribue à la généralisation de la programmation automatique de la recharge, en résidentiel individuel notamment. En complément, Enedis travaille à la mise en place de solutions offrant la possibilité aux conducteurs de véhicules électriques habitant en résidentiel collectif d'optimiser, eux aussi, leur facture d'électricité.

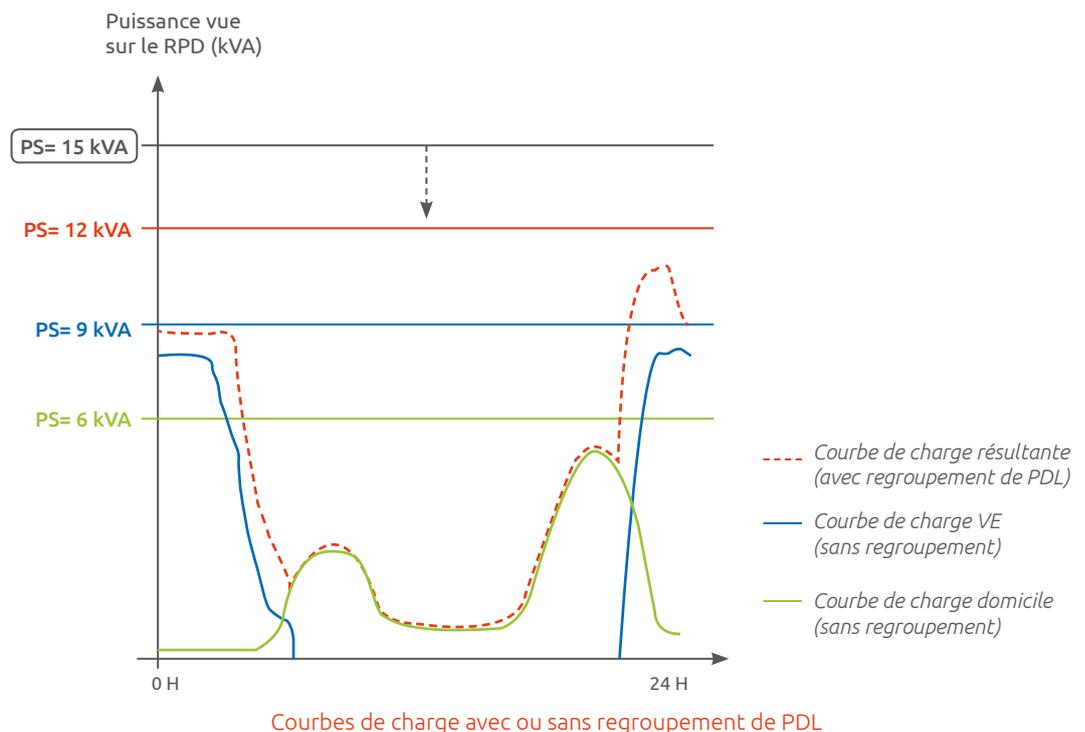
De manière concrète, Enedis accompagne les fabricants (Schneider, Hager, Legrand, etc.) dans la conception de bornes de recharge ou prises pilotables capables d'interpréter les signaux transmis par le compteur Linky.

Pour ce qui est du résidentiel collectif, lorsque l'installation collective comprend un point de charge par emplacement, Enedis, en partenariat avec les fournisseurs d'énergie qui en font la demande, a pour objectif de mettre en place une solution de regroupement des points de livraison (PDL). Il s'agit d'associer sous un même contrat de fourniture d'électricité, la consommation comptée au domicile et celle comptée au point de livraison (quand il y en a un) de la borne dans le parking. L'habitant en résidentiel collectif pourra ainsi limiter, comme un habitant en résidentiel individuel, le niveau de puissance souscrite grâce au foisonnement de ses consommations (cf. figure ci-dessous). Il pourra ainsi réaliser des économies sur sa facture d'électricité.



Cas d'une installation comprenant un point de livraison par emplacement
(Toutes les solutions sur www.enedis.fr rubrique Installer une borne de recharge dans ma copropriété pour ma voiture électrique)

Illustration : Le résident en habitation collective a une puissance souscrite de 9 kVA pour la recharge de son VE et une puissance de 6 kVA pour la consommation de son logement. En regroupant les deux points de livraison, et pour les mêmes usages, le propriétaire pourrait passer de 2 abonnements de 6 kVA et 9 kVA à un abonnement unique de 12 kVA, ce qui lui permet d'économiser environ 90 € par an.



Enfin, l'arrêté du 19 juillet 2018¹⁷ permet la modulation de puissance des bornes de recharge ouvertes au public, installées ou remplacées à partir de 2019. Cette modulation temporaire de puissance peut être exécutée par le compteur communicant

Linky ou tout autre moyen de communication. À ce jour, Enedis n'a pas encore testé ce dispositif et l'activera en cas d'incident ou de contraintes menaçant la sécurité d'approvisionnement.

3.2.2 Enedis participe à simplifier l'expérience utilisateur grâce aux technologies et à la normalisation

À la croisée des filières automobiles, électrotechniques et de télécommunications, la mobilité électrique demande une collaboration des acteurs de l'écosystème dont fait partie Enedis, afin de concevoir des solutions favorisant un développement durable du marché.

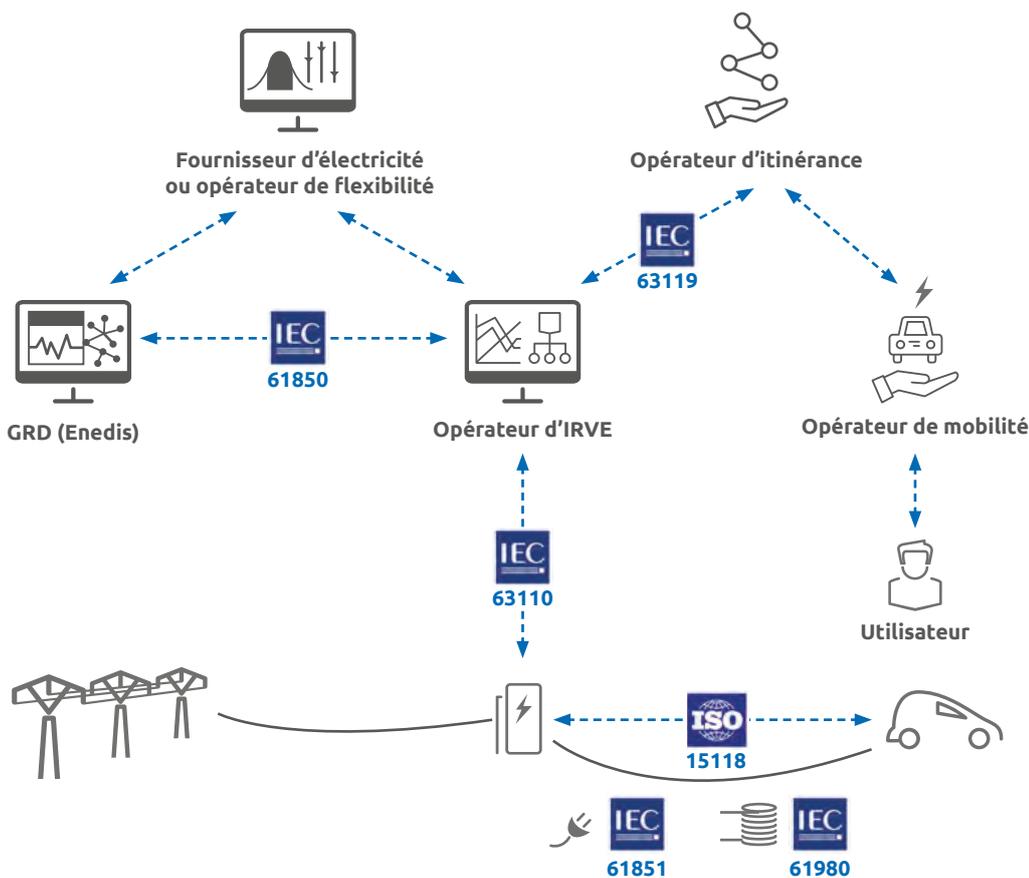
appliquées de manière volontaire par les acteurs du marché. Elles peuvent toutefois être rendues obligatoires par un texte réglementaire. Elles sont élaborées au niveau national, européen et international par des organismes de normalisation (ISO, IEC, CENELEC, AFNOR, etc.).

La normalisation et la mobilité électrique

On dit que deux systèmes sont interopérables s'ils peuvent fonctionner entre eux, s'ils parlent le même langage. Les normes sont des préconisations techniques qui visent à favoriser cette interopérabilité entre matériels et/ou systèmes informatiques en adoptant un langage de communication de référence. Les normes sont

La normalisation constitue un vecteur de développement essentiel pour un marché naissant comme celui de la mobilité électrique. Elle favorise la concurrence entre acteurs et la réduction des coûts associés à une technologie ou un service. Il existe à ce jour un certain nombre de normes en cours de construction.

17 - Arrêté du 19 juillet 2018 relatif aux dispositifs permettant de piloter la recharge des véhicules électriques précisant l'article 7 du décret n° 2017-26 en date du 12 janvier 2017.



Panorama des principales normes associées à la mobilité électrique

Norme	Description
IEC 61850	La norme IEC 61850 définit les protocoles de communication et modèles de données associés aux équipements de contrôle-commande dans les <i>smart grids</i> . Cette norme n'est pas encore déployée de manière industrielle mais constitue un protocole de communication cible à moyen-long terme.
IEC 61851	La norme IEC 61851 est une norme de sécurité électrotechnique qui s'applique aux équipements (bornes principalement) de recharge des véhicules électriques avec une tension de recharge inférieure à 1 000 V AC ou 1 500 V DC.
IEC 61980	La norme IEC 61980 est une norme en cours de construction sur les systèmes de transfert de puissance sans fil (par induction) pour véhicules électriques.
IEC 63110	La norme IEC 63110 est un protocole de communication entre la borne de recharge et l'opérateur d'infrastructure de recharge (OIRVE) facilitant l'interopérabilité avec la gestion du réseau (interopérable avec l'IEC 61850).
ISO 15118	La norme ISO 15118 définit le protocole de communication entre le véhicule électrique et la borne de recharge. La norme ISO 15118 permet d'envoyer des messages dynamiques entre le véhicule et la borne (informations énergétiques, tarifaires, besoins de mobilité, etc.). Ainsi, elle ouvre la possibilité de recours à de nouveaux services autour de la recharge : pilotage dynamique et réversible (V2G) de la recharge, optimisation du coût de recharge ou maximisation du couplage avec les EnR, identification et paiement par le branchement à la borne (<i>Plug and Charge</i>), etc.
IEC 63119	La norme IEC 63119 définit le protocole de communication structurant les échanges entre opérateurs de recharge et fournisseurs de services de mobilité. Un intermédiaire neutre appelé opérateur d'itinérance met en relation et centralise les échanges entre fournisseurs de services de mobilité et opérateurs de recharge.

Enedis travaille depuis plusieurs années en collaboration avec les acteurs de la filière pour bâtir des architectures techniques, des normes et textes réglementaires qui créent un environnement technico-commercial favorable au développement de la mobilité électrique. Enedis veille notamment à ce que les technologies et services de recharge s'intègrent durablement dans les réseaux de distribution. Le distributeur adresse prioritairement les enjeux d'interopérabilité, de cybersécurité et de qualité de l'onde en participant à des travaux de recherche, des tests, des démonstrateurs et en contribuant aux instances de normalisation en France et à l'international :

- Pour assurer l'**interopérabilité** des services de l'électromobilité avec ceux du monde des réseaux intelligents – *smart grids* –, Enedis soutient le développement des normes IEC. L'utilisation de ces normes sur toute la chaîne de valeur augmente la réactivité des services, favorise un haut niveau de sécurité et permet de réduire les coûts d'achat et de maintenance des équipements. Par ailleurs, elle permet d'homogénéiser les services de pilotage de la recharge des VE avec ceux utilisés par Enedis dans la gestion des *smart grids*.
- Pour assurer un maintien de la **qualité de l'onde électrique**, Enedis cherche à caractériser les perturbations générées par le véhicule électrique sur les réseaux. Les chargeurs de véhicules électriques comportent de l'électronique de puissance qui peut générer des perturbations sur les réseaux, appelées harmoniques¹⁸. Afin de caractériser ces perturbations, ainsi que les solutions correctives, Enedis mène de nombreux



essais en laboratoire et tests sur le terrain en collaboration avec des opérateurs de recharge. Le distributeur réalise également une veille technologique des nouveaux systèmes de recharge (recharge forte puissance, sans fil, etc.) et de batteries afin d'évaluer les éventuelles perturbations que pourraient générer ces équipements sur le réseau, et prendre les mesures nécessaires soit sur le plan normatif, soit par le réglage du régime de protections réseau de distribution.

- Concernant les enjeux de **cybersécurité**, Enedis veille, en tant qu'opérateur de service essentiel¹⁹, à ce que les services développés dans le cadre de la mobilité électrique n'entraînent pas la sécurité de la distribution électrique. Les travaux visent à assurer une chaîne de confiance complète autour de la recharge, à travers une sécurisation des échanges de données entre le véhicule électrique, le point de charge et le réseau. Ils se traduisent notamment par des spécifications dans les normes de l'électromobilité

Anticiper les nouvelles technologies

Enedis prépare aussi le développement de nouvelles technologies de recharge et étudie leur intégration dans les réseaux. Le distributeur s'est notamment engagé dans le projet de recherche européen INCIT-EV, cofinancé par la Commission européenne²⁰, pour tester un système de recharge sans contact en roulant, appelée « induction dynamique ». Ce mode de charge présente plusieurs avantages : simplicité de l'acte de recharge pour le conducteur, réduction de la taille des batteries et donc du coût des VE, gain d'espace dans les villes. Par ailleurs, la recharge s'effectue à puissance modérée et de manière plus diffuse le long de la route, ce qui est moins impactant pour le réseau que la recharge ultrarapide en station-service.

Autre exemple : Enedis participe aux groupes de travail de l'AFIREV (Association française pour l'itinérance de la recharge électrique des véhicules) où la problématique de la cybersécurité de la recharge y est adressée. Le distributeur collabore avec le reste de la filière pour définir une architecture technique et organisationnelle qui permette de sécuriser la recharge en itinérance. Cette architecture, appelée « architecture PKI » (*Public Key Infrastructure*), vise à échanger des certificats et des clés cryptées en utilisant la norme ISO 15118.

18 - Courants de fréquences supérieures (50 Hz - 150 kHz) à l'onde électrique distribuée par le GRD (50 Hz).

19 - Un opérateur de service essentiel « fournit un service essentiel dont l'interruption aurait un impact significatif sur le fonctionnement de l'économie ou de la société » d'après la définition de l'ANSSI (Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information).

20 - Financé par le programme H2020 « LC-GV-03-2019- User Centric Charging infrastructure »

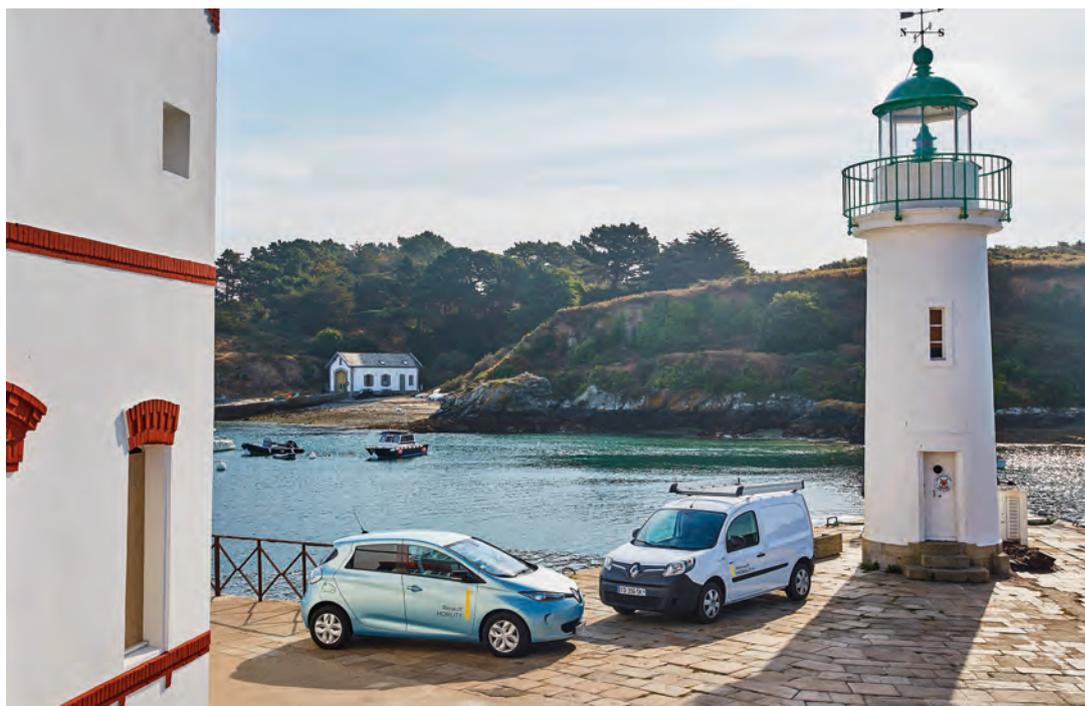
3.2.3 Enedis et les acteurs du marché mettent au point les solutions nouvelles de mobilité électrique

La mise au point dans des conditions réelles des innovations de mobilité électrique permet aux acteurs d'évaluer leur intérêt et, le cas échéant, de préparer leur déploiement industriel. C'est l'objet des démonstrateurs conduits par Enedis et ses partenaires.



Les démonstrateurs autour de la mobilité électrique en France

Projets en cours	Durée	Description
1 SMAC	2018-2020	Le projet SMAC souhaite promouvoir la recharge des véhicules électriques sur les périodes de forte production d'énergie éolienne grâce à une solution de pilotage énergétique des bornes de recharge et la mise en place d'une « communauté » d'utilisateurs éco-participatifs.
2 PADS	2019	Le syndicat mixte d'énergie des Hautes-Alpes encourage l'éco-responsabilité des abonnés à ses bornes de recharge en les incitant à recharger leur véhicule lorsque la production locale d'électricité verte est abondante et d'éviter de le faire lorsqu'elle est moins importante, ou lorsque le réseau local est sollicité.
3 FlexMob'île	2018-2020	Le projet Flexmob'île a pour objectif de favoriser l'autonomie énergétique de Belle-île-en-Mer en s'appuyant sur des véhicules électriques en autopartage, de la recharge intelligente et du stockage stationnaire d'énergie solaire.
4 SoMEL SoConnected	2017-2021	Le projet SoMel SoConnected expérimente de nouvelles solutions d'autoconsommation individuelle, d'insertion de bornes de recharge et de gestion de la consommation d'énergie au sein de la métropole de Lille.
5 aVEnir	2019-2022	aVEnir est un projet porté par Enedis avec 11 partenaires, visant à maîtriser en conditions réelles et en lien avec des utilisateurs de véhicules électriques, les questions relatives à la flexibilité de la recharge.



Le projet aVenir indiqué précédemment fédère Enedis et 11 partenaires industriels et académiques. Il a pour objectif de mettre au point les différentes situations de pilotage de la recharge, en particulier la bidirectionnalité, à savoir la possibilité d'utiliser l'électricité de la batterie pour la réinjecter sur le réseau (*Vehicle to Grid – V2G*) ou alimenter un autre usage (par exemple à son domicile, *Vehicle-to-home – V2H*).

L'idée est de profiter des moments où un véhicule est connecté à son point de charge sans être utilisé. Si beaucoup de véhicules sont dans cette situation, la quantité d'électricité stockée et disponible peut être significative. En la pilotant, elle peut être valorisée pour servir l'équilibre du système électrique, ou pour d'autres usages.

La bidirectionnalité est déjà une réalité technique et industrielle. Les équipements et véhicules permettant de l'assurer sont toutefois encore peu nombreux. Et l'intérêt économique des services apportés par le V2G reste encore à ce jour à démontrer en France. RTE s'est d'ores et déjà penché sur la question et a estimé un gain de près de 900 €/an²¹ pour le système électrique, mais voit ce prix chuter avec l'augmentation du nombre de véhicules participants.

En complément du démonstrateur, Enedis accompagne le déploiement des premières bornes V2G en France, comme par exemple celles du projet « Gridmotion » qui vise à mettre en œuvre 5 bornes bidirectionnelles de 10 kW chacune sur 3 sites près de l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle (raccordement en soutirage en HTA) ou encore à Bordeaux avec DREEV²², pour l'installation de bornes bidirectionnelles permettant l'injection dans les bâtiments de l'énergie stockée dans les batteries de véhicules électriques et le V2G.

21 - Source: Rapport RTE « Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique », mai 2019.
22 - Joint Venture NUVVE/EDF

**Injection d'électricité dans une maison
ou un bâtiment: V2H ou V2B**

Usage typique de l'autoconsommation
individuelle

Aucune injection sur le réseau

Valeur économique pour le RPD: faible, mais
tendance de fond sur le « consommer local »

Valeur Client: flat

**Injection d'électricité
dans le réseau de distribution: V2G**

S'apparente à de l'autoconsommation
collective

Injection totale ou partielle de l'électricité
sur le réseau

Consommation en partie et injection en surplus

Valeur pour le RPD: études en cours (pas
de mécanismes marchands autres que ceux
existant aujourd'hui)

Annexe

Panorama pédagogique de la recharge

Pour recharger sa batterie, le véhicule électrique doit être branché à une simple prise classique (Type E/F) ou à une prise spécifique intégrée dans une infrastructure de recharge pour véhicules électriques (IRVE), plus communément appelée borne de recharge.

La borne de recharge peut proposer plus d'un point de charge, auquel cas elle offre la possibilité à plusieurs véhicules de s'y brancher simultanément. Une borne de charge peut être équipée par ailleurs de plusieurs types de prise, pour s'adapter à la diversité des véhicules existants. Enfin, plusieurs bornes de recharge peuvent être regroupées dans un même lieu communément appelé « station de recharge ».

Prise classique* (Type E/F)	Prise Type 2	Prise Combo	Prise ChadeMo
			
			
1,8 kW	3,7 kW – 43 kW	> 50 kW	

La mobilité électrique simplifie la façon dont on effectue le plein de son véhicule. Plus besoin de se rendre systématiquement en station-service, la recharge peut se faire pendant le temps du stationnement au domicile ou au travail.

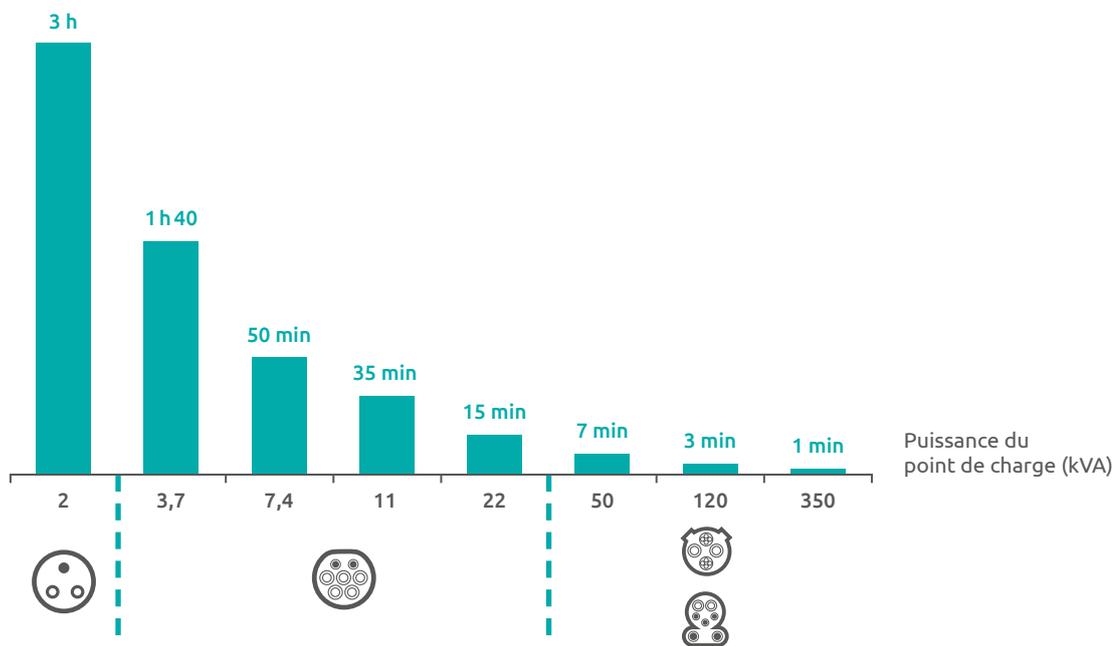
Les lieux de recharge peuvent se catégoriser comme suit :

			
Résidentiel	Autopartage	Société	Public (hors autopartage)
Habitation individuelle ou collective.	En station ouverte au public ou dans un dépôt privé	Parking de l'entreprise que ce soit pour les flottes de la société ou pour les salariés.	En voirie, en parking public, dans un parking d'un ensemble commercial, d'un cinéma, ou en station-service

* - cf. note 3 p. 19

Pour s'adapter à la diversité des usages de mobilité, les bornes de recharge se distinguent par des puissances plus ou moins élevées, de 1,8 kVA à 350 kVA. Une puissance élevée permet de faire rapidement le plein « électrique » de son véhicule, ce qui est privilégié pour des trajets longue distance où la recharge s'effectue en stations-service, sur le modèle de la station-essence. Cependant, un Français ne parcourt en moyenne que 29 km par jour²³ avec sa voiture, ce qui représente une énergie de 6 kWh à recharger²⁴. Des puissances plus faibles, entre 2 kVA et 7,4 kVA, sont donc suffisantes pour assurer ce besoin de mobilité moyen (recharge respectivement en 3 heures et en 50 min).

Temps pour recharger 6 kWh (= 29 km)



kVA ou kW?

La puissance installée est exprimée en kVA. Elle représente la puissance maximale qu'un appareil électrique peut demander à un instant donné. Cette unité de mesure est utilisée par les gestionnaires du réseau de distribution et les installateurs pour dimensionner les installations électriques nécessaires.

En réalité, un appareil électrique consomme ou injecte à une puissance inférieure ou égale, appelée puissance soutirée. Cette puissance est exprimée en kW.

23 - Sondage IPSOS pour l'AVERE France et Mobivia Groupe: « Les Français, la mobilité et les véhicules électriques », 2018.

24 - La consommation kilométrique d'un VE dépend de beaucoup de facteurs comme le poids du VE, la vitesse, le style de conduite, l'activation d'auxiliaires comme le chauffage ou la climatisation, etc. La filière prend souvent une valeur de référence entre 12 et 20 kWh/100 km (source ICCT, 2018). La valeur prise ici par Enedis est donc une fourchette haute.

Retrouvez-nous sur Internet



enedis.fr



[enedis.officiel](https://www.facebook.com/enedis.officiel)



[@enedis](https://twitter.com/enedis)



[enedis.officiel](https://www.youtube.com/enedis.officiel)