

Septembre 2023



HIT THE ROAD

TOME 2 DÉPLOIEMENT DE LA RECHARGE SUR LES GRANDS AXES ROUTIERS

Avec le soutien de



SOMMAIRE

1. Synthèse	5
2. Modélisation des besoins en IRVE pour 2030-2035	11
2.1 Méthodologie et hypothèses générales	11
2.1.1. Projection du parc de véhicules électriques	13
2.1.2. Évolution technique des véhicules	15
2.2. Zoom sur les besoins en recharge sur les grands axes routiers	16
2.2.1. Analyse du comportement de recharge lors de l'itinérance	16
2.2.1.1. Cas des véhicules légers	16
2.2.1.2. Cas des tracteurs routiers	17
2.2.2. Estimation des besoins énergétiques pour la recharge publique	17
2.2.3. Évaluation du nombre de points de charge	18
2.3. Synthèse des besoins en recharge publique sur le territoire français	20
3. Obstacles au déploiement d'une infrastructure de recharge publique	23
3.1. Obstacles à la planification optimale des IRVE	23
3.1.1. Raccordement électrique des IRVE	23
3.1.2. Visibilité insuffisante pour la bonne élaboration des SDIRVE	24
3.1.3. Incertitudes sur la part des alternatives technologiques à la mobilité lourde à batterie électrique	24
3.2. Obstacles à l'installation des IRVE	25
3.2.1. Faible disponibilité du foncier sur grands axes routiers pour accueillir des stations de recharge, en particulier pour poids lourds	25
3.2.2. Faible disponibilité du foncier en zone urbaine dense	26
3.2.3. Investissements importants nécessaires, en particulier pour la recharge DC	26
3.2.4. Délais de fourniture des bornes de recharge et autres défis relatifs à la chaîne d'approvisionnement	27
3.3. Obstacles à l'opération des IRVE	27
3.3.1. Rentabilité insuffisante	27
3.3.2. Durée légale des contrats de sous-concessions autoroutières	28
3.3.3. Défis de la maintenance et du taux de disponibilité	29
3.3.4. Volatilité des prix de l'énergie	30
3.4. Obstacles à l'achat de véhicules électriques liés à la recharge	30
3.4.1. Complexité du parcours de recharge	30
3.4.2. Opacité de la tarification et prix de la recharge	31
3.4.3. Anxiété à la recharge	31
3.4.4. Indisponibilité de recharge de proximité abordable	31

4. Mesures-clés pour réussir le déploiement d'une infrastructure de recharge publique	32
4.1. Mesures-clés « Grands axes routiers »	32
4.1.1. Anticipation des besoins en raccordements	32
4.1.2. Allongement des durées de contrats de sous-concession	33
4.1.3. Réduction des pointes de trafic en amont	34
4.1.4. Absorption des pointes de trafic via des solutions <i>ad hoc</i>	35
4.1.5. L'autoroute électrique	36
4.2. Mesures-clés transverses	37
4.2.1. Création d'une entité publique en charge de la planification des IRVE	37
4.2.2. Promotion des offres de raccordements intelligentes	38
4.2.3. Fiabilité des données en open data	38
4.2.4. Standardisation progressive du 800 V	39
4.2.5. Soutien à l'acquisition des poids lourds	40
5. Annexes	41
5.1. Vue détaillée par axe routier des besoins en points de charge à horizon 2035 pour le scénario <u>Haut</u> , <u>Central</u> et <u>Bas</u>	41
6. Définitions	43
Infrastructures de recharge (définitions réglementaires)	43
7. Abréviations	43
8. Table des figures	44

1. Synthèse

ARTICULATION DE L'ÉTUDE HIT THE ROAD

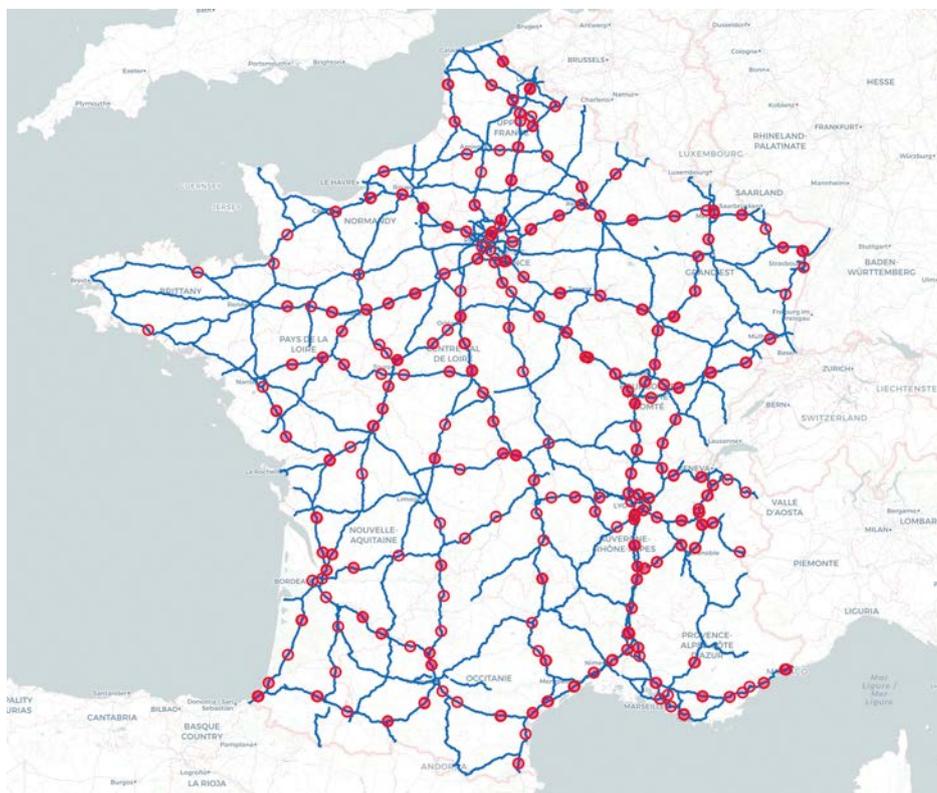
Dans le cadre du projet « Hit the Road » pour l'Avere-France, AFRY a réalisé la présente étude sur les besoins en recharge publique à horizon 2035. Elle comporte un **Tome 1 – État des lieux de la recharge en France**, ainsi que deux analyses s'appuyant sur une modélisation des besoins et proposant des mesures clés de succès pour traiter deux enjeux spécifiques: le **Tome 2 – Déploiement de la recharge sur les grands axes routiers** et le **Tome 3 – Déploiement de la recharge dans les zones à pourvoir**. Ces documents se veulent complémentaires, et proposent des mesures transverses.

Les infrastructures de recharge de véhicules électriques (IRVE) sur les axes routiers seront essentielles d'une part pour assurer l'électrification des trajets longue distance, d'autre part pour les poids lourds parcourant plusieurs dizaines de milliers de kilomètres chaque année.

En mai 2023, le cap des 100 000 points de charge ouverts au public a été franchi, d'après le baromètre de l'Avere-France et le ministère

de la Transition énergétique. La dynamique est lancée, avec une forte croissance dans le déploiement des IRVE sur les derniers mois. Mais certaines zones restent moins pourvues que d'autres, en particulier les routes nationales et les autoroutes non concédées. Sur les autoroutes concédées, 80 % des aires de service étaient équipées en recharge rapide au 31 décembre 2022. Cela correspondait à une station de recharge tous les 60km¹.

Figure 1: Cartographie des points de charge sur les grands axes routiers



Sources: Données d'Eco-Movement, avril 2023, analyse d'AFRY

¹ ASFA, « Équipement en bornes de recharge rapide des aires de service du réseau autoroutier concédé au 31 décembre 2022 »

Pour cette première vague de déploiement sur les autoroutes, prévue pour s'achever en 2023, des moyens importants ont été mobilisés par les SCA (Sociétés concessionnaires d'autoroutes) et les acteurs de la mobilité; par ailleurs, des mécanismes de soutien à l'installation ont été mis en place (subvention des investissements, majoration dérogatoire du taux de réfaction à 75 %). La vague suivante, qui nécessitera des raccordements et des puissances installées supplémentaires (avec notamment l'arrivée de la mobilité lourde), devra faire des choix stratégiques concernant la gestion de l'affluence et du dimensionnement du réseau.

La modélisation des besoins à horizon 2030-2035 doit permettre de mieux cibler les efforts de déploiement des IRVE au niveau des axes routiers. Ces voies de circulation se caractérisent par un trafic qui peut être variable selon les jours de l'année et les différents scénarios considérés apportent de la sensibilité aux résultats. À noter que la modélisation a pour vocation de dresser un bilan des besoins par axe, en prenant en compte l'affluence, mais des analyses plus détaillées, aire par aire, permettront de mieux identifier ces besoins et répondre à des problématiques précises telles que la gestion du foncier, la périodicité, le foisonnement entre poids lourds (PL) et véhicules légers (VL)², etc.

Les différentes étapes de la modélisation sont :

- **Étape n° 1:** Considération des données de trafic des véhicules légers et des poids lourds de chacun des grands axes routiers français (routes nationales, autoroutes concédées et autoroutes non concédées) avec 3 scénarios pour représenter différentes tendances de trafic.

- **Étape n° 2:** Application de 3 scénarios de taux d'électrification. Les projections de véhicules électriques de RTE^{3,4} et de BNEF⁵ ont été utilisées.

Cela permet d'obtenir des scénarios :

- **Haut, Central** et **Bas** pour les véhicules légers respectivement à 31 %, 27 % et 16 % pour le taux d'électrification du parc à horizon 2035;
- Pour les poids lourds, le scénario **Haut** représente une vision constructeur avec un taux d'électrification de près de 40 % et des taux à 18 % et 3 % pour les deux autres scénarios.

- **Étape n° 3:** Considération des consommations moyennes des véhicules, des autonomies et des trajets types pour en déduire le besoin énergétique pour la recharge publique sur les grands axes.

- **Étape n° 4:** Traduction du besoin énergétique en nombre de points de charge au travers d'une augmentation linéaire du taux d'utilisation de 6 % (2022) à 12,5 % (2035) et d'une répartition des technologies de charge selon le cas d'usage (recharge lente des poids lourds lors des pauses longues, recharge ultra-rapide, voire MCS, pour les pauses courtes).

Les résultats de la modélisation (**Figure 2**) présentent un besoin total de plus de 40 000 points de charge à horizon 2035 pour alimenter un trafic de véhicules électrifiés en moyenne à 27 % (scénario **Central** d'électrification), dans le cas d'un taux d'utilisation de 12,5 %.

² PL : poids lourd, VL : véhicule léger

³ Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique, 2019

⁴ Bilan prévisionnel 2023 : point d'étape

⁵ Projection de la flotte de véhicules légers électriques

Le sujet du taux d'utilisation est un indicateur important dans la planification des projets de déploiement d'IRVE, avec des impacts directs sur la rentabilité. Cela représente la valeur moyenne sur une année du nombre d'heures d'utilisation d'un point par jour, c'est-à-dire le nombre d'heures où le point de charge délivre de l'énergie à un ou plusieurs véhicules. Alors que le taux d'utilisation moyen des points de charge à l'échelle du territoire est, à l'heure

actuelle, de l'ordre de 2 %⁶, sa valeur devrait augmenter au fur et à mesure que la transition des usagers vers le véhicule électrique se réalisera. La Commission européenne⁷ cible pour 2030 un taux d'utilisation de 12,5 % pour les chargeurs les plus rapides. C'est ainsi que cette valeur a été retenue dans le cadre de la modélisation du besoin en points de charge sur les grands axes routiers.

Figure 2: Besoin en nombre de points de charge pour la recharge publique sur les grands axes routiers⁸

	Total	Véhicules légers	Poids lourds
Haut	# 67700 (10,3 TWh)	# 37160 (5,5 TWh) dont # 27030 sur autoroutes dont # 28720 ultra-rapides au total	# 30540 (4,8 TWh) dont # 24490 sur autoroutes dont # 32560 ultra-rapides au total
Central	# 43300 (6,5 TWh)	# 30230 (4,5 TWh) dont # 22030 sur autoroutes dont # 23400 ultra-rapides au total	# 13070 (2 TWh) dont # 10470 sur autoroutes dont # 1400 ultra-rapides au total
Bas	# 18900 (2,8 TWh)	# 16640 (2,5 TWh) dont # 12070 sur autoroutes dont # 12820 ultra-rapides au total	# 2260 (0,3 TWh) dont # 1810 sur autoroutes dont # 240 ultra-rapides au total

L'électrification du parc de véhicules va demander une croissance du réseau d'infrastructure de recharge, même dans le cadre du scénario **Bas** avec l'objectif de 20 000 points qui est bien supérieur aux 4 000 points⁹ environ actuellement présents sur les grands axes routiers. La **Figure 3** illustre par exemple le besoin en nombre de points pour quelques grands axes, tout en comparant avec la situation actuelle.

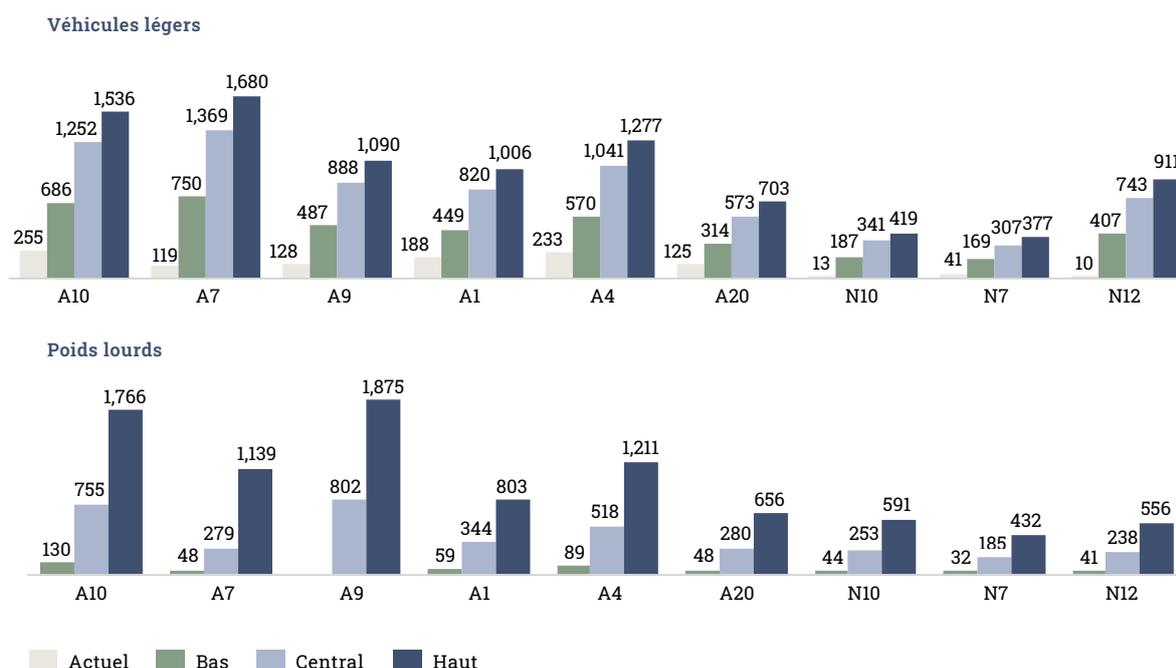
⁶ Analyse d'AFRY en considérant les hypothèses du modèle

⁷ Charging for phase-out, T & E, 2022

⁸ Les nombres de points de charge totaux modélisés sont ici arrondis à la centaine la plus proche et à la dizaine la plus proche pour le détail véhicules légers/poids lourds; certains arrondis (PDC véhicules légers) ont été légèrement adaptés pour permettre la concordance des sommes

⁹ Données d'Eco-Movement, avril 2023

Figure 3: Besoin en nombre de points sur quelques axes routiers pour les véhicules légers et pour les poids lourds dans les différents scénarios par rapport à l'actuel



Obstacles et mesures-clés

Les entretiens et ateliers avec les parties prenantes de l'écosystème de la mobilité électrique ont permis d'identifier des obstacles à toutes les étapes du déploiement des IRVE sur le territoire et notamment sur les grands axes :

- obstacles à la planification optimale des IRVE ;
- obstacles à l'installation des IRVE ;
- obstacles à l'opération des IRVE ;
- obstacles à l'achat des véhicules électriques liés à la recharge.

Figure 4: Obstacles au déploiement des IRVE

OBSTACLES À LA PLANIFICATION OPTIMALE DES IRVE

- 1.1 Raccordement électrique
- 1.2 Visibilité insuffisante pour la bonne élaboration des SDIRVE
- 1.3 Incertitudes sur la part des alternatives technologiques à la mobilité lourde électrique

OBSTACLES À L'INSTALLATION DES IRVE

- 2.1 Faible disponibilité du foncier (grands axes routiers)
- 2.2 Faible disponibilité du foncier (zone urbaine dense)
- 2.3 Investissements importants nécessaires (recharge DC)
- 2.4 Délais de fourniture des bornes et autres défis relatifs à la chaîne d'approvisionnement

OBSTACLES À L'OPÉRATION DES IRVE

- 3.1** Rentabilité insuffisante
- 3.2** Durée légale des contrats de sous-concessions autoroutières
- 3.3** Défis de la maintenance et du taux de disponibilité
- 3.4** Volatilité des prix de l'énergie

OBSTACLES À L'OPÉRATION DES IRVE

- 4.1** Complexité du parcours de recharge
- 4.2** Opacité de la tarification et prix de la recharge
- 4.3** Anxiété à la recharge
- 4.4** Indisponibilité de recharge de proximité abordable

Pour répondre à ces obstacles, l'étude a identifié des « mesures clés », qui s'appuient aussi sur les échanges avec l'écosystème lors des ateliers, ainsi que sur les résultats de la modélisation. Ces mesures ont été réparties

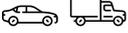
entre les deux tomes de l'étude; sont reprises ici uniquement les mesures relatives aux grands axes routiers, ainsi que les mesures transverses identifiées.

Figure 5: Mesures-clés relatives aux grands axes routiers

GRANDS AXES ROUTIERS		OBSTACLES TRAITÉS
Anticipation des besoins en raccordement		1.1 1.3 2.1 2.3
	Parties prenantes	État, collectivités, SCA, GRDE
	Levier(s)	Décision politique et législative, modification(s) réglementaire(s)
Allongement des durées de contrats de sous-concession		3.2
	Parties prenantes	État
	Levier(s)	Modification(s) réglementaire(s)
Réduction des pointes de trafic en amont		4.1 4.3
	Parties prenantes	Constructeurs, e-MSP, État, SCA
	Levier(s)	Modification(s) réglementaire(s), communication et accompagnement du changement
Absorption des pointes de trafic via des solutions <i>ad hoc</i>		4.1 4.3
	Parties prenantes	SCA, collectivités
	Levier(s)	Expérimentation à conduire, soutien aux investissements à réaliser

Innovations de type « route électrique »		2.1
	Parties prenantes	SCA, collectivités, constructeurs
	Levier(s)	Retour d'expérience sur les précédents AAP et décision politique

Figure 6: Mesures-clés transverses

TRANSVERSES	OBSTACLES TRAITÉS	
Création d'une entité publique en charge de la planification IRVE	1.1 1.2 1.3	
	Parties prenantes	État
	Levier(s)	Décision politique, modification(s) réglementaire(s)
Offres de raccordement intelligentes (ORI)	1.1 2.3	
	Parties prenantes	État, collectivités, SCA, GRDE
	Levier(s)	Communication et accompagnement du changement, modification(s) réglementaire(s)
Complétude et fiabilité des données en open data	1.2 4.1 4.3	
	Parties prenantes	État, collectivités, opérateurs
	Levier(s)	Ressources administratives
Standardisation progressive du 800 V	4.1	
	Parties prenantes	Constructeurs
	Levier(s)	Modification(s) réglementaire(s) ou de cahier des charges
Soutien à l'acquisition des poids lourds	<i>Amorçage PL électriques</i>	
	Parties prenantes	Constructeurs, utilisateurs
	Levier(s)	Décision politique

À l'issue de la modélisation et des différentes itérations avec l'écosystème, la présente étude dresse quatre conclusions essentielles :

1) Un effort conséquent de déploiement reste nécessaire, avec presque 40 000 points à installer, en totalité pour les VL et les PL, dans le cadre du scénario [Central](#), pour répondre aux besoins de recharge à horizon 2035 sur les grands axes routiers.

2) L'anticipation stratégique des besoins pour

2035 par l'autorité publique est la meilleure option pour optimiser les coûts de raccordement des aires de service et de repos sur grands axes.

3) Les estimations de besoin en recharge aire par aire devront prendre en compte les enjeux spécifiques de la mobilité lourde (foncier, foisonnement avec les VL, périodicité, MCS).

4) Les besoins en recharge électrique lors des pointes de trafic devront être traités par une

réduction en amont du flux (itinéraires alternatifs, communication sur le trafic) et en aval par le déploiement de solutions de recharge *ad hoc*.

2. Modélisation des besoins en IRVE pour 2030-2035

2.1 Méthodologie et hypothèses générales

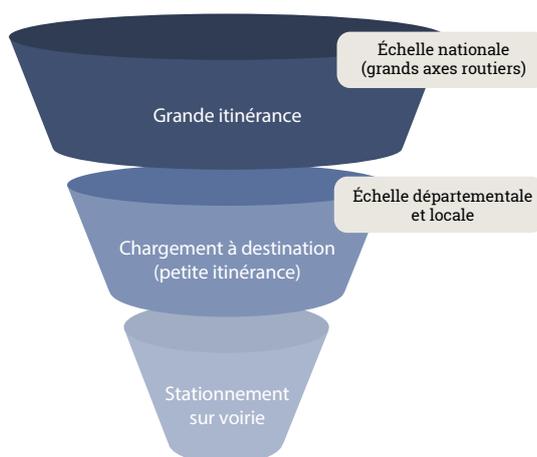
Afin d'évaluer les besoins de recharge en France à horizon 2035, AFRY a distingué deux grandes typologies de déplacements (**Figure 7**) et pour chacune une modélisation adaptée à leurs spécificités et aux données disponibles :

1) La grande itinérance (ou sur les grands axes routiers).

2) Les déplacements du quotidien à l'échelle du département et de la commune (hors grands axes routiers).

En effet, les comportements de recharge et les besoins en énergie associés sont différents. Un raisonnement sur le trafic est plus pertinent sur les grands axes routiers ; les données sur le parc de véhicules reflètent davantage les besoins en recharge du quotidien.

Figure 7 : Évaluation du besoin en recharge selon la typologie du trajet



La **Figure 8** explicite la méthodologie pour la modélisation des besoins hors **grands axes routiers** en termes d'énergie et de points de charge publics. Le besoin en recharge publique est estimé à l'échelle de chaque commune avec une méthodologie qui repose sur un groupe d'hypothèses structurantes. Différents scénarios apportent de la sensibilité aux résultats.

■ **Étape n° 1 :** Considération du parc de véhicules par commune et application de 3 scénarios

d'électrification pour les véhicules légers et les poids lourds. Les projections de véhicules électriques de RTE^{10,11} et de BNEF¹² ont été utilisées :

- **Haut**, **Central** et **Bas** pour les véhicules légers respectivement à 31 %, 27 % et 16 % pour le taux d'électrification du parc à horizon 2035 ;
- Pour les poids lourds, le scénario **Haut** représente une vision constructeur avec un taux d'électrification de près de 40 % et des taux

¹⁰ Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique, 2019

¹¹ Bilan prévisionnel 2023 : point d'étape

¹² Projection de la flotte de véhicules légers électriques

à 18 % et 3 % pour les deux autres scénarios.

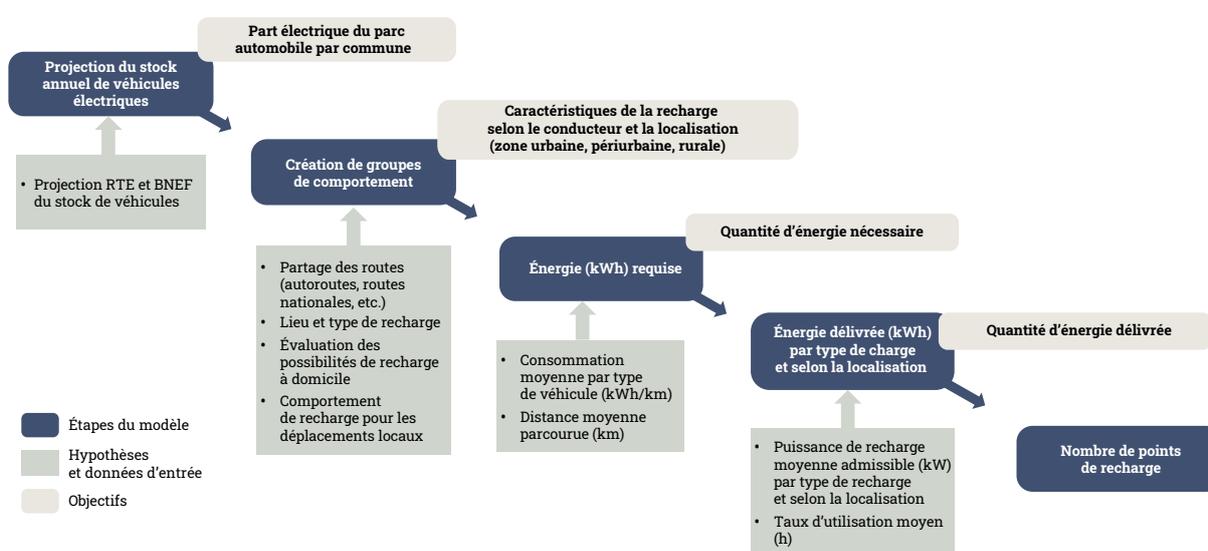
■ **Étape n° 2:** Groupement de comportement en fonction des différentes catégories de véhicules (distance parcourue annuellement, part d'utilisation des routes locales, disponibilité de la recharge à domicile, part de la recharge publique, etc.).

■ **Étape n° 3:** Considération des consommations

moyennes des véhicules pour en déduire le besoin énergétique pour la recharge publique.

■ **Étape n° 4:** Traduction du besoin énergétique en nombre de points de charge au travers de 3 scénarios sur le taux d'utilisation et d'une répartition des technologies de charge selon le cas d'usage (recharge lente à proximité du domicile, recharge rapide à destination, etc.).

Figure 8: Méthodologie utilisée pour la modélisation des besoins de recharge hors grands axes routiers



Pour la seconde modélisation, schématisée **Figure 9**, il s'agit d'évaluer les besoins de recharge lors de l'itinérance sur l'ensemble du réseau national routier, et plus précisément pour chaque axe routier. L'évaluation du besoin en recharge publique repose sur un groupe d'hypothèses structurantes. Différents scénarios apportent de la sensibilité aux résultats.

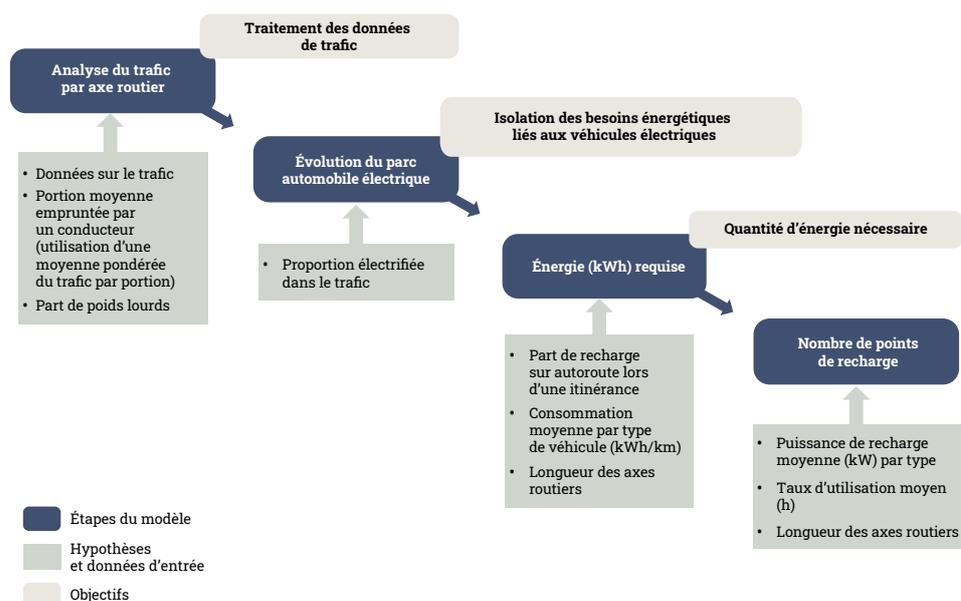
■ **Étape n° 1:** Le point de départ repose sur les données de trafic mises à disposition par le gouvernement. Près de 315 axes routiers (autoroutes et routes nationales) sont recensés dans le jeu de données et donnent une vue sur 98 % du réseau national. Des données sur la fréquentation des poids lourds sur ces axes sont aussi fournies au travers d'un ratio. Trois scénarios sont considérés pour représenter différentes tendances de trafic.

■ **Étape n° 2:** Application des 3 scénarios du taux d'électrification.

■ **Étape n° 3:** Considération des consommations moyennes des véhicules, des autonomies et des trajets types pour en déduire le besoin énergétique pour la recharge publique sur les grands axes.

■ **Étape n° 4:** Traduction du besoin énergétique en nombre de points de charge au travers d'une augmentation linéaire du taux d'utilisation de 6 % (2022) à 12,5 % (2035) et d'une répartition des technologies de charge selon le cas d'usage (recharge lente des poids lourds lors des pauses longues, recharge ultra-rapide, voire MCS, pour les pauses courtes).

Figure 9 : Méthodologie utilisée dans le cadre de la modélisation des besoins de recharge sur les grands axes routiers



Les résultats et les hypothèses spécifiques à ces deux modèles sont davantage explicités dans

les parties suivantes. Le détail des données utilisées est présenté en partie 5.1.

2.1.1. Projection du parc de véhicules électriques

Basés sur les projections de RTE et de BNEF, trois scénarios sont considérés pour les véhicules légers et les poids lourds. La **Figure 11** représente la flotte de véhicules légers électriques avec la vision de BNEF pour le scénario **Haut** et les projections « Haut » et « Central » de RTE¹³ comme sources respectives pour les scénarios **Central** et **Bas** représentés ci-dessous. Le degré de confiance dans les projections de BNEF, avec près de 17,9 millions de véhicules légers électrifiés (véhicules BEV & PHEV), a récemment été renforcé par la vision actualisée de RTE¹⁴.

Le scénario **Central** considère une flotte de 15,6 millions de véhicules légers électrifiés en 2035 et le scénario **Bas** une flotte de 7 millions de véhicules électrifiés. AFRY a ensuite appliqué

l'hypothèse de RTE pour le ratio BEV/PHEV¹⁵ avec une répartition 78 % / 22 % dans le cas des projections **Haut** et **Central** et une répartition 60 % / 40 % pour le scénario **Bas**.

Afin de calculer le taux d'électrification du parc, représenté en **Figure 13**, AFRY a considéré une légère variation du parc de véhicules, avec un gain de 3 % sur le parc en 2029 par rapport à aujourd'hui, suivi d'une baisse avec la même tendance, mais négative (-3 %), jusqu'à 2035. Le raisonnement est de prolonger la croissance du parc total observée sur les dix dernières années, sur un rythme ralenti, et d'instaurer ensuite une légère décroissance en lien avec une réduction de l'usage de la voiture et un report modal progressif. La **Figure 10** représente à date la répartition du parc automobile tous carburants

¹³ Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique, 2019

¹⁴ RTE - Bilan prévisionnel 2023 : point d'étape

¹⁵ Ratio de véhicules hybrides à batterie (PHEV) et de véhicules à batterie (BEV)

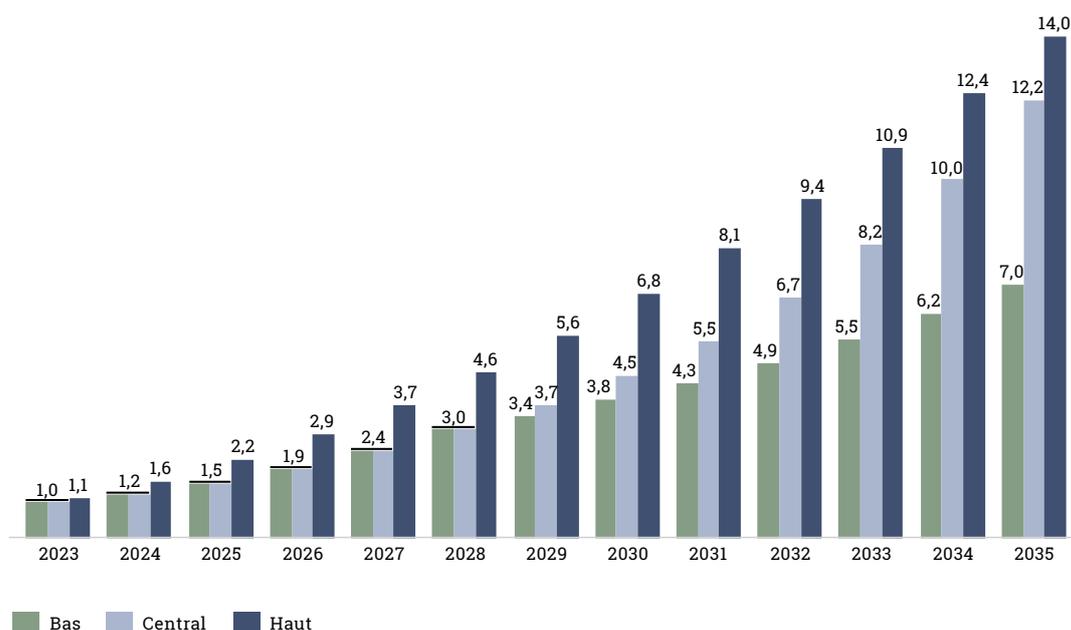
confondus. À noter que dans le cas des taxis et VTC, l'hypothèse d'un parc électrifié à hauteur de 50 % a été considérée pour être en ligne avec

les obligations de décarbonation grandissantes du secteur et le taux de remplacement de ces véhicules (supérieur à la moyenne).

Figure 10: Parc de véhicules, tous carburants confondus, en millions de véhicules

VL	Taxi	VUL	Poids lourd
38,3	0,1	6,5	0,6

Figure 11: Parc de véhicules électriques (BEV) en millions de véhicules



Concernant les poids lourds, le scénario « Bas » de RTE⁵² a été utilisé pour le scénario **Bas** de la modélisation. La question de la décarbonation des poids lourds prend de plus en plus de place au sein des discussions à l'échelle de l'Europe et les objectifs de réduction des émissions de CO₂ ont été revus à la hausse, avec une réduction de 45 % ciblée d'ici à 2030 par rapport aux niveaux de 2019, puis de 65 % d'ici à 2035.

Par ailleurs, les constructeurs européens de poids lourds affichent des objectifs de ventes de poids lourds électriques de 50 % dès 2030.

Cette vision « constructeurs » est utilisée pour le scénario **Haut** et correspond à une part de près de 40 % de poids lourds électriques en 2035. Mais comme le mentionne RTE dans son rapport⁵³, des doutes subsistent :

- vis-à-vis de la capacité de la filière à lever les verrous technologiques et économiques, et ;
- par rapport à la capacité de pénétration du tout électrique face aux alternatives (hydrogène, bio-carburant, etc.).

Une vision « modérée » de 110 000 camions électriques sera donc utilisée comme référence pour le scénario **Central**.

Figure 12: Parc de poids lourds électriques (BEV) en millier de véhicules

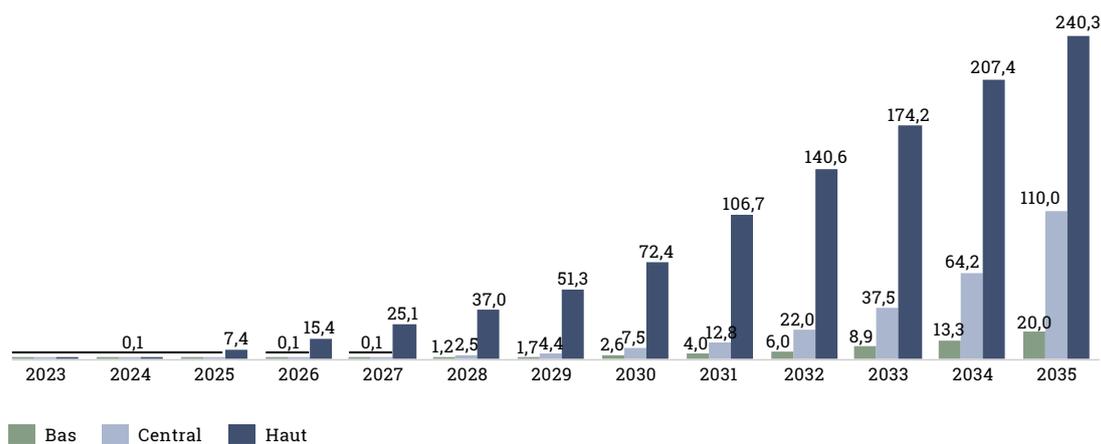
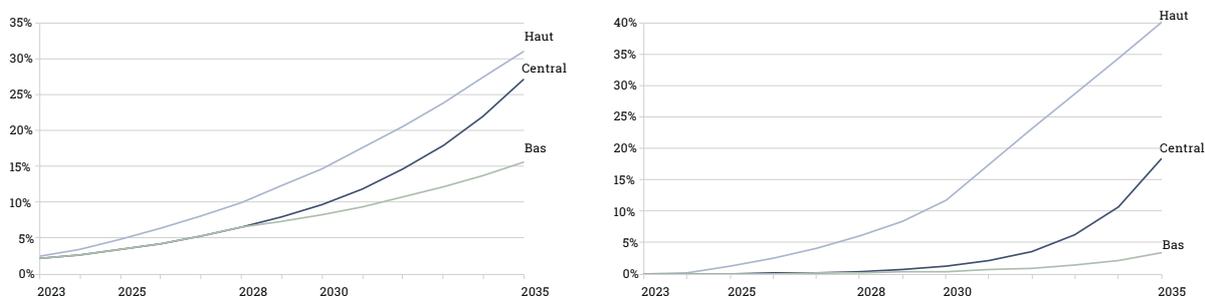


Figure 13: Taux d'électrification des véhicules légers (à gauche) et des poids lourds (à droite)



Au niveau de la modélisation, ces différents scénarios du taux d'électrification sont appliqués au parc de véhicules des différentes communes afin d'illustrer le remplacement

progressif des véhicules thermiques de chaque commune, en suivant une unique tendance nationale.

2.1.2. Évolution technique des véhicules

Dans l'évaluation de la demande énergétique des véhicules, l'efficacité intervient et peut évoluer au fur et à mesure que des progrès technologiques sont réalisés par les constructeurs automobiles. La **Figure 14** représente les

moyennes pondérées de consommation de différents véhicules. Les valeurs actuelles reposent sur des statistiques du gouvernement¹⁶ et l'évolution à la baisse observée a pour objectif de refléter les progrès technologiques.

¹⁶ Hypothèses sur le TCO lors des feuilles de route sur la décarbonation du gouvernement

Figure 14: Consommation moyenne de différentes catégories de véhicules en kWh/km

Année	VL quotidien	VL itinérance	VUL	Porteurs < 12 t	Porteurs 12-19 t	Porteurs > 19 t	VASP lourd ¹⁷	Tracteur routier
2023	0,18	0,23	0,20	0,6	0,9	1,15	0,44	1,3
2035	0,17	0,22	0,19	0,58	0,86	1,10	0,42	1,25

2.2. Zoom sur les besoins en recharge sur les grands axes routiers

2.2.1. Analyse du comportement de recharge lors de l'itinérance

2.2.1.1. Cas des véhicules légers

Dans les circonstances d'une itinérance, où le conducteur parcourt plusieurs centaines de kilomètres en empruntant des grands axes routiers tels que l'autoroute ou une route nationale, le comportement de recharge est étroitement lié à l'autonomie du véhicule.

Les données issues de l'enquête de mobilité de 2019¹⁸ indiquent que dans le cas des trajets de plus de 80 km, la distance moyenne parcourue est environ de 580 km. En considérant que le conducteur part initialement avec un véhicule chargé à 100 % et qu'il dispose d'une possibilité de recharge à destination, l'automobiliste ne va

se recharger en public que pour le minimum nécessaire afin d'atteindre sa destination. Au travers des données actuelles sur l'autonomie des véhicules électriques et une estimation de leur évolution, il est alors possible d'en déduire le besoin en recharge moyen d'un véhicule sur les grands axes routiers. La **Figure 15** représente l'évolution en besoin de recharge publique lors d'une itinérance au cours du temps. Pour considérer l'anticipation par le conducteur du besoin en recharge avant que la batterie ne soit totalement vide, AFRY a considéré une réduction de l'autonomie réelle des véhicules de 20 %.

Figure 15: Évolution des besoins en recharge publique au cours du temps, en %

Année	2023	2030	2035
Évolution de l'autonomie réelle ¹⁹	264 km	284 km	296 km
Besoin en recharge pour un trajet moyen ²⁰	54 %	51 %	49 %

¹⁷ Cette catégorie de véhicule concerne tous les véhicules, dont le poids total en charge ne dépasse pas 3,5 tonnes, et ayant subi un aménagement par un professionnel ou par un particulier. Cet aménagement est destiné à les rendre aptes au transport de personnes ou/et de marchandises, dans des conditions spécifiques. Cela peut par exemple regrouper les ambulances, les camping-cars, les caravanes, les remorques, les dépanneuses, les bennes à ordures, les tracteurs, etc.

¹⁸ Données et études statistiques, ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Enquête mobilité des personnes de 2019

¹⁹ L'autonomie réelle présentée ici inclut l'anticipation par le conducteur du besoin en recharge du véhicule

²⁰ Le trajet moyen considéré pour estimer le besoin en recharge est de 580 km

2.2.1.2. Cas des tracteurs routiers

La part de poids lourds dans le trafic moyen journalier figurant dans les données du gouvernement concerne des véhicules d'un poids total supérieur ou égal à 3,5 tonnes²¹. Du point de vue des caractéristiques techniques et des comportements de recharge, AFRY n'a considéré que la catégorie des tracteurs routiers pour les poids lourds réalisant de l'itinérance. Ces véhicules remorquent des charges lourdes sur les routes tout au long de l'année et sont caractérisés par un trafic relativement constant. En lien avec la stratégie des transporteurs et logisticiens, la planification et l'optimisation du trajet pour ces véhicules est primordiale afin de minimiser les coûts. La clé pour assurer l'essor des tracteurs routiers électriques résidera donc dans la possibilité de recharger ces véhicules sur les temps de pauses réglementaires.

La réglementation actuelle fixe au minimum une pause de 45 minutes après 4 h 30 de conduite et une pause nocturne de 11 heures, sauf 3 fois dans la semaine où elle peut être de 9 heures. Dans ces circonstances, le temps de pause moyen sur une journée pour un conducteur de poids lourd peut être évalué à 46 %. En

considérant que le poids lourd est limité dans ses manœuvres dans une aire de service ou de repos et que le véhicule va monopoliser une place avec un point de recharge électrique sur la durée de la pause, la valeur de 46 % peut être associée au besoin de recharge afin de dimensionner le nombre de points de charge. Il s'agit donc d'une vue à tendance maximaliste, et ce d'autant plus que le Comité national routier mentionne que l'approvisionnement en carburant via les cuves privées, c'est-à-dire en entrepôt, est de 65 %²² environ en 2022. Cela signifie que le plein de carburant réalisé dans les stations essences ne correspond qu'à 35 % du besoin d'un tracteur routier français sur une année.

Progressivement, l'obtention d'une meilleure vision sur la gestion du foncier sur les aires de service et de repos, sur les évolutions technologiques des batteries des poids lourds et sur les stratégies d'investissement des transporteurs vis-à-vis de la recharge rapide en entrepôt affineront l'évaluation du besoin en recharge publique des poids lourds.

2.2.2. Estimation des besoins énergétiques pour la recharge publique

Pour les grands axes routiers, l'estimation du besoin énergétique se base sur :

- Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) de l'axe routier, avec la proportion associée de poids lourds. Les données statistiques du gouvernement²³ font état de 315 axes routiers recensés, dont 82 axes routiers sans données sur le TMJA²⁴ et plus de 100 axes sans données sur la proportion de poids lourds²⁵.

- La consommation des véhicules.
- Le taux d'électrification.
- Le comportement de recharge.

Les trois scénarios **Haut**, **Central** et **Bas** ici adoptés reprennent les trois projections du taux d'électrification. Des variations du TMJA pour

²¹ Le trafic des bus et des autocars de plus de 3,5 tonnes sont donc inclus dans le ratio des poids lourds du TMJA

²² Enquête longue distance, Comité National Routier, 2022

²³ Data.gouv.fr, Trafic Moyen Journalier Annuel sur le réseau routier national

²⁴ AFRY a utilisé une valeur médiane propre aux routes nationales et aux autoroutes dans le cas des axes routiers sans données, à savoir 12390 veh/jour et 26390 veh/jour respectivement

²⁵ Pour intégrer la part des poids lourds dans le trafic journalier des axes sans données, AFRY a utilisé une valeur moyenne de 18 % pour les autoroutes et 3 % pour les routes nationales

chaque axe routier sont ensuite appliquées afin de considérer différents besoins de recharge selon l'affluence :

- **Scénario Haut** : Une augmentation de 7 % a été appliquée au trafic moyen journalier de chaque axe routier. Cette valeur permet de représenter une affluence plus importante, notamment lors des trajets estivaux, et semblerait être un ratio convenable pour retranscrire un dimensionnement à la 30^e heure.
- **Scénario Central** : valeurs moyennes pondérées du TMJA de chaque axe routier.
- **Scénario Bas** : Prise en compte d'un potentiel effet de report modal progressif, avec une baisse de 0,45 % annuelle de la circulation.

Cette décroissance de 0,45 % est observée en considérant la variation entre les valeurs de 2009 et 2019 sur la circulation annuelle moyenne des véhicules.

La considération des caractéristiques de chacune des routes (nombre de voies, débit horaire, etc.) ainsi que l'affluence à l'échelle des aires permettraient une évaluation plus précise du besoin en recharge. Mais la méthodologie utilisée ici donne une visualisation satisfaisante du besoin en recharge sur les grands axes. Les résultats du besoin en énergie sur les grands axes routiers au travers de cette modélisation sont présentés en **Figure 16**. Des études plus avancées, en amont d'une nouvelle vague de déploiement d'IRVE, permettront d'affiner le résultat et de mieux cibler le besoin aire par aire.

Figure 16: Besoin énergétique pour la recharge publique sur les grands axes routiers

	Total	Véhicules légers	Poids lourds
Haut	10,3 TWh	5,5 TWh	4,8 TWh
Central	6,5 TWh	4,5 TWh	2 TWh
Bas	2,8 TWh	2,5 TWh	0,3 TWh

2.2.3. Évaluation du nombre de points de charge

À la manière du modèle pour les trajets locaux, la dernière étape est la conversion du besoin énergétique en nombre de points de charge. La **Figure 17** présente la puissance moyenne acceptée sur les grands axes routiers, avec pour référence l'analyse de l'ICCT²⁶ et des estimations du besoin en termes de vitesse de recharge sur les pauses réglementaires pour les poids lourds.

Pour les véhicules légers, le besoin énergétique est satisfait à 50 % par les chargeurs rapides et 85 % par les chargeurs ultra-rapides afin de

prendre en considération la diversité du parc automobile et les différentes puissances de charge acceptées selon les catégories de véhicules. Ainsi, la puissance moyenne acceptée en 2035 est de l'ordre de 141 kW. Pour les poids lourds, le besoin énergétique est satisfait à 50 % par la catégorie de chargeur DC, répondant au besoin de recharge lors de la pause longue, et 50 % par la recharge ultra-rapide (dans le futur, MCS) et répondant au besoin des pauses courtes.

²⁶ Infrastructure de recharge au service de la transition vers la mobilité électrique en France, ICCT

Figure 17: Puissance moyenne acceptée pour différents chargeurs par les véhicules à différentes dates sur les grands axes routiers

Année	VL – Chargeur DC rapide	VL – Chargeur DC ultra-rapide	PL – Chargeur DC	PL – Chargeur ultra-rapide (MCS)
2023	35	60	50	90
2030	69	115	69	317
2035	90	150	80	670

Concernant le taux d'utilisation des points de charge sur les grands axes routiers, AFRY a considéré une évolution linéaire de 1,5 heure (6 %) en 2022 à 3 heures (12,5 %) d'ici à 2035. Les chargeurs des grands axes routiers vont plus facilement atteindre de telles valeurs de taux d'utilisation, comme l'indiquent certains rapports²⁷.

AFRY évalue le besoin à un peu plus de 43 000 points de charge en 2035 pour le scénario **Central**. La **Figure 18** présente en détail les résultats pour l'ensemble des autoroutes et des

routes nationales et la **Figure 19** donne une indication sur le besoin pour quelques axes routiers.

Il est à noter que même avec le scénario **Bas**, le nombre de points présents actuellement ne suffirait pas pour répondre au besoin de 2035. De nouvelles vagues de déploiement sur les grands axes routiers seront donc nécessaires, et ce, d'autant plus sur les réseaux non concédés et un certain nombre de routes nationales déficitaires en points de charge actuellement. L'annexe 5.1 donne une vue plus détaillée pour plusieurs autres grands axes routiers.

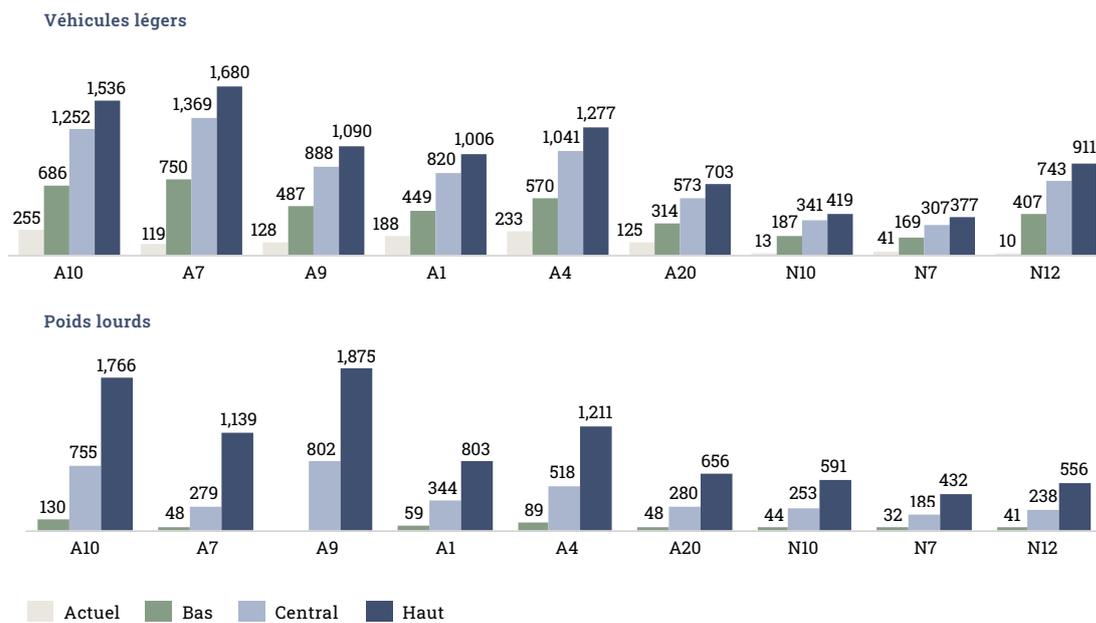
Figure 18: Résultats de la modélisation pour les besoins en nombre de points de charge sur les grands axes routiers²⁸

	Total	Véhicules légers	Poids lourds
Haut	# 67 700	# 37 160 dont # 27 030 sur autoroutes dont # 28 720 ultra-rapides	# 30 540 dont # 24 490 sur autoroutes dont # 3 260 ultra-rapides
Central	# 43 300	# 30 230 dont # 22 030 sur autoroutes dont # 23 400 ultra-rapides	# 13 070 dont # 10 470 sur autoroutes dont # 1 400 ultra-rapides
Bas	# 18 900	# 16 640 dont # 12 070 sur autoroutes dont # 12 820 ultra-rapides	# 2 260 dont 1 810 sur autoroutes dont # 240 ultra-rapides

²⁷ Charging for phase-out, T&E, 2022

²⁸ Les nombres de points de charge totaux modélisés sont ici arrondis à la centaine la plus proche et à la dizaine la plus proche pour le détail véhicules légers/poids lourds; certains arrondis (PDC véhicules légers) ont été légèrement adaptés pour permettre la concordance des sommes.

Figure 19: Évolution du besoin en nombre de points sur quelques axes routiers pour les véhicules légers et pour les poids lourds



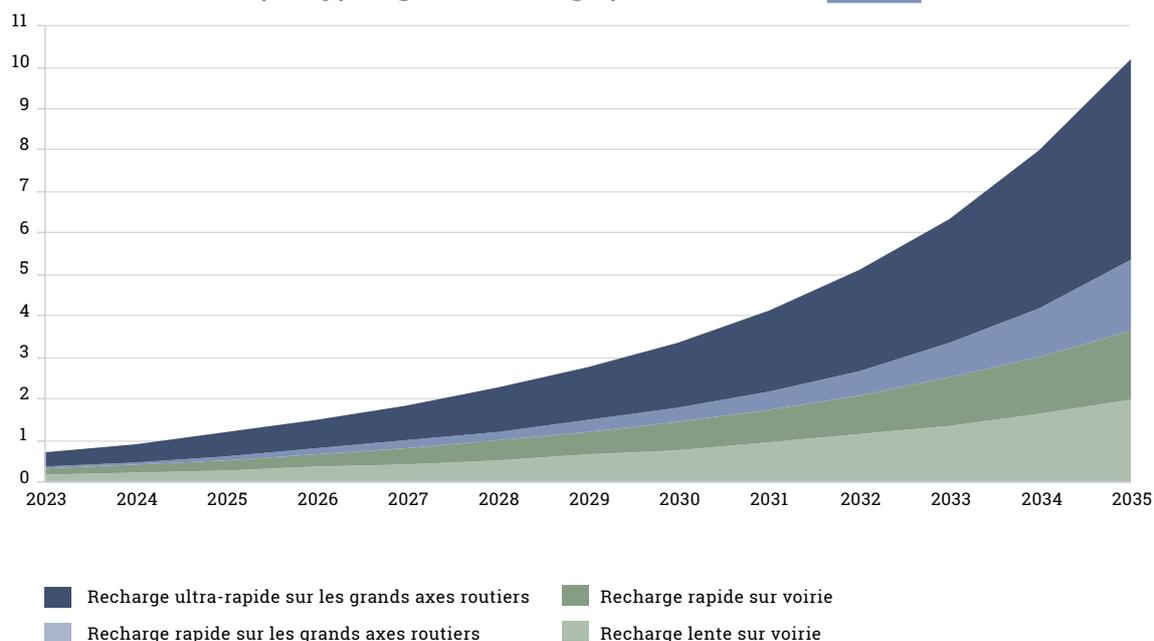
2.3. Synthèse des besoins en recharge publique sur le territoire français

AFRY présente ici les résultats combinés des deux modélisations pour illustrer le besoin global en énergie pour la recharge publique et en points de charge sur l'ensemble du territoire. Ces résultats sont étroitement liés aux hypothèses explicitées dans les parties précédentes, mais la présence de plusieurs scénarios pour le taux d'électrification, pour l'évolution du trafic sur les autoroutes et vis-à-vis du taux d'utilisation permet d'avoir une vue consolidée sur les besoins à horizon 2035.

La **Figure 20** présente la demande énergétique totale de recharge publique pour différents cas d'usage :

- Le besoin en recharge lente sur voirie se réfère par exemple au besoin des automobilistes ne possédant pas de possibilité de recharge à domicile ou à de la recharge publique pour les petits trajets du quotidien.
- Sur les grands axes, la catégorie de recharge rapide inclut la recharge prolongée des poids lourds lors de leurs pauses réglementaires et la recharge depuis des points de 150 kW pour les véhicules légers.
- La recharge ultra-rapide correspond aux technologies MCS pour les poids lourds et aux bornes de puissance 350 kW pour les véhicules légers.

Figure 20: Évolution du besoin énergétique (TWh/an) de la recharge publique par typologie de recharge pour le scénario **Central**



En finalité, AFRY évalue le besoin en points de charge à horizon 2035 entre 300 000 et 400 000 points. Cela permet de considérer différentes possibilités d'évolutions du taux d'électrification du parc automobile tout en visant un taux

d'utilisation de 12,5 % pour obtenir un meilleur équilibre entre le confort des usagers et la rentabilité des bornes. La **Figure 22** donne la répartition en termes de typologie de points des résultats présentés en **Figure 21**.

Figure 21: Résultat de la modélisation pour les besoins en nombre de points de charge²⁹

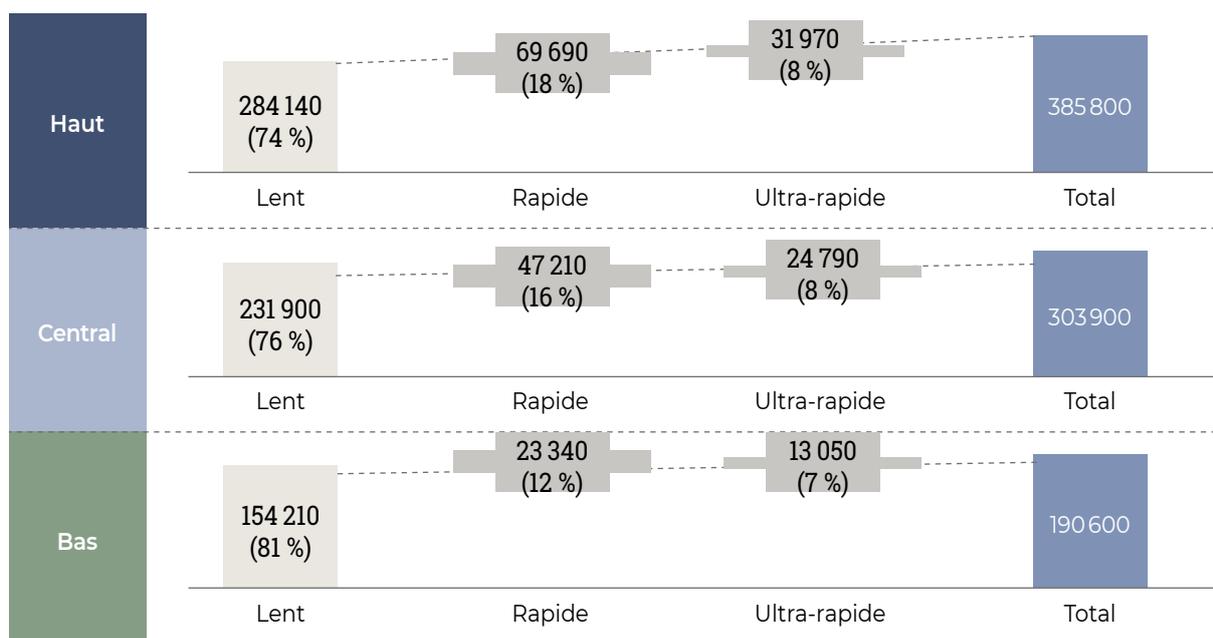
	Taux d'utilisation [4 % - 8 %]	Taux d'utilisation [6 % - 12,5 %]	Taux d'utilisation [8 % - 17 %]
Haut	# 544900 (14,7 TWh) Local: # 477200 Grands axes: # 67700 (dont PL: 30540)	# 385800 (14,7 TWh) Local: # 318100 Grands axes: # 67700 (dont PL: 30540)	# 306300 (14,7 TWh) Local: # 238600 Grands axes: # 67700 (dont PL: 30540)
Central	# 434200 (10,2 TWh) Local: # 390900 Grands axes: # 43300 (dont PL: 13070)	# 303900 (10,2 TWh) Local: # 260600 Grands axes: # 43300 (dont PL: 13070)	# 238800 (10,2 TWh) Local: # 195400 Grands axes: # 43400 (dont PL: 13070)
Bas	# 276500 (5,2 TWh) Local: # 257600 Grands axes: # 18900 (dont PL: 2260)	# 190600 (5,2 TWh) Local: # 171700 Grands axes: # 18900 (dont PL: 2260)	# 147700 (5,2 TWh) Local: # 128800 Grands axes: # 18900 (dont PL: 2260)

²⁹ Les nombres de points de charge modélisés sont ici arrondis à la centaine la plus proche (et à la dizaine la plus proche pour les PDC poids lourds)

Les différentes catégories mentionnées dans la **Figure 22** sont les suivantes :

- « **Type lent** » : puissance moyenne acceptée de 5,4 kW et de 9,5 kW (correspondant à des chargeurs AC, de 7 kW à 22 kW) en 2035.
- « **Type rapide** » : puissance moyenne acceptée de 90 kW pour les véhicules légers et de 80-90 kW pour les poids lourds³⁰ (correspondant à des chargeurs DC de 50 à 150 kW) en 2035.
- « **Type ultra-rapide** » : puissance moyenne acceptée de 150 kW pour les véhicules légers et de 670 kW pour les poids lourds (correspondant à des chargeurs CCS 350 kW et MCS) en 2035.

Figure 22: Répartition des typologies de points avec un taux d'utilisation de 12,5 % en 2035³¹



Le nombre et la répartition en typologie de points modélisés pour 2035 dans le cas du scénario **Central** avec un taux d'utilisation à 12,5 % permettraient à la France d'avoir une capacité installée de 1,4 kW par véhicule

électrique léger à batterie. Le pays serait donc aligné avec les recommandations de l'AFIR, tout en s'insérant dans une démarche de sobriété et de recherche de rentabilité acceptable des points de charge présents sur le territoire.

³⁰ Selon la typologie de recharge, le besoin en puissance de charge peut être réduit pour les poids lourds. C'est par exemple le cas pour la recharge pendant la pause longue de 9 heures environ. Considérer une puissance maximale admissible plus faible pour les poids lourds sur les grands axes routiers permet aussi de refléter de potentiels décalages technologiques selon le pays d'origine du tracteur routier

³¹ Les nombres de points de charge totaux modélisés sont ici arrondis à la centaine la plus proche (et à la dizaine la plus proche pour le détail des puissances); certains arrondis ont été légèrement adaptés pour permettre la concordance des sommes

3. Obstacles au déploiement d'une infrastructure de recharge publique

Les acteurs de la mobilité ont mentionné des obstacles qui freinent ou empêchent un déploiement optimal de l'infrastructure de recharge publique en France.

- Lors de la planification de l'infrastructure de recharge publique, les incertitudes technologiques (place de l'hydrogène pour les poids lourds), le manque de visibilité et le court-termisme sur les raccordements conduisent à un déploiement suboptimal.
- Installer les IRVE nécessite de sécuriser le foncier approprié (particulièrement pour la recharge pour poids lourds), des investissements importants, et une chaîne logistique parfois grippée par la demande croissante.
- En opération, en plus des considérations de maintenance et les risques inhérents à la volatilité des marchés de l'énergie, la rentabilité des IRVE est souvent qualifiée d'insuffisante par l'écosystème.
- De façon générale, le déploiement de l'infrastructure et l'électrification du parc sont intrinsèquement liés; il est nécessaire que les IRVE ne soient pas un frein à l'achat des véhicules électriques, et donc que « l'expérience client » des bornes soit satisfaisante.

3.1. Obstacles à la planification optimale des IRVE

3.1.1. Raccordement électrique des IRVE

Le raccordement au réseau de distribution est un jalon essentiel du déploiement des IRVE; mais la multiplication des demandes de raccordements de bornes, concomitantes avec l'accélération des énergies renouvelables, met une forte pression sur les GRDE (Gestionnaires de réseau de distribution d'énergie).

Le raccordement électrique des IRVE suit des procédures définies à partir du Code de l'Énergie, des décrets applicables, et des délibérations de la CRE (Commission de régulation de l'énergie). L'ensemble des GRDE y sont soumis; l'étude prend ici principalement l'exemple d'Enedis, qui représente 95 % du réseau français, mais les observations et mesures identifiées se rapportent à l'ensemble des GRD concernés.

La procédure « Enedis-PRO-RAC_14E » de 2021 détaille le traitement des demandes de raccordement des installations de consommation individuelle ou collective en BT > 36 kVA et en HTA, cadre qui inclue les IRVE. Les demandes de raccordement sont ainsi traitées chronologiquement à partir de leur date de dépôt, ou de la date de dépôt de la demande anticipée de raccordement. Des délais importants dans les raccordements d'IRVE sont toutefois remontés par une majorité d'acteurs du secteur et observés dans les données publiées par la CRE³² sur l'activité 2022.

Des mesures avaient été prises pour faciliter notamment les raccordements sur les axes de service des grands axes routiers. En particulier, la procédure dérogatoire

³² Délibération CRE N° 2023-137 du 31 mai 2023 « portant décision sur l'évolution de la grille tarifaire des tarifs d'utilisation des réseaux publics d'électricité dans les domaines de tension HTA et BT au 1^{er} août 2023 et sur l'évolution du paramètre Rf au 1^{er} août 2023 »

« Enedis-PRO-RAC_028E » détaille une simplification de la procédure standard pour les IRVE :

- Les SCA (Sociétés concessionnaires d'autoroutes) sont autorisées à anticiper une demande de raccordement avant la désignation explicite de l'opérateur IRVE.
- La fourniture de l'autorisation d'urbanisme délivrée, de la localisation précise du poste de livraison HTA client, et des caractéristiques techniques détaillées ne sont pas nécessaires pour entrer dans la file d'attente ; la puissance de raccordement demandée ne peut cependant pas être modifiée.

Par ailleurs, comme indiqué dans le **Tome 1 – État des lieux de la recharge en France**, le taux de réfaction majoré ne s'appliquait que pour les premiers raccordements des aires de service ; or, les puissances demandées en raccordement lors de la première vague d'installations ont été limitées à une valeur au-delà de laquelle des renforcements supplémentaires du réseau devenaient nécessaires. Le taux de réfaction majoré n'a donc pas été utilisé au maximum de son potentiel, ce qui rendra les investissements relatifs aux prochains raccordements (pour augmenter la puissance à mesure que l'électrification du parc s'intensifie) significativement moins accessibles.

3.1.2. Visibilité insuffisante pour la bonne élaboration des SDIRVE

Les SDIRVE (Schéma directeur des Infrastructures de recharges pour véhicules électriques) offrent la possibilité à une collectivité ou un établissement public d'organiser le déploiement des IRVE sur son territoire de manière concertée et cohérente ; au premier trimestre 2023, seule une trentaine de SDIRVE ont été validés, sur 116 engagés à l'échelle nationale³³.

Ils ont été introduits par la Loi d'orientation des mobilités de 2019, et permettent en particulier de bénéficier d'un taux de réfaction majoré à 75 % pour le raccordement des IRVE qui s'inscrivent dans le SDIRVE.

Pour l'élaboration des SDIRVE, les opérateurs sont tenus par le Décret n° 2021-566 du 10 mai 2021³⁴ de fournir des données concernant l'utilisation des bornes sur leur réseau. À partir de ces données peuvent être construits les schémas directeurs.

Toutefois, les plans des déploiements à venir des opérateurs privés ne sont pas toujours communiqués dans la réalité, et les SDIRVE risquent de pâtir d'obsolescence accélérée si une démarche contraignante de mise à disposition des données n'est pas mise en place et respectée par les développeurs et opérateurs d'IRVE.

3.1.3. Incertitudes sur la part des alternatives technologiques à la mobilité lourde à batterie électrique

Les incertitudes entourant le développement de l'hydrogène en tant que source d'énergie pour la mobilité lourde ont contribué à retarder le déploiement des bornes de recharge électrique adaptées à cet usage spécifique.

L'hydrogène a été considéré comme une solution prometteuse pour les véhicules lourds tels que les camions et les bus, offrant une alternative aux carburants fossiles et permettant des temps de recharge plus rapides ainsi qu'une autonomie étendue. Les constructeurs

³³ Ministère de la Transition énergétique, Cartographie des SDIRVE (actualisée le 07/04/2023)

³⁴ Décret « relatif à la fourniture d'informations d'usage des infrastructures de recharge ouvertes au public pour les véhicules électriques et les véhicules hybrides rechargeables »

continuent d'investir dans la technologie, mais une forme de consensus a semblé émerger ces derniers mois en faveur de l'électrique à batterie, au moins pour la décennie à venir. Cela s'est matérialisé par d'importantes levées de fonds dans le secteur et des annonces en ce sens émanant des constructeurs³⁵.

Les coûts élevés associés à l'infrastructure de l'hydrogène, notamment la construction de stations de ravitaillement spécialisées, le transport ou les pipelines, pèsent dans cette tendance. À date, les possibilités de ravitaillement hydrogène

à haute pression ou liquide sont donc très limitées en France. À l'inverse, la recharge électrique bénéficie d'une technologie éprouvée (bien qu'à adapter aux hautes puissances, jusqu'au MCS) et d'une infrastructure existante plus développée pour les véhicules légers.

Bien qu'une tendance claire se dessine, le futur de la mobilité hydrogène reste néanmoins une inconnue dimensionnante dans le déploiement à plus long terme de l'infrastructure de recharge électrique.

3.2. Obstacles à l'installation des IRVE

3.2.1. Faible disponibilité du foncier sur grands axes routiers pour accueillir des stations de recharge, en particulier pour poids lourds

Sur les grands axes routiers, la disponibilité limitée du foncier peut poser un défi pour l'installation de stations de recharge. Les espaces le long de ces axes sont prisés par différentes activités commerciales, se caractérisent par des coûts élevés du foncier et peuvent être soumis à des réglementations limitant l'utilisation des terrains. Dans le cas des poids lourds, où suffisamment d'espace sera requis pour faciliter les manœuvres et fluidifier le flux de véhicules, la problématique se pose d'autant plus.

La gestion de la logistique est cruciale pour les transporteurs et cela implique une planification efficace des temps de pause pour les conducteurs afin de respecter les réglementations en vigueur et d'optimiser les opérations de transport. Pour favoriser la transition vers les poids lourds électriques, il apparaît donc que la facilité d'accès à des points de charge lors des temps de pause réglementaires sera primordiale. Les conducteurs doivent réaliser une pause de 45 minutes³⁶ après 4,5 heures de conduite et un repos réglementaire de 11 heures, pouvant être réduit à 9 heures trois fois par semaine.

Les poids lourds nécessiteront donc des infrastructures de recharge spécifiques et cohérentes avec les temps de pause, à savoir des technologies MCS pour les temps de pause courts et des bornes DC du type 50 à ~100 kW pour la recharge nocturne. L'enjeu portera sur l'aménagement optimal des aires de service ou de repos afin de gérer au mieux l'affluence des poids lourds, de limiter le temps d'attente et de faciliter les manœuvres.

Trouver des emplacements appropriés pour installer ces infrastructures de recharge représentera un défi en raison de la disponibilité limitée du foncier le long des grands axes routiers. Les terrains disponibles peuvent déjà être utilisés pour d'autres fins, tels que des stations-service traditionnelles, des aires de repos avec un minimum d'artificialisation ou des installations existantes. De plus, l'acquisition ou la location de foncier pour installer des infrastructures de recharge représente un investissement ou des coûts importants et peut complexifier le déploiement.

³⁵ « Milence: le futur réseau de recharge rapide des poids lourds détaille ses ambitions », *Publication Avere-France*, 14 décembre 2022

³⁶ Pause divisible en deux périodes de 15 minutes puis 30 minutes

3.2.2. Faible disponibilité du foncier en zone urbaine dense

Le déploiement d'infrastructures de recharge en zone urbaine dense peut représenter un défi important en raison de l'espace limité et de la concurrence pour l'utilisation du foncier. Les zones urbaines denses sont souvent caractérisées par une forte tension au niveau des places de stationnement et cela constitue donc un réel obstacle au déploiement d'infrastructures de recharge. Le problème de la voiture « ventouse »³⁷ est particulièrement épineux puisqu'il faut s'assurer que le point de recharge soit le plus souvent disponible.

En termes de technologies de recharge, la

clé sera de proposer des options de recharge lente en nombre suffisant afin de répondre au besoin de recharge « de proximité » des foyers ne disposant pas de stationnement privatif avec possibilité de recharge. À noter qu'en milieu urbain, il y aura aussi une demande pour des bornes de recharge DC rapide et ultra-rapide, notamment de la part des professionnels tels que les chauffeurs VTC et les loueurs de véhicules, qui souhaitent une recharge rapide pendant leurs heures de travail. L'idée est donc d'évaluer au mieux le besoin de chaque commune pour déployer les technologies de recharge adéquates.

3.2.3. Investissements importants nécessaires, en particulier pour la recharge DC

L'installation d'infrastructures de recharge se caractérise par un certain nombre de postes de coûts:

- **Coût de l'infrastructure électrique** correspondant aux différents équipements électriques: transformateur, câblage, borne de recharge, etc. Ces travaux peuvent être d'autant plus coûteux si des mises à niveau sont nécessaires pour répondre à la demande de puissance des bornes de recharge.

- **Coût d'installation de la borne** incluant la main-d'œuvre, les travaux de génie civil pour la mise en place des bases, les frais de raccordement électrique, etc.

- **Coût de fourniture des bornes.**

- **Coût éventuel lié au foncier** si son acquisition est souhaitée plutôt qu'une location.

Les investissements pour les bornes de recharge varient selon la technologie. Les coûts associés au déploiement de bornes rapides en courant continu sont plus élevés, notamment:

- Installation: de ~25 000 à 30 000 € pour du DC contre moins de 5 000 € pour du AC;
- Fourniture: jusqu'à ~75 000 € pour du DC 350 kW contre ~2 000 € pour du AC³⁸;

Ces investissements plus importants peuvent constituer un frein important au déploiement de l'infrastructure DC rapide, notamment pour les collectivités.

³⁷ Qui stationne trop longtemps après la fin de sa recharge

³⁸ Source: EU Charging Masterplan, 2021, ACEA

3.2.4. Délais de fourniture des bornes de recharge et autres défis relatifs à la chaîne d'approvisionnement

L'accélération du déploiement des bornes de recharge représente une opportunité pour les fabricants de bornes, mais engendre des défis en termes de disponibilité du matériel, de leur acheminement et de leur production.

Cela pose des contraintes d'approvisionnement pour les constructeurs eux-mêmes, qui doivent passer des commandes de plus en plus importantes à leurs fournisseurs, voire mobiliser des efforts commerciaux supplémentaires pour en sécuriser de nouveaux.

Tous les composants n'ont cependant pas la même criticité pour les fabricants de bornes :

- Le matériel de base (exemple : armoires métalliques) : peu critiques, disponibles.
- Les composants techniques non-critiques (par exemple : les disjoncteurs), sont généralement fournis par des grands groupes électroniques, capables d'absorber cette augmentation de la demande.
- Les composants critiques, c'est-à-dire les transistors de puissance et autres composants liés

aux semi-conducteurs (diodes, microcontrôleurs, capteurs...), nécessitent de passer des commandes importantes, et donc d'avancer des dépenses pour pouvoir sécuriser des approvisionnements suffisants.

Malgré une cadence soutenue de production, l'écosystème observe un allongement des délais de livraison des bornes de recharge, qui peuvent, pour certains constructeurs, atteindre une année.

Ces tensions sur la chaîne d'approvisionnement obligent les installateurs de bornes à anticiper les commandes pour ne pas retarder la livraison des points de charge. En particulier pour les opérateurs locaux, cela nécessite un regroupement de ceux-ci pour passer des commandes communes aux fournisseurs de bornes, et ainsi raccourcir les délais et optimiser les coûts.

De manière générale, les tensions sur l'offre de bornes, en particulier européenne, ont un impact négatif sur la cadence de déploiement des points de charge.

3.3. Obstacles à l'opération des IRVE

3.3.1. Rentabilité insuffisante

Le modèle d'affaires des IRVE est fondé sur un équilibre entre des CAPEX importants et les revenus issus des sessions de recharge, qui sont en fonction de la tarification et du taux d'utilisation annuel moyen. Un faible taux d'utilisation s'observe :

- Lorsque le besoin en recharge pour la « petite itinérance » est faible ou très faible aux alentours de la borne ou d'une hypothétique borne (population, axes à proximité, lieux excentrés ou peu pratiques, etc.) :
 - L'électrification du parc automobile pourra

améliorer le taux d'utilisation, mais le besoin restera structurellement trop faible.

- Lorsque les besoins futurs ont été anticipés, et qu'à l'heure actuelle le taux d'électrification ne suffit pas à générer une fréquentation significative :
 - L'électrification du parc automobile améliorera progressivement la rentabilité.

Pour l'instant, le taux moyen d'utilisation des IRVE est estimé être de l'ordre de 2 %³⁹, compte tenu de la taille du parc actuel comparé au

³⁹ Estimation AFRY sur la base des hypothèses prises dans la modélisation

nombre et à la puissance des points de charge sur le territoire. Les acteurs de l'écosystème ont signalé une faible rentabilité, voire des modèles déficitaires, ce qui est cohérent avec cette estimation du taux d'utilisation.

Dans la modélisation générale, 3 scénarios avec 3 évolutions du taux d'utilisation entre 2023 et 2035 ont été considérés: de 4 % (1 h) à 8 % (2 h), de 6 % (1 h 30) à 12,5 % (3 h) et de 8 % (2 h) à 17 % (4 h). L'évolution est linéaire entre 2022 et 2035.

Figure 23: Correspondance entre taux d'utilisation et nombre d'heures d'utilisation quotidienne moyenne sur une année

Scénario	Heures d'utilisation quotidienne	
	en 2023	en 2035
[4 % - 8 %]	1h	2h
[6 % - 12 %]	1h30	3h
[8 % - 17 %]	2h	4h

Une approximation d'un modèle d'affaires soumis à ces différents taux d'utilisation a été étudié, en particulier pour le cas d'usage « point de charge 7 kW AC sur voirie pour de la recharge de proximité ». Des CAPEX simplifiés ont été estimés à ~4 000 € (fourniture ~2 000 €, installation et raccordement ~2 000 €) et des OPEX (hors coût de l'énergie) à ~400 €. À partir des courbes de prix AFRY pour le marché européen, et un prix de 33 centimes € du kWh pratiqué à la borne, la rentabilité est très faible dans le scénario [8 %-17 %] (de l'ordre de 1 % de TRI), et négatif dans les scénarios [6 %-12 %] et [4 %-8 %] en l'absence de mécanismes de soutien.

Toutefois, en ajoutant une prime ADVENIR (~1000 € de CAPEX) et une approximation du

mécanisme de la TIRUERT (seulement les premières années), le TRI sur 15 ans passe à ~15 % dans le scénario [8 %-17 %]. Dans le scénario [6 %-12 %], le TRI descend à 6 %. Enfin dans le scénario [4 %-8 %], le TRI est négatif.⁴⁰

Puisqu'à l'heure actuelle le taux d'utilisation effectif est en moyenne encore inférieur, le problème de rentabilité sur les bornes AC 7 kW est un enjeu majeur si les tarifs doivent rester modérés.

À noter que certains modes de tarification pratiqués (systèmes d'abonnements notamment) peuvent permettre d'équilibrer le modèle des opérateurs à l'échelle de leur réseau entier, mais n'ont pas été modélisés dans le cadre de l'étude.

3.3.2. Durée légale des contrats de sous-concessions autoroutières

Sur les autoroutes concédées, l'installation et l'opération d'IRVE sur les aires de service doivent passer par un processus d'appel d'offres transparent, à l'issue duquel une société sous-concessionnaire est sélectionnée comme CPO. Les contrats entre les sociétés concessionnaires d'autoroutes et

leurs sous-concessionnaires ne peuvent pas dépasser une durée de 15 ans, en application de l'article R122-42 du Code de la voirie routière. L'État a récemment autorisé que les contrats de sous-concession IRVE puissent dépasser la durée résiduelle des concessions autoroutières, ce qui a écarté un premier obstacle contractuel.

⁴⁰ Ces estimations de rentabilité sont fondées sur une revue des différentes études existantes; elles sont fortement dépendantes des hypothèses de CAPEX initiales, en particulier sur les petites puissances. Elles sont également très sensibles au prix pratiqué à la borne. Elles n'ont pas ici vocation à reproduire en détail les modèles d'affaire des opérateurs, et ont simplement pour objectif d'estimer l'impact des taux d'utilisation et des mesures de soutien sur la rentabilité.

Toutefois, puisque les investissements réalisés sont importants (notamment sur la recharge DC ultra-rapide, ou sur les infrastructures destinées aux poids lourds), il peut être nécessaire de fixer

des durées de contrat au-delà de 15 ans, ce qui n'est pas possible à date et peut constituer un frein.

3.3.3. Défis de la maintenance et du taux de disponibilité

Un point de charge est considéré comme disponible s'il n'est ni en maintenance ni hors-service. L'Avere-France⁴¹ indique dans son baromètre un taux de disponibilité de 84 % en moyenne pour un point de recharge AC, 83 % pour un point rapide (DC < 150 kW) et 77 % pour un point ultra-rapide (DC > 150 kW)⁴². La charge normale semble donc souffrir de moins de périodes d'indisponibilité que la charge rapide. En revanche, elle présente des taux de sessions engagées avec succès inférieurs à la moyenne nationale, comme l'indique l'AFIREV⁴³ en 2022. Au-delà des technologies de recharge, des disparités fortes peuvent aussi être présentes entre les régions. Par exemple, les taux moyens de succès d'une session de recharge peuvent varier de 83,7 % en Occitanie à 60,7 % en Normandie⁴³.

La maintenance apparaît comme le sujet clé derrière ces taux de disponibilité et un certain nombre d'améliorations ont besoin d'être apportées. Tout d'abord, l'urgence de la maintenance peut être différente selon si le point de charge est sur une autoroute, et plus précisément une station avec plusieurs autres points, ou dans une zone rurale où il peut ne pas y avoir d'autres points à proximité. C'est ainsi qu'un meilleur diagnostic de la nature des pannes semble pertinent afin de réduire au maximum les délais, et d'autant plus dans

une zone avec un faible maillage. Certains opérateurs ont remonté qu'un simple appel pour régler le problème à distance pourrait souvent suffire. La mise en place d'un programme de maintenance préventive régulière est un moyen de réduire les pannes et minimiser les délais de maintenance. Cela implique l'inspection régulière des bornes, le remplacement des pièces usées ou défectueuses, le nettoyage des connecteurs, etc.

La filière de la maintenance en mobilité électrique est en pleine croissance, et doit être couplée à une montée en compétences. La disponibilité d'un support technique réactif et compétent aura un impact significatif sur les délais de maintenance. L'utilisation des données provenant des bornes pour détecter rapidement les pannes ou les problèmes techniques en temps réel est aussi un facteur clé dans l'amélioration de la durée d'indisponibilité. Par ailleurs, le marché des véhicules électriques bascule des « *early adopters* » à des utilisateurs plus sensibles à des dysfonctionnements, d'où le besoin accru d'un service de qualité afin que la transition vers l'électrique continue d'accélérer. Mais de manière générale, des gains au niveau des indicateurs de qualité sont déjà visibles à l'échelle nationale par rapport aux résultats de l'observatoire de l'AFIREV de 2021⁴³.

⁴¹ Baromètre commun de l'Avere-France et du ministère de la Transition énergétique, sur la base des données Gireve, juin 2023

⁴² Étant donné qu'une petite minorité des points de charge n'est pas accessible en permanence, l'Avere-France estime que ces taux, basé à 100 % sur une disponibilité 24/7, peuvent subir une légère incidence négative

⁴³ Observatoire de la qualité des services de recharge électrique accessibles au public, AFIREV, Édition S1 2022

3.3.4. Volatilité des prix de l'énergie

La volatilité des prix de l'énergie en Europe constitue un défi majeur pour la constitution d'un modèle d'affaires solide pour les bornes de recharge publiques. Les fluctuations des prix de l'énergie ont un impact significatif sur les coûts d'exploitation, ce qui rend difficile la prévision des revenus et la rentabilité à long terme de ces infrastructures. Les opérateurs de bornes de recharge doivent constamment s'adapter aux fluctuations des prix de l'électricité, ce qui peut entraîner des difficultés pour équilibrer les coûts d'exploitation et les revenus générés.

Pour surmonter ces défis, les opérateurs de bornes de recharge peuvent à minima négocier des contrats à prix fixes avec leurs fournisseurs d'électricité, voire passer directement par des CPPA⁴⁴. Des stratégies de flexibilité s'envisagent également; cela peut inclure des mécanismes

de tarification dynamique, où les prix de la recharge varient en fonction des prix de l'électricité. De cette manière, les gestionnaires de bornes de recharge peuvent répercuter les variations des coûts d'énergie sur les utilisateurs, tout en maintenant une certaine compétitivité par rapport aux autres options de carburant.

Cependant, la variabilité des prix de l'énergie peut entraîner une incertitude pour les utilisateurs de bornes de recharge publiques. Les conducteurs de véhicules électriques peuvent hésiter à passer à l'électrique si les prix sont perçus comme trop élevés ou imprévisibles. Cela peut à terme compromettre la demande, d'autant plus dans un contexte post-crise de l'énergie de l'hiver 2022, qui a connu une forte médiatisation et a tourné l'attention vers la volatilité des prix de l'électricité.

3.4. Obstacles à l'achat de véhicules électriques liés à la recharge

3.4.1. Complexité du parcours de recharge

Le parcours utilisateur d'une borne de recharge électrique peut s'avérer complexe. Ce processus est confronté à divers défis qui peuvent rendre la recharge déroutante, frustrante et peu pratique pour les utilisateurs. Les systèmes de recharge divers et les systèmes de paiement fragmentés contribuent à créer une expérience utilisateur complexe, en particulier pour les nouveaux usagers.

Avec la multiplication des fabricants de véhicules électriques, il existe différents types de prises, de connecteurs et de protocoles de communication utilisés pour la recharge. Même si le connecteur type 2 (Mennekes) triphasé tend à se généraliser, certains véhicules et bornes utilisent encore les connecteurs de type 1 (J1772).

De plus, il existe également des normes spécifiques pour la recharge rapide, telles que le

connecteur Combo CSS (Combined Charging System) ou le connecteur CHAdeMO.

Cette diversité de normes peut rendre complexe l'interopérabilité entre les bornes de recharge et les véhicules électriques. Les utilisateurs doivent s'assurer d'avoir le bon type de connecteur ou utiliser un adaptateur approprié pour se connecter à une borne spécifique. De plus, certains véhicules électriques sont compatibles avec différents niveaux de puissance de charge, ce qui nécessite une attention particulière pour choisir la borne de recharge offrant la puissance adaptée à leur véhicule.

Enfin, la tension de recharge admise par les véhicules électriques s'oriente vers du 800 V, et remplace progressivement les batteries en 400 V. Les 800 V permettent une recharge plus rapide sur les bornes compatibles; elles restent

⁴⁴ Coporate Power Purchase Agreement: Contrats d'achat d'électricité de gré à gré

fonctionnelles quand branchées sur des bornes 400 V, mais la recharge est significativement plus lente. Cela peut conduire à de la confusion supplémentaire pour les utilisateurs, d'autant

plus que cette information sur les bornes n'est pas facilement accessible (pas de remontée en open data ou sur les applications de planification d'itinéraire).

3.4.2. Opacité de la tarification et prix de la recharge

À l'heure actuelle, une certaine diversité dans les modes de tarification des bornes est présente et complexifie l'expérience des automobilistes. Un manque de transparence est bien souvent remonté de la part des utilisateurs, avec des tarifs qui sont très variables selon la technologie de la borne, l'opérateur, la période de recharge, la présence d'un abonnement ou d'offres de recharge via un e-MSP. Les utilisateurs ont du mal à comprendre comment les tarifs sont déterminés et quels sont les frais supplémentaires éventuels. Conséquence de cette diversité tarifaire, il est difficile d'avoir une vue précise de l'ensemble des prix des bornes publiques et de déduire une valeur moyenne à l'échelle du pays.

Une certaine confusion est donc présente parmi les utilisateurs de bornes de recharge qui peuvent difficilement prévoir combien ils vont payer en finalité.

Pour répondre à ces critiques, la réglementation européenne AFIR précisera la tarification et les modes de paiement minimaux :

- Possibilité de payer par carte bancaire sur toutes les nouvelles bornes > 50 kW (et rétrofit obligatoire sur tout le réseau TEN-T).
- Pour les bornes d'une puissance > 50 kW, le prix doit être au kWh, avec la possibilité d'une tarification à la minute en plus pour décourager les stationnements trop longs.
- Le prix doit être indiqué de manière transparente, en indiquant, dans l'ordre, le prix au kWh, le prix par minute, le prix par session et tout autre élément de tarification.

3.4.3. Anxiété à la recharge

La recharge électrique est source d'anxiété pour de nombreux utilisateurs; cela constitue un frein à l'achat très significatif, que le déploiement massif des IRVE tente de résoudre. Les utilisateurs souhaitent qu'un maillage serré quadrille le territoire finement, pour être rassurés quant à la possibilité de se recharger et ne pas tomber en « panne sèche ». La possibilité qu'une borne indiquée comme disponible soit en réalité indisponible (occupée, en maintenance, non-fonctionnelle) participe de cette anxiété.

À mesure que le véhicule électrique se démocratisera, une autre anxiété prendra le relais, celle liée aux files d'attente pour se recharger; ce phénomène, pour l'instant rarement observé, pourrait particulièrement se manifester sur les grands axes routiers lors des grands départs en vacances, pendant la période estivale.

3.4.4. Indisponibilité de recharge de proximité abordable

Certains foyers possèdent un véhicule mais pas de solution de stationnement privé (garage,

emplacement dans un jardin, place réservée en copropriété). Puisque leur véhicule stationne sur

la voirie ou sur parking public, ils n'ont donc pas accès facilement à la recharge ou bien n'ont pas la possibilité de se recharger à un prix modéré, qu'il est possible d'obtenir via une installation de borne à domicile. Certaines communes pratiquent des tarifs nocturnes plus avantageux, mais lorsque ce n'est pas le cas, le coût de la

recharge (si elle est effectuée uniquement sur borne DC par exemple) peut devenir prohibitif.

En particulier dans les centres urbains, cela peut engendrer une moindre adoption du véhicule électrique pour des raisons économiques ou de praticité de la recharge.

4. Mesures-clés pour réussir le déploiement d'une infrastructure de recharge publique

Sur les grands axes routiers, les possibilités d'emplacement pour l'installation de bornes de recharge sont limitées. Les aires de service et les aires de repos constituent les seules options qui ne nécessitent pas de création d'infrastructures supplémentaires d'entrée et de sortie de grands axes. Dans un contexte d'objectif ZAN (zéro artificialisation nette) pour 2050, il est d'autant plus pertinent de s'en tenir aux aires et zones déjà artificialisées.

Le défi des jours de pointes (grands départs) sera d'éviter la saturation des aires sur grands axes, qui ne sont aujourd'hui pas dimensionnées pour accueillir un stock de véhicules patientant pour se recharger ; de plus, les zones de parking sur aires ne sont généralement pas traversantes, ce qui engendre des manœuvres et ralentit le temps total nécessaire pour se recharger. Éviter la saturation représentera non seulement un enjeu de sécurité (file d'attente qui pourrait déborder sur la voie principale), mais aussi d'acceptabilité pour les usagers, qui pourraient le cas échéant être découragés d'acquérir un véhicule électrique à batterie.

Ainsi, la réponse aux besoins en recharge sur autoroute se fera principalement sur ces aires, et les raccordements au réseau de distribution devront pouvoir y répondre. Alors qu'une deuxième vague de déploiement apparaît nécessaire dans les prochaines années sur les aires de service, une optimisation planifiée du déploiement pourrait limiter les coûts pour toutes les parties prenantes et s'insérer dans une nécessaire logique de sobriété tout en fluidifiant les installations.

La pointe devra donc être traitée par une réduction en amont du flux (itinéraires alternatifs, communication sur le trafic) et en aval par le déploiement de solutions de recharge *ad hoc*.

4.1. Mesures-clés « Grands axes routiers »

4.1.1. Anticipation des besoins en raccordements

Impact : réduction des coûts de raccordement, amélioration de la rentabilité, accélération des déploiements	
KPI : coûts de raccordement évités et durée d'installation (scénario sans anticipation – scénario anticipé)	Parties prenantes : État, collectivités, SCA, GRDE
Levier(s) : décision politique et législative, modification(s) réglementaire(s)	

Une autorité publique dédiée pourrait être créée (cf. mesures transverses) et réaliser ou commander une estimation aire par aire des raccordements nécessaires pour 2035 sur les grands axes à l'échelle nationale, en fonction des besoins identifiés.

Cette estimation devrait inclure les aires de repos; les situations et coûts de raccordement sur les aires de repos sont disparates et dépendent de la proximité avec un poste. Équiper les aires de repos permettrait un maillage plus serré sur les grands axes et un allègement des aires de service (qui serviront la majorité de la demande en volume). Un équilibre doit cependant être trouvé pour conserver leurs avantages (proximité avec la nature, moins artificialisées) et les besoins en foncier bétonné pour l'installation d'IRVE.

L'estimation devrait également prendre en compte les raccordements dits « pendulaires » de part et d'autre d'un grand axe, sur deux aires face à face. Leur pic de charge étant généralement en alternance, cela permettrait de mutualiser le raccordement et de réduire les coûts.

L'autorité publique pourra faire appel aux Gestionnaires de réseau de distribution d'énergie (GRDE) pour prendre en compte des estimations de coût de raccordement.

Une fois l'estimation réalisée, l'autorité publique dédiée devrait exprimer les besoins de raccordements sur chacune des aires, tels que dimensionnés dans l'estimation; puis les demandes effectives de raccordement seraient émises par les acteurs pertinents (collectivités pour le réseau non concédé, SCA pour le réseau concédé), sans déroger aux prescriptions de puissance demandées par l'autorité publique.

Puis, à mesure des appels d'offres des SCA et de l'État auprès des opérateurs, un mécanisme de répartition des coûts de raccordement (ex: quote-part) serait appliqué à ces derniers.

Cette mesure permettrait l'accélération du déploiement et éviterait la confrontation avec un mur d'investissements; elle implique cependant un équilibre à trouver entre les périmètres des différentes parties prenantes, et un cadre légal adapté.

4.1.2. Allongement des durées de contrats de sous-concession

Impact: amélioration de la rentabilité (TRI) des projets et de l'attractivité des sous-concessions	
KPI: nombre de bornes proposées par aires	Parties prenantes: État
Levier(s): modification(s) réglementaire(s)	

Les contrats de sous-concession sur les autoroutes concédées ne peuvent dépasser 15 ans à l'heure actuelle (Article R122-42 du Code de la voirie routière). Pour les IRVE, des investissements significatifs peuvent être nécessaires et une augmentation de la durée des contrats

d'exploitation devrait être considérée. Hors réseau concédé, cette limitation n'a pas cours, et une durée contractuelle supérieure permettrait de réduire les mécanismes de soutien nécessaires à la rentabilité de l'investissement.

4.1.3. Réduction des pointes de trafic en amont

Impact: réduction de l'intensité des pics, amélioration de l'expérience usager, dimensionnement moins coûteux du réseau	
KPI: trafic évité, durée moyenne et max d'attente avant recharge	Parties prenantes: constructeurs automobiles, e-MSP, État, SCA
Levier(s): modification(s) réglementaire(s), communication et accompagnement du changement	

Pour limiter le stock de voitures électriques patientant pour se recharger lors des week-ends de grands départs, il est concevable que des itinéraires alternatifs soient employés pour éviter l'attente, ou que la recharge sur autoroute soit mieux répartie. Ainsi, le rôle des ERP (*Electric Route Planner*) sera déterminant pour moduler les flux sur les grands axes; ils pourront ainsi proposer des itinéraires hors autoroute, des arrêts avec des points d'intérêt (type « village étape »), ou conseiller des heures optimales de départ ou de recharge.

Pour l'instant, tous les véhicules électriques n'intègrent pas forcément d'ERP embarqué, et beaucoup d'utilisateurs sont dépendants d'applications tierces; mais celles-ci n'ont pas accès aux données de conduite qu'ont les systèmes embarqués. Les ERP auront également besoin d'avoir accès à des données fiables en temps réel sur l'ensemble des points de charge du réseau, en particulier leur bon état de marche et s'ils sont en cours d'utilisation. Le parcours de l'utilisateur pourra être adapté en conséquence: recharge en début de trajet plutôt qu'à la fin, aire de service moins fréquentée ou mieux dimensionnée, etc. La recommandation de sortir des grands axes devra être modulée en fonction du trafic et des capacités des échangeurs, pour éviter des saturations à ces niveaux-là également (remontée de file sur les diffuseurs et échangeurs, source d'accidents).

Le Décret n° 2022-1119 du 3 août 2022 relatif aux services numériques d'assistance aux déplacements a constitué une première mesure de l'État pour réguler les planificateurs d'itinéraires

au sens large, et impose la proposition d'un itinéraire alternatif plus vertueux pour l'environnement (moins émetteur de CO₂, notamment via une vitesse réduite). Dans cet esprit, les ERP pourraient également être soumis à certaines obligations de propositions d'itinéraires et de recharge, dans le but d'alléger la charge sur le réseau et d'éviter les files d'attente aux bornes.

Une tarification dynamique de la recharge sur autoroute en fonction du trafic pourrait être étudiée pour inciter les usagers à voyager à des horaires moins congestionnés. Cependant, le risque de non-acceptation de la mesure est fort, et si une telle tarification était mise en place, elle devrait être régulée pour éviter un effet d'emballage sur les prix lors des pointes. Des baisses de prix pour la recharge hors autoroute les jours de pointe pourraient contourner ce problème d'acceptabilité.

Le report modal vers d'autres moyens de transport décarbonés (développement du rail, relance des trains de nuit) pour la grande itinérance sera également un facteur de réduction des pointes, et devra être encouragé. D'après l'étude RTE-IPSOS de 2023⁴⁵, il existe bien des « marges de manœuvre possibles mais actuellement contraintes » pour des changements des habitudes de la population (report modal en tête, suivi de l'optimisation des déplacements en voiture).

Enfin, l'étalement de ces grands départs sur plusieurs jours constitue une solution envisageable, qui nécessiterait toutefois des changements de société significatifs: sortie du modèle des

⁴⁵ Comprendre et piloter l'électrification d'ici 2035 : Les conditions clés pour relever les défis de la transition énergétique, Étude RTE-IPSOS, 2023

locations du samedi au samedi, flexibilisation de la prise de congés, changement des vacances scolaires, etc.

4.1.4. Absorption des pointes de trafic via des solutions *ad hoc*

Impact: amélioration de l'expérience usager, dimensionnement moins coûteux du réseau	
KPI: durée moyenne et max d'attente avant recharge	Parties prenantes: SCA, collectivités
Levier(s): expérimentation à conduire, soutien aux investissements à réaliser	

Pour gérer les pointes de trafic et éviter les encombrements dans et à l'entrée des aires de service lors des week-ends de grand départ, des solutions *ad hoc* ou « mobiles » pourront être déployées ponctuellement pour mieux absorber le pic. Celles-ci se présenteraient sous la forme de stations de recharge mobiles, alimentées par une source d'énergie la plus décarbonée possible. Cette source pourrait être :

- Le réseau de distribution – si le raccordement a été surdimensionné par rapport aux besoins actuels en anticipation des besoins futurs.
- Des BESS (Systèmes de stockage d'énergie de batterie) mobiles (pouvant atteindre la taille d'un conteneur), rechargées soit en amont sur le réseau, soit via du photovoltaïque sur site.
- Des générateurs sur site, fonctionnant avec des carburants décarbonés (bio et électrocarburants, hydrogène, etc.);

Par exemple, il est possible d'embarquer une batterie (déjà chargée) à bord d'un véhicule

utilitaire et de le déployer où le besoin se trouve⁴⁶. Il est également envisageable de déployer rapidement une station de recharge de la taille d'une place de parking, surmontée de panneaux solaires couplés à une batterie, et qui fonctionne hors réseau⁴⁷.

La question se pose cependant des capacités solaires nécessaires pour alimenter une borne de recharge DC rapide ou ultra-rapide. Sur l'aire de Trémentines A87, 75 kWc de panneaux solaires ont été installés et couplés avec une batterie-container et un raccordement provisoire 100 kVA pour alimenter une station de recharge (2 bornes 120 kW DC et 1 borne double 11 kW AC)⁴⁸. Cela représentait une surface importante sur l'aire.

Enfin, l'amélioration des outils digitaux tels que la réservation de bornes en avance ou la facilité de paiement participeront à la fluidité de la recharge, mais plutôt sur le moyen long terme.

⁴⁶ PV Magazine, *Un dispositif de charge VE autonome à énergie solaire avec batterie de stockage intégrée*, 24 mai 2022

⁴⁷ <https://beamforall.com/product/ev-arc-2020/>

⁴⁸ www.lesens-erea.fr/references/irve-et-photovoltaique-provisoire-sur-laire-de-trementines-a87/

4.1.5. L'autoroute électrique

Impact: réduction du nombre de bornes de recharge à installer pour la mobilité lourde, réduction des tailles de batterie à embarquer

KPI: coûts bénéfiques des différentes technologies après les projets pilotes

Parties prenantes: SCA, collectivités, constructeurs

Levier(s): retour d'expérience sur les précédents AAP et décision politique

Dans le processus de transition vers le tout électrique, un certain nombre d'innovations viendront potentiellement compléter les technologies de véhicules à batterie avec recharge sur des bornes. C'est notamment le cas de l'autoroute électrique, *Electric Road System* ou ERS, qui vise à intégrer des fonctionnalités de recharge électrique directement dans les routes, permettant aux véhicules de se recharger en mouvement. Il y a principalement trois types de solutions technologiques :

- Solutions inductives: La recharge par induction consistant en une recharge sans câble des véhicules électriques grâce à l'induction magnétique.
- Solutions conductives au sol ou latérale en bord de route.
- Solutions conductives aériennes, avec l'utilisation d'une caténaire électrique pour transmettre l'énergie.

Ces technologies sont encore en développement. Des démonstrateurs ont été lancés dans plusieurs localisations à travers l'Europe et certaines portions de routes sont déjà équipées de telles technologies, comme en Allemagne avec une dizaine de kilomètres équipée de caténaires pour les poids lourds, ou en Suède, avec un tronçon de 2 kilomètres disposant de rails, et une route à induction de 1,6 kilomètre sur l'île de Gotland.

La Suède a annoncé récemment la construction de 3000 km de route électrique. Un premier tronçon de 20 km devrait être construit d'ici 2025 et destiné d'abord aux camions⁴⁹. L'autoroute choisie est la route européenne E20, qui relie les hubs logistiques entre Hallsberg et Örebro, situés au milieu des trois grandes villes du pays, Stockholm, Göteborg et Malmö.

De par les coûts importants associés à ces technologies (~4 millions d'euros du kilomètre pour la route à induction d'après le groupe de travail sur le système des routes électriques⁵⁰), les routes électriques semblent apparaître comme une solution pour un usage localisé autour des principaux hubs et nécessiteront encore des mécanismes incitatifs pour les opérateurs. Ces solutions pourraient permettre de réduire fortement la taille de la batterie des poids lourds et donc réduire les besoins en matières premières des batteries, comme le lithium, le nickel et le cobalt. Cependant, le choix d'investissement relève d'une décision politique, et prenant en compte les résultats des expérimentations; les autorités publiques doivent statuer sur le sujet avant le déploiement des infrastructures de recharge pour les poids lourds, pour que le dimensionnement soit correct.

BPI France a lancé un appel à projets « Mobilités routières automatisées, infrastructures de services connectées et bas carbone », ouvert en 2021 et clôturé le 11 janvier 2023⁵¹, dans le cadre du Programme d'investissement

⁴⁹ Euronews, <https://fr.euronews.com/next/2023/05/03/la-suede-construit-la-premiere-route-electrifiee-au-monde-pour-recharger-les-vehicules-ele>

⁵⁰ Système de route électrique, Groupe de travail n° 1, ministère de la Transition écologique

⁵¹ www.bpifrance.fr/nos-appels-a-projets-concours/appel-a-projets-mobilites-routieres-automatisees-infrastructures-de-services-connectees-et-bas-carbone

d'Avenir PIA4 – stratégie transport. Cet appel à projet visait entre autres le développement de démonstrateurs ERS. Les 8 projets lauréats, issus de la 1^{re} et 2^e relèves de l'appel à projets, concernent des pilotes de services de transport automatisé de voyageurs (services réguliers, de transports à la demande, ou rabattements vers des pôles multimodaux)⁵². Par ailleurs, d'après la presse⁵³, un consortium public-privé, avec le soutien financier de BPI France serait en cours de constitution pour le lancement d'un projet démonstrateur d'électrification de 2 km d'autoroute dans le sud de l'Alsace. Ce projet n'est pas officiellement annoncé.

Une autre expérimentation va être menée sur une portion de l'A10, non loin de Saint-Arnoult en Yvelines; les travaux vont démarrer en septembre 2023⁵⁴. Des poids lourds électriques pourront se recharger en roulant sur l'autoroute grâce aux technologies de l'induction et du rail conducteur.

Au vu des considérations techniques et de la teneur des entretiens avec l'écosystème, la présente étude a dimensionné la modélisation sans prendre en compte un déploiement d'une forme ou d'une autre de « route électrique » à horizon 2035.

4.2. Mesures-clés transverses

4.2.1. Création d'une entité publique en charge de la planification des IRVE

Impact: pilotage stratégique du déploiement des IRVE	
KPI: création de l'entité et budget affecté	Parties prenantes: État
Levier(s): décision politique, modification(s) réglementaire(s)	

Le déploiement des IRVE est un enjeu national indispensable pour l'atteinte des objectifs de neutralité carbone, qui dépasse les logiques de rentabilité économique stricte et nécessite des investissements importants.

- Le coût global du réseau IRVE peut être réduit par une planification adéquate, notamment en dimensionnant correctement les raccordements à effectuer pour les aires de service et aires de repos à travers les prérogatives des autorités publiques.
- Centraliser, garder à jour et analyser les nombreuses données relatives au déploiement et à l'opération des IRVE publiques et ouvertes au public, demande d'avoir des équipes dédiées sur le long terme. En particulier, pour mener à bien les appels d'offres de type « clusters de

rentabilité », et pour garantir l'accessibilité des tarifs pratiqués sur les infrastructures subventionnées, la mobilisation des pouvoirs publics est un prérequis.

- Le respect des dispositions de qualité et d'interopérabilité par les opérateurs, et notamment de la collecte des données, devra s'appuyer sur des leviers administratifs (ex: application des sanctions prévues). L'autorité publique devra également garantir que les subventions soient fléchées vers les zones à pourvoir en priorité, pour éviter les effets d'aubaine.

Un « haut conseil », « conseil supérieur », ou un « secrétariat à la planification des IRVE », doté de moyens adéquats (en propre) pour mener à bien ses activités, pourrait être envisagé pour porter le rôle de l'État planificateur et aménageur du

⁵² www.ecologie.gouv.fr/france-2030-8-nouveaux-projets-mobilite-routiere-automatisee-et-connectee-dans-territoires

⁵³ www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/la-france-pourrait-tester-a-son-tour-l-autoroute-electrique-pour-camions-1938572

⁵⁴ www.vinci-autoroutes.com/fr/actualites/environnement/a10-experimentation-recharge-poids-lourds-electrique/

territoire. Il serait en charge d'organiser la coordination avec les territoires, en amont lors de l'élaboration et la mise en commun des SDIRVE, et en aval dans leur déploiement. Les modalités politiques et l'équilibre du périmètre de cette

entité avec les autres instances existantes dépassent le cadre de la présente étude.

4.2.2. Promotion des offres de raccordements intelligentes

Impact: réduction des coûts de raccordement, amélioration de la rentabilité	
KPI: coûts de raccordement évités (scénario sans anticipation – scénario anticipé)	Parties prenantes: État, collectivités, SCA, GRDE
Levier(s): communication et accompagnement du changement, modification(s) réglementaire(s)	

Avec l'essor des énergies renouvelables et des demandes de raccordement associées, Enedis a expérimenté dans le cadre du programme Smart Vendée⁵⁵ des modalités alternatives de raccordement pour les EnR. Ces ORI (offres de raccordement intelligentes) ou offres de raccordement alternatives à modulation de puissance, telles qu'elles sont désormais industrialisées depuis 2021⁵⁶, proposent de réduire les coûts et délais de raccordement, en contrepartie d'une possibilité de limitation ponctuelle de la puissance d'injection.

Sur ce modèle, les GRDE pourraient proposer systématiquement (avec une éventuelle évolution réglementaire associée, à partir d'un seuil fixé) des raccordements moins coûteux aux opérateurs de bornes de recharge, en échange de services au réseau (limitation du soutirage par exemple). Cela deviendra particulièrement pertinent à mesure que les puissances de raccordement nécessaires augmenteront.

4.2.3. Fiabilité des données en open data

Impact: meilleure estimation des besoins, optimisation du déploiement, augmentation du taux d'utilisation et amélioration de la rentabilité	
KPI: pourcentage de complétude de la base en open data, fréquence de mise à jour	Parties prenantes: État, collectivités, opérateurs
Levier(s): ressources administratives	

Un certain nombre de mesures-clés ont pour condition préalable la disponibilité de données complètes et à jour sur l'infrastructure de recharge électrique. Les autorités publiques devraient assurer la complétude et le maintien

à jour de la base de données IRVE en open data, disponible et gérée par data.gouv.fr, intitulée « *Fichier consolidé des bornes de recharge pour véhicules électriques* ».

⁵⁵ Dossier de presse Enedis, « Lancement des Offres de Raccordement Intelligentes », 23 février 2018

⁵⁶ Communiqué de presse Enedis, « Enedis favorise et accélère le raccordement des producteurs HTA d'énergies renouvelables grâce aux flexibilités », 15 novembre 2021

⁵⁷ Décret n° 2021-1561 du 3 décembre 2021 relatif à l'obligation d'interopérabilité de l'infrastructure de recharge ou de ravitaillement en carburants alternatifs ouverte au public

En effet, le ministère en charge de l'énergie a pouvoir d'enquête et de sanction pour imposer aux opérateurs le respect des dispositions de qualité et d'interopérabilité⁵⁷.

La mise en place d'API (interface de programmation d'application) permettrait aux opérateurs de se connecter directement à data.gouv, et ainsi d'alimenter en temps réel une base de données « dynamique ». Dans l'autre sens, des API d'extraction des données dynamiques en temps réel permettraient d'améliorer les services utilisateurs (notamment les planificateurs d'itinéraires, ou les applications des opérateurs d'IRVE et des e-MSP).

Cette mesure serait de surcroît un facteur

d'accélération de l'élaboration des SDIRVE : leurs concepteurs déplorent de devoir passer par des solutions payantes pour avoir accès à une donnée complète.

De manière générale, les mécanismes de soutien devraient être conditionnés à une communication des métriques de taux d'utilisation, qui restent nécessaires pour évaluer leur impact ; pour cela, une base de données et un dispositif fiable doivent être mis en place par l'autorité publique.

4.2.4. Standardisation progressive du 800 V

Impact : amélioration de l'expérience utilisateur et de la vitesse de charge (donc réduction de l'attente moyenne à la borne)	
KPI : pourcentage de bornes ultra-rapides en 800 V, pourcentage de complétude de la donnée « 800 V » de la base en open data	Parties prenantes : constructeurs automobiles et de bornes de charge, État
Levier(s) : modification(s) réglementaire(s) ou de cahier des charges	

Les batteries 800 V présentent des avantages de compacité et de vitesse de charge, et commencent à être déployées plus largement chez les constructeurs – en particulier dans les véhicules les plus hauts de gamme⁵⁸. Les bornes de recharge DC ultra-rapides devront être conçues pour opérer à cette tension pour que les avantages de ces batteries soient effectifs.

En effet, les véhicules dont les batteries sont en 400 V peuvent se charger nativement sur des bornes 800 V : déployer des bornes 800 V n'exclurait donc pas les véhicules 400 V existants. En revanche, les batteries 800 V doivent

embarquer des adaptateurs pour pouvoir se charger aussi sur du 400 V, et l'efficacité de la recharge est réduite.

À court moyen terme, il conviendrait de conditionner les mécanismes de soutien aux CAPEX des bornes rapides à une compatibilité 800 V. De plus, dans le cadre de la transparence et la disponibilité des données, l'information de la tension des bornes devrait être accessible pour que les utilisateurs de batteries 800 V puissent choisir les bornes qui leur offriront une recharge optimale.

⁵⁸ Frandroid, « Pourquoi les voitures électriques 800 volts vont ringardiser les modèles actuels », 31 décembre 2022

4.2.5. Soutien à l'acquisition des poids lourds

Impact: lancement de la dynamique d'électrification de la mobilité électrique	
KPI: ventes des camions électriques en France	Parties prenantes: constructeurs, État
Levier(s): décision politique	

Concernant la recharge des poids lourds, les acteurs de l'écosystème déplorent le fonctionnement des mécanismes d'appel à projets, qui donnent peu de visibilité aux candidats; en effet, dans l'attente des résultats, les sociétés doivent réaliser des investissements très significatifs dans leurs flottes sans pour autant avoir la garantie d'être lauréates. Pour lancer le mouvement de la mobilité lourde électrique,

un système de primes ou de bonus forfaitaire à l'acquisition enverrait un signal fort à l'écosystème et permettrait de lancer la dynamique. Parallèlement, cette phase de lancement des camions électriques pourrait s'appuyer sur les modèles « truck-as-a-service », qui permettraient aux logisticiens et transporteurs de faire évoluer leurs opérations sans porter de CAPEX dans un premier temps.

5. Annexes

5.1. Vue détaillée par axe routier des besoins en points de charge à horizon 2035 pour le scénario Haut, Central et Bas

Axe routier	# points VL Haut	# points PL Haut	# points VL Central	# points PL Central	# points VL Bas	# points PL Bas
A0001	1006	803	820	344	449	59
A0002	76	148	62	63	34	11
A0004	1277	1211	1041	518	570	89
A0005	308	47	251	148	137	26
A0006	1601	1556	1305	665	715	115
A0007	1680	1139	1369	487	750	84
A0008	905	653	738	279	404	48
A0009	1090	1875	888	802	487	139
A0010	1536	1766	1252	755	686	130
A0011	775	646	632	276	346	48
A0013	1003	608	818	260	448	45
A0015	251	65	205	28	112	5
A0016	273	107	222	46	122	8
A0019	100	128	82	55	45	9
A0020	703	656	573	280	314	48
A0021	109	155	89	66	49	11
A0025	119	170	97	73	53	13
A0026	473	777	386	333	211	57
A0028	288	387	234	166	128	29
A0029	250	306	204	131	112	23
A0031	950	1182	774	506	424	87
A0035	359	133	292	57	160	10
A0036	423	916	345	392	189	68
A0039	217	421	177	180	97	31
A0040	426	406	347	174	190	30
A0041	372	114	303	49	166	8
A0042	201	179	164	77	90	13
A0043	537	443	438	190	240	33
A0046	178	402	145	172	79	30
A0048	184	74	150	31	82	5
A0050	275	25	224	11	123	2
A0051	262	54	213	23	117	4
A0054	108	107	88	46	48	8
A0061	532	333	433	142	237	25
A0062	650	484	530	207	290	36
A0063	498	933	406	399	222	69
A0064	571	356	465	152	255	26

Axe routier	# points VL Haut	# points PL Haut	# points VL Central	# points PL Central	# points VL Bas	# points PL Bas
A0071	555	553	452	236	248	41
A0072	191	80	156	34	85	6
A0075	338	212	275	91	151	16
A0077	117	187	96	80	52	14
A0081	150	118	122	51	67	9
A0083	275	186	224	79	123	14
A0084	299	333	244	143	134	25
A0085	195	196	159	84	87	14
A0086	353	92	288	39	158	7
A0087	157	103	128	44	70	8
A0089	581	406	474	174	260	30
A0104	223	29	182	12	100	2
A0630	248	130	202	55	111	10
N0004	99	150	81	64	44	11
N0007	377	432	307	185	169	32
N0010	419	591	341	253	187	44
N0012	911	556	743	238	407	41
N0013	198	58	161	25	88	4
N0079	77	307	63	131	35	23
N0088	208	214	170	91	93	16
N0104	546	358	445	153	244	26
N0136	174	131	142	56	78	10
N0137	240	101	195	43	107	7
N0141	128	93	104	40	57	7
N0145	93	253	76	108	42	19
N0154	414	190	337	81	185	14
N0165	645	275	526	118	288	20
N0844	171	87	140	37	76	6

Sources: Analyse d'AFRY

6. Définitions

Infrastructures de recharge (définitions réglementaires)

Point de recharge: une interface associée à un emplacement de stationnement qui permet de recharger un seul véhicule électrique à la fois

Borne de recharge: un appareil fixe raccordé à un point d'alimentation électrique, comprenant un ou plusieurs points de charge et pouvant intégrer notamment des dispositifs de communication, de comptage, de contrôle ou de paiement

Station de recharge: une zone comportant une borne de recharge associée à un ou des emplacements de stationnement ou un ensemble de

bornes de recharge associées à des emplacements de stationnement, exploitée par un ou plusieurs opérateurs

Point de charge ouvert au public: Ces points de charge sont installés sur des domaines privés soumis à des restrictions d'accès spécifiques, mais non discriminatoires, telles que l'utilisation sur des créneaux horaires précis. Cela concerne par exemple les points de charge dans les parkings des grands entrepôts ou des magasins de proximité, dans les parkings souterrains, les établissements hôteliers et de restauration, etc.

7. Abréviations

AC: *Alternative Current*, en français: courant alternatif

AOM: Autorité organisatrice de la mobilité

AODE: Autorité organisatrice de la distribution d'énergie

AAP: Appel à projets

AFIR: *Alternative Fuels Infrastructure Regulation*

BEV: *Battery Electric Vehicle*, en français: véhicule 100 % à batterie électrique

CCS: *Combined Charging System*, en français: système de recharge combiné

CPO: *Charge Point Operator*, en français: opérateur d'infrastructure

DC: *Direct Current*, en français: courant continu

GRDE: Gestionnaire de réseau de distribution d'électricité

IRVE: Infrastructure de recharge de véhicule électrique

LOM (loi): Loi d'orientation des mobilités

PDC: Point de charge

PHEV: *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* en français: véhicule hybride rechargeable

PL: Poids lourd

RFID: *Radio Frequency Identification*

RTE-T: réseau transeuropéen de transport, souvent en anglais « TEN-T »

SDIRVE: Schéma directeur pour les infrastructures de recharge

TPE: Terminal de paiement électronique

TMJA: Trafic moyen journalier annuel

UE: Union européenne

VASP: Véhicules automoteurs spécialisés

VL: Véhicule léger

VP: Véhicule particulier

VUL: Véhicule utilitaire léger

ZNI: Zones non interconnectées

8. Table des figures

Figure 1: Cartographie des points de charge sur les grands axes routiers

Figure 2: Besoin en nombre de points de charge pour la recharge publique sur les grands axes routiers

Figure 3: Besoin en nombre de points sur quelques axes routiers pour les véhicules légers et pour les poids lourds dans les différents scénarios par rapport à l'actuel

Figure 4: Obstacles au déploiement des IRVE

Figure 5: Mesures-clés relatives aux grands axes routiers

Figure 6: Mesures-clés transverses

Figure 7: Évaluation du besoin en recharge selon la typologie du trajet

Figure 8: Méthodologie utilisée pour la modélisation des besoins de recharge hors grands axes routiers

Figure 9: Méthodologie utilisée dans le cadre de la modélisation des besoins de recharge sur les grands axes routiers

Figure 10: Parc de véhicules, tous carburants confondus, en millions de véhicules

Figure 11: Parc de véhicules électriques (BEV) en millions de véhicules

Figure 12: Parc de poids lourds électriques (BEV) en millier de véhicules

Figure 13: Taux d'électrification des véhicules légers (à gauche) et des poids lourds (à droite)

Figure 14: Consommation moyenne de différentes catégories de véhicules en kWh/km

Figure 15: Évolution des besoins en recharge publique au cours du temps, en %

Figure 16: Besoin énergétique pour la recharge publique sur les grands axes routiers

Figure 17: Puissance moyenne acceptée pour différents chargeurs par les véhicules à différentes dates sur les grands axes routiers

Figure 18: Résultats de la modélisation pour les besoins en nombre de points de charge sur les grands axes routiers

Figure 19: Évolution du besoin en nombre de points sur quelques axes routiers pour les véhicules légers et pour les poids lourds

Figure 20: Évolution du besoin énergétique (TWh/an) de la recharge publique par typologie de recharge pour le scénario [Central](#)

Figure 21: Résultat de la modélisation pour les besoins en nombre de points de charge

Figure 22: Répartition des typologies de points avec un taux d'utilisation de 12,5 % en 2035

Figure 23: Correspondance entre taux d'utilisation et nombre d'heures d'utilisation quotidienne moyenne sur une année

CONTACTS POUR LE PRÉSENT RAPPORT

Yasmine Assef

yasmine.assef@afry.com

M: +33 6 18252484

Clément Molizon

clement.molizon@avere-france.org

M: + 33 7 859277 41

CONTRIBUTEURS

Avere-France

Clément Molizon, Bassem Haidar

AFRY

Yasmine Assef, Théo Sébastien,

Arnaud Pauli

À PROPOS D'AFRY

AFRY fournit des services de conseil, numériques, de design et d'ingénierie pour accélérer la transition vers une société durable.

Nous sommes 19 000 experts dévoués dans les secteurs de l'industrie, de l'énergie et de l'infrastructure. AFRY possède des racines nordiques avec une portée globale, produit des ventes nettes de 24 milliards de couronnes suédoises et est cotée au Nasdaq Stockholm.

AFRY Management Consulting SAS

1, rue de Gramont

75002 Paris

France



À PROPOS DE L'AVERE-FRANCE

L'Avere-France est l'association nationale pour le développement de la mobilité électrique. Créée en 1978 pour représenter l'ensemble de l'écosystème de l'électro-mobilité dans les domaines industriel, commercial, institutionnel ou associatif, elle a pour objectif de faire la promotion de l'utilisation des véhicules électriques et hybrides rechargeables.

Avere-France, Association nationale pour le développement de la mobilité électrique

5, rue du Helder

75009 Paris

France



PARTENAIRES FINANCIERS

À PROPOS DE LA BANQUE DES TERRITOIRES

Créée en 2018, la Banque des Territoires est un des cinq métiers de la Caisse des Dépôts. Elle rassemble dans une même structure les expertises internes à destination des territoires. Porte d'entrée client unique, elle propose des solutions sur mesure de conseil et de financement en prêts et en investissement pour répondre aux besoins des collectivités locales, des organismes de logement social, des entreprises publiques locales et des professions juridiques. Elle s'adresse à tous les territoires, depuis les zones rurales jusqu'aux métropoles, avec l'ambition de lutter contre les inégalités sociales et les fractures territoriales. La Banque des Territoires est déployée dans les 16 directions régionales et les 37 implantations territoriales de la Caisse

des Dépôts afin d'être mieux identifiée auprès de ses clients et au plus près d'eux.

Pour des territoires plus attractifs, inclusifs, durables et connectés.

www.banquedesterritoires.fr

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

Sophie Huet

sophie.huet2@caissedesdepots.fr

M: + 33 6 07 42 14 50



À PROPOS DE ECF

The European Climate Foundation (ECF) is a major philanthropic initiative working to help tackle the climate crisis by fostering the development of a net-zero emission society at the national, European, and global level. The ECF supports over 700 partner organisations to carry out activities that drive urgent and ambitious policy in support of the objectives of the Paris Agreement, contribute to the public debate on climate action, and help deliver a socially

responsible transition to a net-zero economy and sustainable society in Europe and around the world.

Agathe Destresse

agathe.destresse@Europeanclimate.org



Cette étude a été soutenue par la Fondation européenne pour le climat et la Banque des Territoires. La responsabilité des informations et des points de vue exprimés dans cette étude incombe aux auteurs. La Fondation européenne pour le climat et la Banque des Territoires ne peuvent être tenues responsables de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues ou exprimées dans ce document.



AFRY
AF PÖVRY



Avere
FRANCE

Avec le soutien de



BANQUE des
TERRITOIRES
GROUPE CAISSE DES DÉPÔTS



European
Climate
Foundation