Revue de littérature

Le développement de la recharge en France pour les véhicules légers

OCTOBRE 2022

Avere FRANCE

A savoir

Ce rapport présente une revue de littérature des différentes études qui évaluent la quantité, le type et la distribution de l'infrastructure de recharge pour assurer la transition vers le véhicule électrique pour les années 2025 et 2030. Les études considérées dans ce rapport sont : Coda (2019), PPE (2020), T&E (2020), ICCT (2021), Enedis (2021), T&E (2022) et ACEA (2022). Cette synthèse évalue les résultats des différentes études tout en identifiant les méthodologies adoptées, les données nécessaires et les différentes hypothèses retenues. Ce rapport conclut avec des recommandations aux autorités politiques ainsi que des pistes de réflexion pour le développement de l'Infrastructure de Recharge de Véhicule Électrique (IRVE) en France métropolitaine.

Selon les études les plus récentes, les scénarios les plus susceptibles d'être retenus sont les prévisions de l'ICCT (qui présente une fourchette basse) et celles de T&E (qui présente une fourchette haute). **Les prévisions des études montrent une nécessité d'installer entre 330 et 480 000 de points de recharge ouverts au public en 2030** (92% avec une puissance inférieure à 22 kW, 7% avec une puissance de 50 kW et 1% avec une puissance supérieure à 100 kW). **Selon nos estimations, ce déploiement d'IRVE nécessiterait une enveloppe budgétaire de 2,6 milliards d'euros pour 2025 (4 milliards d'euros en 2030) ainsi que 135 millions d'euros/an pour les coûts de maintenance (290 millions d'euros/an en 2030)**.

Entre 330 000 et 480 000 points de recharge
devront être ouverts au public en 2030.

Cette revue de littérature permet par ailleurs d'identifier quelques pistes de réflexions sur le dimensionnement de l'infrastructure de recharge en considérant différents facteurs socio-techno-économiques tels que : le taux d'installation des points de recharge (PDC) à domicile et au travail, l'évolution des capacités de batterie des véhicules électriques à batterie (VEB) et véhicules hybrides rechargeables (VHR) et des puissances de recharge, le rétrofit des bornes existantes... L'analyse de dimensionnement de l'IRVE publique nécessite une analyse coût-bénéfice qui pourrait identifier la (les) meilleure(s) combinaisons des PDC publics de différentes puissances tout en considérant les taux d'utilisation optimaux par type de PDC et la rentabilité des services de recharge pour les opérateurs.

Chiffres Clés

En France, plus de **2 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables pourraient** circuler en 2025 et **6 millions en 2030.** Afin d'accompagner le développement de ce marché, il serait nécessaire de déployer **175 000 à 215 000 PDC** ouverts au public en 2025 et **330 000 à 480 000 PDC** ouverts au public en 2030.

La part des recharges à domicile diminuera pour atteindre **63% en 2025** et **56% en 2030**. La part des utilisateurs qui rechargent au travail, quant à elle, restera constante à environ **15%** ;
1% du nombre de points de recharge sera à déployer **sur les autoroutes** afin d'accompagner les utilisateurs avec leurs trajets longue distance.

Le recours à l'infrastructure de recharge publique augmentera de **22% en 2025** à **28% en 2030**, nécessitant plus de déploiement de points de recharge ;
Pour 2025 et 2030, **environ 92%** des points de recharge à déployer sur la voirie seront de puissance inférieure ou égale à **22 kW** et **7%** du nombre total sera des points de recharge rapide.

L'investissement cumulé nécessaire pour déployer l'infrastructure de recharge publique **augmentera de 2,6 Milliards d'euros en 2025** à **4 Milliards d'euros en 2030** ;
Le coût de maintenance annuelle de la totalité des points de recharge **augmentera de 135 M€/an en 2025** à **290 M€/an en 2030**.

Il est nécessaire de considérer **l'impact de la recharge à domicile et au travail**, ainsi que la recharge occasionnelle sur la recharge publique ;
Il est également important de considérer l'impact du besoins spécifiques des **VUL** et des **VHR** sur le nombre des points de recharge public ;
L'intégration des **services réseaux** permettra une meilleure intégration des VE et des sources de production d'énergies renouvelables dans le système électrique.

Introduction : l'importance d'étendre le réseau IRVE public pour les futurs propriétaires des VE

Etablir une feuille de route pour développer l'écosystème de l'infrastructure VE représente une étape clé pour soutenir la transition vers la mobilité électrique. Le plan identifié sera basé sur les objectifs réglementaires proposés par l'Union européenne (UE) en matière d'émissions de CO2 pour 2030 dans le secteur du transport routier : atteindre une diminution de 55% pour les voitures particulières (VP) et 30% pour les véhicules utilitaires légers (VUL). Les véhicules électriques (VE), y compris les VE à batterie (VEB) et les véhicules hybrides rechargeables (VHR), sont une alternative crédible et mature pour remplacer les véhicules à moteur à combustion interne (ICEV) dépendants des combustibles fossiles, afin de décarboner le secteur du transport routier. Bien que l'adoption de ces technologies ait rapidement augmentée au cours des dernières années, leur part de marché reste limitée par des divers obstacles socio-technico-économiques dans la plupart des pays. Le fait de surmonter ces barrières est une étape essentielle vers une adoption massive des véhicules électriques. **Le déploiement de l'infrastructure de recharge, publique ainsi que privée, présente l'un de ces défis pour la mobilité électrique**.

Actuellement, 75 % des recharges sont effectuées à domicile, 15% sur le lieu de travail et 10% sur la voie publique (Enedis, 2020). En revanche, la disponibilité des points de recharge privés dépend principalement de l'accès à une place de stationnement privée et donc du type d'habitation (maison individuelle, logement collectif). La part de la recharge à domicile dépend du type de logement, et donc du degré d'urbanité de la commune d'habitation. Selon l'étude Bernard et al. (2021), nommée dans le rapport ICCT (2021), ce pourcentage peut varier entre 55% dans les départements français urbains et 90% dans quelques départements ruraux. Les futurs propriétaires des véhicules électriques n'ayant pas accès à une place de parking privée sont donc confronter à un obstacle majeur dans l'impossibilité d'installer un point de recharge privé chez eux et l'obligation d'avoir recours aux points de recharge publics. Par exemple, seuls 27% des ménages vivant à Paris disposent d'une place de stationnement dédiée. **Afin d'accompagner les propriétaires des ICEV dans leur conversion en mobilité électrique et les nouveaux possesseurs de VE, il est indispensable de rendre le maillage de l'infrastructure de recharge publique suffisant et de qualité**. Ceci représente une étape clé dans la décarbonation totale du secteur du transport routier.

En France, plusieurs jalons ont été identifiés ces dernières années afin d'accompagner la massification du marché du véhicule électrique. Le gouvernement a défini 2040 comme année cible de la fin de la commercialisation des véhicules légers neufs alimentés en énergies fossiles (LOM). La décarbonation totale du secteur du transport routier est maintenue pour 2050. Dans le cadre de la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), le déploiement de 7 millions de PDC publics et privés pour 2030 est prévu. En vertu du contrat stratégique de la filière automobile, il est envisagé de multiplier par cinq en 2022 les ventes de véhicules électriques de 2018 et la mise en place d'une borne publique pour dix véhicules vendus, soit 1 million de véhicules en circulation (600 000 VEB et 400 000 VHR) et 100 000 points de recharge dès 2022. Il a également fixé un objectif d'atteindre 400 000 PDC publics en 2030 dans le cadre du Mondial de l'Automobile 2022.

Différentes études ont quantifié le besoin des points de recharge en France, notamment Miguette et al. (2019) nommée par la suite Coda (2019), Ministère de la Transition écologique (2020) nommé par la suite programmations pluriannuelles de l'énergie PPE (2020), T&E (2020), Bernard et al. (2021) nommée par la suite ICCT (2021), étude Enedis/Rte nommée par la suite Enedis (2021), T&E (2022) et ACEA (2022). **Ce rapport présente l'état des lieux sur la quantification des besoins de l'infrastructure de recharge des véhicules électriques en France métropolitaine, ainsi que les prévisions pour les années 2025 et 2030**. Un tableau de comparaison des différentes études est présenté à la fin du document. Cette synthèse évalue les résultats des différentes études tout en identifiant les méthodologies adoptées, les données nécessaires et les différentes hypothèses retenues. Ce rapport conclut avec des recommandations aux autorités publiques ainsi que des pistes de réflexion.

Méthodologie

La méthodologie adoptée pour identifier les besoins de recharge dans les différentes études est identique à chaque étude. Un aperçu de l'approche de modélisation est fourni en Figure 1. Cette méthode est divisée en quatre étapes : (1) Prévisions des ventes des VE pour 2025-2030, (2) La quantification des besoins électriques des VE, (3) La quantification des besoins de recharge et (4) L'identification du nombre de points de recharge par usage et puissance. **Ces différentes étapes pourraient ne pas présenter les mêmes résultats parce qu'elles ne partagent pas les mêmes méthodes de modélisation.**

1

Prévision des ventes des véhicules 2025-2030

- Taille des véhicules
- Objectifs de décarbonation et différents jalons (Fit For 55? UE, Gouvernement)
- Standards CO2

2

Usage des véhicules

- Kilométrage électrique
- Consommation électrique des véhicules

3

Besoin de recharge publique

- Hypothèse du lieu de recharge des véhicules
- Energie requise pour chaque type de recharge
- Taux d'utilisation des types de stations

4

Nombre de points de recharge

- Par type
- Par usage

Prévisions des ventes des véhicules 2025-2030 : plus de 7 millions de VE en 2030 selon ICCT (2021)

La première étape de modélisation porte sur la prévision des ventes de véhicules électriques. Cette étape se base sur plusieurs critères : Les objectifs et les différents jalons européens sur la décarbonisation du secteur du transport routier (Fit for 55), Corporate Average Fuel Economy (CAFE) nationaux (gouvernement tel que les lois LTECV, LOM, PPE et la stratégie française sur l'énergie et le climat (SFEC)) et locaux (déployés au niveau des régions, départements et communes tel que les zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) et le schéma directeur des Infrastructures de recharges pour véhicules électriques (SDIRVE)), les stratégies des constructeurs automobiles quant à leurs futurs modèles de VE ainsi que l'acceptabilité des utilisateurs envers cette technologie.

La Figure 2, à la page suivante, présente les différents scénarios de prévisions des ventes de VE en France 2020-2030 (**à l'exclusion des VUL**). ICCT (2021) présente **la fourchette haute** avec 2,65 millions de VE en 2025 et 7,4 millions en 2030. En revanche, **deux fourchettes basses** sont identifiées : T&E (2020) avec 2,069 millions de VE pour 2025 et Coda (2019) avec 5,3 millions VE pour 2030. En général, les résultats des prévisions des différentes études pour 2025 sont similaires (un écart de 6 millions VE), et l'écart associé augmente pour atteindre 2 millions de véhicules en 2030.

La différence entre les estimations des différentes études relève des différentes hypothèses prises en compte lors des simulations. ICCT (2021) prévoit des nombres supérieurs de VE pour 2025 et 2030 en se basant sur les engagements de la France liés à la part de marché VEB et aux VEB en circulation ainsi qu'une utilisation quotidienne croissante des chargeurs publics et une diminution des coûts de raccordement. Coda (2019), quant à elle, modélise d'abord une adoption du VHR supérieure à celle de l'ICCT avec une maximisation de la part des kilométrages électriques. En revanche, il faut noter que Coda (2019) ne prend pas en compte l'impact de la crise COVID-19 et l'accélération des ventes des VE pendant l'année 2020. L'étude PPE (2020), pour sa part, ne considère pas les nouvelles lois accroissant l'accès à la recharge à domicile dans les logements collectifs et se base donc sur un scénario moins ambitieux sur l'adoption des VE que ICCT (2021). T&E (2020) se base sur un scénario Road2Zero qui considère des objectifs plus ambitieux que les politiques adoptées en 2020. En effet, le scénario Road2Zero considère un secteur de transport routier à zéro émission en 2050 qui s'aligne avec les objectives de l'accord de Paris. En revanche, les politiques adoptées pendant la réalisation de l'étude de T&E en 2020, présentaient une diminution de 15% et de 37,5% des émissions de CO2 des constructeurs automobiles en 2025 et 2030 respectivement. Enfin, les prévisions de VE pour T&E (2020) et PPE (2020) partagent une même trajectoire pour 2030 avec environ 6 250 milliers de VE.

Dans l'ensemble**, les deux scénarios extrêmes d'adoption de VE sont ICCT (2021) et Coda (2019)**. L'objectif fixé par le gouvernement français d'atteindre 1 million de véhicules en fin 2022 sera *a priori* atteint.

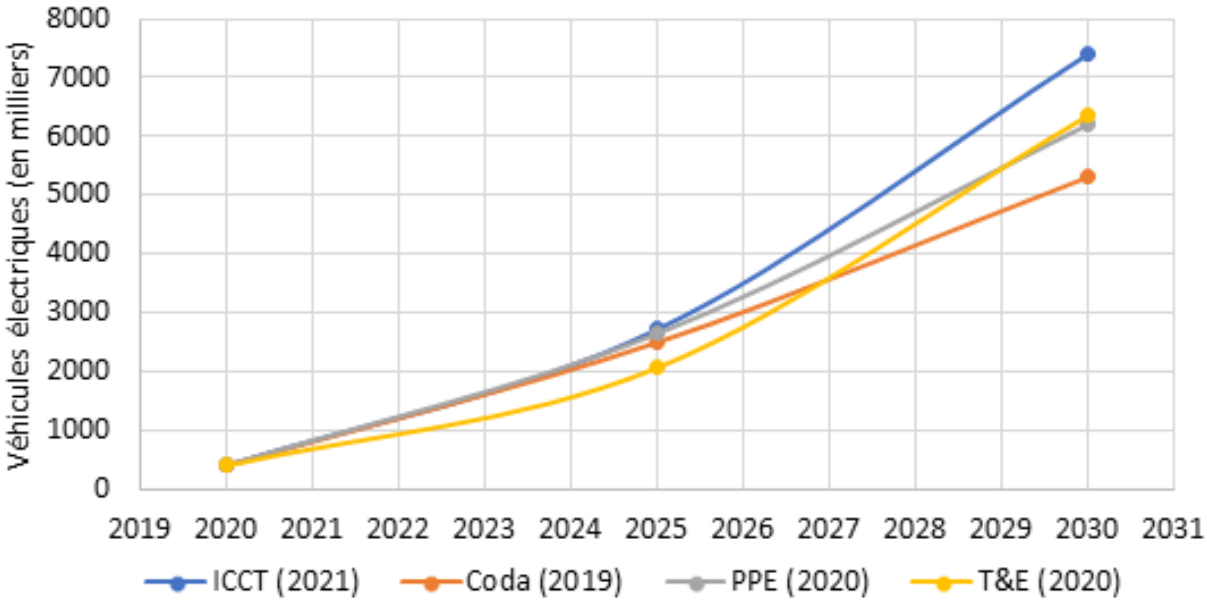

Figure 2 Différents scénarios de prévision des ventes de VE (VEB et VHR) en France 2020-2030 (à l'exclusion des VUL)

Besoin électrique des véhicules : le comportement des utilisateurs des véhicules inchangé jusqu'à 2035

La seconde étape de modélisation est la détermination du besoin électrique des véhicules en se basant sur le kilométrage journalier ainsi que la consommation des véhicules. Les différentes études estiment que **les propriétaires des VE ne vont pas changer leurs comportements de conduite jusqu'en 2035**. Le trajet journalier parcouru par les utilisateurs particuliers des VE est en moyenne **20 km/jour** (ICCT, 2021 ; T&E, 2020 ; Coda, 2019). Il faut noter que les différentes études ne considèrent pas de services de mobilité. De plus, les consommations électriques des véhicules considérées sont de **16 kWh/100 km** pour les VEB et **23 kWh/100 km** pour les VHR. À la suite du progrès technologique futur dans le domaine de l'automobile, les différents scénarios estiment une diminution de la consommation électrique de **5%** pour les VEB et entre **5–20%** pour les VHR en 2030.

Lieu de recharge :
en moyenne pour 2030, les études prévoient 56 % de recharge à domicile, 28 % en voirie et 16 % au travail

La troisième étape de modélisation présente la répartition des lieux des événements de recharge des VE qui est une hypothèse clé pour le dimensionnement de l'infrastructure de recharge publique. Trois lieux de recharge sont identifiés : à domicile, au travail et sur la voirie (en utilisant un chargeur normal ou rapide). En 2020, dans les milieux ruraux (*urbains*), plus de 90% (*environ 60%*) des événements de recharge sont réalisés à domicile si le propriétaire disposait d'une borne privée ICCT (2021). En revanche, si le propriétaire ne dispose pas d'une borne privée, plus de 70% des évènements de recharge sont faites sur la voie publique pour ICCT (2021). Selon ICCT (2021) (en France) et ACEA (2022) (en Europe), les milieux ruraux disposent d'un taux d'accessibilité à une station de recharge privée à domicile ou en copropriété plus élevé (environ 85%) que les milieux urbains dépendant plutôt de la recharge publique (environ 55%). Les différentes études prévoient une diminution de la recharge à domicile pour 2025 et 2030 et l'augmentation de celles réalisées sur la voie publique et au travail. C'est le fait de passer d'un marché de 'premiers adeptes', caractérisé par des propriétaires de VE qui ont accès à un point de recharge privé à domicile, à un marché de 'majorité précoce' ou 'majorité tardive' dont plusieurs nouveaux propriétaires de VE n'auront pas accès à la recharge à domicile et seront obligés de charger leurs VE au travail ou sur la voie publique.

En 2030, en se basant sur les différents scenarios et en réalisant une moyenne pondérée des différentes études, la recharge à domicile représentera environ 56% des évènements de recharge des VE, suivie par la recharge au travail de 16%. La recharge sur la voie publique, quant à elle, représentera 28% des événements de recharge (18% en utilisant un chargeur normal et 10% en utilisant un chargeur rapide). Parmi les vitesses de recharge sur la voie publique, ICCT (2021) prévoit une utilisation supérieure de la recharge rapide pour les utilisateurs ne disposant pas d'une borne à domicile.

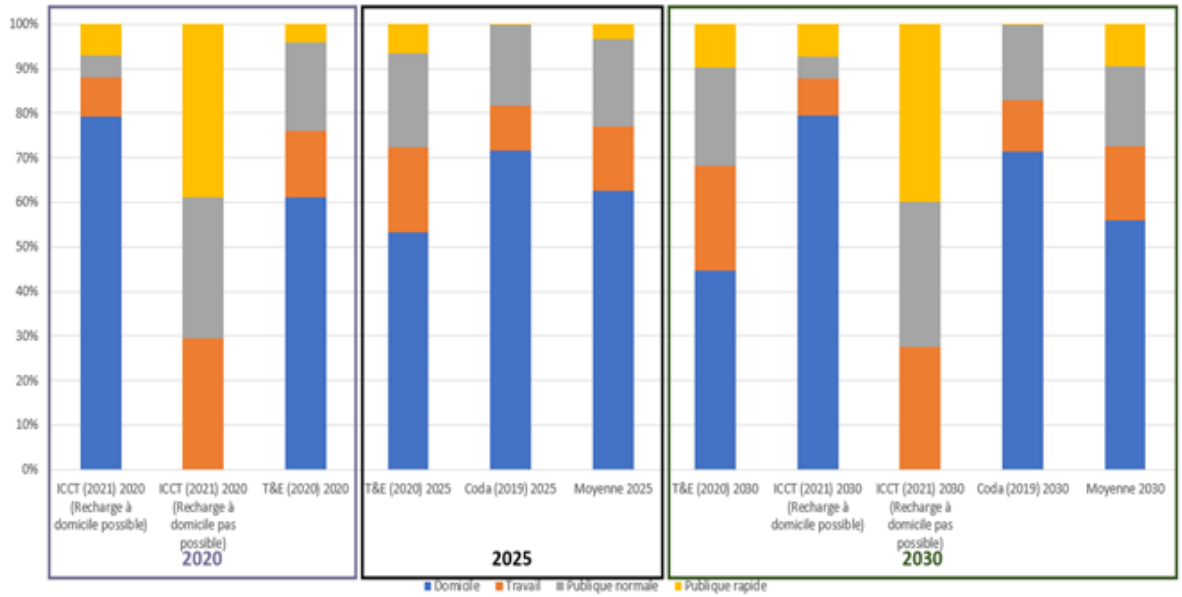

Figure 3 Comportement de charge moyen des conducteurs français de VE

Prévision du déploiement des stations de recharge

Nombre de points de recharge : identification de deux fourchettes pour 2025 - 2030

La Figure 4 présente l'évolution du nombre des points de recharge (en pointillé) et des véhicules électriques (en trait plein) pour 2030. L'écart entre les prévisions de 2025 des différentes études est de 175 000 PDC. Cet écart s'élargit entre les années 2025-2030 : les besoins de points de recharge publics varient entre 300 et 900 000 selon le scénario étudié en 2030. L'étude Coda (2019) prévoit 900 000 points de recharge publics en 2030. Même si le nombre de véhicules électriques associé à cette étude reste limité, Coda (2019) prévoit un nombre de points de recharge supérieur comparé aux autres études. Les études ICCT (2021), T&E (2020) et PPE (2020) prévoient entre **330 et 480 000 de points de recharge publics en 2030 (soit un écart de 150 000 de PDC)**.

La différence entre les résultats des études est principalement au niveau de la localisation des événements de recharge des VE ainsi que les prévisions du parc pour 2025 - 2030 par type de technologie. **Selon les études les plus récentes, les scénarios les plus susceptibles d'être retenus sont les prévisions de l'ICCT (qui présente la fourchette basse) et celles de T&E (qui présente la fourchette haute). Quelques soit la trajectoire adoptée, il faut noter que le nombre de PDC publics prévu en 2030 sera le double du besoin requis en 2025.** Les trajectoires d'électrifications pourraient évoluer. En effet, RTE (2021) prévoit 7,3 millions de VE en 2030 comme la **trajectoire de référence pour 2021.** Ce chiffre, cependant, présentait **la trajectoire haute en 2019** pour les autres études. Enfin, un test de sensibilité est nécessaire afin de valider la robustesse de ces résultats, en considérant plusieurs facteurs :

- **L'impact de la variation du taux de PDC à domicile et au travail sur le nombre PDC sur la voirie** : Une hausse de 4,5% de l'accès à la recharge à domicile diminue le besoin de chargeurs urbains publics d'environ 5% (ICCT, 2021) ;

- **L'impact des besoins des VUL sur le nombre de PDC publics à installer :** ICCT (2021) considère que 75% à 90% de la recharge des véhicules utilitaires légers d'entreprise se déroule au dépôt. De plus, en comparant les études T&E (2020) et T&E (2022), la considération des véhicules électriques utilitaires légers pourrait aboutir à 250 milliers supplémentaires de PDC publics en 2025 et en 2030. L'étude ACEA (2022) prévoit 1,3 millions de PDC publics en 2030 en prenant en compte l'électrification de tout le secteur des véhicules privés (des particuliers, locations, taxis, etc.) ;

- **Les prévisions des ventes entre VEB et VHR :** il faut noter qu'il existe une compatibilité entre les véhicules et les puissances de recharges. Généralement, les VEB sont compatibles avec toutes les puissances de recharge (sauf les petites citadines qui ne peuvent pas être chargées avec des PDC d'une puissance supérieure à 50 kW), contrairement aux VHR qui ne sont pas compatibles avec les puissances de recharge rapides et ultra-rapides.

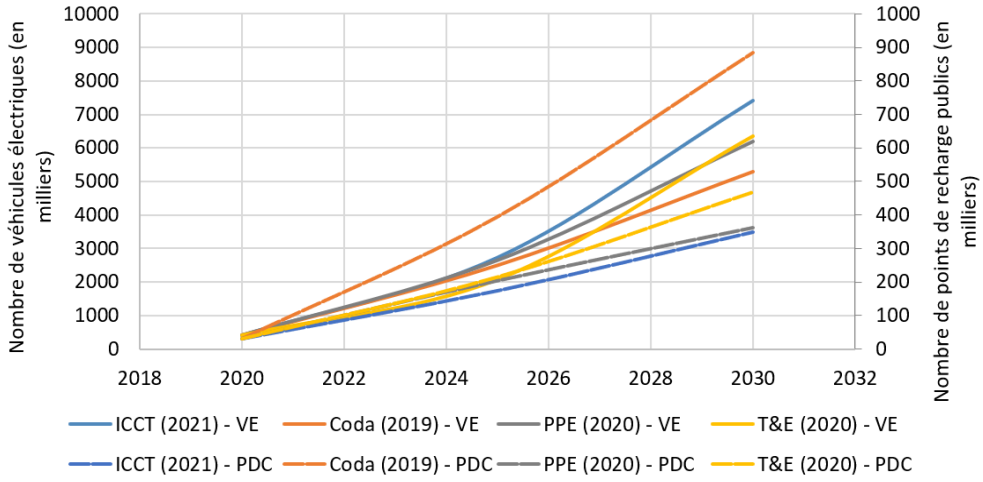

Figure 4 Evolution du nombre de points de recharge (PDC-en pointillé) et des véhicules électriques (VE-en trait plein)

Puissance de PDC à installer : une majorité de points de recharge normale

Les prévisions du nombre de PDC est une étape importante pour accompagner la massification du marché du VE. Il faut également déterminer une répartition de ce nombre de PDC par puissance de recharge afin de répondre à tous les besoins des utilisateurs des VE. Les différentes études considèrent **rarement** les différentes puissances de recharge à installer sur les voies publiques : la quantification des besoins des PDC se base sur le besoin des VE en termes de puissance requise. Ces études ne considèrent pas les différents temps et durées d'utilisation par puissance de recharge et par usage, le temps d'attente pour accéder à une borne de recharge, ainsi que la compatibilité entre les véhicules de différentes tailles et les puissances de recharge. Par exemple, un chargeur de 100 kW pourrait simplement être remplacé par deux chargeurs de 50 kW. Un plus grand besoin de recharge nécessitera le déploiement d'un nombre élevé de PDC de vitesse lente ou moins de PDC de haute puissance pour desservir le même parc. ICCT (2021) prévoit que 5% des évènements de recharge rapide sont faites sur l'autoroute (avec une haute puissance). Selon T&E (2020) et T&E (2022), plus que la moitié des évènements de recharge sont réalisés avec un chargeur normal et le nombre des PDC haute puissance sur autoroute présente environ 1% du nombre total. La Figure 5 présente la répartition du nombre des points de recharge en termes de puissance pour 2030.

L'étude ICCT (2021) concluent que :

- **Environ 92%** des propriétaires des VE utiliseront une recharge dont **la puissance est inférieure à 22 kW en courant alternatif (CA) ;**
- **Environ 8%** des propriétaires des VE utiliseront une recharge dont **la puissance est supérieure à 22 kW en courant continu (CC).**

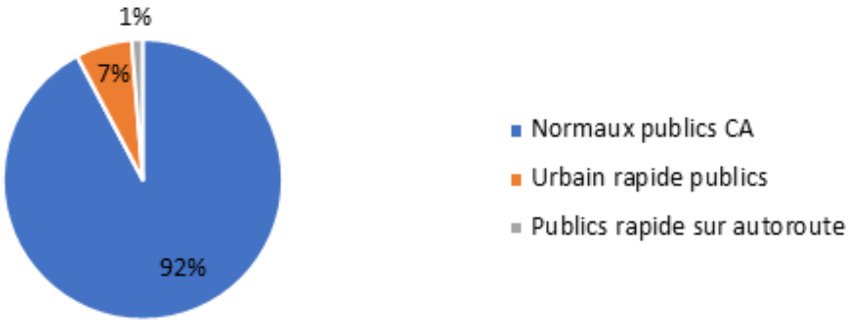

Figure 5 Répartition des puissances de recharge de l'IRVE publique pour 2030

En ce qui concerne la recharge sur autoroute, Enedis en collaboration avec Rte ont quantifié les besoins électriques de la mobilité longue distance sur autoroute pour les années 2028 et 2035. En 2021, sur les 415 aires de services sur autoroute en France métropolitaine, seulement une centaine étaient équipées par des points de recharge : ce qui correspond à une aire équipée tous les 130 km. Les pouvoirs publics ont pris différentes mesures pour accélérer le développement de stations de recharge sur autoroutes parce qu'il représente une condition essentielle au développement à grande échelle de la mobilité électrique, tel que : (1) l'obligation pour les sociétés concessionnaires d'autoroutes d'équiper toutes les aires de service avant le 1er janvier 2023, (2) soutenir financièrement, dans le cadre du plan de relance, l'installation de bornes sur les grands axes autoroutiers et routiers pour un montant total de 100 M€ et (3) augmentation, de 40 % à 75 % de la part financière des coûts de raccordement qui n'est pas à la charge des porteurs de projets d'installation, pour les demandes de raccordement de puissance inférieure ou égale à 5 000 kW effectuées avant le 31 décembre 2025. Il est important de noter que l'étude Enedis (2021) a été élaborée avant le paquet « Fit-for-55 » et se base sur les trajectoires de vente de VE de la PPE (2020), qui ne considère pas l'évolution du marché des VE pendant les années 2020-2022. Ceci pourrait donner une trajectoire réelle largement supérieure et un nombre de points de recharge beaucoup plus important à déployer sur les autoroutes.

La Figure 6 présente l'évolution du déploiement de l'infrastructure de recharge haute puissance sur autoroute, en se basant sur les études ICCT (2021) et Enedis (2021). Il faut noter qu'afin de comparer les différents nombres de PDC des études, les puissances de recharge sont ramenées à 120 kW par PDC sur autoroute (par une simple règle de trois). En général, les prévisions des besoins de PDC sur autoroute des deux études présentent des chiffres homogènes et croissants entre 2025 et 2035. Les différents horizons temporels des études ne permettent pas de comparer les résultats par année, mais plutôt par évolution pour le moyen et le long terme. Selon Enedis (2021), dans tous les scénarios, la consommation électrique associée aux trajets de longue distance représentera au plus 10 % de la consommation totale des véhicules électriques et moins de 0,7 % de la consommation d'électricité nationale en 2035. En revanche, même si la consommation est très minime en comparant avec la consommation d'électricité nationale, il faut noter qu'il est indispensable de gérer les pointes de consommation pendant les heures les plus stressantes tel que : les heures de départ/retour de vacances, WE, ponts, etc. De plus, **cette étude a conclu qu'il n'existe aucune contrainte technique au niveau du réseau électrique : il faut juste anticiper l'installation des liaisons HTA**.

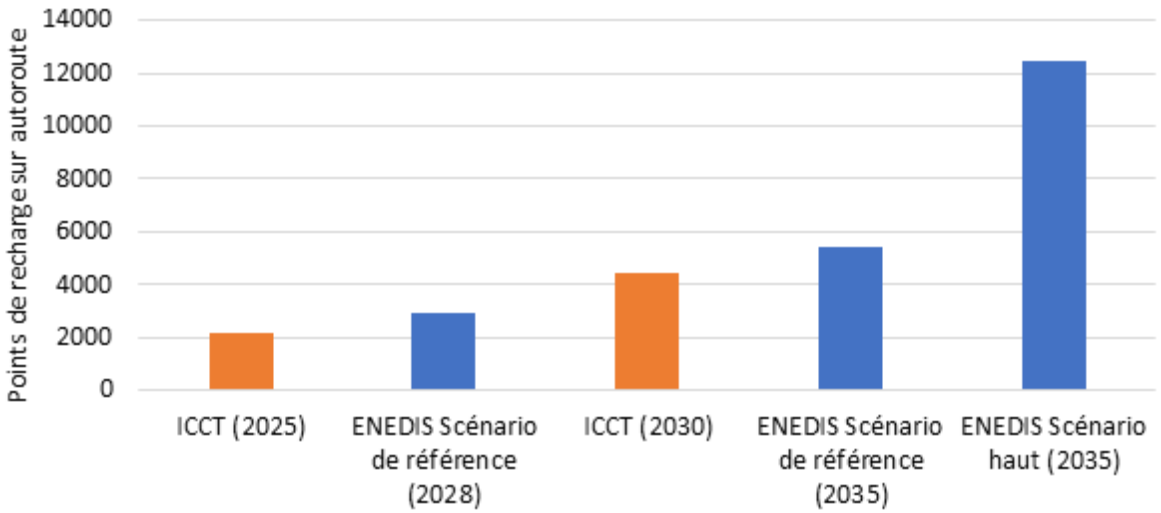

Figure 6 Evolution du nombre de points de recharge haute puissance (150 kW) (Sources ICCT (2021), Enedis (2021)

Analyse économique du déploiement de l'IRVE publique : 2,6 Md€ de CAPEX cumulé en 2025 (4 Md€ en 2030) et 135 M€/an d'OPEX en 2025 (290 M€/an en 2030)

Afin d'accompagner le déploiement de l'infrastructure de recharge, il est indispensable de prévoir les investissements associés à travers une analyse économique. Cette analyse se base sur deux indicateurs économiques : les investissements payés lors de l'installation du PDC (nommés CAPEX) et les coûts annuels de maintenance (nommés OPEX). Le CAPEX comprend : les coûts d'études, de maîtrise d'œuvre et d'assistance à maîtrise d'ouvrage, les coûts des matériels (bornes, équipements de la station…), les coûts de génie civil, les coûts d'installation et de mise en service des bornes et les coûts de raccordement au réseau électrique. L'OPEX comprend : le coût de supervision et d'exploitation commerciale et le coût de maintenance (préventive et curative). Les différents coûts sont déduits des différents guides : Ministère de la Transition écologique cité par la suite Schémas directeurs (2021), Coda (2019) et T&E (2020). L'analyse économique se base sur les coûts publiés par Schémas directeurs (2021) vu que cette étude est la plus récente et présente des coûts plus détaillés que les autres études. Un tableau comparatif des différents coûts utilisés dans chacune des études est présenté en Annexe 2.

Concernant l'analyse économique des stations de recharge sur autoroute, selon Enedis (2021), l'installation des liaisons nécessite des investissements qui dépendent principalement de deux facteurs : (1) la distance entre le poste électrique et le lieu de recharge et (2) la puissance requise. **Ces dépenses ne représentent que 1% des dépenses associées au réseau d'électricité et le regroupement des stations de recharge pourrait présenter une économie de l'ordre de 10 % à 15 %.**

La figure 7 présente l'analyse économique du CAPEX cumulés (en Md€) et OPEX cumulés (en m€/an) pour le déploiement de la totalité de l'infrastructure publique. Les chiffres considérés sont ceux de l'étude ICCT (2021) : les résultats sont plus détaillés, clairs et divisés par puissance de recharge et par département français. **En moyenne, les prévisions des CAPEX sont de 2,6 milliards d'euros en 2025 (*4 milliards d'euros en 2030*) et OPEX de 135 millions d'euros/an en 2025 (*290 millions d'euros/an en 2030*).**

Les CAPEX figurant en Annexe présentent une estimation. Il faut noter qu'il existe une différence entre les coûts d'un point de recharge de 50 kW et ceux d'un point de recharge de 150 kW. En effet, les études mentionnées distinguent rarement les différences entre les coûts des PDC rapides et ultra-rapides. Par conséquent, les CAPEX IRVE sur autoroute résultant de ces études pourraient varier, d'une part du fait du nombre de bornes projetées, et d'autre part du fait du montant de CAPEX unitaire par point de recharge de 150 kW et plus.

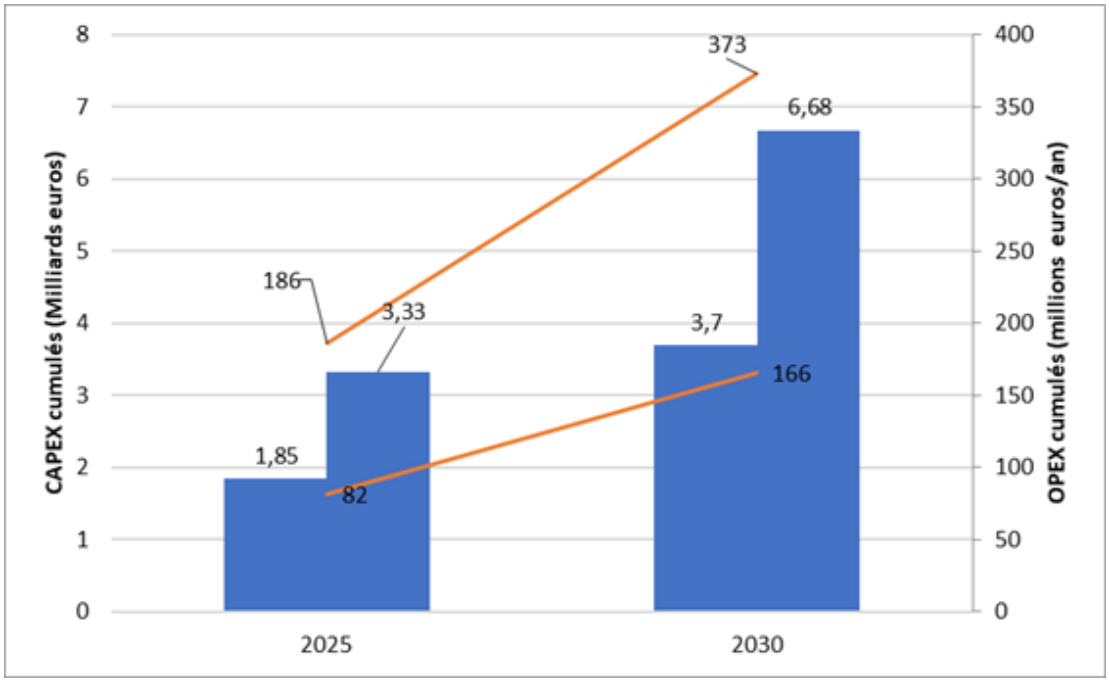

Figure 7 Analyse économique des CAPEX cumulés (en Md€) et OPEX cumulés (en m€/an) pour le déploiement de la totalité de l'infrastructure publique.
Le graphique représente les deux fourchettes minimum et maximum des CAPEX et OPEX pour chaque année.

Conclusion

Ce document présente un état des lieux des différents scénarios du déploiement des points de recharge pour les années 2025 – 2030 en France métropolitaine en analysant différentes études Coda (2019), T&E (2020), PPE (2020), ICCT (2021), Enedis (2021), ACEA (2022) et T&E (2022). En se basant sur les différentes études récentes, les scénarios les plus susceptibles d'être retenus sont les prévisions de l'ICCT (2021) (qui présente la fourchette basse) et celles de T&E (2020) (qui présente la fourchette haute). Les études ICCT (2021), T&E (2020) et PPE (2020) prévoient entre **330 et 480 000 de points de recharge publiques en 2030**. Pour le long terme, **92% de ces PDC installés seront de puissance normale inférieure à 22 kW**, 7% des PDC installés seront rapides avec une puissance de 50 kW et 1% des PDC installés sur autoroute et destinés pour les trajets longues distances (puissance supérieure ou égale à 150 kW). Concernant le budget du déploiement de l'infrastructure de recharge, les prévisions des **CAPEX cumulés sont de 2,6 milliards d'euros pour 2025** (*4 milliards d'euros en 2030)* et **OPEX de 135 millions d'euros/an** (*290 millions d'euros/an en 2030*).

Cette revue de littérature permet l'identification de quelques pistes de réflexions sur le dimensionnement de l'infrastructure de recharge en considérant l'impact de différents taux d'installation des PDC à domicile et au travail afin de dimensionner le réseau IRVE public en réalisant des tests de sensibilité. Il faut également considérer l'évolution de quelques paramètres technico-économiques pour les années futures : les capacités de batterie des VEB et VHR par usage, les puissances de recharge, la compatibilité entre les tailles des véhicules et la vitesse de recharge. De plus, il serait indispensable de compléter les différentes études futures par une **analyse coût-bénéfice** qui pourrait identifier la(les) meilleure(s) combinaisons des PDC publics de différentes puissances tout en considérant les **taux d'utilisation optimaux** par type de PDC et la rentabilité des services de recharge pour les opérateurs. Il serait important d'intégrer les réseaux existants dans les réflexions est essentiel tel que la réalisation d'un **rétrofit des bornes installées avant 2017**, le renouvellement des PDC non compatibles avec les nouvelles normes et l'accompagnement des acteurs publics dans la transition énergétique. Enfin, **les services réseaux**, tel que le *smart charging* et le *Vehicle-to-Grid*, doivent être considérés davantage afin de permettre une meilleure intégration des VE et des sources de production d'énergies renouvelables sur le système électrique.

Avere-France
Immeuble Emergence – 5 rue du Helder – 75009 Paris
avere-france.org
communication@avere-france.org

Annexe

Paramètres	Coda (2019)	PPE (2020)	T&E (2020)	ICCT (2021)	T&E (2022)	ACEA (2022)
Niveau de détails	Départemental	National	Européen et focus par pays	Départemental	Européen et focus par pays	Européen sans focus par pays
Prévisions des ventes des VE pour 2025-2030						
Évolution autonomie VE (futurs modèles)	***	**	0	0	0	0
Acceptabilité des propriétaires	**	0	0	0	0	0
Types VEB, VHR, VUL, flottes, etc.	VP	VP+VUL+flottes	VP	VP+VUL+flottes	VP +VUL	VP+VUL
Différence pare existant/neuf	0	0	0	0	0	0
Comportement de conduite des propriétaires du VE						
Kilométrage journalier (par usage) + évolution	**	*	***	***	***	*
Consommation électrique + évolution	*	*	**	***	**	**
Comportement de recharge des propriétaires du VE						
Recharge à domicile et au travail (inter-départements)	**	*	*	***	*	**
Allocation différentes puissances (voirie)	**	0	**	***	**	**
Recharge sur autoroutes (trajet longue distance)	**	0	*	***	*	**
Résultats nombre de PDC						
Par usage (urbain/rural, VEB/VHR)	**	0	*	***	*	***
Par puissance (3-7, 11-2, 50, >150kW)	**	0	*	***	*	***
Par localisation (PDC privé, travail, semi-public, public)	***	0	0	***	0	***
Ratio VE/PDC (VEB/VHR/VUL, PDC de puissances)	**	*	0	**	0	***
Analyses complémentaires						
Facturation des services de recharge	**	0	0	0	0	0
Analyse économique sur le déploiement	**	0	0	0	0	*** (UE)
Analyse de sensibilité PDC à domicile et au travail	0	0	*	0	0	0
Files d'attente sur les PDC sur la voirie	0	0	0	0	0	0
Files l'attente sur les PDC sur la voirie	0	0	0	0	0	0
Besoin IRVE pour les VUL	0	0	0	0	**	*** (UE)
Services réseau (smart charging, V2G) et MaaS	0	0	0	0	0	*
Evolution prix électricité, carburants, VE	0	0	0	0	0	0

*0 : paramètre non considéré, * : paramètre considéré, le nombre d'étoiles présente le degré de detail.*

Annexe

	Schémas directeurs (2021)						Coda (2019)		T&E (2020)
Type de la borne	Fourchette Basse		Fourchette Haute		Moyenne		Moyenne		
	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	CAPEX
PDC avec coffret CIBE (7 à 22 kVA AC)	10 000	410	18 125	910	14 062	660	11 847	1400	3 400
PDC tri standard (22 kVA AC / 24 kVA DC)	14 500	635	24 125	1 630	19 312	1 132	11 847	1 400	4 500
PDC (50 à 150 kVA DC)	33 750	4 410	65 750	9 780	49 750	7 095	36 935	5 000	31 000

CAPEX en € HT par PDC ; OPEX en €/an/PDC
Les CAPEX figurant dans ce tableau présentent une estimation. Il faut noter qu'il existe une différence entre les coûts d'un point de recharge de 50 kW et ceux d'un point de recharge de 150 kW.

Références

- ACEA, 2022. *European Electric Vehicle Charging Infrastructure Masterplan*.
- Avere France. (2017, 3 octobre). *Sortir les voitures essence de Paris dès 2030. Oui mais...* http://www.avere-france.org/Site/Article/?article_id=7094
- Bernard, M.R., Hall, D., Lutsey, N., 2021. *Infrastructure de recharge au service de la transition vers la mobilité électrique en France* 47.
- Enedis, 2020. *Enedis s'intéresse aux habitudes de recharge des conducteurs de véhicules électriques*. Avere-France. https://www.avere-france.org/enedis-sinteresse-aux-habitudes-de-recharge-des-conducteurs-de-vehicules-electriques/ (accès 23/05/22).
- Enedis, 2021. *Les besoins électriques de la mobilité longue distance sur autoroute* (Etude Enedis, Rte).
- Miguette, J.-C., Petcu, M., Delahaie, H., Debbah, F. (Eds.), 2019. *L'impact des mutations technologiques et de la digitalisation sur le modèle économique du commerce de gros, Études économiques.* Analyses. Direction générale des entreprises, [Paris].
- Ministère de la Transition écologique, 2020. Programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE).
- Ministère de la transition écologique, 2021. *Schémas directeurs pour les infrastructures de recharge pour véhicules électriques. Guide à l'attention des collectivités et établissements publics.*
- RTE, 2021. *Futurs énergétiques 2050.*
- T&E, 2022. *'Charging' for phase-out Why public chargers won't be a block on EU's combustion car phase-out.*
- T&E, 2020. Recharge EU: *How many charge points will EU countries need by 2030.* Transport & Environment https://www.transportenvironment.org/discover/recharge-eu-how-many-charge-points-will-eu-countries-need-2030/ (accès 16/05/22).