

Septembre 2023



HIT THE ROAD

**TOME 3
DÉPLOIEMENT
DE LA RECHARGE
DANS LES ZONES
À POURVOIR**



Avec le soutien de



SOMMAIRE

1. Synthèse	5
2. Modélisation des besoins en IRVE pour 2030-2035	13
2.1. Méthodologie et hypothèses générales	13
2.1.1. Projection du parc de véhicules électriques	16
2.1.2. Évolution technique des véhicules	18
2.2. Zoom sur les besoins en recharge à l'échelle locale, hors grands axes routiers	19
2.2.1. Analyse des comportements de recharge des différents groupes	19
2.2.2. Estimation des besoins énergétiques pour la recharge publique	21
2.2.3. Évaluation du nombre de points de charge	22
2.3. Synthèse des besoins en recharge publique sur le territoire français	26
3. Obstacles au déploiement d'une infrastructure de recharge publique	28
3.1. Obstacles à la planification optimale des IRVE	29
3.1.1. Raccordement électrique des IRVE	29
3.1.2. Visibilité insuffisante pour la bonne élaboration des SDIRVE	30
3.1.3. Incertitudes sur la part des alternatives technologiques à la mobilité lourde à batterie électrique	30
3.2. Obstacles à l'installation des IRVE	31
3.2.1. Faible disponibilité du foncier sur grands axes routiers pour accueillir des stations de recharge, en particulier pour poids lourds	31
3.2.2. Faible disponibilité du foncier en zone urbaine dense	31
3.2.3. Investissements importants nécessaires, en particulier pour la recharge DC	32
3.3. Obstacles à l'opération des IRVE	33
3.3.1. Rentabilité insuffisante	33
3.3.2. Durée légale des contrats de sous-concessions autoroutières	34
3.3.3. Défis de la maintenance et du taux de disponibilité	35
3.3.4. Volatilité des prix de l'énergie	35
3.4. Obstacles à l'achat de véhicules électriques liés à la recharge	36
3.4.1. Complexité du parcours de recharge	36
3.4.2. Opacité de la tarification et prix de la recharge	37
3.4.3. Anxiété à la recharge	37
3.4.4. Indisponibilité de recharge de proximité abordable	37

4. Mesures-clés pour réussir le déploiement d'une infrastructure de recharge publique	38
4.1 Mesures-clés « Zones à pourvoir » pour relever les défis de la petite itinérance	39
4.1.1. Appel d'offres sous forme de « clusters de rentabilité »	39
4.1.2. Étude de cas : Allemagne, focus sur le mécanisme du « Deutschlandnetz »	40
Les lots de localisations, ou « bundles »	41
4.1.3. Soutien aux OPEX en fonction du taux d'utilisation	43
4.2. Mesures-clés « Zones à pourvoir » pour relever les défis de la recharge abordable de proximité	43
4.2.1. Déploiement de points de charge AC 7 kW	43
4.2.2. Tarif modéré pour les recharges de proximité	47
4.2.3. Solutions innovantes pour la recharge abordable de proximité	48
4.3. Mesures-clés transverses	48
4.3.1. Création d'une entité publique en charge de la planification des IRVE	48
4.3.2. Promotion des offres de raccordements intelligentes	49
4.3.3. Fiabilité des données en open data	50
4.3.4. Standardisation progressive du 800 V	50
4.3.5. Soutien à l'acquisition des poids lourds	51
5. Annexes	52
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>	52
5.2. Analyse du besoin en nombre de points à horizon 2035 par département pour le scénario <u>Central</u> avec un taux d'utilisation à 12,5 %	54
5.3. Analyse des besoins en recharge publique en Corse et dans les territoires d'outre-mer	57
6. Définitions	59
Infrastructures de recharge (définitions réglementaires)	59
7. Abréviations	59
8. Table des figures	60

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.

Le déploiement de l'infrastructure publique de recharge des véhicules électriques d'ici à 2035 ne doit pas oublier ce que l'écosystème appelle communément les « zones blanches », là où la présente étude a préféré employer le terme de « zones à pourvoir ». En effet, pour réussir l'électrification de la mobilité, l'ensemble du territoire français se doit d'être convenablement pourvu en infrastructure de recharge, et les automobilistes rassurés.

Les ateliers et les entretiens organisés dans le cadre de l'étude ont remonté des définitions plurielles du concept de « zones à pourvoir ». Deux volets principaux ont émergé :

- **Un volet « usages »**, correspondant à des zones insuffisamment pourvues en IRVE par rapport aux besoins à différentes échelles géographiques.
- **Un volet économique**, correspondant à des points de charge qui n'ont pas de modèle de rentabilité viable à cause d'un trop faible taux d'utilisation.

Ces deux aspects s'intersectent : les zones faiblement pourvues en IRVE sont aussi souvent celles qui enregistrent le moins de trafic, et donc le plus faible taux d'utilisation.

- **L'échelle de la « petite itinérance »**, qui correspond principalement à de la recharge dite

« à destination », sur des courts trajets (ex : excursions du week-end) ; le maillage doit être assez dense à l'échelle plutôt départementale pour réduire l'anxiété de la recharge des usagers.

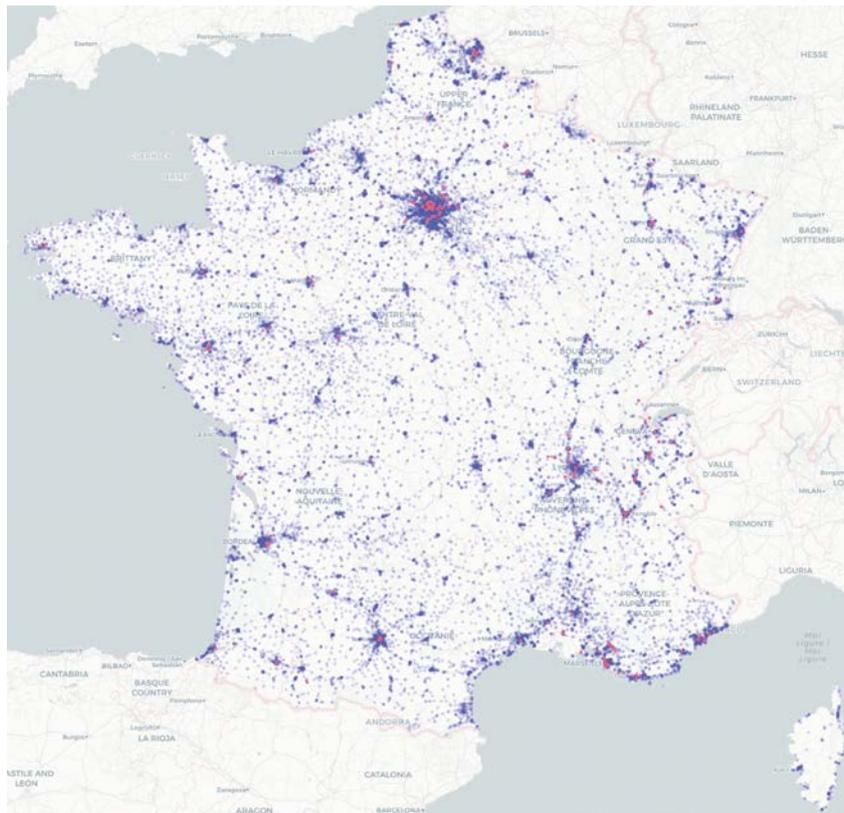
- **L'échelle locale ou « recharge de proximité »**, correspondant à une situation dans laquelle des usagers possèdent un véhicule mais pas de solution de stationnement privé ; ils n'ont donc pas accès facilement à la recharge ou bien n'ont pas la possibilité de se recharger à un prix modéré, ce qui engendre une moindre adoption du véhicule électrique.

Maillage national et petite itinérance

En mai 2023, la France a dépassé le cap des 100 000 points de charge¹, mais la répartition se trouve encore inégale – avec des régions comme la Bretagne ou le centre de la France qui sont moins pourvues. En analysant le nombre de véhicules électriques par point de charge, il apparaît que l'Île-de-France (10,6), les Pays de la Loire (9,6), l'Auvergne-Rhône-Alpes (9,6), la Bretagne (9,4) et les Hauts-de-France (9,3) sont caractérisés par les ratios les plus élevés et supérieurs à la moyenne nationale de 7 environ. Cela témoigne des décalages entre l'offre de recharge et le stock de véhicules électriques qui peuvent subsister sur le territoire malgré un maillage désormais serré.

¹ Baromètre commun de l'Avere-France et du ministère de la Transition énergétique, sur la base des données Gireve, mai 2023

Figure 1: Cartographie des points de charge sur le territoire métropolitain français²



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

La modélisation des besoins à horizon 2030-2035 doit servir à mieux cibler les efforts de déploiement des IRVE sur le territoire, notamment dans les « zones à pourvoir », et ainsi mieux comprendre les facteurs clés de succès. Le besoin en recharge publique est estimé à l'échelle de chaque commune au travers d'un groupe d'hypothèses structurantes. Différents scénarios apportent de la sensibilité aux résultats.

Les différentes étapes de la modélisation sont:

■ **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^{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° 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.).

² La carte illustre l'ensemble des points de charge existants (en bleu) ainsi que les points de charge qui vont être déployés selon les 7 premiers lauréats de l'AAP France 2030 (en rouge)

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

- **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.

Les résultats de la modélisation (**Figure 2**) présentent un besoin total de plus de 300 000 points de charge à horizon 2035 pour les plus de 12 millions de véhicules électriques (scénario **Central** d'électrification), dans le scénario de taux d'utilisation [6 %-12,5 %].

Il apparaît donc que l'électrification du parc de véhicules va demander une croissance du réseau d'infrastructure de recharge avec un besoin compris entre approximativement 300 000 ou 400 000 points si l'on considère les scénarios **Central** et **Haut**. Ces estimations en termes de nombre de points partent du principe que la recharge à domicile sera prédominante quand elle est possible.

Le sujet du taux d'utilisation est aussi au cœur de la planification des projets de

déploiement d'IRVE, avec des impacts directs sur la rentabilité. En lien avec les ambitions de décarbonation du transport, un déploiement des IRVE en avance de phase par rapport au besoin est nécessaire pour lancer le marché. La conséquence est la présence actuellement d'un taux d'utilisation faible en moyenne sur l'année, de l'ordre de 2 %⁶. Mais la croissance des ventes de véhicules électriques permettra d'augmenter progressivement sa valeur. Dans ces conditions où le taux d'utilisation est déterminant dans l'estimation du besoin en nombre de points de charge, AFRY a décidé de considérer 3 évolutions différentes du taux d'utilisation entre 2023 et 2035 afin de couvrir les différents choix stratégiques de déploiement possibles:

- Une modélisation avec un taux d'utilisation plus faible est associée à une rentabilité difficile voire impossible sans subventions pour les CPO mais un confort accru pour les usagers qui auront le choix parmi une plus grande densité de points.
- Une modélisation avec un taux d'utilisation plus élevé retranscrit une stratégie de déploiement où la rentabilité des opérateurs est plus aisée et le maillage des points plus optimisé en termes de nombre et de coûts.

Figure 2: Besoin en nombre de points de charge pour la recharge publique à l'échelle locale⁷

	Taux d'utilisation [4 %-8 %]	Taux d'utilisation [6 %-12,5 %]	Taux d'utilisation [8 %-17 %]
Haut	Total: # 544 900 (14,7 TWh) Hors grands axes: # 477 200 dont 1690 points pour les PL	Total: # 385 800 (14,7 TWh) Hors grands axes: # 318 100 dont 1130 points pour les PL	Total: # 306 300 (14,7 TWh) Hors grands axes: # 238 600 dont 840 points pour les PL
Central	Total: # 434 200 (10,2 TWh) Hors grands axes: # 390 900 dont 770 points pour les PL	Total: # 303 900 (10,2 TWh) Hors grands axes: # 260 600 dont 520 points pour les PL	Total: # 238 800 (10,2 TWh) Hors grands axes: # 195 400 dont 390 points pour les PL
Bas	Total: # 276 500 (5,2 TWh) Hors grands axes: # 257 600 dont 140 points pour les PL	Total: # 190 600 (5,2 TWh) Hors grands axes: # 171 700 dont 90 points pour les PL	Total: # 147 700 (5,2 TWh) Hors grands axes: # 128 800 dont 70 points pour les PL

⁶ Analyse d'AFRY en considérant les hypothèses du modèle

⁷ 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 cartes ci-dessous permettent d'appréhender d'une part les besoins en points de charge (**Figure 3**) pour couvrir les besoins du parc de véhicules et d'autre part les efforts de déploiement plus ou moins importants pour atteindre ces objectifs selon les départements (**Figure 4**). Les départements avec des aires urbaines importantes se caractérisent par les valeurs les

plus élevées en nombre de points de charge nécessaires. C'est ainsi que des localisations comme le Nord, la région parisienne ou les Bouches-du-Rhône, déjà caractérisées par une meilleure adoption du véhicule électrique, devront continuer à compléter leurs infrastructures de recharge.

Figure 3: Cartographie des besoins en nombre de points DC (à gauche) et AC (à droite) à horizon 2035 pour le scénario Central (hors grands axes routiers)

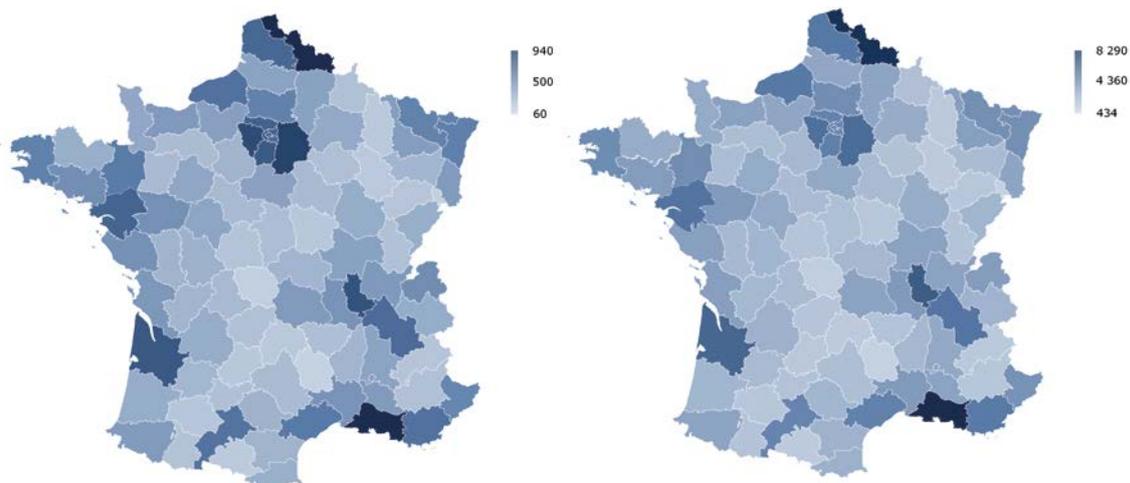
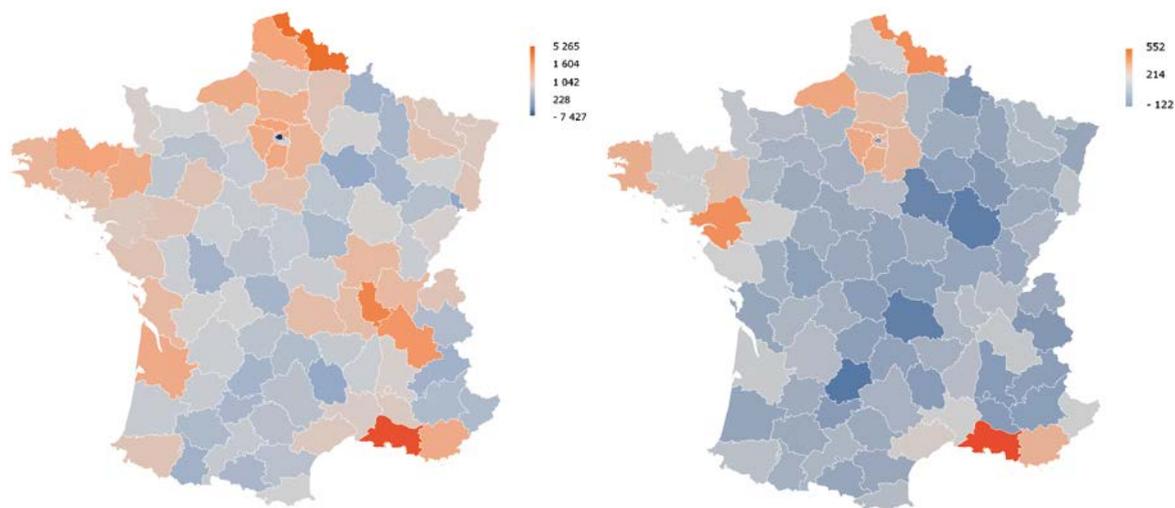


Figure 4: Cartographie des points AC (à gauche) et DC (à droite) à déployer d'ici à 2035 par rapport à la situation actuelle

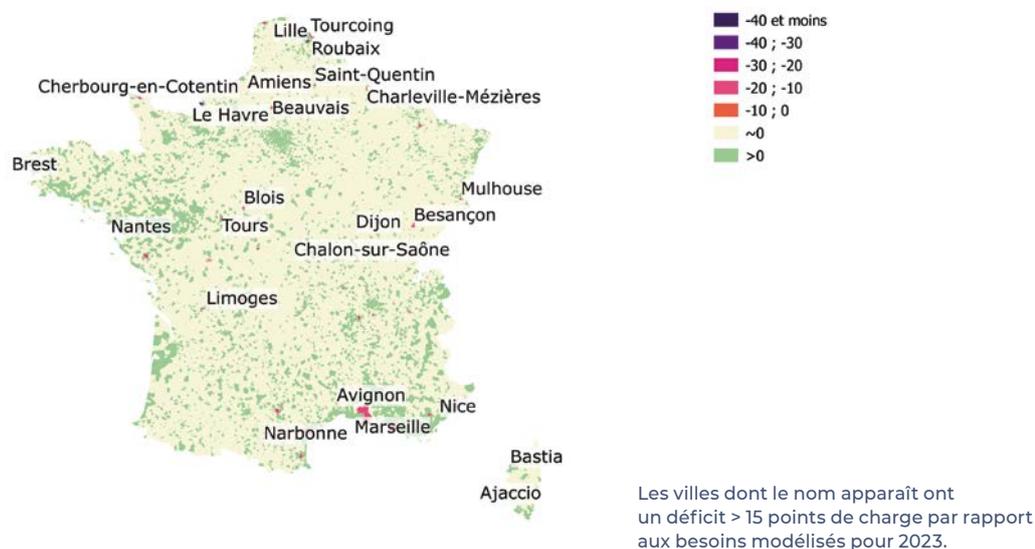


Recharge de proximité

Pour la recharge de proximité, à l'heure actuelle, par rapport au besoin global modélisé pour 2023, la France apparaît suffisamment pourvue : environ 22 700 points de charge AC 7 kW publics sont installés sur le territoire national⁸, à comparer avec un besoin estimé de 11 700 points de charge AC 7 kW pour 2023 (modélisation

AFRY, taux d'utilisation de 4 % correspondant à la valeur de 2022 dans le scénario [Central](#) [4 %-8 %]). Toutefois, à l'échelle des communes, 55 ont un déficit d'au moins 10 points de charge, et 24 (dont les noms sont indiqués dans la figure ci-dessous) ont un déficit d'au moins 15 points de charge.

Figure 5: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2023 (scénario [Central](#) [4 %-8 %])



Source : Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023

La modélisation estime ce même besoin en recharge de proximité à horizon 2035. Dans le scénario [Central](#), en fonction du scénario de taux d'utilisation, un besoin allant de 42 730 à 85 460 points est envisagé, ce qui représente

~20 000 à ~63 000 points de charge AC 7 kW à installer sur le territoire. En considérant un CAPEX moyen de 5 000 € par point de charge, l'investissement à mobiliser irait de 100 M€ à 310 M€ d'ici 2035.

⁸ Sources : Données d'Eco-Movement, avril 2023, analyse d'AFRY

Figure 6: Besoin en points de charge « de proximité » (AC 7 kW) pour 2035 dans le scénario [Central](#)⁹

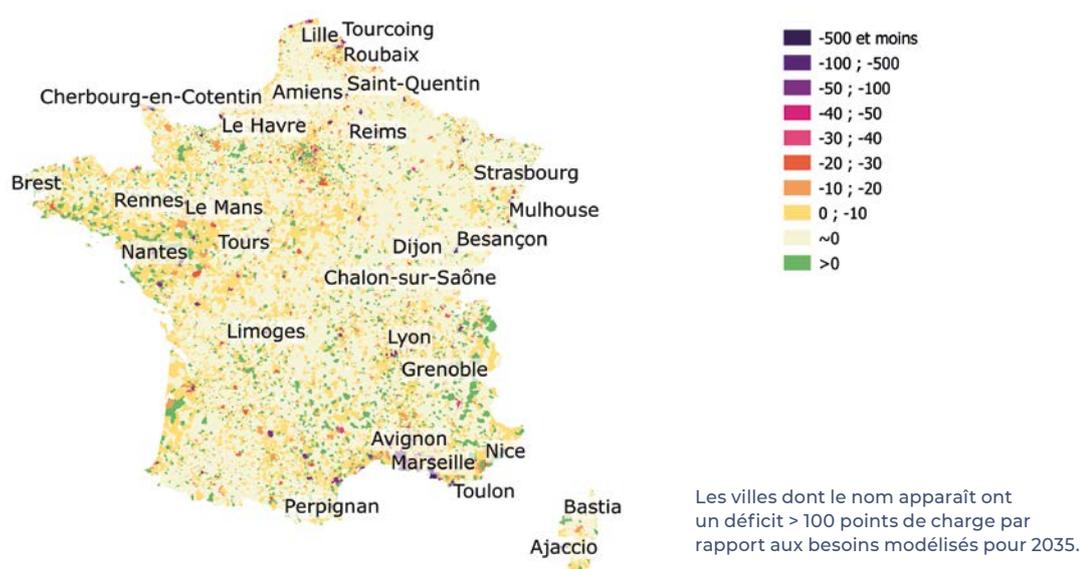
	Taux d'utilisation [4 %-8 %]	Taux d'utilisation [6 %-12,5 %]	Taux d'utilisation [8 %-17 %]
Haut	# 85 460 (+ 62 790 points lents par rapport à 2023) ~310 M€ d'investissements	# 56 980 (+ 34 310 points lents par rapport à 2023) ~170 M€ d'investissements	# 42 730 (+ 20 060 points lents par rapport à 2023) ~100 M€ d'investissements

Source: Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023

À l'échelle communale, il apparaît que le besoin reste faible dans un nombre important de communes peu peuplées. Toutefois, beaucoup de villes moyennes et grandes doivent investir dans

la recharge AC 7 kW de proximité pour ne pas se retrouver en situation de déficit en 2035 par rapport à la situation actuelle.

Figure 7: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2035 (scénario [Central](#) [6 %-12,5 %])



Source: Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023

En particulier, les villes dont le nom apparaît sur la **Figure 7** ont plus de 100 points de charge AC 7 kW à installer d'ici 2035, a minima, pour répondre au besoin dans le scénario [Central](#) [6 %-12,5 %].

Obstacles et mesures-clés

La démarche générale des entretiens et ateliers avec les parties prenantes de l'écosystème de la mobilité électrique a permis d'identifier des

obstacles à toutes les étapes du déploiement des IRVE sur le territoire:

- 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.

⁹ Les nombres de points de charge modélisés sont ici arrondis à la dizaine la plus proche

Figure 8 : 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, elles aussi, sur les échanges avec l'écosystème lors des ateliers, ainsi que sur les résultats de la modé-

lisation. Ces mesures ont été réparties entre les tomes 2 et 3; sont reprises ici uniquement les mesures relatives aux « zones à pourvoir », ainsi que les mesures transverses identifiées.

Figure 9: Mesures-clés relatives aux « zones à pourvoir »

« ZONES À POURVOIR » - PETITE ITINÉRANCE		OBSTACLES TRAITÉS
Appel d'offres sous forme de « clusters de rentabilité »		1.2 2.3 3.1 4.3
	Parties prenantes	État, collectivités, opérateurs
	Levier(s)	Décision politique, investissements à réaliser (étude, mise en place d'outil de suivi et des appels d'offres à lancer)
Soutien aux OPEX en fonction du taux d'utilisation		3.1 3.3 3.4 4.3
	Parties prenantes	État, opérateurs
	Levier(s)	favoriser fiscalement l'opérateur des zones à pourvoir
« ZONES À POURVOIR » - RECHARGE DE PROXIMITÉ		OBSTACLES TRAITÉS
Déploiement de points de recharge AC 7 kW		4.4
	Parties prenantes	Collectivités, État
	Levier(s)	Investissements à réaliser, partenariat Public Privé
Tarif modéré pour les recharges de proximité		4.2 4.2
	Parties prenantes	État, collectivités, CRE
	Levier(s)	Décision politique, modification(s) réglementaire(s)
Solutions innovantes pour la recharge de proximité		2.2 4.4
	Parties prenantes	Opérateurs
	Levier(s)	Analyse(s) à conduire

Figure 10: Mesures-clés transverses

TRANVERSESES		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

Amorçage
PL électriques



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 trois conclusions essentielles.

1) Les usagers doivent pouvoir emprunter tous les itinéraires du pays sans faire de grands détours pour se charger: les « zones à pourvoir » doivent donc faire l'objet d'une attention particulière des pouvoirs publics, pour augmenter l'attractivité de l'électrification et réduire l'anxiété à la recharge.

2) Des appels d'offres ouvrant à des subventions de CAPEX et fondés sur des « clusters de rentabilité » permettraient d'équilibrer les points de charge rentables avec d'autres situés dans des zones à pourvoir, à faible rentabilité. En contrepartie, un tarif contrôlé appliqué aux bornes serait imposé.

3) La recharge à proximité abordable constitue un enjeu social de la transition vers la mobilité électrique, qui doit permettre aux usagers n'ayant pas de stationnement privé d'accéder à un tarif modéré pour se recharger.

2. Modélisation des besoins en IRVE pour 2030-2035

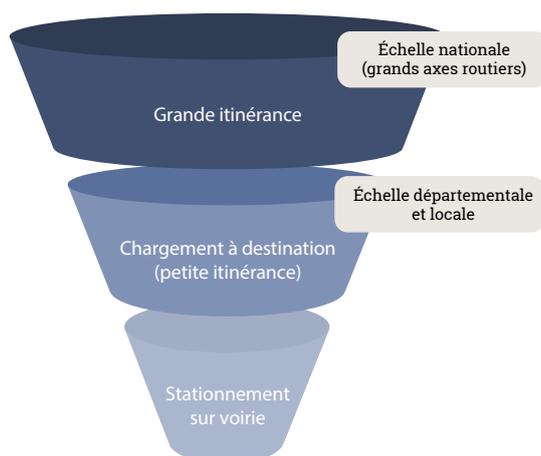
2.1. Méthodologie et hypothèses générales

Afin d'évaluer les besoins de recharge en France à horizon 2035, AFRY a distingué deux grandes typologies de déplacements (**Figure 11**) 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 11: Évaluation du besoin en recharge selon la typologie du trajet



La **Figure 12** 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 RTE¹⁰, 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 à 18 % et 3 % pour les deux autres scénarios.

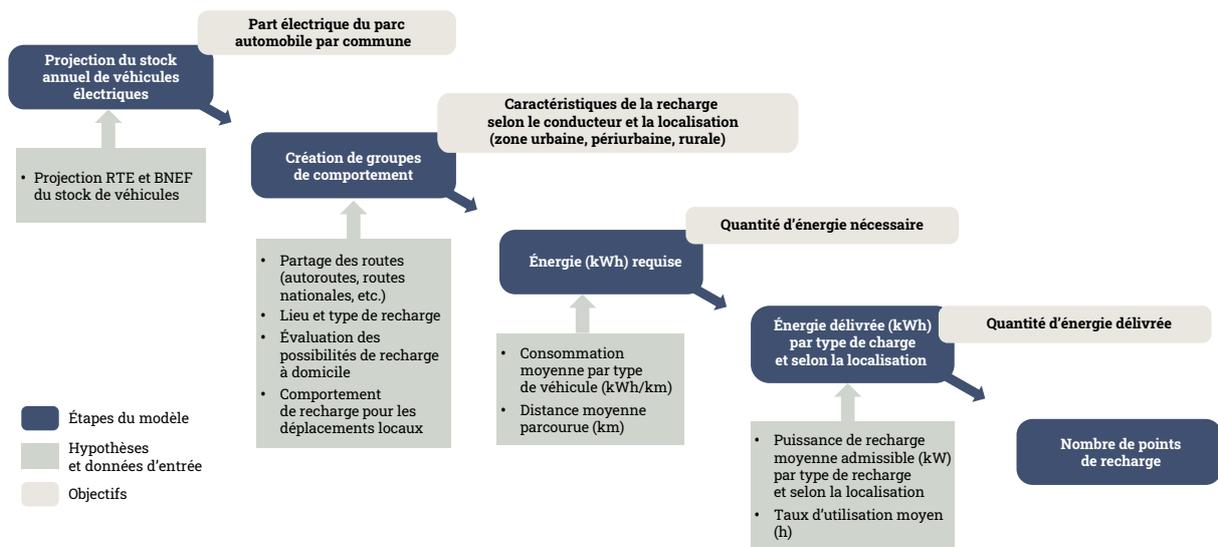
- **Étape n° 2:** Groupement de comportement en fonction des différentes catégories de véhicules (distance parcourue annuellement, part d'utilisation des routes locales, disponibilité de la recharge à domicile, part de la recharge publique, etc.).
- **Étape n° 3:** Considération des consommations moyennes des véhicules pour en déduire le besoin énergétique pour la recharge publique.
- **Étape n° 4:** Traduction du besoin énergétique en nombre de points de charges 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.).

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

Figure 12: Méthodologie utilisée pour la modélisation des besoins de recharge hors grands axes routiers



Pour la seconde modélisation, schématisée **Figure 13**, 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.

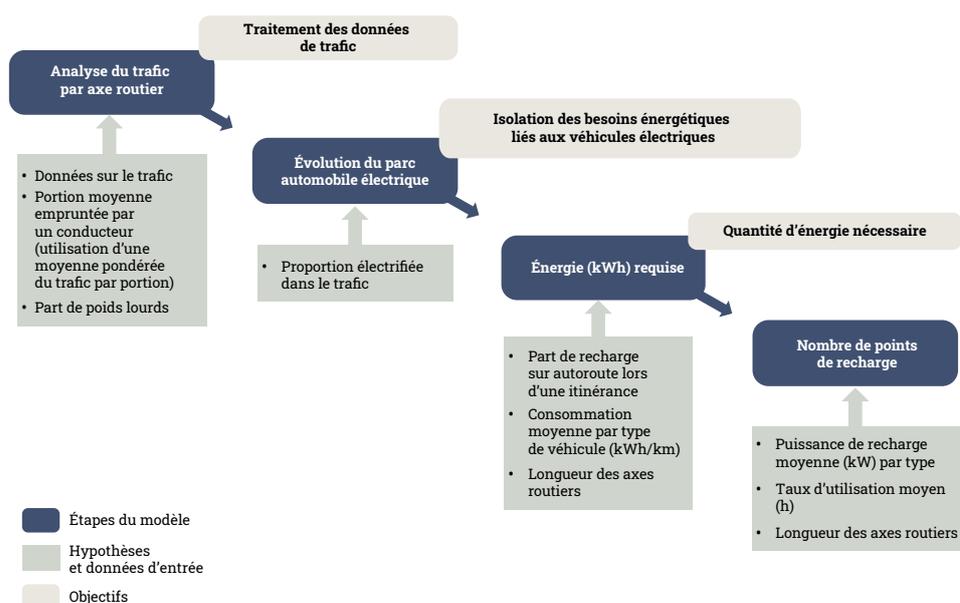
■ **Étape n° 1 :** Le point de départ repose sur les données de trafic mises à disposition par le gouvernement. Près de 315 axes routiers (autoroutes et routes nationales) sont recensés dans le jeu de données et donnent une vue sur 98 % du réseau national. Des données sur la fréquentation des poids lourds 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 13: 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 15** 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 17**, 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 14** représente à date la répartition du parc automobile tous carburants confondus. À noter que dans le cas des taxis et VTC, l'hypothèse d'un parc électrifié à hauteur

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)

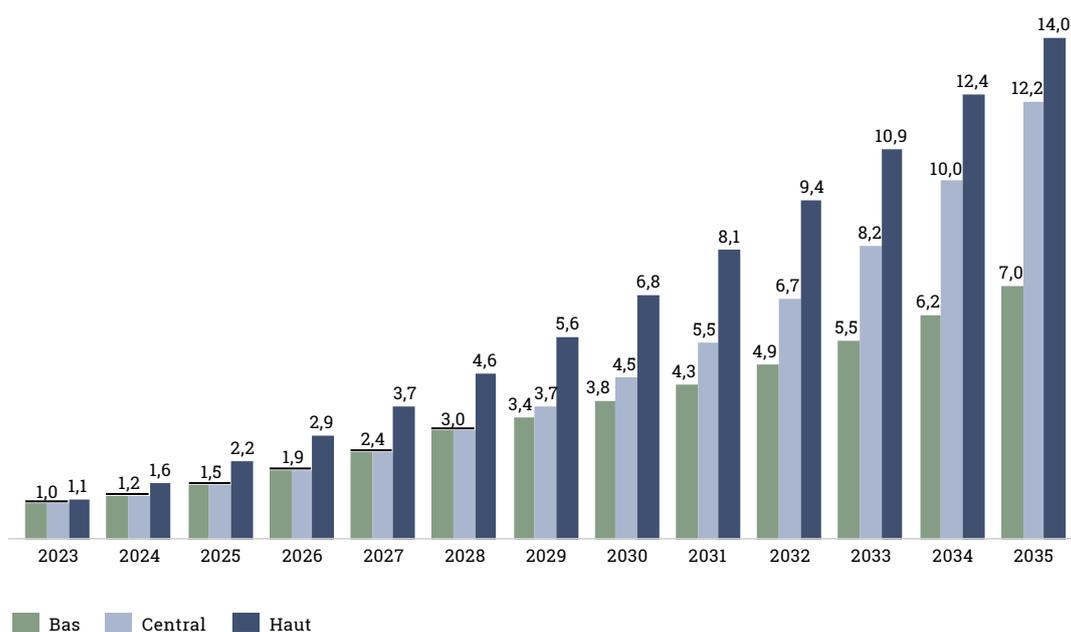
de 50 % a été considérée pour être en ligne avec les obligations de décarbonation grandissantes

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

Figure 14: Parc de véhicules, tous carburants confondus, en millions de véhicules

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

Figure 15: 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 16: Parc de poids lourds électriques (BEV) en millier de véhicules

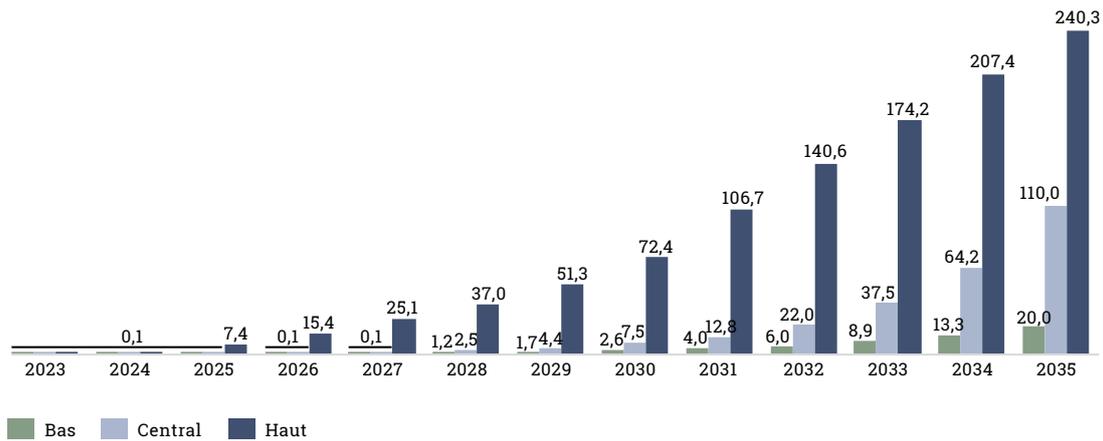
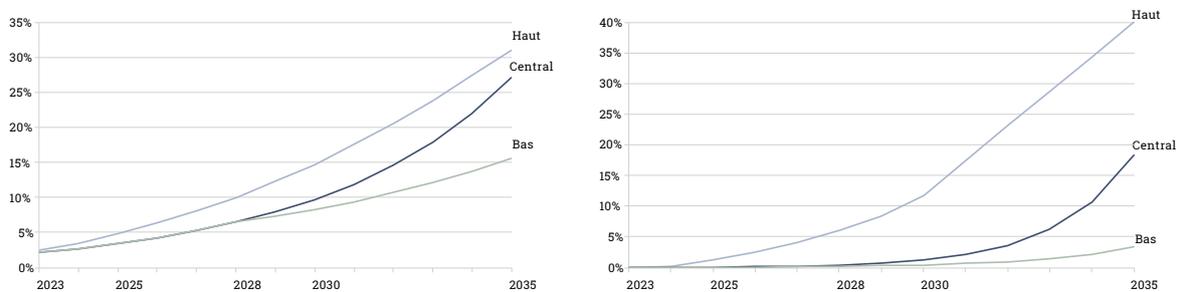


Figure 17: Taux d'électrification des véhicules légers (à gauche) et des poids lourds (à droite)



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 18** 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 18: Consommation moyenne
de différentes catégories de véhicules en kWh/km**

Année	VL quotidien	VL itiné- rance	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 à l'échelle locale, hors grands axes routiers

2.2.1. Analyse des comportements de recharge des différents groupes

Dans le cadre de la modélisation des besoins énergétiques à l'échelle locale, une étape essentielle consiste à évaluer les comportements de recharge des automobilistes, et ce, en constituant des groupes distincts. En effet, au quotidien, les propriétaires de véhicules électriques peuvent se recharger dans 3 localisations : au domicile ou à proximité du domicile, au travail, et sur voirie/parking pour de la recharge à destination lors de petits trajets.

Pour évaluer la recharge à domicile, un premier élément à considérer est la présence ou non d'un emplacement de stationnement privé qui permettrait une recharge à domicile. Les données de l'INSEE, obtenues lors d'un recensement en 2018, permettent d'évaluer cette possibilité de recharge à domicile pour chacune des communes. En effet, à partir du nombre de foyers possédant un véhicule mais pas de

place de stationnement privé¹⁸, il est possible d'évaluer la part des voitures stationnées sur la voie publique, et donc les voitures électriques stationnées sur voirie au travers des différents scénarios d'électrification. À noter que dans le cas des foyers ne disposant pas de place de stationnement, un « retard » de 3 ans (par rapport au taux global d'électrification) a été appliqué sur le passage au véhicule électrique¹⁹. La **Figure 19** résume les étapes de cette analyse, avec obtention en finalité de la part de recharge sur voirie « de proximité » par commune.

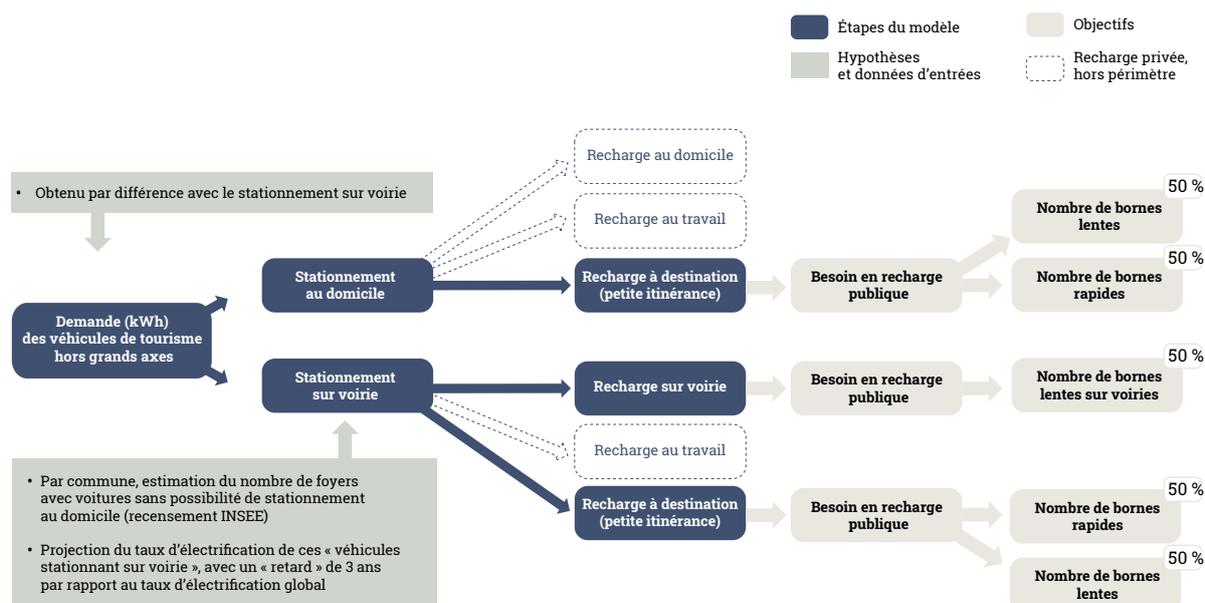
Il apparaît que cette part de recharge sur voirie augmente au cours des années, et que donc inversement, la recharge à domicile diminue. Ce phénomène est expliqué par l'acquisition de véhicules électriques dans les zones urbaines, qui ont en moyenne un taux d'accessibilité à de la recharge privée plus faible.

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 Base de données PRINC18 & PRINC8, Recensement INSEE 2018

¹⁹ Traduisant une moindre propension de ces usagers à passer à l'électrique, puisque demandant une logistique supplémentaire et un coût de la recharge plus élevé en moyenne

Figure 19: Modélisation de la part de recharge de proximité pour les automobilistes ne disposant pas de stationnement réservé à domicile



Une étude de l'ICCT, mentionnée dans le rapport de l'Avere-France sur les comportements de recharge²⁰, donne une visualisation des comportements de recharge selon la présence ou non d'un stationnement à domicile pour recharger le véhicule. AFRY a considéré les mêmes hypothèses, représentées dans la **Figure 20**. Dans le cas des véhicules utilitaires

légers et des poids lourds, la recharge est considérée comme se réalisant majoritairement à l'entrepôt. Pour les véhicules utilitaires légers des particuliers, qui représentent 48 % du parc total de véhicule utilitaire léger²¹, la même méthodologie que pour les véhicules légers a été appliquée avec la prise en considération des foyers avec ou sans stationnement privé.

Figure 20: Comportement de recharge par catégorie de véhicule

Véhicule	Recharge à domicile possible	Domicile privé/ Entrepôt	Travail	Voirie
Véhicule léger	Oui	80 %	8 %	12 %
Véhicule léger	Non	–	30%	70%
Véhicule utilitaire léger professionnel	–	90%	–	10%
Poids lourd ²²	–	95%	–	5%

Dans le cas des taxis et VTC, une étude économique du gouvernement²³ mentionne que seul un tiers des conducteurs ont accès à de la recharge à domicile. Pour ces conducteurs, la part de recharge sur voie publique n'est

considérée qu'à hauteur de 20 % contre 100 % pour ceux qui ne disposent pas de possibilité de stationnement à domicile.

²⁰ Le développement de la recharge en France pour les véhicules légers, Avere France

²¹ AFRY a considéré la répartition actuelle du parc entre les véhicules utilitaires légers des professionnels et des particuliers, à savoir 54 % de camionnette professionnelle, 67 % de dérivé VP professionnel et 19 % d'autres VUL professionnels

²² La part de recharge en entrepôt est évaluée à 95 % sauf pour la catégorie des porteurs < 12 t qui a été considérée à 90 %

²³ Analyses des Infrastructures de recharge pour véhicule électrique, ministère de la Transition écologique et solidaire

2.2.2. Estimation des besoins énergétiques pour la recharge publique

L'estimation des besoins en énergie repose sur la distance parcourue annuellement par le véhicule et la consommation moyenne.

La distance quotidienne parcourue varie selon la zone géographique, et plus particulièrement selon si la zone est rurale, périurbaine ou urbaine. Comme l'indique l'INSEE, l'intégration des réalités des territoires et de leurs transformations peut être complexe, rendant l'obtention d'une définition précise d'une zone rurale délicate. Au travers de l'étude de l'INSEE²⁴ de 2017, établissant la distance moyenne parcourue par habitant selon la densité, AFRY a évalué qualitativement les différences sur la distance annuelle moyenne que réalise un véhicule dans une commune urbaine, périurbaine ou rurale.

D'après l'INSEE, il en résulte que les habitants des communes-centres et des pôles parcourent 17 % de kilomètres en moins par rapport à la moyenne de l'ensemble de l'échantillon, alors que les habitants présents dans la couronne des aires d'attraction de villes parcourent 28 % de kilomètres en plus, et les communes hors attraction des villes 29 % de kilomètres en plus. Au travers de ces pourcentages, AFRY a estimé la distance moyenne parcourue par un véhicule léger dans ces différentes zones. Pour les autres catégories de véhicules, des valeurs moyennes²⁵ à l'échelle du territoire ont été prises. Pour les poids lourds, une granularité plus importante a été considérée et la répartition actuelle a été appliquée avec 9 % de porteurs < 12 t, 9 % de porteurs 12-19 t, 32 % de porteurs > 19 t, 14 % de VASP lourd et 36 % de tracteur.

Figure 21: Distance moyenne annuelle parcourue par un véhicule en kilomètres²⁶

Année	2023	2035
VL – zone urbaine	10 000	9 500
VL – zone périurbaine	15 000	14 000
VL – zone rurale	15 500	14 500
Taxi	52 000	49 000
VUL	14 000	13 500

Année	2023	2035
Porteurs < 12 t	26 000	25 000
Porteurs 12-19 t	38 000	37 000
VASP lourd	26 000	25 000
Tracteur routier	90 000	88 000

En recombinaison des distances annuelles parcourues par les différentes catégories de véhicules avec leurs consommations respectives, le parc de véhicules et leur comportement de recharge, le besoin en énergie a été estimé à l'échelle du territoire (**Figure 22**) et la cartographie en

Figure 23 permet d'apprécier les évolutions par départements. Les scénarios **Haut**, **Central** et **Bas** ci-dessous reflètent directement les variations du besoin énergétique en fonction des projections du taux d'électrification considéré.

²⁴ La France et ses territoires, INSEE, 2021

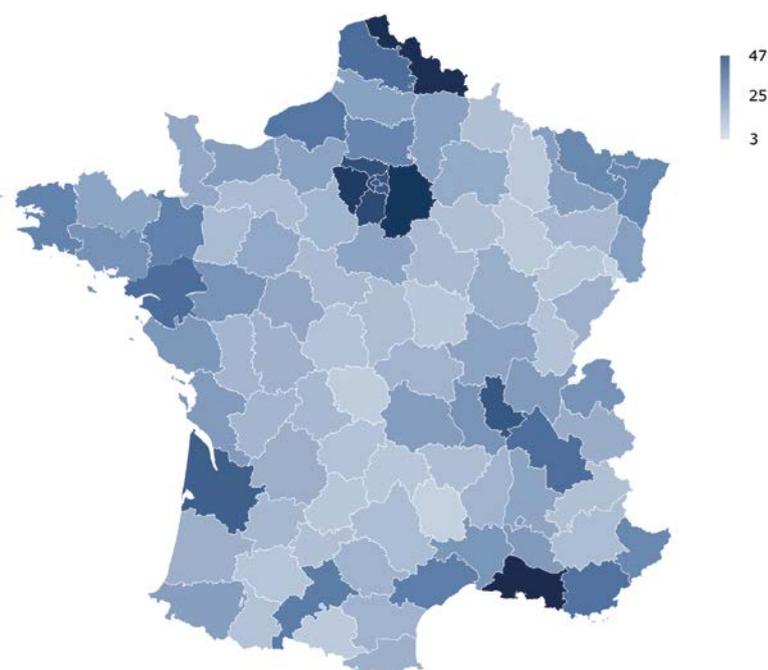
²⁵ Données issues de feuilles de route concernant l'analyse du TCO du transport routier, ministère chargé des Transports

²⁶ Données et études statistiques, Bilan de la circulation en 2021, ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires

Figure 22: Besoin énergétique pour la recharge publique (hors grands axes routiers)

	Total	Véhicules légers	Véhicules lourds
Haut	4,38 TWh	4,27 TWh	0,11 TWh
Central	3,66 TWh	3,61 TWh	0,05 TWh
Bas	2,33 TWh	2,32 TWh	> 0,01 TWh

Figure 23: Cartographie des besoins énergétiques en GWh en 2035 pour le scénario Central (hors grands axes routiers)



À horizon 2035, le besoin énergétique pour la recharge publique sera le plus élevé dans les grandes aires urbaines; ainsi, les départements associés à Lille, la région parisienne, Rennes, Nantes, Strasbourg, Lyon, Grenoble, Bordeaux,

Marseille, Montpellier et Toulouse présentent des besoins élevés. Ces zones urbaines se caractérisent par moins de stationnement privé et des stocks de véhicules importants.

2.2.3. Évaluation du nombre de points de charge

La dernière étape de la modélisation consiste à déduire le nombre de points de charge publics pour répondre au besoin énergétique. De là, deux hypothèses clés interviennent, à savoir :

- La puissance moyenne des chargeurs acceptée par les véhicules
- Le taux d'utilisation moyen d'un point de recharge.

Différentes catégories de recharge existent :

Courant	Recharge	Puissance
AC monophasé	Lente	$P < 7,4 \text{ kW}$
AC triphasé	Accélérée	$7,4 \text{ kW} \leq P \leq 22 \text{ kW}$
	Rapide	$P > 22 \text{ kW}$
DC	Lente	$P < 50 \text{ kW}$
	Rapide	$50 \text{ kW} \leq P < 150 \text{ kW}$
	Ultra-rapide (niveau 1)	$150 \text{ kW} \leq P < 350 \text{ kW}$
	Ultra-rapide (niveau 2)	$P \geq 350 \text{ kW}$

Mais concernant la puissance d'un point de charge, il faut prendre en compte que les véhicules ont une puissance moyenne acceptée qui peut être différente de la puissance affichée par le point de charge. La puissance moyenne acceptée est considérée comme identique pour les véhicules légers de tourisme et les utilitaires légers. La **Figure 24** affiche cette puissance moyenne acceptée pour différents types de chargeurs et l'évolution au cours des années.

À partir de l'étude de l'ICCT²⁷, les valeurs évoluent afin de retranscrire le progrès technologique des véhicules et la tendance au déploiement de points de charge avec des puissances plus élevées. La typologie de

chargeur lent AC 7 kW répond par exemple au besoin de la recharge de proximité, avec une faible puissance, mais qui permet de recharger convenablement un véhicule léger pendant environ 9 heures. Concernant la petite itinérance, c'est-à-dire pour les trajets courts et la recharge à destination, le besoin énergétique est satisfait dans une proportion de 50 % par les chargeurs rapides DC et de 50 % par les chargeurs lents AC 22 kW. En effet, l'installation de chargeurs rapides uniquement représenterait des investissements trop significatifs pour les collectivités. Pour les taxis et VTC, le besoin de recharge considéré en journée est plutôt rapide afin de limiter les temps d'arrêt du véhicule.

Figure 24: Puissance moyenne acceptée pour différents chargeurs par les véhicules à différentes dates

Année	VL - Chargeur AC 7 kW	VL - Chargeur AC 22 kW	VL - Chargeur rapide DC	PL - Chargeur DC
2023	4 kW	8 kW	35 kW	35 kW
2030	5 kW	9 kW	69 kW	69 kW
2035	5,4 kW	9,5 kW	90 kW	90 kW

Le taux d'utilisation est la dernière hypothèse déterminante dans l'estimation du nombre de points de charge. Il s'agit de considérer 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 a délivré

de l'énergie aux véhicules qui ont effectué une session.

$$\text{Taux d'utilisation} = \frac{\text{nombre d'heures d'utilisation}}{\text{nombre total d'heures}}$$

²⁷ Infrastructure de recharge au service de la transition vers la mobilité électrique en France, ICCT

En multipliant le taux d'utilisation par la puissance moyenne acceptée, on détermine la moyenne de l'énergie quotidiennement soutirée au point de charge. La division avec le besoin en recharge publique de la flotte de véhicules permet finalement d'en déduire le nombre de points de charge.

Le sujet du taux d'utilisation est au cœur de la planification des projets de déploiement d'IRVE, avec des impacts directs sur la rentabilité. En lien avec les ambitions de décarbonation du transport, le déploiement de points de charge est nécessaire pour atteindre une couverture convenable et faciliter la transition des automobilistes vers les véhicules électriques. La conséquence de ce déploiement en avance de phase par rapport au besoin, mais nécessaire pour lancer le marché, est l'émergence d'un taux d'utilisation structurellement faible en moyenne sur l'année. Mais la croissance des ventes de véhicules électriques permettra d'augmenter progressivement sa valeur.

Dans ces conditions où le taux d'utilisation est si déterminant dans l'estimation du besoin en nombre de points de charge, AFRY a décidé de modéliser les 3 scénarios avec 3 évolutions (linéaires) du taux d'utilisation entre 2022 et 2035: de 4 % (1 h d'utilisation par jour en

moyenne) à 8 % (2 heures), de 6 % (1h30) à 12,5 % (3 heures) et de 8 % (2 heures) à 17 % (4 heures)²⁸.

L'objectif est de couvrir les différents scénarios de déploiement possibles:

- Une modélisation avec un taux d'utilisation plus faible augmente le besoin en nombre de points de charge. Cette situation est associée à une rentabilité difficile voire impossible sans subventions pour les CPO mais un confort accru pour les usagers qui auront le choix parmi une plus grande densité de points.
- Une modélisation avec un taux d'utilisation plus élevé retranscrit une stratégie de déploiement où la rentabilité des opérateurs est plus aisée et un maillage de points plus optimisé en termes de coûts.

La **Figure 25** résume les besoins en nombre de points de charge à horizon 2035 selon le taux d'utilisation. La Commission européenne²⁹ cible pour 2030 un taux d'utilisation de 8,3 % pour les chargeurs lents et de 12,5 % pour les chargeurs plus rapides. Il peut être donc pertinent de rechercher à horizon 2035 un taux d'utilisation de 12,5 % afin d'avoir un équilibre entre le confort des usagers et la rentabilité pour les opérateurs.

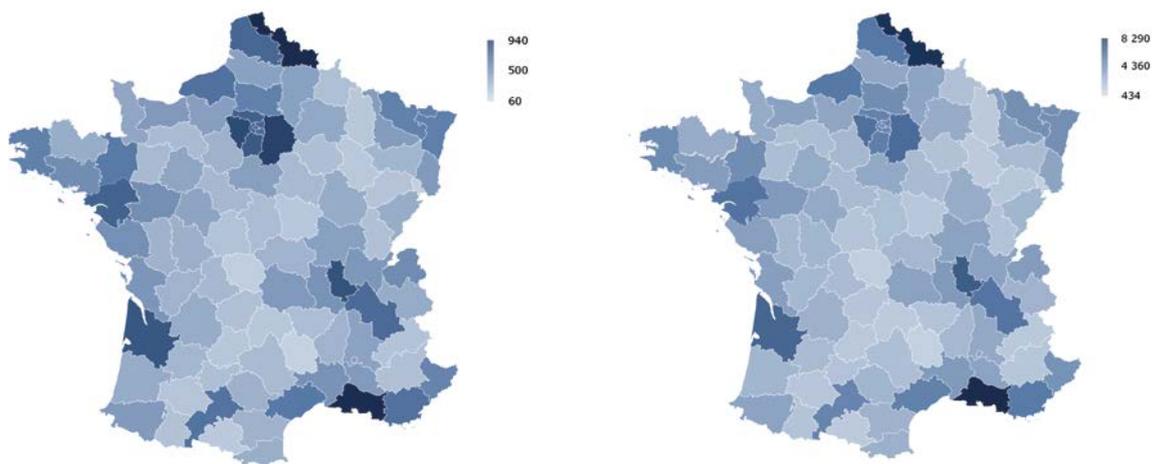
²⁸ À noter que les valeurs de départ pour le taux d'utilisation des différentes trajectoires ne sont pas forcément représentatives de la réalité, les valeurs actuelles étant plutôt inférieures à 5 %. Il s'agit principalement de jouer sur la sensibilité de ce paramètre

²⁹ Charging for phase-out, T&E, 2022

Figure 25: Besoin en nombre de points de charge pour la recharge publique hors grands axes routiers³⁰

	Taux d'utilisation [4 % - 8 %]	Taux d'utilisation [6 % -12,5 %]	Taux d'utilisation [8 % - 17 %]
Haut	# 477 200 (dont # 426230 chargeurs AC) dont 1690 points pour les PL	# 318 100 (dont # 284140 chargeurs AC) dont 1130 points pour les PL	# 238 600 (dont # 213120 chargeurs AC) dont 840 points pour les PL
Central	# 390 900 (dont # 347900 chargeurs AC) dont 770 points pour les PL	# 260 600 (dont # 231900 chargeurs AC) dont 520 points pour les PL	# 195 400 (dont # 173950 chargeurs AC) dont 390 points pour les PL
Bas	# 257 600 (dont # 231310 chargeurs AC) dont 140 points pour les PL	# 171 700 (dont # 154210 chargeurs AC) dont 90 points pour les PL	# 128 800 (dont # 115660 chargeurs AC) dont 70 points pour les PL

Figure 26: Cartographie des besoins en nombre de points DC (à gauche) et AC (à droite) à horizon 2035 pour le scénario Central (hors grands axes routiers)



En lien avec les cartes **Figure 26**, les besoins énergétiques pour la recharge publique sont plus importants dans les grandes aires urbaines, ayant pour conséquence d'augmenter le besoin en nombre de points. Il émerge que les départements qui auront un besoin conséquent en points AC, en auront aussi pour les points DC comme le montrent les similarités entre les deux cartes. Les deux typologies de points lents et rapides auront donc un rôle clé à jouer pour répondre aux différents besoins des utilisateurs.

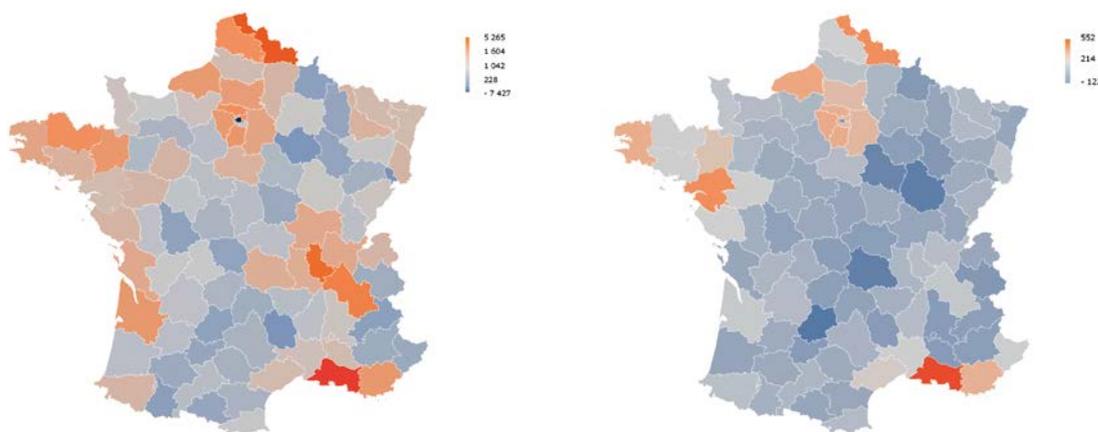
Par rapport au nombre de points actuellement présents, un certain nombre de départements auront un effort particulier à faire en termes de déploiement d'IRVE: les Bouches-du-Rhône, le Nord, le Rhône, l'Isère, le Val-d'Oise, le Pas-de-Calais, la Seine-Saint-Denis, la Loire-Atlantique, l'Essonne, l'Ille-et-Vilaine, la Gironde, les Yvelines, les Hauts-de-Seine, le Finistère, etc. **La Figure 27** et l'Annexe 5.2 donne une vue détaillée avec la distinction au niveau des besoins en points de charge AC et DC. Les cartes illustrent la

³⁰ 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 et AC)

différence entre le nombre de points actuels et celui estimé pour 2035. Les valeurs positives retranscrivent donc un manque de points pour répondre au besoin de recharge publique à horizon 2035 et les valeurs négatives témoignent d'un besoin déjà couvert. À noter que les points publics et ouverts au public³¹ ont été considérés pour représenter la situation actuelle en nombre de points. Cela peut par exemple amoindrir

les efforts à fournir pour Paris qui fait état de quasiment 10 000 points ouverts au public sous certaines conditions et pour le Nord avec plus de 3 000 points ouverts au public sous certaines conditions. Le rapport **Tome 1 – État des lieux de la recharge en France** traite plus en détail ces sujets de points publics et de points ouverts au public.

Figure 27: Cartographie des points AC (à gauche) et DC (à droite) à déployer d'ici à 2035 par rapport à la situation actuelle



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

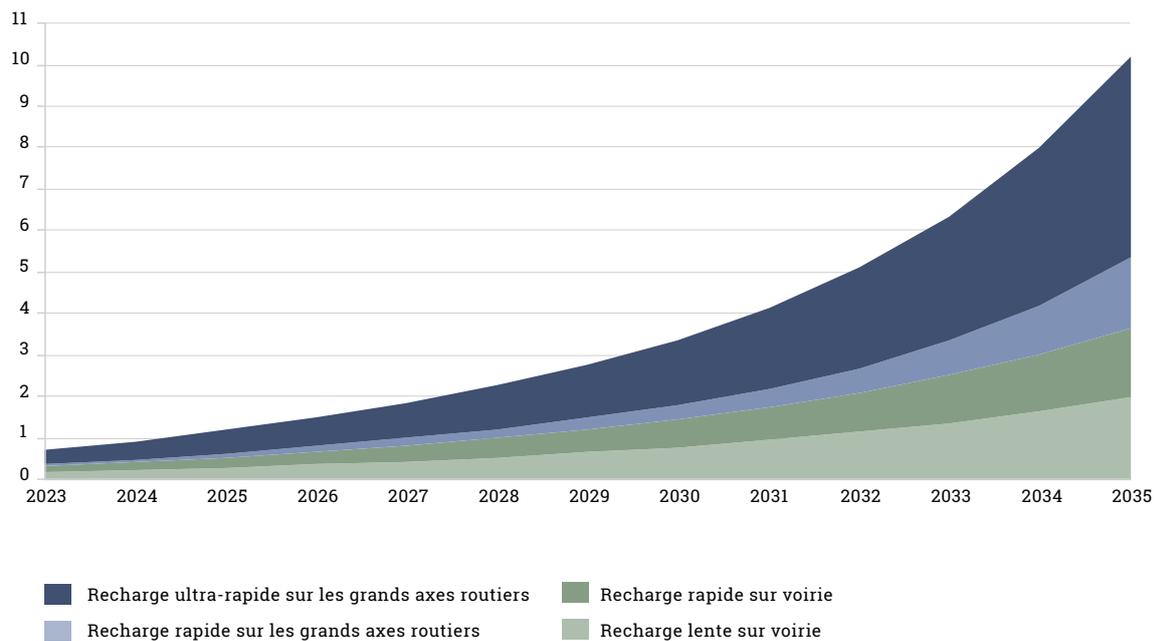
AFRY présente ici les résultats combinés des deux modélisations pour illustrer le besoin global en énergie pour la recharge publique et en points de charge sur l'ensemble du territoire. Ces résultats sont étroitement liés aux hypothèses explicitées dans les parties précédentes, mais la présence de plusieurs 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 28** 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.

³¹ Données de Eco-Movement

Figure 28: 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 30** donne la répartition en termes de typologie de points des résultats présentés en **Figure 29**.

Figure 29: Résultat de la modélisation pour les besoins en nombre de points de charge³²

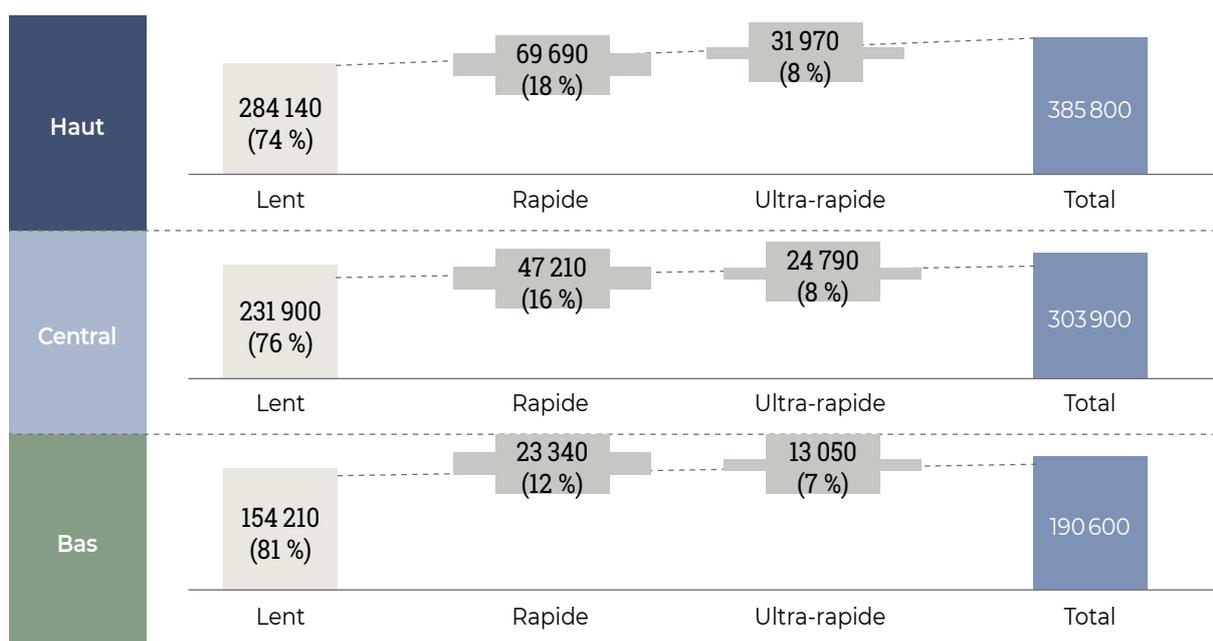
	Taux d'utilisation [4 % - 8 %]	Taux d'utilisation [6 % - 12,5 %]	Taux d'utilisation [8 % - 17 %]
Haut	# 544 900 (14,7 TWh) Local: # 477 200 Grands axes: # 67 700 (dont PL: 30 540)	# 385 800 (14,7 TWh) Local: # 318 100 Grands axes: # 67 700 (dont PL: 30 540)	# 306 300 (14,7 TWh) Local: # 238 600 Grands axes: # 67 700 (dont PL: 30 540)
Central	# 434 200 (10,2 TWh) Local: # 390 900 Grands axes: # 43 300 (dont PL: 13 070)	# 303 900 (10,2 TWh) Local: # 260 600 Grands axes: # 43 300 (dont PL: 13 070)	# 238 800 (10,2 TWh) Local: # 195 400 Grands axes: # 43 400 (dont PL: 13 070)
Bas	# 276 500 (5,2 TWh) Local: # 257 600 Grands axes: # 18 900 (dont PL: 2 260)	# 190 600 (5,2 TWh) Local: # 171 700 Grands axes: # 18 900 (dont PL: 2 260)	# 147 700 (5,2 TWh) Local: # 128 800 Grands axes: # 18 900 (dont PL: 2 260)

³² 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 30** 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 lourds³³ (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 30: Répartition des typologies de points avec un taux d'utilisation de 12,5 % en 2035³⁴



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.

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.

³³ 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

³⁴ 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

- 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 CRE³⁵ sur l'activité 2022.

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

³⁵ 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 »

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 nationale³⁶.

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 2021³⁷ 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

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 constructeurs³⁸.

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 décision. À

³⁶ Ministère de la Transition énergétique, Cartographie des SDIRVE (actualisée le 07/04/2023)

³⁷ 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 »

³⁸ « Milence : le futur réseau de recharge rapide des poids lourds détaille ses ambitions », publication Avere-France, 14 décembre 2022

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 minutes³⁹ 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 courte 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.

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

³⁹ Pause divisible en deux périodes de 15 minutes puis 30 minutes

de recharge. Le problème de la voiture « ventouse »⁴⁰ 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 AC⁴¹;

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

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,

⁴⁰ Qui stationne trop longtemps après la fin de sa recharge

⁴¹ Source: EU Charging Masterplan, 2021, ACEA

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.

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 :

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.

- 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 %⁴², compte tenu de la taille du parc actuel comparé au 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 heures), de 6 % (1 h 30) à 12,5 % (3 heures) et de 8 % (2 heures) à 17 % (4 heures). L'évolution est linéaire entre 2022 et 2035.

⁴² Estimation AFRY sur la base des hypothèses prises dans la modélisation

Figure 31: 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 étudiée, 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 ~4000 € (fourniture ~2000 €, installation et raccordement ~2000 €) 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.⁴³

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.

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.

⁴³ 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

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-France⁴⁴ 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)⁴⁵. 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'AFIREV⁴⁶ 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 Normandie⁴⁶.

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 2021⁴⁶.

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

⁴⁴ Baromètre commun de l'Avere-France et du ministère de la Transition énergétique, sur la base des données Gireve, juin 2023

⁴⁵ Étant donné qu'une petite minorité des points de charge n'est pas accessible en permanence, l'Avere-France estime que ces taux, basés à 100 % sur une disponibilité 24/7, peuvent subir une légère incidence négative

⁴⁶ Observatoire de la qualité des services de recharge électrique accessibles au public, AFIREV, Édition S1 2022

d'électricité, voire passer directement par des CPPA⁴⁷. 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 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).

⁴⁷ Corporate Power Purchase Agreement: Contrats d'achat d'électricité de gré à gré

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

Les ateliers et les entretiens organisés dans le cadre de l'étude ont remonté des définitions plurielles du concept de « zones blanches ». Deux volets principaux ont émergé :

- Un volet « usages », correspondant à des zones insuffisamment pourvues en IRVE par rapport aux besoins à différentes échelles géographiques.
- Un volet économique, correspondant à des points de charge qui n'ont pas de modèle de rentabilité viable à cause d'un trop faible taux d'utilisation.

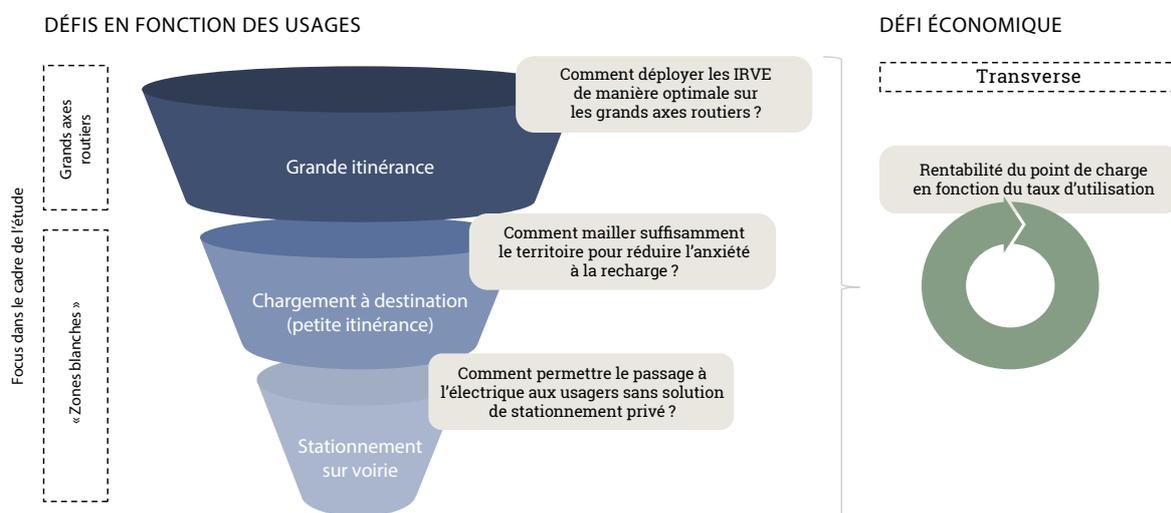
Ces deux aspects s'intersectent : les zones faiblement pourvues en IRVE sont aussi souvent celles qui enregistrent le moins de trafic, et donc le plus faible taux d'utilisation. Dans le volet géographique, l'étude considère trois échelles :

- L'échelle de la « grande itinérance », correspondant aux trajets longue distance (départs en vacances) et donc aux grands axes routiers tels que définis dans l'étude ; comme vu dans

le rapport **État des lieux de la recharge en France**, certains axes en France restent encore trop peu pourvus en recharge rapide. Mais compte tenu la future réglementation européenne AFIR et le succès de la première vague de déploiement, ce cas n'a pas fait l'objet d'un traitement en profondeur dans le cadre de l'étude des « zones blanches ».

- L'échelle de la « petite itinérance », qui correspond principalement à de la recharge dite « à destination », sur des courts trajets (ex : excursions du week-end) ; le maillage doit être assez dense à l'échelle plutôt départementale pour réduire l'anxiété de la recharge des usagers.
- L'échelle locale ou « recharge de proximité », correspondant à une situation dans laquelle des usagers possèdent un véhicule mais pas de solution de stationnement privé ; ils n'ont donc pas accès facilement à la recharge ou bien n'ont pas la possibilité de se recharger à un prix modéré, ce qui engendre une moindre adoption du véhicule électrique et n'est pas souhaitable.

Figure 32: Défis en fonction des usages et leur traitement dans l'étude Hit the Road



La terminologie « zones blanches » ne fait pas consensus auprès de l'écosystème; elle fait écho à des opérations de déploiement du réseau mobile, ou plus récemment, de la fibre optique sur le territoire français. Le concept peine à traduire certaines réalités à l'échelle locale :

- Une borne peut être installée dans la zone, mais elle peut être insuffisante par rapport au besoin en recharge.

- Des bornes peuvent être présentes mais inadaptées aux usages (bornes DC rapides alors que le besoin est en recharge nocturne peu chère).

Un terme plus large, que propose l'étude, est celui de « zones à pourvoir », qui englobe les différents défis qu'il est nécessaire de relever dans la zone, en traduisant simplement un besoin d'action: la zone doit être pourvue en bornes supplémentaires ou recevoir le soutien des pouvoirs publics.

4.1 Mesures-clés « Zones à pourvoir » pour relever les défis de la petite itinérance

4.1.1. Appel d'offres sous forme de « clusters de rentabilité »

Impact: équipement des « zones à pourvoir », équilibrage de la rentabilité pour les opérateurs, modération tarifaire	
KPI: taux de réponse à l'appel d'offres, taux d'utilisation des bornes dans les clusters	Parties prenantes: État, collectivités, opérateurs
Levier(s): décision politique, investissements à réaliser (étude, mise en place d'un outil de suivi et des appels d'offres à lancer)	

Pour apporter une solution au défi de la rentabilité dans les « zones à pourvoir » et du maillage à l'échelle de la petite itinérance, il est possible d'imaginer un mécanisme d'appels d'offres portant sur des clusters de points de charge, dont la rentabilité s'équilibre entre les points peu utilisés et ceux très utilisés.

De manière générale, l'application d'un tel mécanisme est fondée sur une forte verticalité, qui devra être portée par l'autorité publique. Celle-ci aura à charge :

- La consolidation des données existantes sur la plateforme open data du gouvernement, afin que la totalité des points de charge actuels soit répertoriée et remontée régulièrement.
- L'agrégation des données issues de la construction des SDIRVE à mesure que ceux-ci seront publiés, pour construire une vision prospective du déploiement à court

terme et utiliser les analyses faites à l'échelle locale des besoins estimés.

- La constitution, via des données démographiques et socio-économiques, du « trafic » à l'échelle ultra-locale (carrés ou hexagones de quelques hectares), qui permette d'estimer quelles localisations seront au moins à l'équilibre économique et lesquelles ne le seront pas.
- Une estimation paramétrique de la demande dans chacun de ces carrés/hexagones, et une vision sur l'offre actuellement disponible en termes de points de charge et de puissance. Si l'actuel dispositif ne permet pas de remplir la demande prévue pour les cinq prochaines années, le carré/hexagone est considéré comme une « zone à pourvoir » candidate.
- La publication et la maintenance en accès libre de ces données, par exemple sous la forme d'une carte interactive.

À partir de ces données, une équipe dédiée pourrait arbitrer sur la constitution de « clusters », soit des ensembles de zones de rentabilités variables, qui pourront s'équilibrer entre elles, tout en évitant la création de monopoles locaux. Ces clusters feraient ensuite l'objet d'appels d'offres répondant à des critères techniques à définir en fonction des besoins identifiés sur chaque zone. Chaque cluster pourrait comprendre entre 20 et 70 localisations.

Puisque cette mesure adresserait particulièrement la problématique de la « petite itinérance », des solutions de recharge rapide DC 50 kW et au-delà apparaissent comme les plus pertinentes à déployer dans ce cadre.

Les subventions porteraient sur les CAPEX; leur niveau devrait être supérieur aux niveaux standards de subventions pratiquées hors de ce mécanisme, pour que l'attractivité soit suffisante. La gestion des appels d'offres pourrait

être portée par les organisations existantes (Avere-France, ADEME, etc.) ou par une entité *ad-hoc* créée à l'étape de la consolidation des données.

Un tel mécanisme serait très similaire au Deutschlandnetz allemand (voir la partie 4.1.2).

Comme en Allemagne, il est envisageable que ces points de charge soient, une fois en opération, soumis à une tarification contrôlée. Les autorités publiques proposeraient une formule de calcul du prix légal à pratiquer sur ces bornes (qui prendrait notamment en compte les coûts des carburants fossiles), avec éventuellement une forme de flexibilité.

Comme pour l'ensemble des mécanismes de soutien présentés dans ce rapport, il serait souhaitable de le conditionner à une communication régulière du taux d'utilisation, de manière à affiner les programmes futurs et évaluer l'efficacité du dispositif.

4.1.2. Étude de cas : Allemagne, focus sur le mécanisme du « Deutschlandnetz »

Le mécanisme du Deutschlandnetz, lancé en 2021, propose des subventions pour assurer une couverture dans tout le pays, en ciblant les « zones à pourvoir ». Ce programme de subvention allemand, par voie d'appels d'offres, a pour objectif d'accroître la couverture dans tout le pays, et ce en finançant jusqu'à 100 % des coûts d'investissement des stations de recharge rapide. Il est doté d'environ 1,8 Mds € sur les 2,5 Mds présents dans le fond de déploiement IRVE.

Il concerne 1100 localisations avec des stations de recharge d'au moins 300 kW, dont 200 sur des aires de repos sur les autoroutes, tandis que les 900 localisations restantes se trouvent dans des zones urbaines et rurales. Chaque emplacement comprend 4 à 16 points de charge, soit environ 10 000 points de charge au total.

La procédure d'appel d'offres, lancée par le ministère fédéral allemand des transports

et des infrastructures numériques (BMDV), a débuté le 25 juin 2021 et la clôture des candidatures a eu lieu à la mi-2023. Plus de 400 candidatures ont été déposées pour 23 lots de localisations au total. Chacun des lots, ou « bundles », regroupe des sites estimés comme économiquement rentables, ainsi que des sites moins attrayants afin d'éviter les « zones blanches ». L'appel d'offres empêche par ailleurs les structures monopolistiques (en répartissant les points) et favorise l'émergence d'un paysage concurrentiel, favorable pour les clients.

Le gouvernement allemand affiche trois objectifs principaux:

- Couverture nationale: Les usagers doivent pouvoir emprunter tous les itinéraires du pays sans faire de grands détours pour se charger.
- Réponse à la demande: Les utilisateurs ne devraient pas avoir à attendre un temps

excessivement long pour obtenir une borne de recharge aux points de charge rapide libre en raison d'un nombre insuffisant de bornes de recharge.

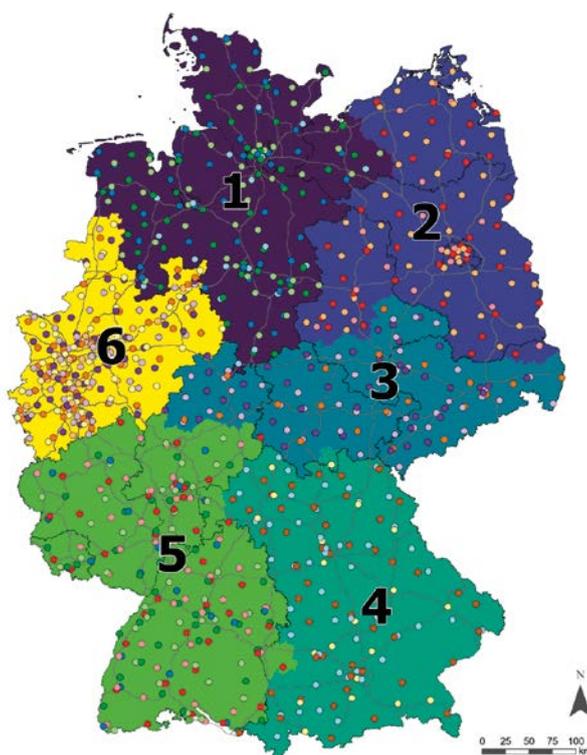
- Niveau de service par les opérateurs: Accessibilité, performance, fiabilité, facilité d'utilisation et compatibilité environnementale de l'offre d'infrastructure.

En échange d'une subvention quasi-totale des CAPEX, les opérateurs s'engagent à pratiquer un tarif réglementé à ces bornes. Le mode de calcul de ce tarif a été fixé par le BMDV, et impose un prix compétitif par rapport aux carburants fossiles. Les opérateurs n'étaient pas favorables à cette mesure, mais elle a finalement été validée par l'UE.

Les lots de localisations, ou « bundles »

Les entreprises ont pu se porter candidates à des appels d'offres sur des « bundles » (lots), c'est-à-dire à des localisations multiples, où elles devront construire les stations de recharge une fois l'appel d'offres remporté. Les lots comprennent chacun de 20 à 70 sites. Au total, 23 lots seront attribués à différents opérateurs. Chaque lot est rattaché à une des six « régions » géographiques de l'Allemagne. Des distances importantes séparent les différentes localisations au sein d'un même lot, afin de réduire le risque de monopoles locaux et d'équilibrer la rentabilité le tout étant défini par le « Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (NLL) »⁴⁸ (Centre national d'orientation de l'infrastructure de recharge).

Figure 33: Les 6 « régions » géographiques avec 23 « bundles » (points de couleurs)



Des outils digitaux ont été développés pour estimer et visualiser les besoins à un degré de précision élevé. Une carte interactive permet de parcourir les localisations de chacun des lots identifiés, et précise, pour chaque localisation, le nombre de points concernés par l'appel

d'offres. Il peut y avoir 4, 8, 12 ou 16 points de charge par emplacement. Comme montré sur la **Figure**, l'emplacement exact du hub de recharge à déployer n'est pas précisé: seule une aire circulaire localisée est indiquée.

⁴⁸ <https://nationale-leitstelle.de/foerdern/deutschlandnetz/>

Figure 34: Exemple d'une station de recharge avec 8 points de charge (taille M) (à droite) et d'une localisation (à gauche)



Chaque groupe ou lot comprend un mélange de localisation potentiellement très rentables et d'autres moins rentables.

Figure 35: Exemple de « bundle » avec des localisations plus ou moins rentables



Dans l'image ci-dessus, la zone de recherche 1 est proche d'une grande ville et plus attrayante que la zone de recherche 2, qui est plus proche d'une petite ville. Mais le fait de combiner ces

zones en un lot garantit que les stations seront également construites dans les zones moins rentables, conformément au plan de couverture du BMDV.

4.1.3. Soutien aux OPEX en fonction du taux d'utilisation

Impact: amélioration de la rentabilité dans les « zones à pourvoir » et augmentation du nombre de points installés, amélioration du taux de disponibilité	
KPI: taux d'utilisation des bornes, taux de disponibilité	Parties prenantes: État, opérateurs
Levier(s): favoriser fiscalement l'opérateur des zones à pourvoir	

Pour apporter une solution au défi de la rentabilité dans les « zones à pourvoir », il est possible d'envisager un soutien aux OPEX applicable lors des premières années d'opération (celles étant a priori les moins rentables dans l'optique d'une électrification croissante).

Les formes envisageables pour ce mécanisme sont nombreuses; le levier fiscal semble le plus adapté. Ce seul mécanisme n'aurait pas vocation à assurer la rentabilité de la borne. Sur la taxation de l'énergie, des taux réduits et des exonérations sur le coût de l'électricité pourraient être envisagés.

Les bornes existantes seraient également éligibles, notamment pour encourager le respect des exigences de maintenance. Mais ce soutien ne serait proposé qu'aux bornes ne franchissant pas un certain seuil de taux d'usage, à définir par les pouvoirs publics, et se trouvant dans une zone dite « à pourvoir » telle que définie dans la mesure-clé précédente. Il serait conditionné à une communication transparente du taux d'usage, voire à un certain niveau de tarifs pratiqués. Il fonctionnerait ainsi en tandem avec la TIRUERT pour mieux prendre en compte les disparités structurelles de taux d'utilisation.

4.2. Mesures-clés « Zones à pourvoir » pour relever les défis de la recharge abordable de proximité

4.2.1. Déploiement de points de charge AC 7 kW

Impact: accès à une recharge de proximité abordable sur l'ensemble du territoire	
KPI: taux d'utilisation des bornes de proximité, nombre de bornes AC 7 kW installées	Parties prenantes: collectivités, État
Levier(s): investissements à réaliser, partenariat public-privé	

Le défi des usagers possédant un véhicule mais n'ayant pas accès à une solution de stationnement privé peut être relevé en déployant des points de charge AC offrant une recharge abordable de proximité.

Dans la présente étude, une modélisation à l'échelle communale du besoin en recharge de proximité a été réalisée à partir du nombre de foyers possédant un véhicule mais pas de place de stationnement privé⁴⁹. Ils sont susceptibles

de passer au véhicule électrique, mais avec un certain retard par rapport au taux d'électrification global, qui s'appuie toujours principalement sur la recharge à domicile. Pour encourager l'électrification de ces véhicules sans stationnement privé, des bornes de recharge publiques sur voirie ou parking devront être déployées.

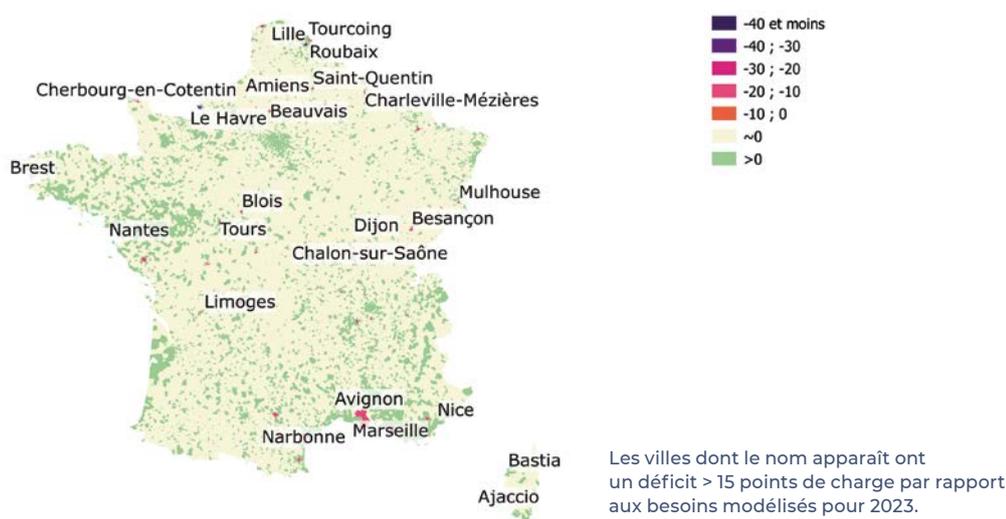
À l'heure actuelle et à première vue, par rapport au besoin global modélisé pour 2023, la France apparaît suffisamment pourvue: environ

⁴⁹ Base de données PRINC18 & PRINC8, Recensement INSEE 2018

22700 points de charge AC 7 kW publics sont installés sur le territoire national⁵⁰, à comparer avec un besoin estimé de 11700 points de charge AC 7 kW pour 2023 (modélisation AFRY, taux d'utilisation de 4 % correspondant

au scénario **Central** [4 %-8 %]). Toutefois, à l'échelle des communes, 55 ont un déficit d'au moins 10 points de charge, et 24 (dont les noms sont indiqués dans la figure ci-dessous) ont un déficit d'au moins 15 points de charge.

Figure 36: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2023 (scénario **Central [4 %-8 %])**

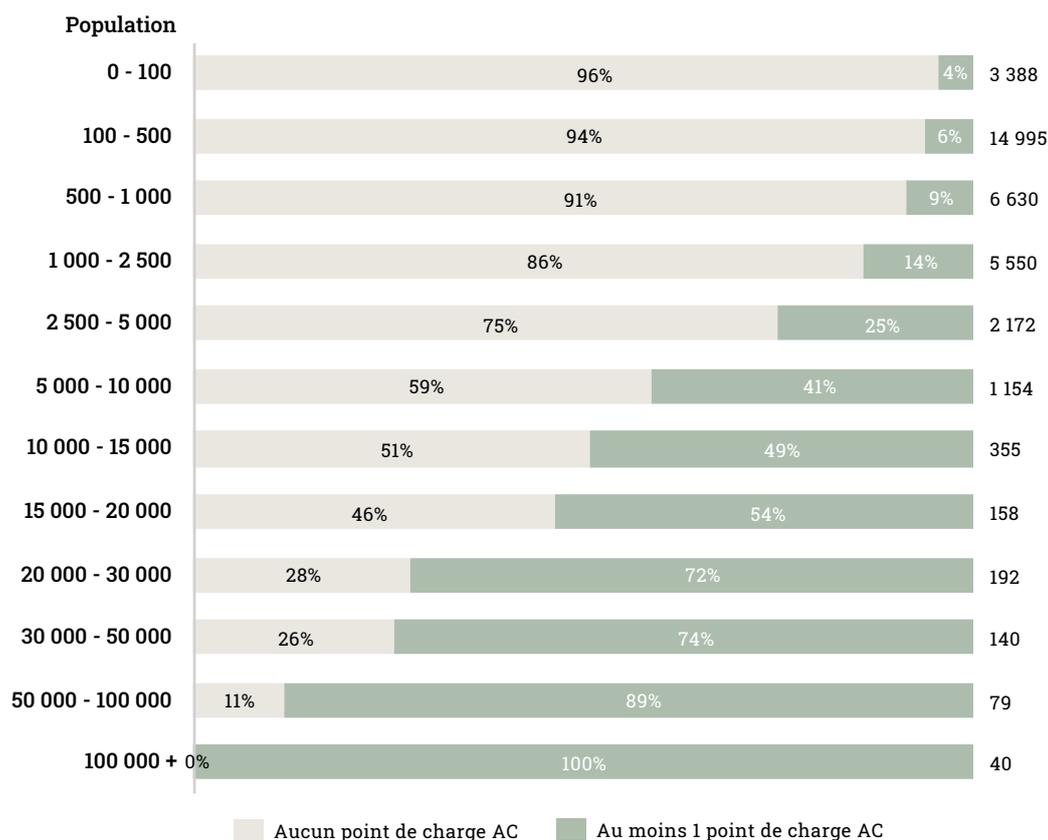


Source: Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023

Cette vision est toutefois à nuancer, puisqu'au sein d'une commune, les points de charge AC 7 kW installés peuvent ne pas être correctement situés par rapport aux foyers sans solution de stationnement privé. De plus, un grand nombre de très petites communes n'a pas du tout de points de charge AC (mais également quasiment aucun besoin modélisé).

⁵⁰ Sources: Données d'Eco-Movement, avril 2023, analyse d'AFRY

Figure 37: État des lieux de la recharge publique AC dans les communes françaises (hors territoires ultramarins)



Source: Insee, Population en 2020 (Recensement de la population), Eco-Movement

Un certain nombre de bornes devront donc être déployées à horizon 2035 pour répondre aux besoins de chaque commune. Ce déploiement devra favoriser:

- Les bornes AC lentes (~7 kW): peu chères, adaptées à un stationnement de proximité (nocturne par exemple) car permettant une recharge suffisante de la batterie.
- Des localisations proches des zones résidentielles, si possible au plus près des foyers n'ayant pas de possibilité de stationnement.
- En particulier dans les zones urbaines, un dispositif de « bornes à la demande » peut être mis en place (un usager émet une demande d'installation d'une borne près de

son domicile, gratuitement), comme c'est déjà le cas dans les villes de Saint-Étienne⁵¹ ou sur certains réseaux⁵², bien qu'il s'agisse d'échelles embryonnaires.

La modélisation estime ce même besoin en recharge de proximité à horizon 2035. Dans le scénario **Central**, en fonction du scénario de taux d'utilisation, un besoin allant de 42 730 à 85 460 points est envisagé, ce qui représente ~20 000 à ~63 000 points de charge AC 7 kW à installer sur le territoire. En considérant un CAPEX moyen de 5 000 € par point de charge, l'investissement à mobiliser irait de 100 M€ à 310 M€ d'ici à 2035.

⁵¹ www.e-totem.eu/reseau-semob-saint-etienne-metropole/

⁵² <https://bornealademande.fr/eborn/>

Figure 38: Besoin en point de charge « de proximité » (AC 7 kW) pour 2035 dans le scénario Central⁵³

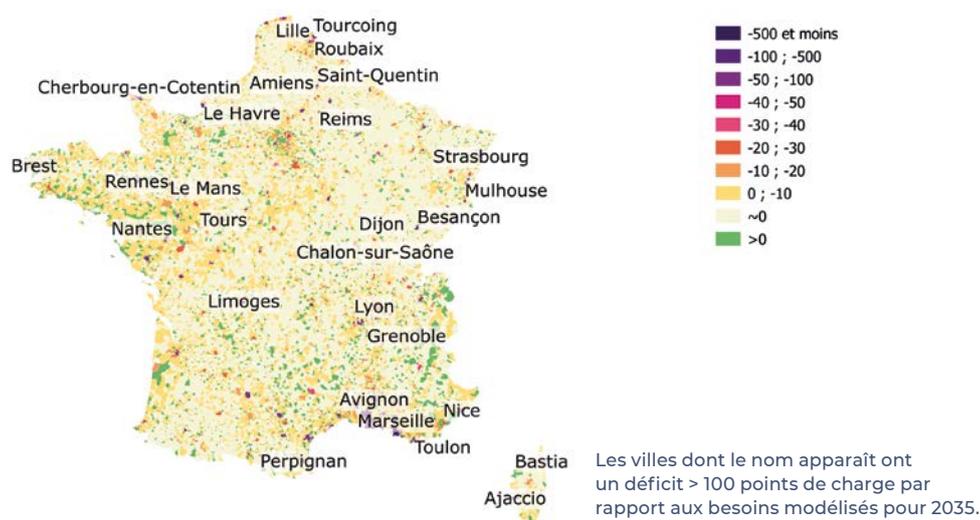
	Taux d'utilisation [4 % - 8 %]	Taux d'utilisation [6 % - 12,5 %]	Taux d'utilisation [8 % - 17 %]
Central	# 85460 (+ 62790 points lents par rapport à 2023) ~310 M€ d'investissements	# 56980 (+ 34310 points lents par rapport à 2023) ~170 M€ d'investissements	# 42730 (+ 20060 points lents par rapport à 2023) ~100 M€ d'investissements

Source: Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023

À l'échelle communale, il apparaît que le besoin reste faible dans un nombre important de communes peu peuplées. Toutefois, beaucoup de villes moyennes et grandes doivent investir dans

la recharge AC 7 kW de proximité pour ne pas se retrouver en situation de déficit en 2035 par rapport à la situation actuelle.

Figure 39: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2035 (scénario Central [6 % - 12,5 %])



Source: Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023

En particulier, les villes dont le nom apparaît sur la **Figure 39** ont plus de 100 points de charge AC 7 kW à installer d'ici à 2035, a minima, pour répondre au besoin dans le scénario Central [6 % - 12 %].

Il est également envisageable de considérer que chaque commune, même petite, devrait proposer au moins un point de charge. Cela rajoute 13000 à 19000 points de charge supplémentaires en fonction des scénarios.

⁵³ Les nombres de points de charge modélisés sont ici arrondis à la dizaine la plus proche

Figure 40: Besoin en point de charge « de proximité » (AC 7 kW) pour 2035 dans le scénario Central, en considérant un point de charge minimum par commune⁵⁴

	Taux d'utilisation [4 % - 8 %]	Taux d'utilisation [6 % - 12,5 %]	Taux d'utilisation [8 % - 17 %]
Central	# 98 620 (+ 75 880 points de charge AC 7 kW par rapport à 2023) ~380 M€ d'investissements	# 73 540 (+ 50 810 points de charge AC 7 kW par rapport à 2023) ~250 M€ d'investissements	# 61 640 (+ 38 900 points de charge AC 7 kW par rapport à 2023) ~190 M€ d'investissements

Source : Modélisation AFRY, données d'Eco-Movement, avril 2023, note : les scénarios AFRY n'incluent pas ce « point de charge minimum par commune » dans les résultats présentés

4.2.2. Tarif modéré pour les recharges de proximité

Impact: accès à une recharge de proximité abordable sur l'ensemble du territoire	
KPI: taux d'utilisation des bornes de proximité	Parties prenantes: État, collectivités, CRE
Levier(s): décision politique, modification(s) réglementaire(s)	

La recharge abordable de proximité pour les usagers sans solution de stationnement privé devra être accessible et limiter l'inégalité avec les usagers disposant d'un stationnement à domicile. Des modèles d'utilisation adaptés devraient ainsi voir le jour, prenant notamment en considération :

- La possibilité de stationner toute la nuit, ou sur une longue plage horaire, au-delà du moment où 100 % de la batterie est rechargée.
- La nécessité de déplacer le véhicule à partir d'une certaine heure le matin, pour permettre le stationnement d'autres voitures dans la journée, au tarif standard; cela peut par exemple prendre la forme d'une pénalité après charge complète ne s'appliquant qu'entre 8 heures et 20 heures.

Un tarif « modéré » serait proposé et proche du tarif auquel les usagers ont accès s'ils ont un point de recharge à domicile; un tel tarif au kWh « équivalent à domicile » devrait être fixé par les pouvoirs publics (par exemple, par la Commission de régulation de l'énergie). Il

semble cependant important que le tarif reste légèrement plus élevé qu'à domicile pour éviter d'inciter à la recharge publique lorsqu'une solution à domicile est envisageable.

Pour flécher au mieux ce tarif avantageux, seuls les habitants de la commune y seraient éligibles, et seulement pour les bornes AC.

Concernant l'équilibre économique de la mesure, plusieurs options sont également envisageables :

- Ce tarif pourrait être adossé à un système d'abonnement, forme de revenus fixes plus pérennes pour l'opérateur.
- Le tarif modéré serait compensé structurellement par le tarif normal pour les usagers non-résidents ou par un tarif « diurne » plus élevé; ainsi, il ne nécessiterait donc pas forcément de soutien spécifique.
- (ou) le tarif modéré est compensé par une forme de soutien des autorités publiques aux bornes concernées.

⁵⁴ Les nombres de points de charge modélisés sont ici arrondis à la dizaine la plus proche

4.2.3. Solutions innovantes pour la recharge abordable de proximité

Impact : accès à une recharge de proximité abordable sur l'ensemble du territoire	
KPI : coûts-bénéfices des différentes technologies après les projets pilotes	Parties prenantes : opérateurs
Levier(s) : analyse(s) à conduire	

La recharge abordable de proximité pour les usagers sans solution de stationnement privé pourra profiter de solutions alternatives.

Éclairage public : Le couplage de l'éclairage public avec des bornes de recharge permettrait de profiter de raccordements déjà existants et donc de réduire les investissements. Cette technologie a déjà été déployée notamment dans les capitales européennes que sont Londres et Berlin.

Parkings partagés : Dans les métropoles, les parkings ou les bornes privées déployées par les entreprises pourraient être mis à disposition la nuit pour proposer une recharge nocturne publique (ou à accès limité avec un système d'abonnés), ce qui augmenterait le taux d'utilisation de celles-ci. Cela offrirait un complément de revenus sans cannibaliser la fonction première de ces bornes.

Recharge chez les particuliers : Certains acteurs ont lancé des expérimentations sur le partage de bornes à domicile, type « Airbnb de la charge »⁵⁵. Cette solution pourrait fonctionner à terme et de manière ponctuelle.

Rigoles de trottoir : À défaut de stationnement privé, certains usagers ont la possibilité de se garer devant leur domicile. Des câbles à faible puissance jusqu'à la voirie seraient dans ce cas envisageable, mais l'impact sur les piétons doit être minimisé (pas de câbles sur le trottoir, qui représentent un danger). Au Royaume-Uni, le Oxfordshire County Council s'est penché sur les problématiques liées à l'absence de stationnement privé à domicile et a expérimenté des solutions de « rigoles » qui permettent d'incorporer les câbles dans le trottoir et réduire ainsi la gêne occasionnée. Ces expérimentations ont été jugées concluantes⁵⁶. D'autres dispositifs permettant d'étendre la recharge à domicile jusqu'à la voirie sans gêner les piétons peuvent également être considérés, dans la limite du cadre légal et des obligations de sécurité.

4.3. Mesures-clés transverses

4.3.1. 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.

⁵⁵ www.renault.fr/e-tech-electrique/plug-inn.html

⁵⁶ Case Study: Alternatives to Standard On-Street EV Charging, Elizabeth Bohun, ZEV and Energy Integration Team, iHUB, Oxfordshire County Council

- 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 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.

4.3.2. 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 Vendée⁵⁷ des modalités alternatives de raccordement pour les EnR. Ces ORI (offres de raccordement intelligentes) ou offres de raccordement alternative à modulation de puissance, telles qu'elles sont désormais industrialisées depuis 2021⁵⁸, 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.

⁵⁷ Dossier de presse Enedis « Lancement des Offres de Raccordement Intelligentes », 23 février 2018

⁵⁸ Communiqué de presse Enedis « Enedis favorise et accélère le raccordement des producteurs HTA d'énergies renouvelables grâce aux flexibilités », 15 novembre 2021

4.3.3. 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* ».

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'interopérabilité⁵⁹.

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.

4.3.4. 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 gamme⁶⁰. Les bornes de recharge DC ultra-rapides devront être conçues pour opérer à cette tension pour que les avantages de ces batteries soient effectifs.

⁵⁹ 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

⁶⁰ Frandroid, « Pourquoi les voitures électriques 800 volts vont ringardiser les modèles actuels », 31 décembre 2022

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.

4.3.5. 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

5.2. Analyse du besoin en nombre de points à horizon 2035 par département pour le scénario **Central** avec un taux d'utilisation à 12,5 %

Région	Département	Besoin énergétique pour la recharge publique (GWh)	# de points AC	# de points DC
Auvergne-Rhône-Alpes	Ain	16,3	2 456	321
Auvergne-Rhône-Alpes	Allier	10,4	1 544	185
Auvergne-Rhône-Alpes	Ardèche	10,5	1 560	187
Auvergne-Rhône-Alpes	Cantal	5,9	751	91
Auvergne-Rhône-Alpes	Drôme	14,1	2 189	269
Auvergne-Rhône-Alpes	Haute-Loire	7,9	1 098	134
Auvergne-Rhône-Alpes	Haute-Savoie	18,5	2 724	377
Auvergne-Rhône-Alpes	Isère	27,4	4 497	551
Auvergne-Rhône-Alpes	Loire	17,9	2 888	344
Auvergne-Rhône-Alpes	Puy-de-Dôme	16,1	2 487	313
Auvergne-Rhône-Alpes	Rhône	34,0	5 733	688
Auvergne-Rhône-Alpes	Savoie	11,8	1 740	221
Bourgogne-Franche-Comté	Côte-d'Or	11,8	1 986	235
Bourgogne-Franche-Comté	Doubs	10,9	1 696	229
Bourgogne-Franche-Comté	Haute-Saône	6,2	930	122
Bourgogne-Franche-Comté	Jura	6,9	1 084	136
Bourgogne-Franche-Comté	Nièvre	5,8	918	109
Bourgogne-Franche-Comté	Saône-et-Loire	14,4	2 482	288
Bourgogne-Franche-Comté	Territoire de Belfort	3,4	490	59
Bourgogne-Franche-Comté	Yonne	8,8	1 469	172
Bretagne	Côtes-d'Armor	15,4	2 268	305
Bretagne	Finistère	21,8	3 461	436
Bretagne	Ille-et-Vilaine	22,5	3 373	469
Bretagne	Morbihan	18,3	2 726	373

Région	Département	Besoin énergétique pour la recharge publique (GWh)	# de points AC	# de points DC
Centre-Val de Loire	Cher	8,0	1210	149
Centre-Val de Loire	Eure-et-Loir	10,2	1562	200
Centre-Val de Loire	Indre	6,8	1045	124
Centre-Val de Loire	Indre-et-Loire	13,3	2166	264
Centre-Val de Loire	Loiret	14,0	2171	288
Centre-Val de Loire	Loir-et-Cher	9,0	1378	173
Grand Est	Ardennes	7,5	1190	135
Grand Est	Aube	7,4	1138	138
Grand Est	Bas-Rhin	21,2	3310	452
Grand Est	Haute-Marne	5,4	780	94
Grand Est	Haut-Rhin	15,3	2366	317
Grand Est	Marne	12,5	2025	249
Grand Est	Meurthe-et-Moselle	15,5	2603	306
Grand Est	Meuse	5,6	821	99
Grand Est	Moselle	20,9	3297	440
Grand Est	Vosges	9,4	1427	187
Hauts-de-France	Aisne	14,9	2385	275
Hauts-de-France	Nord	45,5	7879	916
Hauts-de-France	Oise	21,6	3395	433
Hauts-de-France	Pas-de-Calais	27,8	4372	572
Hauts-de-France	Somme	14,7	2303	271
Ile-de-France	Essonne	37,5	4033	488
Ile-de-France	Hauts-de-Seine	37,1	4014	475
Ile-de-France	Paris	35,0	3803	416
Ile-de-France	Seine-et-Marne	43,3	4963	616
Ile-de-France	Seine-Saint-Denis	35,4	3809	434
Ile-de-France	Val-de-Marne	34,0	3607	397
Ile-de-France	Val-d'Oise	35,9	3831	445
Ile-de-France	Yvelines	41,4	4743	565
Normandie	Calvados	15,7	2527	323
Normandie	Eure	14,5	2334	293
Normandie	Manche	13,0	2102	257
Normandie	Orne	8,3	1308	156

Région	Département	Besoin énergétique pour la recharge publique (GWh)	# de points AC	# de points DC
Normandie	Seine-Maritime	25,5	4 332	521
Nouvelle-Aquitaine	Charente	10,0	1 586	194
Nouvelle-Aquitaine	Charente-Maritime	16,3	2 614	336
Nouvelle-Aquitaine	Corrèze	7,0	1 010	134
Nouvelle-Aquitaine	Creuse	4,4	622	72
Nouvelle-Aquitaine	Deux-Sèvres	10,0	1 536	200
Nouvelle-Aquitaine	Dordogne	11,6	1 805	231
Nouvelle-Aquitaine	Gironde	31,6	5 235	665
Nouvelle-Aquitaine	Haute-Vienne	9,1	1 408	174
Nouvelle-Aquitaine	Landes	11,3	1 690	229
Nouvelle-Aquitaine	Lot-et-Garonne	9,4	1 453	183
Nouvelle-Aquitaine	Pyrénées-Atlantiques	15,4	2 425	318
Nouvelle-Aquitaine	Vienne	10,7	1 667	212
Occitanie	Ariège	5,2	773	90
Occitanie	Aude	10,6	1 781	199
Occitanie	Aveyron	8,2	1 238	159
Occitanie	Gard	17,3	2 880	351
Occitanie	Gers	6,3	953	116
Occitanie	Haute-Garonne	23,9	3 746	519
Occitanie	Hauts-Pyrénées	7,0	1 069	129
Occitanie	Hérault	23,5	3 924	484
Occitanie	Lot	5,8	848	105
Occitanie	Lozère	3,3	435	50
Occitanie	Pyrénées-Orientales	11,3	1 846	221
Occitanie	Tarn	10,5	1 661	207
Occitanie	Tarn-et-Garonne	7,4	1 114	140
Pays de la Loire	Loire-Atlantique	27,8	4 376	593
Pays de la Loire	Maine-et-Loire	18,0	2 865	366
Pays de la Loire	Mayenne	8,8	1 319	165
Pays de la Loire	Sarthe	13,2	2 092	257
Pays de la Loire	Vendée	17,1	2 569	360

Région	Département	Besoin énergétique pour la recharge publique (GWh)	# de points AC	# de points DC
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Alpes-de-Haute-Provence	8,2	981	111
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Alpes-Maritimes	21,3	3195	398
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Bouches-du-Rhône	46,8	8284	895
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Hautes-Alpes	7,4	837	98
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Var	26,7	4266	503
Provence-Alpes-Côte d'Azur	Vaucluse	16,6	2450	294

Sources : Analyse d'AFRY

5.3. Analyse des besoins en recharge publique en Corse et dans les territoires d'outre-mer

Le développement du véhicule électrique dans les départements d'outre-mer et en Corse s'insère dans une offre plus large de services d'écomobilité, dans lequel les énergies renouvelables ont un rôle important à jouer. En effet, comme le souligne l'ADEME⁶¹, l'utilisation du véhicule électrique est avantageuse si la source d'énergie primaire a une empreinte carbone réduite. C'est ainsi que des choix stratégiques, propres aux problématiques des territoires insulaires, devront être étudiés afin de favoriser l'électrification des usages dans ces entités géographiques en s'appuyant sur de la recharge alimentée par des énergies renouvelables et intelligentes afin de minimiser l'impact sur le réseau électrique. La CRE⁶² a bien explicité les enjeux autour de la transition énergétique dans

les ZNI et le déploiement de bornes de recharge devra favoriser l'aspect « pilotable ».

À l'heure actuelle, le déploiement des IRVE dans les ZNI apparaît inégal par rapport à la France métropolitaine. Dans le cadre de la modélisation « hors grands axes routiers », AFRY a estimé le besoin énergétique de ces territoires en considérant qu'ils suivront la trajectoire d'électrification nationale. Cela peut s'avérer être une hypothèse maximaliste au vu de la complexité de ces territoires, mais ils se caractérisent par des enjeux de décarbonation importants. Le besoin énergétique pour la recharge publique et le nombre de point associé sont représentés dans le tableau ci-dessous.

⁶¹ Mobilité électrique en Guadeloupe, ADEME

⁶² Transition énergétique dans les ZNI, CRE

Figure 41: Évaluation du besoin en recharge publique à horizon 2035 pour le scénario **Central** avec un taux d'utilisation à 12,5 %

Département	Besoin énergétique (GWh)	# points AC	# points DC	# total de points
Corse-du-Sud (2A)	12,6	912	92	1004
Haute-Corse (2B)	13,3	934	99	1033
Guadeloupe (971)	21,3	1487	163	1650
Martinique (972)	17,2	1178	134	1312
Guyane (973)	5,7	365	46	411
La Réunion (974)	30,0	1602	267	1869
Mayotte (976)	1,9	116	16	132

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 le territoire métropolitain français

Figure 2: Besoin en nombre de points de charge pour la recharge publique à l'échelle locale

Figure 3: Cartographie des besoins en nombre de points DC (à gauche) et AC (à droite) à horizon 2035 pour le scénario [Central](#) (hors grands axes routiers)

Figure 4: Cartographie des points AC (à gauche) et DC (à droite) à déployer d'ici 2035 par rapport à la situation actuelle

Figure 5: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2023 (scénario [Central](#) [4 % - 8 %])

Figure 6: Besoin en points de charge « de proximité » (AC 7 kW) pour 2035 dans le scénario [Central](#)

Figure 7: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2035 (scénario [Central](#) [6 % - 12,5 %])

Figure 8: Obstacles au déploiement des IRVE

Figure 9: Mesures-clés relatives aux « zones à pourvoir »

Figure 10: Mesures-clés transverses

Figure 11: Évaluation du besoin en recharge selon la typologie du trajet

Figure 12: Méthodologie utilisée pour la modélisation des besoins de recharge hors grands axes routiers

Figure 13: Méthodologie utilisée dans le cadre de la modélisation des besoins de recharge sur les grands axes routiers

Figure 14: Parc de véhicules, tous carburants confondus, en millions de véhicules

Figure 15: Parc de véhicules électriques (BEV) en millions de véhicules

Figure 16: Parc de poids lourds électriques (BEV) en millier de véhicules

Figure 17: Taux d'électrification des véhicules légers (à gauche) et des poids lourds (à droite)

Figure 18: Consommation moyenne de différentes catégories de véhicules en kWh/km

Figure 19: Modélisation de la part de recharge de proximité pour les automobilistes ne disposant pas de stationnement réservé à domicile

Figure 20: Comportement de recharge par catégorie de véhicule

Figure 21: Distance moyenne annuelle parcourue par un véhicule en kilomètres

Figure 22: Besoin énergétique pour la recharge publique (hors grands axes routiers)

Figure 23: Cartographie des besoins énergétiques en GWh en 2035 pour le scénario [Central](#) (hors grands axes routiers)

Figure 24: Puissance moyenne acceptée pour différents chargeurs par les véhicules à différentes dates

Figure 25: Besoin en nombre de points de charge pour la recharge publique hors grands axes routiers

Figure 26: Cartographie des besoins en nombre de points DC (à gauche) et AC (à droite) à horizon 2035 pour le scénario [Central](#) (hors grands axes routiers)

Figure 27: Cartographie des points AC (à gauche) et DC (à droite) à déployer d'ici à 2035 par rapport à la situation actuelle

Figure 28: Évolution du besoin énergétique (TWh/an) de la recharge publique par typologie de recharge pour le scénario [Central](#)

Figure 29: Résultat de la modélisation pour les besoins en nombre de points de charge

Figure 30: Répartition des typologies de points avec un taux d'utilisation de 12,5 % en 2035

Figure 31: Correspondance entre taux d'utilisation et nombre d'heures d'utilisation quotidienne moyenne sur une année

Figure 32: Défis en fonction des usages et leur traitement dans l'étude Hit the Road

Figure 33: Les 6 « régions » géographiques avec 23 « bundles » (points de couleurs)

Figure 34: Exemple d'une station de recharge avec 8 points de charge (taille M) (à droite) et d'une localisation (à gauche)

Figure 35: Exemple de « bundle » avec des localisations plus ou moins rentables

Figure 36: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2023 (scénario [Central](#) [4 % - 8 %])

Figure 37: État des lieux de la recharge publique AC dans les communes françaises (hors territoires ultramarins)

Figure 38: Besoin en point de charge « de proximité » (AC 7 kW) pour 2035 dans le scénario [Central](#)

Figure 39: Cartographie des communes présentant un déficit de PDC AC 7 kW par rapport aux besoins modélisés pour 2035 (scénario [Central](#) [6 % - 12,5 %])

Figure 40: Besoin en point de charge « de proximité » (AC 7 kW) pour 2035 dans le scénario [Central](#), en considérant un point de charge minimum par commune

Figure 41: Évaluation du besoin en recharge publique à horizon 2035 pour le scénario [Central](#) avec un taux d'utilisation à 12,5 %

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 85927741

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

Sophie Huet

sophie.huet2@caissedesdepots.fr

M: + 33 6 07 421450



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