

Suisse

Mobilité électrique

Planification stratégique de l'infrastructure de recharge publique vaudoise

Etude réalisée pour la Direction de l'Energie (DGE-DIREN) du Canton de Vaud – RAPPORT PUBLIC

E-CUBE STRATEGY CONSULTANTS MAI 2019



Contact du mandataire :

E-CUBE Strategy Consultants SA

Avenue de Rumine 33 | 1005 Lausanne | Suisse
nicolas.charton@e-cube.com

Résumé

Au début 2019, le canton de Vaud enregistre environ 3'000 voitures électriques (VE) et hybrides rechargeables (VHR) immatriculées sur son territoire, soit un taux d'électrification de son parc automobile de 0,7%, plus du double de celui observé deux ans auparavant (0,3%).

Le parc électrique vaudois est taux porté par un de marché pénétration du automobile de 2,6% en 2018, en croissance soutenue (+38% par an depuis 2015) mais qui se maintient en deçà du marché national (taux de pénétration moyen à 3,2% en Suisse en 2018).

L'électrification du parc automobile révèle une **forte hétérogénéité territoriale** portée par une concentration de l'électrification sur l'arc lémanique.

elle

Si

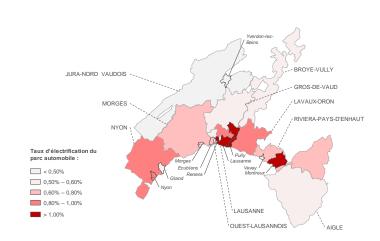


Figure 1 : Taux d'électrification du parc automobile sur le territoire vaudois, début 2019

Environ 400 points de recharge sont dénombrés dans l'infrastructure de recharge publique vaudoise au début 2019, soit une hausse d'environ 30% en deux ans. L'infrastructure est aujourd'hui constituée pour près de 80% de points de recharge de 22 kW ou plus.

développement en ligne avec la croissance du parc automobile électrique (120 points pour 1'000 VE/VHR), l'infrastructure est portée à près de 60% par entreprises, commerces et restaurants qui limitent généralement l'accès à leurs clients et leurs utilisateurs. Les solutions de recharge rapide en transit devraient émerger dans les prochaines années suite à l'octroi des concessions sur autoroutes par l'OFROU et la DGMR.

affiche

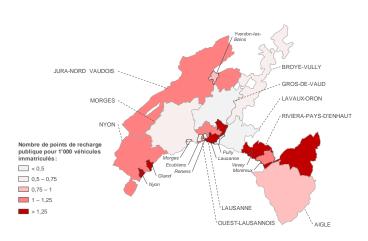


Figure 2 : Développement de l'infrastructure de recharge publique sur le territoire vaudois, début 2019

5

6



La tarification de la recharge publique devient majoritaire sur l'infrastructure vaudoise, dont plus de 78% des points de recharge sont affiliés à l'un des trois réseaux (evpass, MOVE, Tesla Destination Charging).

La répartition de l'infrastructure sur le territoire fait apparaître des disparités importantes, avec notamment les régions de Lausanne et de Montreux disposant d'un réseau deux fois plus dense que les districts périphériques (Gros-de-Vaud, Lavaux-Oron Morges).

- Le Canton de Vaud cible un taux d'électrification de son parc automobile atteignant 6% en 2025 et 17% en 2030, porté par un marché du véhicule électrique en croissance qui maintient son niveau actuel jusqu'en 2025. De telles perspectives conduiraient à l'immatriculation de 26'000 VE et VHR d'ici 2025 et plus de 75'000 d'ici 2030. La part de VHR, aujourd'hui à 50%, devrait diminuer pour se limiter à 40% à horizon 2030 restant néanmoins significative.
- La planification de l'infrastructure de recharge publique est conduite sur une approche d'évaluation du besoin de recharge des véhicules à la maille de chaque district et des dix plus grandes communes vaudoises, en distinguant six catégories d'utilisateur¹, deux types de jour (jour ouvrable, fin de semaine / jour férié). Pour chacun de ces cas, le besoin de recharge est estimé à partir de six profils d'usage selon la distance journalière parcourue, pour lesquels un comportement de recharge est attribué selon que l'utilisateur ait une VE ou une VHR. Enfin, le recours à une solution de recharge publique est évalué pour chaque catégorie d'utilisateur selon son comportement de recharge est ses caractéristiques propres, en particulier en termes d'accès à un stationnement privé.
- L'infrastructure de recharge nécessaire pour répondre au besoin de recharge publique est structurée autour de trois types d'infrastructure :
 - L'infrastructure de substitution est déployée pour offrir une alternative à la recharge privée à domicile ou au travail pour les utilisateurs qui n'ont aucun accès à une telle solution. Elle cible en particulier les résidents qui n'ont pas accès à un stationnement privé à domicile ou au travail;
 - L'infrastructure d'appoint à destination est déployée pour garantir aux utilisateurs la possibilité de conserver une réserve d'autonomie suffisante pendant leurs déplacements en proposant une solution de recharge sur les principaux lieux de destination des vaudois et des touristes ;
 - L'infrastructure d'appoint en transit est déployée pour permettre aux utilisateurs de VE de parcourir des distances supérieures à l'autonomie de leur véhicule en minimisant le temps nécessaire à la recharge.
- L'infrastructure de substitution met à disposition des points de recharge à proximité immédiate des lieux de domicile et de travail des utilisateurs ciblés, contraints de stationner leur véhicule sur le domaine public (en voirie ou en parking en ouvrage). Les points de recharge de substitution sont de faible puissance (3,7 à 11 kW) et déployés en grappes de manière à en limiter le coût d'installation et offrir un tarif comparable aux coûts induits par la recharge privée. Afin de permettre une utilisation

¹ particulier actif, particulier non-actif, professionnel en voiture de fonction, professionnel en voiture de service, touriste, utilisateur en transit

optimisée de l'infrastructure, celle-ci devrait en priorité être **déployée dans les bassins résidentiels et d'emplois denses**, en particulier dans les parkings qui affichent un taux d'abonnements annuels élevé. Les points de recharge de substitution pourraient aussi déployer directement dans la voirie pour les utilisateurs munis d'un macaron.

Le dimensionnement de l'infrastructure de substitution est chiffré à 1'400 points d'ici 2025 et 4'100 points d'ici 2030. Cette infrastructure est aujourd'hui faiblement représentée dans le canton et répond à un besoin qui n'est pas encore apparu, du fait que la mobilité électrique se concentre aujourd'hui dans les poches d'utilisateurs disposant d'une solution de recharge privée.

Si le développement de l'infrastructure de substitution vise à atteindre la cible d'électrification du Canton en levant les barrières à l'adoption de la mobilité électrique pour les utilisateurs sans place de stationnement privé, des leviers différents pourraient être actionnés en se concentrant sur d'autres catégories de population, notamment à travers des mesures sur le développement de l'infrastructure de recharge semi-privée dans les parkings de logements collectifs.

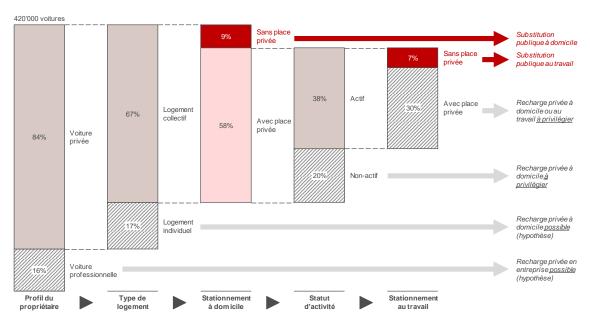


Figure 3 : Evaluation du besoin en infrastructure de recharge publique de substitution selon l'utilisateur

L'infrastructure d'appoint à destination met à disposition des points de recharge sur les parkings des points d'attraction sur le territoire cantonal : zones commerciales, quartiers d'affaires, centres culturels et touristiques, hôtels et restaurants. Les points de recharge d'appoint à destination sont de puissance suffisante (22 à 50 kW) pour permettre une recharge significative pendant la durée du stationnement des utilisateurs. A l'instar des développements actuels, l'infrastructure d'appoint à destination peut être largement portée par les acteurs privés, sous réserve de maintenir un accès suffisamment ouvert à leurs points de recharge.

Le dimensionnement de l'infrastructure d'appoint à destination est chiffré à 700 points d'ici 2025 (dont 140 dans les zones touristiques) et 2'300 points d'ici 2030 (dont 440 dans les zones touristiques). Cette infrastructure concentre aujourd'hui plus des trois-quarts de l'équipement cantonal, soit 300 points de recharge répertoriés. Par ailleurs, entre 30% et 40% du dimensionnement est dédié à la recharge des VHR pour augmenter le taux d'utilisation de la motorisation électrique – la mise à

7



disposition de cette infrastructure pour les VHR ne saurait cependant augmenter le taux d'électrification du parc.

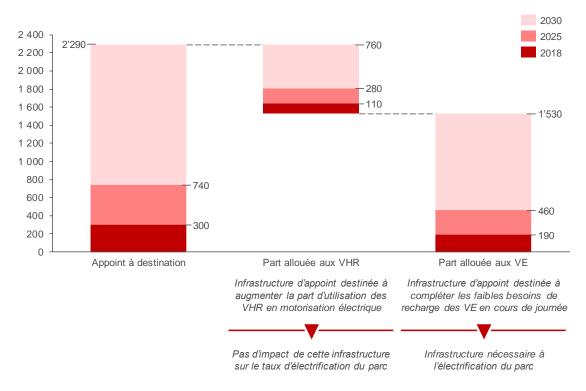


Figure 4 : Caractérisation de l'infrastructure d'appoint à destination (nombre de points de recharge)

L'infrastructure d'appoint en transit met à disposition des points de recharge sur les **aires de repos et** de ravitaillement des autoroutes vaudoises. Pour permettre une recharge très rapide, les points de recharge doit offrir une puissance très élevée (150 kW ou plus) et afficher un taux de disponibilité conséquent.

Le dimensionnement de l'infrastructure d'appoint en transit est chiffré à 30 points d'ici 2025 et 110 points d'ici 2030. Si aucune borne de recharge ultrarapide n'est déployée au moment de la rédaction de ce rapport, le déploiement de cette infrastructure est déjà engagé avec l'octroi concessions pour la construction et l'exploitation de stations de recharge sur l'ensemble des 6 aires de ravitaillement et de repos du canton respectivement par la DGMR en 2018 et l'OFROU en 2019.

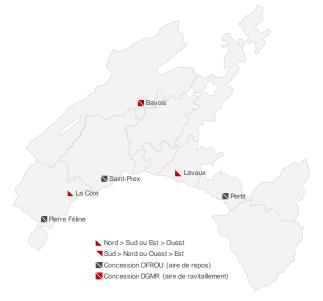


Figure 5 : Concessions octroyées pour la recharge rapide sur les autoroutes vaudoises

9

La planification de l'infrastructure de recharge publique s'appuie sur une série d'hypothèses fortes qui conditionnent largement les résultats :

- Malgré une concentration de la mobilité électrique actuellement parmi les utilisateurs vivant en logement individuel (18% de taux de pénétration des VE/VHR sur ce segment de clientèle), la planification stratégique de l'infrastructure de recharge publique cible une adoption homogène de la mobilité électrique parmi l'ensemble des catégories d'utilisateur;
- Il est considéré que l'électrification du parc automobile vaudois n'induit aucun changement de comportement de la part des utilisateurs en matière de déplacement ou de stationnement. En particulier, l'hypothèse est faite qu'un utilisateur ne sera pas prêt à renoncer à ses avantages acquis de stationnement privé pour avoir un véhicule électrique : il est dès lors considéré non pertinent de déployer une infrastructure de recharge publique à proximité de ce stationnement privé pour ces utilisateurs ;
- Le dimensionnement s'appuie sur des rationnels d'utilisation fixes : 600 kWh/jour pour les bornes en transit, 10 MWh/an pour les bornes d'appoint à destination, 1 à 2 utilisations par jour pour les bornes de substitution avec un partage optimisé de l'infrastructure par les utilisateurs.

10

Les principaux contributeurs à l'infrastructure de recharge publique vaudoise (communes, distributeurs électriques, opérateurs de parkings, branche hôtelière, acteurs de la grande distribution) ont été invités à apporter leur retour d'expérience et leurs attentes vis-à-vis du Canton à travers la conduite d'une dizaine d'entretiens. Si tous ont déjà initié le déploiement de bornes sur leur périmètre, un manque de visibilité sur l'évolution du besoin en recharge publique est déploré alors que les investissements dans l'infrastructure déployée commencent à être significatifs, notamment du fait des coûts élevés de raccordement électrique.

11

Si le développement de l'infrastructure de recharge publique apparaît essentielle pour permettre une démocratisation de la mobilité électrique, elle ne saurait seule répondre au besoin de recharge des utilisateurs de voitures électriques et hybrides rechargeables.

En particulier, la recharge privée (à domicile ou au travail) reste l'enjeu principal pour l'adoption de la mobilité électrique par une majorité de la population vaudoise : le développement de l'infrastructure de recharge semi-privée dans les logements collectifs et les entreprises devrait être prioritaire pour l'électrification de 66% du parc automobile vaudois.



Sommaire

Ré	e <mark>sumé</mark>	3
GI	ossaire	11
1	Contexte, objectifs et méthodologie	12
1.1	Contexte	12
1.2	Objectifs et périmètre de l'étude	12
2	Etat des lieux de la mobilité électrique dans le canton de Vaud	13
2.1	Evolution du parc vaudois de véhicules électriques	13
2.1.1	Taux d'électrification et ventes de véhicules neufs à l'échelle du canton	13
2.1.2	Adoption du véhicule électrique sur le territoire vaudois	15
2.1.3	Caractérisation du parc de véhicules électriques	18
2.2	Caractérisation de l'infrastructure de recharge publique existante dans le canto de Vaud	n 23
2.2.1	Nombre de points de recharge	23
2.2.2	Spécifications de l'infrastructure de recharge publique	25
2.2.3	Observations sur l'utilisation actuelle de l'infrastructure de recharge publique	28
2.2.4	Répartition de l'infrastructure sur le territoire	29
2.2.5	Développement de l'infrastructure de recharge sur autoroute	32
2.2.6	Evolutions technologiques possibles de l'infrastructure recharge à moyen terme	33
3	Perspectives de croissance du parc automobile électrique à horizon 2030	39
3.1	Scénario d'évolution de la mobilité électrique dans le canton de Vaud	39
3.1.1	Taux de pénétration dans les nouvelles immatriculations	39
3.1.2	Taux d'électrification du parc automobile	39
4	Evaluation du besoin en recharge publique	40
4.1	Approche méthodologique	40
4.2	Catégorisation des utilisateurs	41
1.2.1	Voitures immatriculées dans le canton	42



4.2.2	Voitures privées de touristes	43			
4.2.3	Voitures en transit				
4.3	Profils d'usages	44			
4.3.1	Définition des profils d'usage	44			
4.3.2	Distribution des profils d'usage : résidents et professionnels	45			
4.3.3	Distribution des profils d'usage : touristes	46			
4.4	Besoins en énergie et comportements de recharge	47			
4.5	Recours à l'infrastructure publique	49			
5	Déploiement de l'infrastructure de recharge publique	52			
5.1	Infrastructure de substitution	53			
5.1.1	Dimensionnement	53			
5.1.2	Principes de déploiement	56			
5.2	Infrastructure d'appoint à destination	57			
5.2.1	Dimensionnement	57			
5.2.2	Principes de déploiement	59			
5.3	Infrastructure d'appoint en transit	60			
5.3.1	Dimensionnement	60			
5.3.2	Principes de déploiement	63			
5.4	Recommandations générales pour le déploiement	64			
5.5	Impact sur le système électrique vaudois	66			
5.5.1	Hausse de la consommation d'électricité	66			
5.5.2	Impact sur la courbe de charge	66			
6	Recommandations pour accompagner le déploiement de l'infrastructure de recharge publique vaudoise	68			
6.1	Retours des parties-prenantes	68			
6.1.1	Contributions à la recharge publique et la mobilité électrique	69			
6.1.2	2 Attentes vis-à-vis du Canton 7				
6.2	Indicateurs recommandés pour le suivi du déploiement	71			
6.2.1	Infrastructure de recharge publique	71			



6.2.2	Taux d'électrification du parc automobile	72
6.2.3	Retour d'expérience des utilisateurs	73
6.2.4	Retour d'expérience des opérateurs	74
7	Bibliographie	76
8	Annexes	78
8.1	Caractérisation des mailles géographiques	78
8.1.1	Population	79
8.1.2	Logement	80
8.1.3	Emplois et pendularité	82
8.1.4	Tourisme	85
8.1.5	Espace public	86
8.2	Répartition de l'infrastructure de recharge publique sur le territoire	88
8.3	Déploiement d'infrastructures de recharge : études de cas en Suisse	92



Glossaire

ARH Association Romande des Hôteliers
CAGR Compounded Annual Growth Rate

CRDE Conférence romande des Délégués à l'Energie

DGE Direction Générale de l'Environnement du Danton de Vaud

DGE-DIREN Direction de l'Energie du Canton de Vaud

DGF Direction Générale des Finances du Canton de Vaud

DGMR Direction Générale de la Mobilité et des Routes du Canton de Vaud

HEN Habitants-Emplois-Nuitées (métrique démographique cumulant le nombre d'habitants, d'emplois et de

nuitées équivalentes sur un territoire)

MD Mobilité douce

MRMT Microrecensement Mobilité et Transport (données 2015)

NEDC New European Driving Cycle
OFS Office Fédéral de la Statistique
PMS Parking Management Services

SAN Service des Automobiles et de la Navigation du canton de Vaud

SEIC Société Electrique Intercommunale de la Côte

SIL Services Industriels de Lausanne
TIM Transports individuels motorisés

TP Transports publics
VE Voiture électrique

VH Voiture hybride (non rechargeable)
VHR Voiture hybride rechargeable

WLTP Worldwide harmonized Light Vehicles Test Procedure



1 Contexte, objectifs et méthodologie

1.1 Contexte

Dès le printemps 2017, à l'initiative de la Direction de l'Energie du canton de Vaud, la Conférence Romande des Délégués à l'Energie a conduit une revue du marché de la mobilité électrique en Suisse romande (mandat confié à E-CUBE Strategy Consultants) [1]. Ce premier panorama, intégrant entre autres la conduite d'une trentaine d'entretiens avec les acteurs publics et privés des branches concernées et la distribution d'une enquête auprès des utilisateurs de voitures électriques vaudois et fribourgeois (plus de 900 répondants), cherchait à chiffrer le niveau de développement du parc automobile électrique et de l'infrastructure de recharge publique, et de saisir les enjeux pour le développement de la mobilité électrique dans le canton.

En novembre 2017, le député Pierre Dessemontet et 37 cosignataires ont déposé au Grand Conseil de l'Etat de Vaud le postulat intitulé « Pour une politique cantonale en matière de bornes de recharge des véhicules électriques ». Le postulat s'inscrit dans une dynamique nationale de promotion de plus en plus marquée de la mobilité électrique, avec l'annonce en mai 2018 par la Confédération d'une feuille de route commune « pour la mobilité électrique 2022 » avec l'objectif qu'en 2022, les véhicules électriques représentent 15% des nouvelles immatriculations de voitures de tourisme.

En 2018, le Canton de Vaud a engagé un programme en faveur de la mobilité électrique, avec en particulier la mise en place d'une subvention destinée aux communes et groupements de communes pour les études sur la mobilité électrique. Cet encouragement porté par le Canton cible l'accélération du remplacement des voitures à combustion par des voitures électriques, la favorisation en premier lieu de la mobilité électrique partagée et l'alimentation d'origine renouvelable, et l'accélération du déploiement des infrastructures publiques de recharge.

Dans la continuité des travaux engagés et en réponse notamment au postulat du député Pierre Dessemontet, le Canton de Vaud souhaite mettre en œuvre une stratégie énergétique cantonale de la mobilité, incluant une planification de la recharge publique sur son territoire. La Direction de l'Energie du canton de Vaud a confié à E-CUBE Strategy Consultants la réalisation des analyses en vue de cette planification. Le présent rapport présente les conclusions de cette analyse.

1.2 Objectifs et périmètre de l'étude

L'étude vise trois objectifs principaux :

- Dresser un état des lieux de la mobilité électrique sur le territoire vaudois avec la mise à jour des résultats de l'étude de 2017 [1] concernant le développement du parc automobile électrique et le déploiement de l'infrastructure de recharge publique;
- Evaluer le besoin en recharge publique sur le territoire vaudois à horizon 2025 2030 et 2035 pour répondre aux objectifs d'électrification du parc automobile que s'est fixé le Canton, avec l'estimation du nombre de points de recharge nécessaires et les principes de leur déploiement ;



Formuler une recommandation stratégique pour la planification de la recharge publique dans le canton de Vaud, en identifiant les mesures les plus pertinentes et constituer un jeu d'indicateurs pour le suivi de la mise en œuvre.

Périmètre de l'étude

Le mandat confié à E-CUBE Strategy Consultants se limite à l'étude du besoin de recharge publique pour les voitures individuelles légères (voitures de tourisme et véhicules utilitaires légers). Il n'intègre pas les autres formes de mobilité électrique (vélos, deux-roues, transports collectifs, transports de marchandises, etc.) ni les autres motorisations alternatives (biogaz, carburants biosourcés, hydrogène, etc.).

Le mandat se limite au territoire vaudois, avec une analyse réalisée à la maille des districts. Dans la mesure du possible, les analyses complémentaires sont réalisées pour les dix plus grandes communes vaudoises².

Les analyses sont conduites jusqu'à horizon 2035, sur la base du scénario d'évolution du parc automobile construit par le Canton de Vaud.

2 Etat des lieux de la mobilité électrique dans le canton de Vaud

2.1 Evolution du parc vaudois de véhicules électriques

2.1.1 Taux d'électrification et ventes de véhicules neufs à l'échelle du canton

Au début de l'année 2019, le canton de Vaud enregistre 3'021 voitures électriques (VE) et hybrides rechargeables (VHR)³, atteignant un taux d'électrification de son parc automobile de 0,72%. Si le parc électrique vaudois reste largement marginal, le nombre de véhicules électriques a plus que doublé depuis 2016 (taux d'électrification du parc automobile vaudois en 2016 : 0,32%).

² Lausanne, Yverdon-les-Bains, Montreux, Renens (VD), Nyon, Vevey, Pully, Morges, Gland, Ecublens (VD)

³ Dans la suite du rapport, sauf précision explicite dans le texte, les termes « voitures électriques » et « véhicules électriques » englobent l'ensemble des voitures de tourisme électriques et hybrides rechargeables sans distinction.



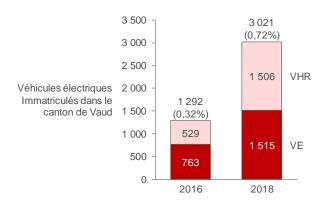


Figure 6 : Nombre de véhicules électriques immatriculés dans le canton de Vaud et taux d'électrification du parc automobile vaudois entre 2016 et 2018 [1] [2] [3]

L'électrification progressive du parc automobile vaudois tire parti d'une croissance du taux de pénétration des véhicules électriques sur le marché du neuf, atteignant 2,6% durant l'année 2018 dans le canton de Vaud contre 1,4% en 2016.

Pour autant, l'observation faite en 2016 du retard pris dans le canton de Vaud – à l'instar des autres cantons romands - dans la pénétration de la mobilité électrique vis-à-vis du reste de la Suisse, se confirme. Le taux de pénétration des véhicules électriques atteint 3,2% des ventes de nouveaux véhicules à l'échelle nationale, et 3,4% en moyenne dans les cantons alémaniques4. Le canton de Vaud atteint un taux de pénétration légèrement inférieur à la moyenne romande, à 2,8%, portée principalement par le canton de Genève.

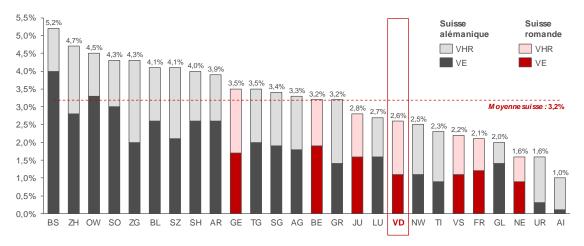


Figure 7 : Taux de pénétration des véhicules électriques dans les ventes de voitures neuves par canton (2018) [4]

Le marché vaudois des véhicules électriques bénéficie pour autant de l'une des meilleures dynamiques sur les quatre dernières années, avec un taux de croissance annuel composé atteignant 38% entre 2015 et 2018, proche du taux de croissance des cantons les plus électrifiés de Suisse.

⁴ Y compris le Tessin.



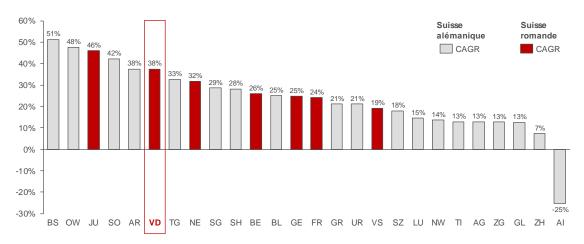


Figure 8 : Taux de croissance annuel composé (CAGR⁵) du marché des véhicules électriques sur la période 2015 – 2018 [4]

2.1.2 Adoption du véhicule électrique sur le territoire vaudois

Le taux d'électrification du parc automobile vaudois moyen à 0,72% cache une hétérogénéité marquée quant à l'adoption des véhicules électriques sur le territoire : le district du Jura-Nord vaudois enregistre un taux d'électrification minimal à 0,45%, tandis que les districts de Nyon et de Lavaux-Oron dépassent 0,9%.

L'adoption de la mobilité électrique est plus forte dans les dix plus grandes communes vaudoises, à 0,86%, mais reste le plus souvent comparable à l'adoption observée à l'échelle du district.

⁵ Compounded Annual Growth Rate



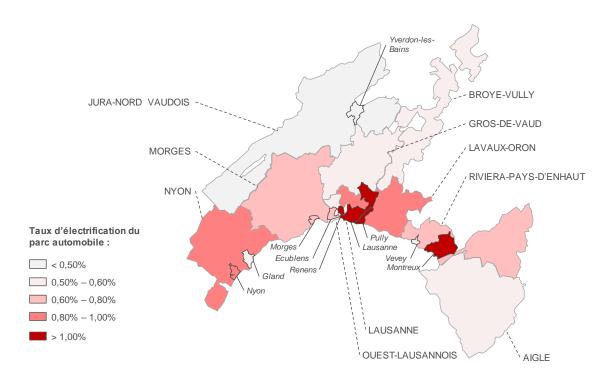


Figure 9 : Taux d'électrification du parc automobile sur le territoire vaudois [2] [3]

	Parc automobile immatriculé	Nombre de VE	Nombre de VHR	Taux d'électrification
Aigle	23 991	81	58	0,58%
Broye-Vully	24 510	71	56	0,52%
Gros-de-Vaud	28 403	78	89	0,59%
Jura-Nord vaudois	51 872	127	108	0,45%
Lausanne	63 386	262	267	0,83%
Lavaux-Oron	35 522	171	158	0,93%
Morges	49 395	202	187	0,79%
Nyon	61 282	276	319	0,97%
Ouest-Lausannois	40 445	105	99	0,50%
Riviera-Pays-d'Enhaut	40 937	142	165	0,75%
Canton de Vaud	419 743	1 515	1 506	0,72%

Tableau 1 : Taux d'électrification du parc automobile vaudois par district (2017-2019) [2] [3]



	Parc automobile immatriculé	Nombre de VE	Nombre de VHR	Taux d'électrification
Lausanne	51 218	262	267	1,03%
Yverdon-les-Bains	14 655	31	33	0,44%
Montreux	11 844	53	68	1,02%
Renens	9 145	60	39	1,08%
Nyon	11 266	48	48	0,85%
Vevey	7 745	18	22	0,52%
Pully	9 093	51	45	1,06%
Morges	7 842	31	20	0,65%
Gland	7 725	20	25	0,58%
Ecublens	6 108	23	15	0,62%
Moyenne	136 641	597	582	0,86%

<u>Tableau 2 : Taux d'électrification du parc automobile dans les 10 plus grandes communes vaudoises (2017-2019) [2] [3]</u>

Taux d'électrification du parc automobile selon la fortune des habitants

Au vu de l'analyse de corrélation entre taux d'électrification et montant de fortune imposable par habitant à l'échelle du district, l'adoption hétérogène du véhicule électrique sur le territoire vaudois pourrait être partiellement corrélée avec le niveau de vie de ses habitants.

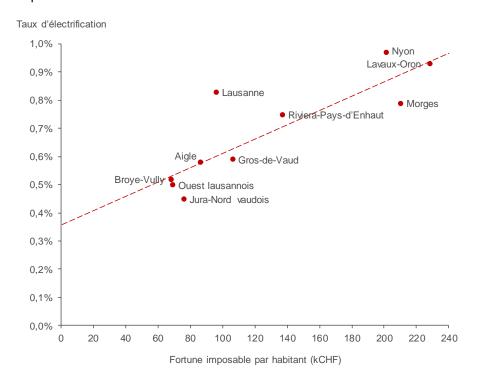


Figure 10 : Taux d'électrification du parc automobile et niveau de fortune imposable par habitant⁶ pour chaque district vaudois (2015 – 2018) [2] [3] [5]

⁶ Fortune imposable dans chaque district, divisée par le nombre d'habitants du district



Cette corrélation partielle pourrait trouver écho dans le *premium* des véhicules électriques actuellement sur le marché, dont le catalogue cible encore le haut de portefeuille. Elle est par ailleurs consolidée par les résultats du sondage réalisé en 2017 auprès des utilisateurs de véhicules électriques vaudois, selon lesquels 69% des ménages avec un véhicule électrique gagnent plus de 10'000 CHF par mois [1], contre 40% de la population moyenne suisse (données OFS 2012 – 2014).

2.1.3 Caractérisation du parc de véhicules électriques

Dynamiques sur le marché des voitures neuves

Le marché national des voitures électriques et hybrides rechargeables affiche des dynamiques similaires à celles observées en 2016 [1] :

- Un nombre limité de modèles se maintient dans les meilleures ventes, principalement des voitures électriques historiquement présentes sur le marché : les Tesla Model S et X (sorties en 2012 et 2015), la Renault Zoé (sortie en 2012) et la BMW i3. La Renault Zoé et la BMW i3 ont connu une mise à jour importante en 2017 avec le doublement de leur autonomie;
- Les modèles hybrides rechargeables maintiennent leur part de marché (45 50%), mais aucun modèle ne s'est durablement imposé parmi les meilleures ventes ;
- Le marché des voitures électriques et hybrides rechargeables s'ouvre progressivement à de nouveaux modèles : les cinq meilleures ventes, qui représentaient plus de 60% du marché en 2015, couvrent en 2018 moins de 50% des ventes neuves.

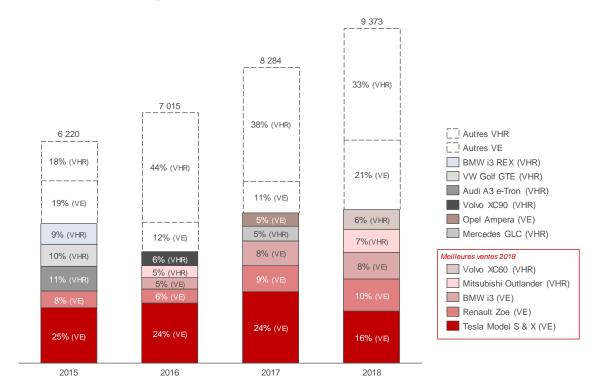


Figure 11 : Evolution des parts de marché des meilleures ventes sur le marché des voitures électriques et hybrides rechargeables (Suisse, 2015 – 2018) [4]



Caractéristiques des meilleures ventes

Le marché des voitures électriques reste clivé entre, d'une part, des modèles de voitures citadines et compactes (Renault Zoé, BMW i3, Nissan Leaf) dans des gammes de prix compris autour de 40'000 CHF, et d'autre part les modèles de luxe Tesla dont le prix catalogue peut dépasser 100'000 CHF.

Néanmoins, les différences d'autonomie se réduisent progressivement entre les gammes. Si les modèles Tesla maintiennent une autonomie supérieure à 500 km, les modèles de milieu de gamme atteignent aujourd'hui des autonomies proches de 300 km contre 150 km dans les générations précédentes.

Les standards de connectique (Type 2, CHAdeMO) s'imposent aujourd'hui à tous les véhicules, permettant de simplifier l'infrastructure de recharge.



Tesla Model S – berline de luxe, sur le marché depuis 2012, dernière

génération sortie en 2016

Autonomie: 100 kWh – 613 km (NEDC - 533 km observés)

Consommation: 0,19 kWh/km Prix neuf: 92'000 à 111'100 CHF Recharge: Type 2 (max. 125 kW)



Tesla Model X – SUV, sur le marché depuis 2015, dernière génération

sortie en 2017

Autonomie: 100 kWh - 565 km (NEDC - 345 km observés)

Consommation: 0,18 kWh/km Prix neuf: 100'000 à 120'000 CHF Recharge: Type 2 (max. 125 kW)



Renault Zoé – citadine polyvalente, sur le marché depuis 2012, dernière

génération sortie en 2017⁷

Autonomie: 41 kWh – 300 km (WLTP)

Consommation: 0,14 kWh/km

Prix neuf: 35'000 à 40'000 CHF⁸

Recharge: Type 2 (max. 43 kW)

⁷ La génération 2 de la Renault Zoé, sortie en 2017, a connu un doublement de l'autonomie de la voiture

⁸ Alternativement, la Renault Zoé peut être achetée avec location de la batterie





BMW i3 – citadine polyvalente, sur le marché depuis 2013, dernière

génération sortie en 20179

Autonomie: 42 kWh – 245 km (WLTP)

Consommation: 0,17 kWh/km Prix neuf: à partir de 41'400 CHF

Recharge: Type 2 / CHAdeMO (max. 50 kW)



Nissan Leaf – compacte, sur le marché depuis 2011, dernière génération

sortie en 201910

Autonomie: 62 kWh – 270 km (WLTP)

Consommation: 0,23 kWh/km

Prix neuf:: à partir de 38'900 CHF

Recharge: Type 2 / CHAdeMO (max. 100 kW)

Tableau 3 : Spécifications des voitures électriques les plus vendues en 2018

Pour leur part, les meilleures ventes parmi les voitures hybrides rechargeables couvrent un catalogue légèrement plus diversifié en termes de segments et de gammes. Pour autant, aucune voiture parmi les meilleures ventes n'est disponible sous 40'000 CHF. Contrairement aux modèles électriques, les modèles hybrides rechargeables sont le plus souvent dérivés de modèles thermiques qui ont été équipés d'une motorisation hybride.

Avec des batteries embarquées entre 8 et 14 kWh et des consommations électriques supérieures aux voitures électriques, les voitures hybrides rechargeables affichent des autonomies limitées à moins de 50 km.

A l'exception du Mitsubishi Outlander, les autres modèles ont tous adopté les standards des voitures électriques en termes de connectique.



Mitsubishi Outlander – SUV, sur le marché depuis 2014, dernière

génération sortie en 2018

Autonomie électrique : 13,8 kWh – 52 km (NEDC)

Consommation électrique: 0,27 kWh/km

Emissions: 42 gCO₂/km

Prix neuf: 40'000 à 53'000 CHF

Recharge: Type 1 / CHAdeMO (max. 3,7 kW)

⁹ BMW a sorti en 2015 une version hybride rechargeable de la i3, dont la production a été arrêtée en 2018 suite à la sortie de la nouvelle génération de la version électrique dont l'autonomie a été doublée

¹⁰ La nouvelle version de la Nissan Leaf, sortie en 2019, affiche une autonomie doublée par rapport à la version précédente





7Volvo XC60 – SUV, sur le marché depuis 2017 **Autonomie électrique :** 10,4 kWh – 43 km (NEDC)

Consommation électrique: 0,24 kWh/km

Emissions: 49 gCO₂/km

Prix neuf: à partir de 76'900 CHF

Recharge: Type 2



BMW 225xe- Monospace, sur le marché depuis 2015, dernière

génération sortie en 2018

Autonomie électrique : 7,7 kWh – 41 km (NEDC)

Consommation électrique: 0,19 kWh/km

Emissions : 46 à 49 gCO₂/km Prix neuf : à partir de 40'000 CHF

Recharge: Type 2



Audi A3 e-Tron – compacte, sur le marché depuis 2015, dernière

génération sortie en 2017

Autonomie électrique: 8,8 kWh - 41 km (NEDC)

Consommation électrique: 0,22 kWh/km

Emissions: 42 gCO₂/km

Prix neuf: à partir de 40'000 CHF

Recharge: Type 2



Mercedes GLC 350e - SUV, sur le marché depuis 2015, dernière

génération sortie en 2019

Autonomie électrique : 8,7 kWh – 50 km (NEDC)

Consommation électrique: 0,17 kWh/km

Emissions : 59 à 64 gCO $_2$ /km Prix neuf : 53'600 à 110'000 CHF

Recharge: Type 2

Tableau 4 : Spécifications des voitures hybrides rechargeables les plus vendues en 2018



Standards utilisés pour le calcul de l'autonomie des véhicules

Depuis 2018, le cycle WLTP (Worldwide harmonized Light Vehicles Test Procedure) est le standard en vigueur pour évaluer l'autonomie des voitures, leur consommation et leurs émissions. Le cycle WLTP vient remplacer le cycle NEDC (New European Driving Cycle) mis en place en Europe depuis 1973.

Le cycle NEDC était critiqué pour son manque de réalisme (faibles accélérations¹¹, vitesse moyenne à 33 km/h, aucun usage de la climatisation ou de l'ordinateur de bord, etc.). Le cycle WLTP aujourd'hui en vigueur vise à se rapprocher des conditions de conduites réelles en multipliant les phases de conduite et en révisant les conditions techniques d'utilisation des véhicules (température, etc.). En première conséquence, les autonomies annoncées par les constructeurs selon le standard WLTP sont sensiblement inférieures (jusqu'à -25%) aux autonomies annoncées selon le standard NEC.

Pour les voitures hybrides et hybrides rechargeables, le cycle est effectué deux fois, d'abord avec les batteries chargées puis avec les batteries déchargées.

Modèles majoritaires dans le parc automobile vaudois en circulation

Les meilleures ventes référencées à l'échelle nationale couvrent la majorité du parc électrique et hybride rechargeable vaudois. Les Model S et Model X de Tesla représentent à eux seuls plus d'une voiture sur 5. Les dix VE et VHR les plus représentés représentent environ 60% du parc automobile électrique vaudois.

¹¹ Exemple : en cycle urbain, accélération de 0 à 50 km/h en 26 secondes



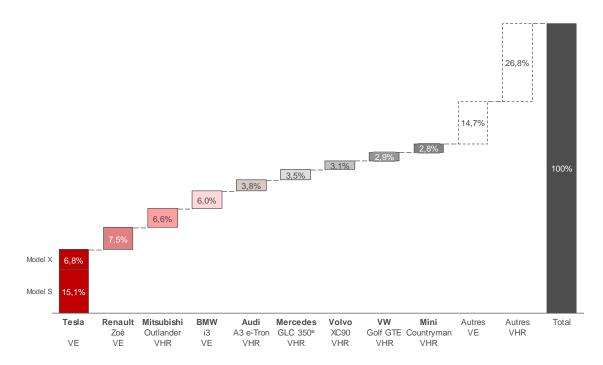


Figure 12 : Répartition du parc VE / VHR vaudois selon le modèle [3]

2.2 Caractérisation de l'infrastructure de recharge publique existante dans le canton de Vaud

Dans cette section, l'infrastructure de recharge publique vaudoise est analysée sur une série de critères permettant une caractérisation fine de son déploiement :

- Nombre de points de recharge publique et évolution comparée avec l'évolution du taux d'électrification du parc automobile;
- Spécifications de l'infrastructure de recharge publique : puissance délivrée, hébergement, affiliation à un réseau public, tarification ;
- Répartition de l'infrastructure sur le territoire à l'échelle des districts et des dix plus grandes communes, et mise en perspective du taux d'électrification du parc automobile;
- Cas de déploiement : analyse de cas pratiques observés en Suisse.

2.2.1 Nombre de points de recharge

Au début 2019, on dénombre 204 stations de recharge publique ou semi-publique et 384 points de recharge sur le canton de Vaud. L'infrastructure de recharge vaudoise s'est renforcée d'environ 100 points de recharge depuis début 2017 (286 points estimés en février 2017 [1]).

Pour autant, l'infrastructure de recharge publique vaudoise ne s'est pas déployée aussi massivement que le parc de véhicules électriques : le nombre de points de recharge disponibles pour 1'000 véhicules électriques a diminué de presque moitié entre février 2016 (221 points de recharge pour 1 000 véhicules) et février 2019 (128 points de recharge pour 1 000 véhicules).



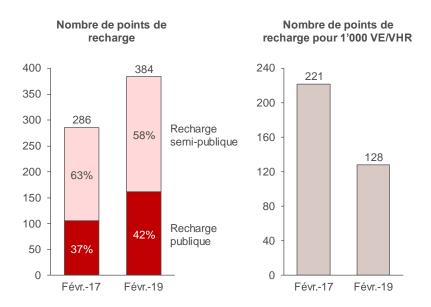


Figure 13: Evolution de l'infrastructure de recharge publique dans le canton de Vaud [1] [6]

Cette dynamique à la baisse du nombre de points de recharge disponibles par véhicule est aussi observée ailleurs en Europe, en particulier en Norvège, qui atteint en 2018 un taux d'électrification proche de 10% et 48 points de recharge pour 1'000 véhicules électriques. En 2013 cependant, lorsque la Norvège avait un taux d'électrification comparable à celui observé en 2018 dans le canton de Vaud, les usagers disposaient d'environ 300 points de recharge pour 1'000 véhicules électriques, soit deux fois plus que sur le territoire vaudois.

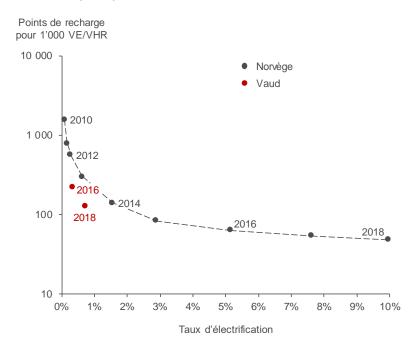


Figure 14 : Evolution de l'infrastructure de recharge publique et du taux d'électrification en Norvège et dans le canton de Vaud (2010 – 2018) [1] [6] [7]



2.2.2 Spécifications de l'infrastructure de recharge publique

Puissance délivrée par l'infrastructure de recharge publique

Parmi les presque 400 points de recharge référencés sur le territoire vaudois, 72% ont une capacité de 22 kW¹², s'imposant aujourd'hui comme la puissance standard pour l'infrastructure de recharge publique. Les points de recharge de 11 kW¹³ ou moins représentent 21% de l'infrastructure publique vaudoise, la charge rapide (plus de 22 kW – généralement autour de 50 kW¹⁴) couvrant les 7% restant.

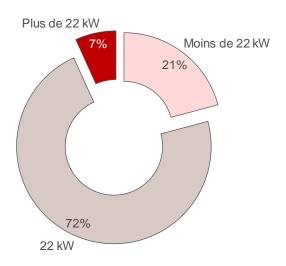


Figure 15 : Répartition en puissance des points de recharge vaudois en février 2019 [6]

Répartition de l'infrastructure de recharge publique selon les hébergeurs

L'infrastructure de recharge est aujourd'hui référencée pour 35% dans des parkings publics, dont l'accès est ouvert à tout utilisateur (conditionné ou non au paiement d'un forfait de stationnement).

Pour autant, la majorité des points de recharge (58%) est aujourd'hui hébergée chez des entreprises, commerces, hôtels et restaurants, qui limitent le plus souvent l'accès à la solution de recharge à leurs clients, employés et partenaires.¹⁵

Enfin, les points de recharge sans limitation d'accès, hébergées sur les aires de repos et en voirie, restent largement marginaux et représentent moins de 5% de l'infrastructure de recharge publique.

¹² Permet une recharge d'environ 2,5 km par minute

¹³ Permet une recharge de moins de 1,5 km par minute

¹⁴ Permet une recharge d'environ 5 km par minute

¹⁵ Le référencement exclut l'infrastructure de recharge semi-privée (exemple : points de recharge dont l'accès est exclusivement réservé aux employés).



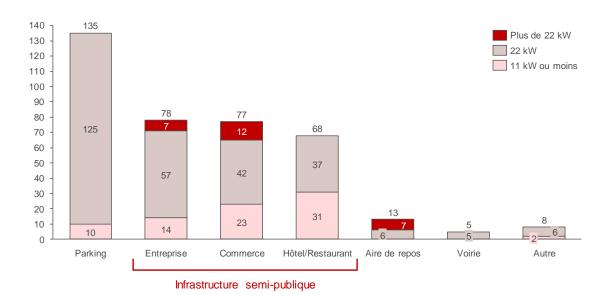


Figure 16 : Répartition des points de charge publique selon la puissance délivrée et le type de lieu [6]

Caractérisation de l'infrastructure de recharge selon son accessibilité

Chaque point de recharge peut être caractérisé selon le périmètre des utilisateurs pouvant y recourir :

- Infrastructure publique: Points de recharge accessibles à tout utilisateur sans contrainte, éventuellement contre paiement de l'accès (exemples: bornes en parkings publics, bornes sur les aires de repos, bornes dans les gares et aéroports, etc.).
- Infrastructure semi-publique: Points de recharge dont l'accès est limité à certains utilisateurs autorisés par l'hébergeur du point de recharge (exemples: bornes dans la majorité des commerces, hôtels, restaurants et entreprises, dont l'accès est limité aux clients, partenaires et employés) ou par l'opérateur du point de recharge (exemple: bornes du réseau Tesla, accessibles uniquement aux utilisateurs de voitures Tesla).
- Infrastructure semi-privée: Points de recharge dont l'accès est exclusif à un groupe restreint d'utilisateurs (exemples: bornes chez les entreprises exclusivement réservées aux employés, bornes partagées au sein de copropriétés).
- Infrastructure privée: Points de recharge dont l'accès est exclusif à un utilisateur, qui est généralement le propriétaire du point de recharge (exemples: ensemble des bornes résidentielles non partagées).

Intégration de l'infrastructure de recharge publique à un réseau public

En l'état actuel, 78% des points de recharge référencés sont affiliés à un réseau public.

Le réseau public evpass, porté par le constructeur vaudois de bornes de recharge Green Motion, a renforcé son leadership déjà observé en 2016 [1] en agrégeant à lui seul 58% de l'infrastructure publique vaudoise. Le réseau MOVE, porté historiquement par Groupe E et rejoint en 2016 par



Alpiq e-Mobility, couvre 8% des points de recharge. Les deux réseaux romands disposent d'une répartition comparable de leurs points de recharge affiliés, en disposant d'une infrastructure chez toutes les catégories d'hébergeurs.

Tesla a su prendre le leadership de l'infrastructure de recharge chez les hôtels et restaurants, en disposant de presque la moitié des points qui y sont référencés à travers son réseau dédié Tesla Destination Charging. A la différence des réseaux portés par evpass et MOVE, Tesla limite l'accès à son infrastructure aux seuls utilisateurs de véhicules Tesla. Ce sont par conséquent 9% de l'infrastructure de recharge publique vaudoise dont l'accès est limité aux clients Tesla.

Les réseaux publics evpass, MOVE et Tesla Destination Charging couvrent à eux trois plus de 95% des points de recharge affiliés à un réseau.

A la différence des hôtels et restaurants, spécifiquement ciblés par Tesla, la majorité des établissements de commerce, en particulier les concessionnaires automobiles (dans une moindre mesure les chaînes nationales: Migros, Coop, Ikea), choisissent de porter seuls leur infrastructure de recharge publique sans l'affilier à un réseau public. Sur l'ensemble du territoire du canton, 65% des points de recharge chez les commerces ne sont ainsi affiliés à aucun réseau public.

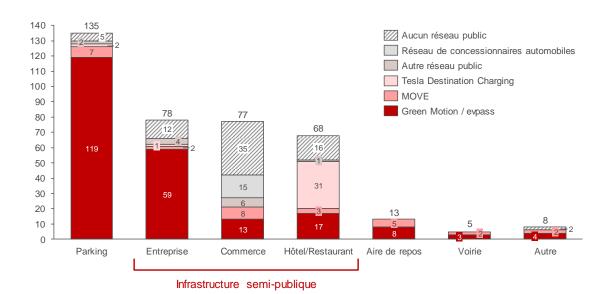


Figure 17 : Distribution des points de charge publique selon le type de lieu et l'intégration à un réseau public [6]



Les réseaux de recharge publique, nouveau marché des énergéticiens

Les énergéticiens suisses se sont historiquement engagés dans le secteur de la recharge publique, en étant les premiers installateurs de bornes et en structurant parmi les réseaux publics les plus importants. En 2016, parmi les quatre principaux réseaux déployés en Suisse romande, deux étaient initiés par des énergéticiens (Move porté par Groupe E, easy4you par Alpiq).

Depuis 2016, les réseau Move et easy4you se sont rapprochés et ont donné naissance à la société Move Mobility SA, dont l'actionnariat est exclusivement constitué d'énergéticiens (Groupe E, Alpiq, EBM, ewb). De son côté, Green Motion, fabricant de bornes de recharge et historiquement opérateur unique du premier réseau en Suisse evpass, a constitué la société evpass SA dédiée à l'opération du réseau public, dont elle a ouvert le capital aux énergéticiens FMV et AEW, qui en détiennent chacun 33%.

Tarification de la recharge

La tendance à la gratuité de la recharge, observée lors du déploiement des premières bornes de recharge, n'est plus majoritaire dans le canton de Vaud avec seulement 38% des points de recharge proposant encore une recharge gratuite. La tendance est même largement inversée sur le domaine totalement public (parkings, aires de repos, voirie), où la recharge n'est gratuite que sur 15% des points de charge.

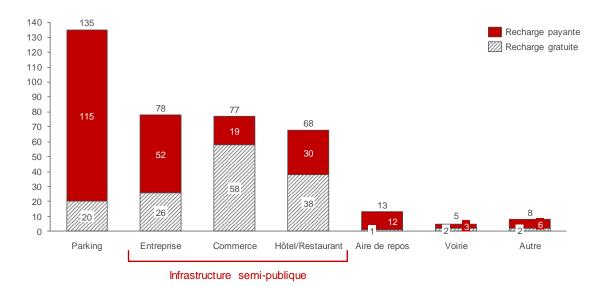


Figure 18 : Distribution des points de charge publique selon le type de lieu et la tarification de la recharge

2.2.3 Observations sur l'utilisation actuelle de l'infrastructure de recharge publique

E-CUBE Strategy Consultants a eu l'opportunité d'évaluer les statistiques d'utilisation d'une dizaine de points de recharge publique sur le territoire vaudois, opérés par différents acteurs. Plusieurs tendances émergent de ces évaluations :



- Si elle affiche un volume annuel fourni croissant, l'infrastructure de recharge publique vaudoise délivre entre 2 et 6 MWh et par borne, et n'atteint pas encore des niveaux suffisants pour permettre sa rentabilisation avec les modèles tarifaires en vigueur (10 – 15 MWh/an pour une borne 22 kW);
- La très grande majorité des recharges réalisées sur les points de recharge 22 kW aurait pu être réalisée avec une infrastructure de plus faible puissance (11 kW ou moins), du fait de durées de stationnement largement suffisantes pour couvrir le besoin de recharge effectif des véhicules. Les statistiques d'utilisation laissent apparaître un usage biaisé de l'utilisation, autant comme solution de stationnement privilégié que comme solution de recharge rapide;
- Localement, chaque point de recharge (y-compris ceux où la recharge est payante) est utilisé de manière significative par un petit nombre d'utilisateurs récurrents, l'utilisation comme appoint ponctuel ne représentant pas la majorité de l'usage observé.

Ces observations confirment un écart important entre les spécifications de l'infrastructure déployée (majoritairement 22 kW avec une tarification au kWh) et l'usage qui en est fait (faible besoin de recharge, longue durée de stationnement).

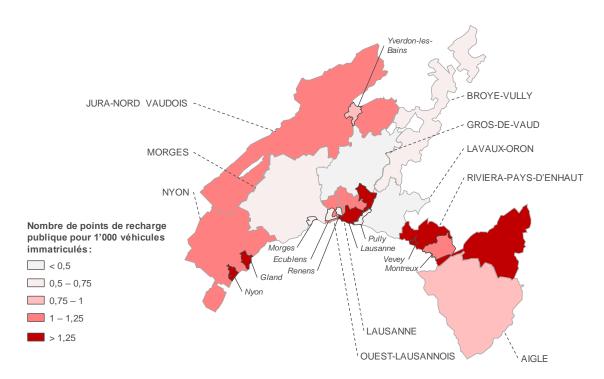
Vers une refonte du modèle tarifaire pour la recharge à Yverdon-les-Bains

Pour faire face à la problématique des voitures ventouses sur son infrastructure de recharge publique (bornes 22 kW), le service des énergies d'Yverdon-les-Bains a décidé en avril 2019 de refondre son modèle tarifaire historiquement appuyé sur un tarif au kWh. Dorénavant, sur certaines tranches horaires, l'utilisateur de la borne sera pénalisé par un tarif de 1,50 CHF par heure dès lors que son véhicule sera stationné sans soutirer de courant.

2.2.4 Répartition de l'infrastructure sur le territoire

Les districts vaudois diffèrent largement quant au stade de développement de leur infrastructure de recharge publique : Avec plus de 1,2 points de recharge pour 1'000 véhicules, les districts de la Riviera-Pays-d'Enhaut, de Lausanne et de l'Ouest-Lausannois disposent d'un réseau deux fois plus dense que les districts de Lavaux-Oron, Morges et du Gros-de-Vaud.





<u>Figure 19 : Répartition de l'infrastructure de recharge publique sur le territoire vaudois – en nombre de points de recharge publique pour 1'000 véhicules immatriculés (2019)</u>

Si le développement de l'infrastructure sur les différents territoires étudiés suit globalement une tendance similaire en phase avec l'augmentation du taux d'électrification du parc automobile, on observe des écarts majeurs d'avancement du déploiement de points de recharge à taux d'électrification comparable.

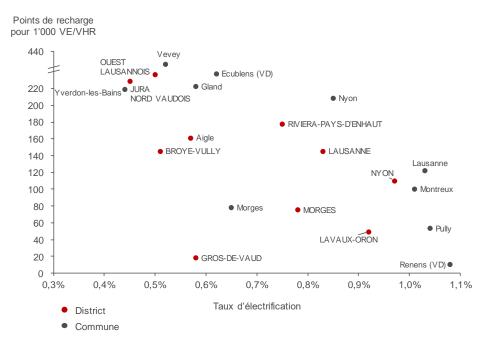


Figure 20 : Développement de l'infrastructure de recharge publique dans les districts et grandes communes du canton de Vaud comparé au taux d'électrification du parc automobile [3] [6]



	Nombre de stations	Nombre de points de recharge	Points de recharge pour 1'000 véhicules	Points de recharge pour 1'000 VE/VHR
Aigle	13	22	0,92	161
Broye-Vully	10	18	0,73	145
Gros-de-Vaud	3	3	0,11	18
Jura-Nord vaudois	32	53	1,02	228
Lausanne	31	76	1,20	145
Lavaux-Oron	12	16	0,45	49
Morges	15	29	0,59	75
Nyon	33	65	1,06	110
Ouest-Lausannois	26	48	1,19	236
Riviera-Pays-d'Enhaut	29	54	1,32	177
Canton de Vaud	204	384	0,9	128

<u>Tableau 5 : Nombre de stations et de prises de recharge publiques par district vaudois (2019) [2] [3] [6]</u>

Les grandes communes vaudoises affichent globalement un taux d'équipement en infrastructure de recharge publique supérieur au reste du territoire vaudois, avec 1,1 borne pour 1'000 véhicules (contre 0,9 borne pour 1'000 véhicules en moyenne dans le canton) et 166 bornes pour 1'000 véhicules électriques (contre 128 bornes pour 1'000 véhicules électriques en moyenne dans le canton).

	Typologie	Nombre de stations	Nombre de points de recharge	Points de recharge pour 1'000 véhicules	Points de recharge pour 1'000 VE/VHR
Lausanne	Lausanne	25	64	1,25	122
Yverdon-les-Bains	Centre principal	9	14	0,96	219
Montreux	Centre principal	5	12	1,01	100
Renens	Suburbain dense	1	1	0,11	10
Nyon	Centre principal	12	20	1,78	208
Vevey	Centre principal	9	17	2,19	425
Pully	Suburbain dense	3	5	0,55	53
Morges	Centre principal	3	4	0,51	78
Gland	Centre secondaire	4	10	1,29	222
Ecublens	Suburbain dense	6	9	1,47	237
Moyenne		77	156	1,1	166

<u>Tableau 6 : Nombre de stations et de prises de recharge publiques dans les dix plus grandes communes vaudoises (2019) [2] [3] [6]</u>



Limites de l'analyse du développement de l'infrastructure de recharge publique

L'analyse du développement de l'infrastructure de recharge publique en regard du nombre de voitures (respectivement de voitures électriques) immatriculées sur le territoire ne permet qu'une interprétation limitée des résultats, dans la mesure où les points de recharge déployés ne sont pas ou seulement partiellement destinés à l'usage des habitants. A titre d'exemple illustratif, la clientèle du secteur hôtelier vaudois n'est vraisemblablement pas résidente sur le même district ou la même commune que l'hôtel qui a déployé une borne à son usage.

2.2.5 <u>Développement de l'infrastructure de recharge sur autoroute</u>

En septembre 2018, l'OFROU a lancé un appel à candidature pour la construction et l'exploitation de stations de recharge rapide sur les aires de repos des autoroutes suisses, qui relèvent de la compétence de la Confédération. L'appel d'offres concernait 100 aires de repos, regroupées en cinq lots de vingt aires de repos réparties sur tout le territoire. En mars 2019, l'OFROU a adjugé les cinq lots à cinq sociétés d'exploitation : Gottardo Fastcharge SA, Groupe E SA, Primeo Energie / Alpiq E-Mobility AG, SOCAR Energy Switzerland GmbH et le néerlandais Fastned B.V.

Chaque société d'exploitation se voit confier la construction, l'entretien et l'exploitation de stations de recharge sur chacun des vingt aires de repos de son lot dans le cadre d'une concession de 30 ans, et est tenue d'équiper au moins cinq aires de repos (respectivement toutes les aires de repos) d'au moins une station de recharge durant la première année de concession (respectivement dans les dix premières années de concession).

L'OFROU est responsable du raccordement électrique des aires de repos jusqu'à 600 kW, dont les frais seront couverts par une indemnisation annuelle payée par les concessionnaires calculées pour un amortissement de l'investissement en 60 ans. L'OFROU estime le coût du raccordement à 500 kCHF par aire de repos. Le raccordement électrique pris en charge par l'OFROU est dimensionné pour pouvoir accueillir quatre stations de recharge de 150 kW sur chaque aire de repos, mais le contrat de concession laisse le concessionnaire libre d'augmenter à ses frais la puissance raccordée au réseau pour installer plus de solutions de recharge.



3 concessions sont octroyées par l'OFROU dans le Canton de Vaud

L'appel d'offres de l'OFROU intègre trois aires de repos vaudoises, toutes sur l'arc lémanique :

- L'aire Pierre Féline, située sur la route 1 à l'Ouest de Nyon et disposant d'un accès dans les deux sens de circulation;
- L'aire de Saint Prex, située sur la route 1 à l'Ouest de Morges et disposant d'un accès dans les deux sens de circulation;
- L'aire de Pertit, située sur la route 9 à proximité de Montreux et disposant d'un accès dans les deux sens de circulation.

Chaque aire de repos fait partie d'un lot distinct. Le croisement des communiqués de presse des différentes sociétés retenues par l'OFROU permet d'identifier Gottardo Fastcharge, SOCAR et Fastned comme exploitantes des lots dont ces trois aires font partie.

Pour sa part, le Canton de Vaud a, par le biais de la DGMR, publié trois appels d'offres pour l'octroi de concessions sur les aires de ravitaillement de La Côte (route 1 dans le sens Lausanne / Genève), Lavaux (route 9 dans le sens Vevey / Lausanne) et Bavois (route 1 dans les deux sens de circulation) pour la construction et l'exploitation de bornes de recharge rapide. Les concessions sont octroyées pour une durée de 25 ans.

En janvier 2018, le Canton a adjugé l'octroi des trois concessions à la société Groupe E SA, qui s'est engagé à déployer deux bornes de 350 kW et une borne de 50 kW sur chacune de ces aires.

A la différence des concessions de l'OFROU, le Canton de Vaud ne participe pas financièrement à la construction des stations. En contrepartie de la possibilité d'installer son infrastructure de recharge rapide, le concessionnaire doit par ailleurs s'acquitter d'une redevance sur le kWh vendu. Le montant de cette redevance, pris comme critère d'adjudication, s'élève à 10 ct/kWh.

L'aire de ravitaillement du Chablais (route 9) s'est vue quant à elle intégrer l'installation de solutions de recharge pour véhicules électriques dans le cadre des marchés publics pour sa rénovation qui ont eu lieu jusqu'à l'automne 2018. Ces solutions de recharge ne sont pour l'heure pas référencées.

2.2.6 Evolutions technologiques possibles de l'infrastructure recharge à moyen terme

Plusieurs ruptures technologiques ou de modèles d'affaires possibles qui pourraient avoir lieu dans le secteur de la recharge pour véhicules électriques sont décrites dans cette section.



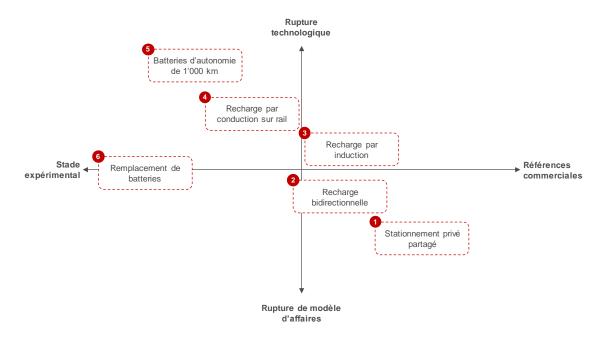


Figure 21 : Ruptures technologiques ou de modèle d'affaires possibles dans le secteur de la recharge publique

Stationnement privé partagé

Certaines plateformes en ligne permettent la location de places de stationnement privées entre particuliers. A l'aide d'une application, les conducteurs peuvent avoir accès aux places inoccupées sur réservation. Dernièrement, l'offre a été enrichie et permet la recharge des véhicules électriques sur les places équipées de bornes.

Ces applications ont le potentiel de faire rentrer de nombreuses places privées dans le domaine du semi-public, réduisant le besoin en infrastructure de stationnement public, en particulier en complétant les demandes dans les zones de forte affluence (aéroports, stades, centres-villes, etc.). L'équipement de ce parc de stationnement partagé avec des solutions de recharge viendrait compléter l'offre en infrastructure de recharge publique.

L'adoption de ces applications reste aujourd'hui cependant marginale, le modèle d'affaires pour les particuliers n'étant pas démontré.

Les leaders du stationnement partagé s'engagent sur la recharge partagée

JustPark et YourParkingSpace, leaders sur le marché de la mise en relation pour stationnement partagé, proposent chacune un réseau étendu de plusieurs milliers de places de parc. En collaboration avec des entreprises de géoréférencement de bornes, les deux entreprises ont étendu leur service de mise en relation aux bornes de recharge, avec une tarification de l'énergie délivrée choisie par le propriétaire.



Le partage du stationnement privé et semi-privé combiné avec un déploiement important de l'infrastructure de recharge privée pourrait permettre une réduction importante du besoin en infrastructure de recharge publique. Un développement parallèle des deux infrastructures conduirait à une mise en concurrence des offres à disposition de l'utilisateur et une différenciation qui se fonderait probablement sur le prix et l'accessibilité des solutions de recharge.

Recharge bidirectionnelle

Le principe de recharge bidirectionnelle des véhicules, et le concept de *Vehicle-to-*Grid sousjacent, vise à exploiter le potentiel des batteries des véhicules pour la réalisation de prestations de service au réseau. Durant les phases de stationnement du véhicule raccordé au réseau électrique, la capacité disponible des batteries serait dès lors mise à contribution pour l'équilibrage du réseau, l'optimisation de la consommation propre, voire l'optimisation d'approvisionnement en cas de tarification dynamique.

La mise en place de solutions de recharge bidirectionnelle requiert une compatibilité technique à la fois des bornes de recharge et des véhicules, mais aussi un modèle d'affaires et une proposition commerciale à destination des propriétaires de véhicule. Cependant, les bornes en place ne sont pas encore adaptées à la recharge bidirectionnelle. L'utilisation du potentiel diffus des batteries individuelles de voitures électriques requiert par ailleurs le développement de prestations d'agrégation sous forme de « Virtual Power Plants », qui émergent dans le secteur de la production renouvelable intermittente.

Le marché du V2G voit apparaître ses premières applications commerciales

Plusieurs projets commerciaux émergent en Europe depuis quelques mois, notamment :

- A l'automne 2018 au Royaume Uni, EDF Energy a annoncé un partenariat avec la start-up californienne Nuvve pour le déploiement de 1'500 stations de recharge bidirectionnelles au sein des entreprises avec le développement d'une offre dédiée tirant profit de la flexibilité permise par les véhicules raccordés;
- A l'automne 2018, Nissan a homologué son dernier modèle LEAF pour l'utilisation bidirectionnelle sur le réseau.

Avec la réalisation de prestations de service au réseau, la recharge bidirectionnelle pourrait ouvrir de nouveaux modèles d'affaires aux opérateurs d'infrastructure de recharge, à la fois en tant que prestataires vis-à-vis des distributeurs électriques ou du GRT, mais aussi en offrant une nouvelle proposition de valeur à l'utilisateur. Ces modèles d'affaires doivent cependant encore être démontrés et bénéficier d'une adaptation réglementaire en Suisse. La faisabilité technique de la recharge bidirectionnelle requiert par ailleurs des bornes compatibles.



Recharge par induction

Sur le même principe technique que la recharge sans fil des petits appareils électroniques (en particulier les smartphones), la recharge de véhicule par induction est réalisée grâce à la création d'un champ magnétique entre le véhicule et la station de recharge, permettant la génération de potentiel électrique dans la batterie du véhicule sans contact physique entre le véhicule et la station de recharge. La station de recharge prend dès lors généralement la forme d'une plaque métallique posée au sol ou intégré dans le revêtement, au-dessus de laquelle le véhicule électrique vient stationner ou circuler.

Le principal avantage de la recharge stationnaire par induction réside dans la suppression des câbles de branchement. L'absence de branchement supprime par ailleurs le risque de dégradation des câbles et des prises, et réduit l'encombrement induit par la station de recharge. La recharge par induction peut par ailleurs permettre la recharge de la batterie des voitures en circulation, notamment sur autoroute (un projet est en cours en Suède sur une portion de 1,6 km pour un bus).

Pour autant, la recharge par induction souffre de faibles rendements énergétiques (85% pour des systèmes commerciaux à induction de faible puissance, contre plus de 99% pour des bornes de recharge conventionnelles équivalentes), du fait de pertes importantes liées à l'espace séparant la station de recharge du véhicule. Certaines expérimentations parviennent à atteindre des rendements énergétiques autour de 95%, restant cependant significativement inférieurs aux rendements observés sur les systèmes de recharge par câble. Si certains acteurs commencent à proposer des systèmes de recharge stationnaire à induction (à l'exemple de BMW dès 2018), la technologie requiert d'équiper les véhicules de systèmes compatibles.

A Oslo, les stationnements pour taxis équipés de systèmes à induction d'ici 2023

En mars 2019, la ville d'Oslo a annoncé le lancement d'un programme de déploiement de stations de recharge par induction à destination des taxis, dont elle cible l'électrification complète d'ici 2023. En partenariat avec l'énergéticien finlandais Fortum et le spécialiste de la recharge par induction américain Momentum Dynamics, la ville d'Oslo expérimente l'installation de stations de recharge pouvant délivrer jusqu'à 75 kW sur les places de stationnement réservées aux taxis de la gare d'Oslo. Aucun objectif de nombre de stations de recharge par induction n'a cependant été communiqué jusqu'à présent. Les montants d'investissements liés au projet restent par ailleurs confidentiels.

La recharge par induction ne change pas fondamentalement le besoin en infrastructure de recharge publique, mais propose une évolution technologique des stations de recharge qui pourrait faire émerger une nouvelle concurrence sur le marché.



Recharge par conduction sur rail

La recharge par conduction sur rail vise à permettre la recharge des véhicules en déplacement en maintenant un contact physique entre le système de recharge et le véhicule de manière à parvenir à des rendements énergétiques élevés.

La recharge par conduction sur rail viserait essentiellement le trafic de poids-lourds sur autoroute, dont les besoins d'autonomie nécessiteraient sinon l'embarquement d'une batterie dont la masse réduirait la charge que pourrait embarquer ces véhicules ou une multiplication des arrêts dédiés à la recharge. En équipant les autoroutes de rail, le besoin en autonomie embarquée pour les camions pourrait être comparable à celle embarquée par les voitures de tourisme.

Pour autant, si la technologie est déjà mature, notamment du fait de développements commerciaux pour les tramways, son déploiement reste très incertain à court terme avec une seule expérimentation en cours en Suède sur une portion de 2 km. Aucun standard ni modèle commercial de véhicule n'est aujourd'hui existant ou annoncé.

Une section expérimentale de 2 km en Suède

En novembre 2017, dans le cadre du projet eRoadArlanda, l'administration suédoise du transport a finalisé la première démonstration avec l'installation d'un rail de 2 km de longueur et la mise en circulation d'un camion compatible du constructeur DAF et converti par l'entreprise spécialisée E-Traction utilisé pour le transport de marchandises de PostNord.

Le projet eRoadArlanda a nécessité un investissement de l'ordre de 6 MCHF. L'administration suédoise du transport estime que l'électrification des 20'000 km du réseau routier national coûterait environ 8 milliards de CHF, soit de l'ordre de 400 kCHF par kilomètre.

Au-delà de son manque de maturité commerciale et des investissements qu'elle nécessite, la recharge par conduction sur rail ne devrait pas modifier le besoin en infrastructure de recharge publique pour voitures de tourisme dans la mesure où elle s'adresse avant tout au fret routier.

Batterie d'autonomie de 1000 km

Les derniers développements technologiques concernant le stockage d'électricité tendent vers une nouvelle architecture en feuillets permettant de démultiplier la densité énergétique atteignable par les batteries sans péjorer leur rendement.

Les dernières annonces des laboratoires en pointe annoncent l'expérimentation de batteries qui pourraient augmenter l'autonomie des voitures de tourisme autour de 1'000 km, dépassant dès lors l'autonomie des véhicules conventionnels.



Le Fraunhofer Institute prévoit de premières expérimentations en 2020

Un consortium dirigé par le Fraunhofer Institute et le Systems IKTS de Dresden a annoncé le début de la recherche en 2017. Les premiers tests semblent concluants et les tests sur les véhicules devraient prendre place en 2020.

Une rupture dans l'autonomie des véhicules électriques est peu probable à horizon 2025, compte tenu du rythme de renouvellement du parc automobile et du niveau de développement de la technologie. A terme, des véhicules proposant une autonomie de 1'000 km pourraient faire évoluer les comportements de recharge des utilisateurs. Pour autant, le fait que la majorité des distances journalières parcourues soient déjà largement inférieures à la capacité des batteries et en faisant l'hypothèse que la recharge sur l'infrastructure de substitution reste meilleur marché, il est possible que l'infrastructure de substitution reste pertinente même pour de tels véhicules.

Remplacement de batteries

Le remplacement de batteries, historiquement initié par l'entreprise Better Place, vise à proposer une alternative à la recharge en venant remplacer le bloc batteries des véhicules en fin d'autonomie, par une batterie chargée. En place de stations de recharge, des installations semblables aux stations-services actuelles serviraient de lieux d'échange des batteries et de recharge des batteries vides séparées des véhicules.

Le remplacement de batteries pourrait permettre des arrêts plus courts dédiés à la recharge et une optimisation des cycles de recharge des batteries. Pour autant, le remplacement des batteries requiert une standardisation massive des véhicules et des batteries et s'adapte très difficilement à l'évolution constante des voitures et des batteries.

Depuis la faillite de Better place en 2013, aucun nouveau projet commercial n'a été référencé

Début 2008, l'entreprise israélienne Better Place a débuté son modèle d'affaires sur le leasing de voitures électriques compatibles avec son système d'échanges de batteries. Cependant, malgré des partenariats signés avec des constructeurs comme Renault et la multiplication de projets pilotes, l'entreprise n'a pas démontré de modèle d'affaires viable et a fait faillite en 2013. Aujourd'hui, si le remplacement de batteries n'est pas abandonné par le cadre législatif européen¹⁶, aucun nouveau pilote n'a été référencé.

L'effort significatif de coordination des constructeurs, nécessaire pour une éventuelle démocratisation du modèle de remplacement de batteries, rend hautement improbable son

¹⁶ Le Parlement Européen prévoit l'instauration de standards pour les véhicules électriques afin de permettre l'échange de batteries (Directive Européenne 2014/94/UE Article 4.13).



émergence en Europe à moyen-terme. Si cette démocratisation venait à avoir lieu, l'ensemble de l'infrastructure de recharge publique pourrait cependant devenir obsolète.

3 Perspectives de croissance du parc automobile électrique à horizon 2030

3.1 Scénario d'évolution de la mobilité électrique dans le canton de Vaud

3.1.1 Taux de pénétration dans les nouvelles immatriculations

Le scénario de taux de pénétration de la mobilité électrique dans les nouvelles immatriculations pris pour référence est issu du scénario « Nouvelle Politique Energétique » utilisé par la Direction Générale de l'Environnement du canton de Vaud.

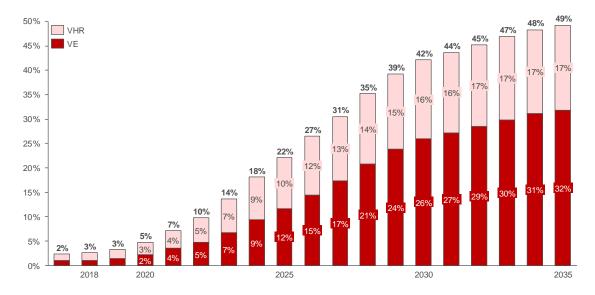


Figure 22 : Scénario d'évolution du taux de pénétration des véhicules électriques et hybrides rechargeables dans les nouvelles immatriculations dans le canton de Vaud

Selon ce scénario, les VE et VHR représentent 22% des nouvelles immatriculations en 2025, 42% en 2030 et 49% en 2035. La proportion de voitures électrique dans le parc VE/VHR tend à légèrement progresser jusqu'en 2025. La part de marché de la mobilité électrique dans le canton de Vaud, actuellement à 2,6%, connaîtrait dès lors un CAGR de 35% d'ici 2025, en ligne avec le CAGR à 38% observé entre 2015 et 2018.

3.1.2 Taux d'électrification du parc automobile

Le scénario de taux d'électrification du parc automobile vaudois pris pour référence est issu du scénario « Nouvelle Politique Energétique » utilisé par la Direction Général de l'Environnement du canton de Vaud.



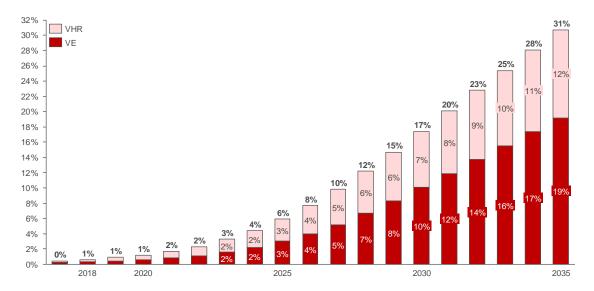


Figure 23 : Scénario d'évolution du taux d'électrification du parc automobile vaudois

Selon ce scénario, 6% des voitures immatriculées dans le canton de Vaud seront électriques ou hybrides rechargeables à horizon 2025, cette proportion atteignant 17% en 2030 puis 31% à horizon 2035.

Aujourd'hui estimé à environ 3'000, le nombre de voitures électriques et hybrides rechargeables immatriculées dans le canton avoisinerait les 26'000 en 2025, pour dépasser 75'000 en 2030 et atteindre 138'000 à horizon 2035.

4 Evaluation du besoin en recharge publique

4.1 Approche méthodologique

L'évaluation du besoin en recharge publique est réalisée à la maille de chaque district et de chacune des dix plus grandes communes du canton de Vaud, à partir des données statistiques présentées dans la section 8.1 du présent rapport, des perspectives d'électrification du parc automobile présentées dans la section 3 et de données statistiques spécifiques fournies par la DGMR et issues du dernier Microrecensement Mobilité et Transports de 2015 [8].

La méthodologie employée s'articule en quatre étapes principales :

Dans un premier temps, les utilisateurs de véhicules électriques sont catégorisés selon six grandes catégories construites à partir des données statistiques disponibles. Le nombre d'utilisateurs par catégorie est estimé dans chaque maille géographique d'analyse (section 4.2). Le parc vaudois de véhicules électriques, estimé dans le cadre de la scénarisation réalisée dans la section 3, est ensuite réparti par catégories d'utilisateurs, à chaque maille géographique d'analyse;



- A chaque catégorie d'utilisateur est attribuée une distribution statistique des distances journalières parcourues (ci-après appelés « profils d'usage »), fournie par la DGMR à partir des données du MRMT 2015 [8] (section 4.3);
- A partir de la distribution des profils d'usage pour chaque catégorie d'utilisateur, la distribution des besoins de recharge et des comportements de recharge est déduite selon la catégorie d'utilisateur (section 4.4). En agrégeant les besoins de recharge et les comportements de recharge des différentes catégories d'utilisateur pour chaque maille géographique d'analyse, il en découle un besoin total de recharge et une distribution complète des comportements de recharge pour chaque maille géographique;
- Le recours à l'infrastructure de recharge publique pour la réalisation de ces recharges est évalué en caractérisant chaque catégorie d'utilisateurs selon plusieurs facteurs, notamment l'accès à une solution de stationnement privé à domicile ou au travail (section 4.5).

Afin de tenir compte des différences de comportement observées selon le jour de la semaine qui font apparaître des contraintes sur le dimensionnement, les trois dernières étapes sont répétées deux fois : d'une part pour un jour de semaine moyen (lundi au vendredi) et d'autre part pour un jour type de fin de semaine (samedi, dimanche ou jour férié).

4.2 Catégorisation des utilisateurs

Les véhicules électriques en circulation sur le territoire du canton de Vaud sont classés en six catégories d'utilisateurs, après plusieurs étapes de répartition.

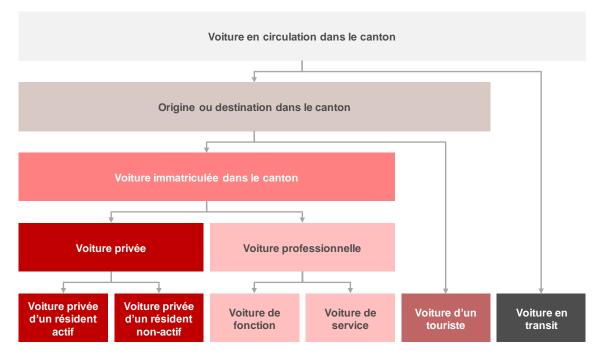


Figure 24 : Schéma de catégorisation des utilisateurs de voitures de tourisme circulant dans le canton de Vaud



Le tableau suivant résume les résultats de catégorisation, dont le détail méthodologique est développé dans la suite de la section.

	Voitures privées de résidents actifs	Voitures privées de résident non- actifs	Voitures de fonction	Voitures de service	Voitures de touristes	Voitures en transit
Aigle	13 026	7 943	2 045	977	1 161	
Broye-Vully	14 452	7 329	1 847	882	16	
Gros-de-Vaud	18 742	7 343	1 568	749	0	
Jura-Nord vaudois	29 441	15 265	4 850	2 316	327	
Lausanne	26 473	16 959	13 504	6 450	2 708	
Lavaux-Oron	21 173	11 080	2 212	1 057	85	
Morges	29 213	13 849	4 286	2 047	163	
Nyon	36 048	18 612	4 482	2 141	184	
Ouest lausannois	19 450	11 993	6 092	2 910	471	
Riviera-Pays- d'Enhaut	21 793	13 081	4 103	1 960	1 799	
Canton de Vaud	229 812	123 453	44 989	21 489	6 914	Evaluation ad- hoc

<u>Tableau 7 : Catégorisation des utilisateurs des voitures en circulation dans le canton de Vaud</u> (nombre d'utilisateurs de voitures, toutes motorisations confondues)

4.2.1 Voitures immatriculées dans le canton

On dénombre environ 420 000 voitures immatriculées¹⁷ dans le canton de Vaud, dont 84% sont détenues par des privés et 16% sont des voitures de société [9].

Voitures de société

Les voitures de société sont réparties selon les mailles géographiques d'analyse au prorata du nombre d'emplois.

Les voitures de société sont par ailleurs réparties en deux catégories :

 Les voitures de service, dont l'utilisation reste exclusive aux déplacements professionnels. L'hypothèse est faite que les voitures de service peuvent être assimilées aux véhicules utilitaires légers, qui représentent 32% du parc total de voitures de société [9];

¹⁷ Sont intégrés à l'étude : les voitures de tourismes et les véhicules utilitaires légers.



 Les voitures de fonction, dont l'utilisation peut être étendue aux usages privés de l'employé. Toutes les voitures de tourisme enregistrées par des sociétés sont considérées comme voitures de fonction.

Voitures privées

La répartition géographique des voitures privées au sein de chaque maille d'analyse géographique est déduite de la répartition géographique des voitures en circulation, en y soustrayant les voitures de société.

Les voitures privées sont par ailleurs réparties en deux catégories, en proportion du taux d'activité de la population âgée de 15 ans à 80 ans au sein de chaque maille d'analyse¹⁸ [10]:

- Les voitures privées de résidents actifs, dont une part des déplacements journaliers sont réalisés pour se rendre ou rentrer du travail;
- Les voitures privées de résidents non-actifs, dont les déplacements journaliers ne sont jamais réalisés pour se rendre ou rentrer du travail.

4.2.2 Voitures privées de touristes

Le nombre de voitures privées utilisées par les touristes est estimé à partir du nombre de nuitées dans chaque maille géographique d'analyse :

- Le nombre de touristes séjournant en moyenne chaque jour dans chaque maille géographique d'analyse est pris égal au nombre de nuitées équivalentes¹⁹;
- Le MRMT 2015 précise que 65% des déplacements réalisés en Suisse par des touristes suisses le sont en transport individuel motorisé [11] – ce taux est extrapolé à l'ensemble des déplacements réalisés par des touristes dans le canton de Vaud.
- A défaut d'information spécifique aux touristes, nous faisons l'hypothèse que le taux d'occupation des voitures de touristes est égal à 1,75 personnes par voiture, soit la moyenne entre le taux d'occupation des véhicules dans le canton de Vaud pour les motifs de déplacements professionnels (1,4 personnes par voiture) et de loisirs²⁰ (2,1 personnes par voiture) [12].

4.2.3 Voitures en transit

Les voitures en transit sont toutes les voitures dont ni l'origine ni la destination du déplacement ne sont sur le territoire vaudois.

Le volume de trafic de transit est estimé de manière ad-hoc à partir des statistiques de déplacements journaliers vaudois en voiture individuelle d'une distance supérieure à 300 km, qui

¹⁸ Calcul de répartition : Nombre de voitures privées de résidents actifs = (Population active) / (Population âgée de 15 à 80 ans) * (Nombre de voitures privées + Nombre de voitures de fonction) – (Voitures de fonction)

¹⁹ Nuitées équivalentes = nuitées * 2 / 365

²⁰ L'hypothèse s'appuie sur les proportions équivalentes observées par l'ARH entre touristes privés et touristes d'affaires [21].



représentent entre 0,7% et 1,7% du parc automobile selon le jour de la semaine (voir section 4.3). L'hypothèse est faite que cette proportion est représentative du trafic de transit en Suisse et, *in fine*, du besoin de recharge publique pour les utilisateurs en transit.

4.3 Profils d'usages

4.3.1 <u>Définition des profils d'usage</u>

Le dimensionnement de l'infrastructure de recharge publique s'appuie sur une approche d'évaluation du besoin à partir des profils d'usage des utilisateurs, définis selon la distance parcourue en une journée. Les distances journalières parcourues sont réparties en cinq profils d'usage aux conséquences différentes sur le besoin de recharge de l'utilisateur d'une VE avec une autonomie moyenne de 300 km, respectivement d'une VHR avec une autonomie moyenne de 50 km en motorisation électrique :

	Voiture électrique	Voiture hybride rechargeable
Distance inférieure à 25 km	L'utilisateur consomme moins de 10% de l'autonomie permise par son véhicule en une journée.	
Distance comprise entre 25 et 50 km	L'utilisateur consomme moins de 15% de l'autonomie permise par son véhicule en une journée.	
Distance comprise entre 50 et 100 km	L'utilisateur consomme entre 15% et 30% de l'autonomie permise par son véhicule en une journée mais n'a pas besoin d'une recharge en cours de journée.	
Distance comprise entre 100 et 150 km	L'utilisateur consomme jusqu'à 50% de l'autonomie permise par son véhicule en une journée mais n'a pas besoin d'une recharge en cours de journée.	
Distance comprise entre 150 km et 300 km	L'utilisateur consomme plus de 50% de l'autonomie permise par son véhicule et requiert probablement une recharge en cours de journée pour assurer l'ensemble de ses déplacements et garder une réserve de sécurité.	
Distance supérieure à 300 km	L'utilisateur dépasse l'autonomie permise par son véhicule et requiert absolument une recharge en cours de journée.	

Tableau 8 : Définition des profils d'usage



Hypothèses de comportement de mobilité des utilisateurs de voitures électriques et hybrides rechargeables

Dans les analyses et les modélisations, l'hypothèse est faite que le comportement d'utilisation d'un véhicule électrique ou hybride rechargeable est identique au comportement d'utilisation d'un véhicule à motorisation conventionnelle. Cette hypothèse est justifiée par les retours d'observation issus de l'enquête auprès des utilisateurs vaudois et fribourgeois de voitures électriques en 2017, qui démontrent un kilométrage annuel moyen équivalent au kilométrage observé chez la population suisse motorisée.

4.3.2 <u>Distribution des profils d'usage : résidents et professionnels</u>

La distribution des profils d'usage des résidents et des professionnels vaudois est réalisée à partir des données statistiques fournies par la DGMR à partir des résultats du Microrecensement Mobilité et Transports (MRMT) conduit en 2015 [6].

Les résultats de distribution sont différenciés par maille géographique (district et 10 plus grandes communes), selon chacune des six catégories d'utilisateurs et selon le jour de la semaine (ouvrable ou fin de semaine).

La Figure 25 illustre la distribution moyenne vaudoise des profils d'usage (les marges de variation illustrent la variabilité des résultats par district) :

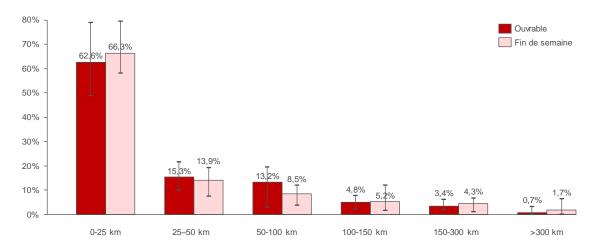


Figure 25 : Résultats de distribution des profils d'usage moyenne sur toutes les catégories d'utilisateurs et agrégés à l'échelle du canton, selon le jour de la semaine



Note méthodologique

Les données statistiques fournies par la DGMR ont été corrigées de manière à ce que la distance journalière moyenne parcourue résultante de la distribution des profils d'usage soit égale à la distance journalière moyenne parcourue par les voitures individuelles en Suisse, telle qu'observée dans le cadre du MRMT 2015.

Chaque jour, près des deux-tiers des véhicules immatriculés dans le canton ne sont pas en circulation ou parcourent moins de 25 km. En moyenne, environ 90% des véhicules vaudois parcourent moins de 150 km en une journée.

Une augmentation de la proportion de véhicules parcourant des distances de plus de 100 km en une journée est observée en fin de semaine, avec plus d'un doublement de la statistique de parcours supérieurs à 300 km.

4.3.3 Distribution des profils d'usage : touristes

A défaut d'information statistique concernant le comportement de déplacement des touristes, la distribution des profils d'usage est construite en modélisant le comportement des touristes en deux catégories :

- Les touristes arrivant à leur lieu de destination (hôtellerie / parahôtellerie) en voiture : l'hypothèse est faite que les touristes motorisés arrivant en avion ou en train dans le canton louent un véhicule depuis l'aéroport ou la gare pour parcourir la dernière partie du voyage en voiture (parcours entre 25 et 100 km). Les touristes motorisés arrivant avec leur propre véhicule ont choisi de séjourner dans le Canton du fait de l'éloignement de leur domicile, l'hypothèse est donc faite qu'ils réalisent un parcours supérieur à 150 km (répartition entre les profils « 150 300 km » et « plus de 300 km » équivalente à celle observée en moyenne dans le canton en fin de semaine). A défaut, la répartition entre les deux catégories de touristes motorisés est faite selon la proportion de touristes suisses et étrangers dans le Canton ;
- Les touristes durant leur séjour dans le canton de Vaud : l'hypothèse est faite que ces utilisateurs suivent la distribution des profils d'usage d'un Vaudois en fin de semaine.

La durée moyenne du séjour des touristes dans le canton de Vaud étant de 2,2 jours, la distribution des profils d'usage suivante est déduite :



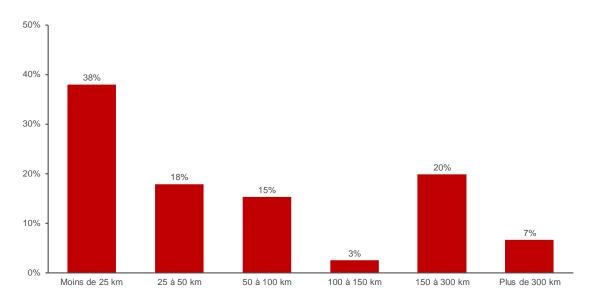


Figure 26 : Distribution des profils d'usage pour les touristes

La distribution des profils d'usage n'est pas différenciée selon le type de jour ni la maille géographique d'analyse. Le nombre de touristes est cependant évalué de manière différenciée dans chaque maille d'analyse (voir section 8.1.4)

4.4 Besoins en énergie et comportements de recharge

Pour chaque profil d'usage, un besoin journalier d'énergie est estimé en prenant comme consommations de référence 0,18 kWh par km pour les VE et 0,22 kWh par km pour les VHR, calculées à partir des données moyennes du parc électrique et hybride rechargeable actuel.

A partir de ce besoin journalier d'énergie, et en tenant compte des autonomies des véhicules, il est possible d'attribuer à chaque profil d'usage un comportement de recharge optimisé selon lequel :

- Les utilisateurs VE limitent la fréquence de leurs recharges avec un objectif de partage des points de recharge entre utilisateurs pour leurs recharges récurrentes, tout en garantissant une recharge dès que l'autonomie du véhicule passe sous 50%;
- Les utilisateurs VHR sont distingués selon deux comportements de recharge :
 - Les utilisateurs de VHR « pionniers » maximisent la distance parcourue avec la motorisation électrique de leur véhicule, tout en limitant l'effet de « biberonnage » en ne se rechargeant jamais à plus de deux endroits différents par jour. A partir des comportements observés en Europe [13], on estime qu'un tiers des utilisateurs de VHR sont « pionniers » ;
 - Les utilisateurs de VHR « conventionnels » recourent à la motorisation électrique dans la limite de l'autonomie offerte par leur véhicule sans recourir à la recharge d'appoint. A partir des comportements observés en Europe [13], on estime que deux tiers des utilisateurs de VHR sont « conventionnels ».



	Energie	
Profil d'usage	journalière (kWh)	Comportement de recharge
Distance inférieure à 25 km	0,9 kWh	L'utilisateur se recharge une fois par semaine au domicile ou au travail (6,5 kWh par recharge).
Distance comprise entre 25 et 50 km	6,5 kWh	L'utilisateur se recharge deux fois par semaine au domicile ou au travail (22,9 kWh par recharge).
Distance comprise entre 50 et 100 km	12,7 kWh	L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (12,7 kWh par recharge).
Distance comprise entre 100 et 150 km	22 kWh	L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (22 kWh par recharge).
Distance comprise entre 150 et 300 km	37 kWh	L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (18 kWh) et complète l'autonomie de son véhicule par une recharge d'appoint (19 kWh).
Distance supérieure à 300 km	100 kWh	L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (40 kWh) et complète l'autonomie de son véhicule par une ou plusieurs recharges d'appoint (60 kWh).

<u>Tableau 9 : Besoin en énergie et comportements de recharge par profil d'usage pour un utilisateur de VE</u>

Profil d'usage	Energie journalière (kWh)	Comportement de recharge		
Distance inférieure à 25 km	1,1 kWh	L'utilisateur se recharge une fois tous les deux jours au domicile ou au tra (2,2 kWh par recharge).		
Distance comprise entre 25 et 50 km	7,9 kWh	L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (7,9 kWh par recharge).		
Distance comprise entre 50 et 100 km	15,5 kWh	L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (11 kWh). L'utilisateur « pionnier » réalise en complément une recharge d'appoint (4,5 kWh).		
Distance comprise entre 100 et 150 km		L'utilisateur se recharge chaque jour au domicile ou au travail (11 kWh).		
Distance comprise entre 150 et 300 km	22 kWh	L'utilisateur « pionnier » réalise une recharge d'appoint (11 kWh) et recourt a motorisation thermique de son véhicule une fois la batterie déchargée pou deuxième fois. L'utilisateur « conventionnel » recourt à la motorisat		
Distance supérieure à 300 km		thermique de son véhicule dès la première décharge de son véhicule.		

<u>Tableau 10 : Besoin en énergie et comportements de recharge par profil d'usage pour un utilisateur de VHR</u>



Choix du comportement de recharge

Le comportement de recharge retenu vise une exploitation optimisée de l'infrastructure de recharge sans pour autant exposer les utilisateurs à un risque sur le dépassement de l'autonomie de leur véhicule. Pour autant, un tel comportement pourrait ne pas être celui retenu individuellement par les utilisateurs sans un effort d'organisation de la recharge par les hébergeurs de bornes. Dans une optique de maximisation de l'utilisation de leur infrastructure, ils seront néanmoins incités économiquement à faciliter un tel comportement.

4.5 Recours à l'infrastructure publique

Les observations du comportement de recharge des utilisateurs de voiture électriques démontrent qu'à l'heure actuelle, 90% des recharges ont lieu sur l'infrastructure privée à domicile ou au travail, contre 10% en appoint sur l'infrastructure publique. Le dimensionnement de l'infrastructure de recharge publique est par conséquent étroitement lié à celui de l'infrastructure privée et à son accessibilité pour les utilisateurs.

Si une partie de l'infrastructure publique, dite d'appoint, est nécessaire pour tous les utilisateurs pour leur permettre de parcourir sans encombre les longues distances, le recours à une infrastructure publique dite de substitution pour assurer les recharges régulières à domicile ou au travail dépend des conditions de stationnement des utilisateurs. Ce recours est évalué sur la base des hypothèses fondamentales suivantes :

- Les résidents en logement collectif qui ne disposent pas d'une place de stationnement privée à domicile sont dès aujourd'hui contraints de trouver une solution de stationnement dans le domaine public, que ce soit en voirie avec un macaron ou dans un parking en ouvrage avec un abonnement. La mise en place d'une solution de recharge de substitution dans le domaine public à proximité du domicile est la plus pertinente pour cette catégorie d'utilisateur;
- Pour les résidents en logement collectif qui disposent d'une place de stationnement privée ou semi-privée à domicile, il est peu probable qu'ils renoncent à l'avantage que leur confère leur stationnement privé à domicile et choisissent de stationner dans le domaine public pour s'équiper en voiture électrique. Dès lors, la mise en place d'une solution de substitution publique à domicile semble peu pertinente. Deux cas de figure se présentent :
 - Pour un actif²¹, il est possible de déployer une solution de recharge de substitution dans le domaine public à proximité de son lieu de travail. Pour autant, si l'actif dispose déjà d'une solution de stationnement privé sur son lieu de travail, il est peu probable qu'il renonce à cet avantage pour s'équiper d'une voiture électrique. Dès lors, la mise en place d'une solution de substitution publique sur

²¹ La part d'actifs ne prenant pas leur voiture pour se rendre sur leur lieu de travail est prise en compte dans la distribution des distances journalières en jour ouvrable



- son lieu de travail ne semble pertinente que dans le cas où l'actif est déjà contraint de stationner dans le domaine public sur son lieu de travail.
- Pour un non-actif, s'il fait le choix de s'équiper d'une voiture électrique, l'hypothèse est faite qu'il dispose d'une solution de recharge privée à domicile. Le développement d'une infrastructure de substitution ne saurait vraisemblablement pas constituer un levier suffisant pour l'adoption de la mobilité électrique pour cette catégorie d'utilisateur.
- Les résidents dans un logement individuel disposent vraisemblablement d'une place de stationnement privée à domicile. Si ces résidents font le choix de s'équiper avec une voiture électrique, ils ne changeront pour autant pas leurs habitudes de stationnement et continueront à utiliser leur place privée à domicile. La mise en place d'une solution de recharge de substitution dans le domaine public ne semble par conséquent par pertinente pour ces utilisateurs, pour qui l'équipement de leur domicile avec une solution de recharge privée semble être la solution la plus intéressante;
- Les entreprises ayant fait le choix d'électrifier leur flotte de véhicules disposent vraisemblablement des moyens de développer une infrastructure de recharge au sein de l'entreprise. Les voitures professionnelles (de fonction et de service) ne requièrent par conséquent pas de solutions de recharge de substitution dans le domaine public.

Les touristes séjournant dans le canton se voient déployer une infrastructure d'appoint qui couvre l'ensemble de leurs besoins de recharge.

La Figure 27 fait la synthèse de cette caractérisation des utilisateurs selon leur recours à l'infrastructure de recharge publique.

Adéquation de l'infrastructure au besoin

Le dimensionnement de l'infrastructure publique s'appuie globalement sur deux partispris forts :

- Dès lors qu'une infrastructure publique peut répondre de manière pertinente au besoin des utilisateurs, l'étude en tient compte dans le dimensionnement. C'est notamment le cas de l'infrastructure publique de substitution au travail, qui cible spécifiquement les utilisateurs en logement collectif qui ont une solution de stationnement privé à domicile mais pas au travail. Pour autant, une politique forte en faveur du développement de la recharge privée dans les parkings de logement collectif répondrait au même besoin que la mise en place de l'infrastructure publique de substitution au travail.
- Du fait de l'hypothèse générale que le passage à la mobilité électrique n'induit pas de changement de comportement des utilisateurs, toute solution de recharge publique qui impliquerait un changement de comportement de l'utilisateur, en particulier vis-à-vis de son stationnement, est écartée. En particulier, aucune infrastructure de substitution publique à domicile (respectivement au travail) n'est déployée pour les utilisateurs disposant déjà d'un stationnement dans le domaine privé à domicile (respectivement au travail).



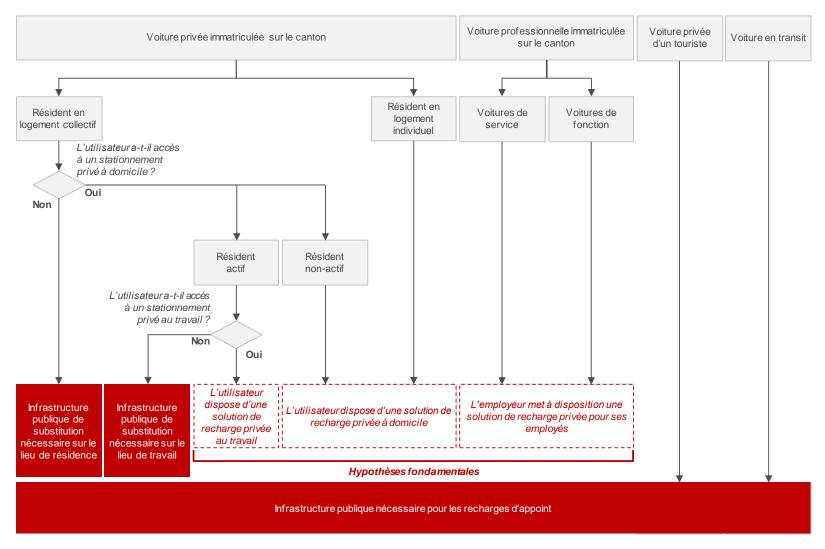


Figure 27 : Caractérisation des utilisateurs selon leur recours à l'infrastructure de recharge publique



5 Déploiement de l'infrastructure de recharge publique

Nous distinguons trois grands types d'infrastructures de recharge publique à déployer, selon la nature du besoin de recharge à laquelle ils viennent répondre :

- L'infrastructure de substitution, qui s'adresse aux utilisateurs résidents ou pendulaires dans la zone géographique considérée et qui ne peuvent en aucun cas disposer d'une solution de recharge privée ni sur leur lieu de résidence ni sur leur lieu de travail. L'infrastructure de substitution vise à permettre à ces utilisateurs d'adopter le même comportement de recharge que les utilisateurs disposant d'une solution privée, en leur mettant à disposition une borne leur assurant l'alimentation régulière de leur véhicule à faible coût avec un taux élevé de disponibilité. Sont distinguées les infrastructures de substitution à domicile et au travail selon le lieu de déploiement des points de recharge;
- L'infrastructure d'appoint à destination, qui s'adresse à tous les utilisateurs de VE (indépendamment de leur origine) qui parcourent entre 150 et 300 km durant la journée et dont une destination se situe dans la zone géographique considérée. L'infrastructure d'appoint à destination vise à permettre à ces utilisateurs de compléter la recharge de leur véhicule à l'une des étapes de leur déplacement journalier. Si ces utilisateurs de VE peuvent techniquement parcourir l'ensemble de leur parcours journalier sans recharge, l'infrastructure d'appoint à destination vient sécuriser l'autonomie disponible de leur véhicule et flexibiliser les parcours ultérieurs possibles. L'infrastructure d'appoint à destination cible par ailleurs les utilisateurs de VHR « pionniers » qui dépassent l'autonomie électrique de leur véhicule, de manière à maximiser l'utilisation du moteur électrique pour leur trajet.
- L'infrastructure d'appoint en transit, qui s'adresse à tous les utilisateurs de VE (indépendamment de leur origine, de leur destination et de leur motif de déplacement) qui parcourent plus de 300 km durant la journée. Ces utilisateurs atteignent voire dépassent l'autonomie permise par leur véhicule durant la journée et requièrent une recharge d'appoint en cours de journée. L'infrastructure d'appoint en transit vise à permettre à ces utilisateurs de recharger profondément la batterie de leur véhicule en minimisant la contrainte de durée de stationnement liée à la recharge et la contrainte de localisation de ce stationnement.

Les sections suivantes viennent dimensionner chaque infrastructure publique et détailler les grands principes de leur déploiement (utilisateurs ciblés, spécifications techniques, répartition sur le territoire, etc.).

Les résultats du dimensionnement sont donnés à horizon 2025 et 2030. A titre illustratif, un chiffrage est par ailleurs réalisé à horizon 2035. Néanmoins, les usages de mobilité pourraient avoir fortement évolué à cet horizon pour que le dimensionnement réalisé dans cette étude, qui s'appuie sur les comportements actuels, ne soient plus valables. Parmi les évolutions qui pourraient largement impacter la planification à long-terme de la recharge publique, au-delà des



ruptures possibles dans le secteur de l'infrastructure (voir section 2.2.6) on identifie : la démocratisation de l'autopartage et du covoiturage (baisse possible du nombre de véhicules en circulation, large modification des profils d'usage), la flexibilisation des conditions de travail (modification des profils d'usage), la progression de la mobilité douce et de la mobilité collective, le développement du véhicule autonome (rupture complète du modèle de mobilité individuelle voire collective), etc.

5.1 Infrastructure de substitution

5.1.1 <u>Dimensionnement</u>

Méthodologie

Le dimensionnement de l'infrastructure de substitution est réalisé à partir de l'estimation du besoin en recharge à domicile et au travail à partir de la distribution des profils d'usage des résidents et des professionnels vaudois (section 4.3), des comportement de recharge associés (section 4.4), et de la proportion de ces résidents et professionnels ayant besoin de l'infrastructure publique pour leur recharge à domicile ou au travail (section 4.5).

Le dimensionnement s'appuie sur deux hypothèses fondamentales :

- Afin de permettre un taux de disponibilité élevé, l'infrastructure est dimensionnée de sorte qu'une borne de substitution à domicile, respectivement au travail, ne desserve qu'un seul utilisateur par jour;
- L'hypothèse est faite que les bornes de substitution à domicile sont essentiellement utilisées hors des heures de travail, tandis que les bornes de substitution au travail sont essentiellement utilisées durant les heures de travail. Du fait de leur emplacement au cœur des zones denses, en particulier les centres-villes qui concentrent à la fois emplois et résidents (voir section 5.1.2), une même borne de substitution peut par ailleurs à la fois remplacer une solution de recharge privée à domicile et au travail. Dès lors, une même borne de substitution peut répondre à un besoin de recharge au travail durant les heures de travail et à un besoin de recharge à domicile hors des heures de travail.

A partir de ces deux hypothèses, le dimensionnement de l'infrastructure de substitution à domicile et au travail est réalisé dans un premier temps en évaluant le besoin en bornes de substitution à domicile, respectivement au travail, dans chaque commune suisse. Dans un second temps, le maximum du nombre de bornes nécessaires pour la substitution à domicile et pour la substitution au travail est évalué dans chaque commune et retenu pour le dimensionnement final de l'infrastructure de substitution.

Il est à noter qu'avec cette approche, le dimensionnement de l'infrastructure de substitution est vraisemblablement un minimum, qui ne saurait tenir compte des spécificités locales et de la possibilité effective de mettre en synergie les usages de substitution à cette échelle.



Chiffrage

Pour répondre au besoin croissant du parc de véhicules électriques et hybrides rechargeables, l'infrastructure de substitution vaudoise – actuellement constituée d'environ 80 points de recharge²², devrait dépasser 1'400 points d'ici 2025 et atteindre environ 4'100 d'ici 2030.

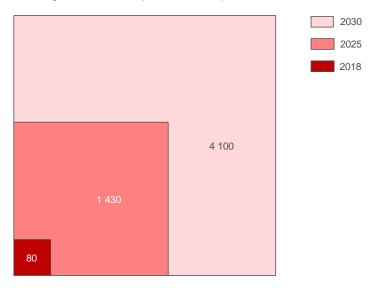


Figure 28 : Nombre de points de recharge nécessaires pour l'infrastructure de substitution vaudoise en 2025 et 2030 comparé à l'infrastructure déployée en 2018

Perspectives 2035

A horizon 2035, l'infrastructure de substitution devrait atteindre 7'200 points de recharge sur le territoire vaudois.

Ce dimensionnement intègre un facteur de synergie élevé : environ 55% des points de recharge de substitution déployés ont vocation à être utilisés à la fois comme substitution à domicile et comme substitution au travail.

L'infrastructure de substitution cible les 16% des utilisateurs vaudois des voitures qui n'ont pas de solution de stationnement privé à domicile ou au travail.

²² Estimation à partir du nombre de points de recharge de faible puissance répertoriés



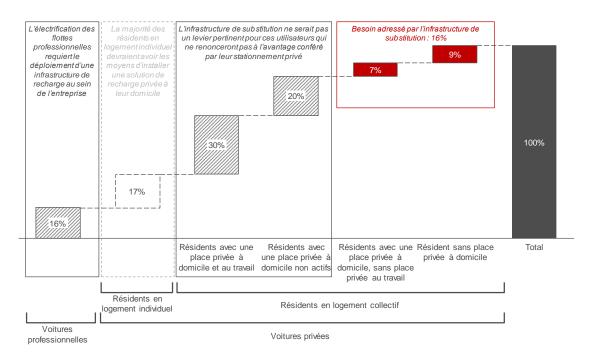


Figure 29 : Evaluation du besoin d'une solution de substitution publique pour les utilisateurs vaudois

Elle adresse un besoin qui est aujourd'hui inexistant auprès des utilisateurs de voitures électriques actuels, qui pour l'immense majorité disposent d'une solution de recharge privée à domicile ou au travail. En première approximation, le taux de pénétration des voitures électriques atteint 18%²³ chez les résidents en villas dans le canton de Vaud.

Le déploiement de l'infrastructure de substitution découlerait d'une volonté politique forte d'offrir l'accès à la mobilité électrique à une majorité d'utilisateurs, y compris ceux n'ayant aucun accès à une solution de recharge privée. Les cibles d'électrification du parc automobile fixées par le Canton pourraient néanmoins être atteintes en actionnant d'autres leviers que celui du développement d'une telle infrastructure. En particulier, une politique forte en matière d'équipement des bâtiments collectifs et des entreprises en solutions de recharge privées permettrait à une large part de la population d'accéder à la mobilité électrique.

Répartition sur le territoire vaudois

Le nombre de bornes de recharge nécessaires pour la substitution à domicile est estimé à partir du besoin en recharge publique à domicile des résidents dans chaque district (resp. chacune des 10 plus grandes communes). Le nombre de bornes de recharge nécessaires pour la substitution au travail est estimé à partir du besoin total en recharge publique au travail dans le canton, qui est ensuite réparti dans chaque district (resp. chacune des 10 plus grandes communes) selon la répartition des empois sur le territoire vaudois. Le calcul du nombre de bornes qui peuvent à la

²³ Estimation : 4'750 nouvelles voitures sont immatriculées chaque année chez les résidents en villas vaudoises (estimation à partir des statistiques démographiques cantonales et des données de nouvelles immatriculations en Suisse extrapolées), environ 850 voitures électriques ont été vendues en 2018



fois remplir leur fonction de substitution à domicile et au travail est réalisé à l'échelle de chaque commune vaudoise.

Les résultats de la répartition de l'infrastructure de substitution dans les 10 districts et les 10 plus grandes communes vaudoises sont présentés en annexe du rapport (section 8.2).

5.1.2 Principes de déploiement

Utilisation

L'infrastructure de substitution cible un comportement de recharge équivalent à celui des utilisateurs disposant d'une solution de recharge privée à domicile ou au travail, en permettant de couvrir 90% du besoin de recharge des utilisateurs qui y ont recours. L'infrastructure de substitution est dimensionnée de manière à être utilisée sans contrainte forte de durée de recharge mais avec un taux de disponibilité élevé, afin de contribuer pour l'essentiel des recharges de ses utilisateurs. L'infrastructure de substitution est par ailleurs dimensionnée de manière à minimiser le prix de revient de l'énergie délivrée pour se rapprocher des coûts supportés par un utilisateur ayant accès à une solution de recharge privée.

Spécifications techniques

Afin d'en limiter les coûts directs (investissement, raccordement) et indirects (notamment liés à l'appel de puissance au réseau), l'infrastructure de substitution est composée de bornes de faible puissance (a priori moins de 11 kW).

Emplacement

L'infrastructure de substitution est divisée en deux sous-catégories :

- L'infrastructure de substitution à domicile cible les utilisateurs qui ne disposent pas de stationnement résidentiel sur le domaine privé et qui parquent leur véhicule dans le domaine public à proximité de leur domicile (notamment en voirie avec un macaron, ou en ouvrage avec un abonnement);
- L'infrastructure de substitution au travail cible les utilisateurs actifs qui disposent d'un stationnement résidentiel sur le domaine privé mais dont la possibilité d'installer une borne de recharge privée ou semi-privée n'est pas assurée, et qui sont par ailleurs contraints de stationner dans le domaine public lorsqu'ils se rendent au travail (en voirie, en ouvrage ou dans un parking P+R).

Dans la mesure du possible, les bornes de substitution sont déployées en grappes dans les aires de stationnement collectif, en particulier les parkings en ouvrage, qui affichent un taux d'utilisation élevé par des abonnés qui résident ou travaillent à proximité immédiate. Lorsque nécessaire, notamment dans le cas où les zones résidentielles et les bassins d'emplois denses ne disposent pas d'aires de stationnement collectif, les bornes peuvent être déployées directement en voirie.

Alternativement, dans une optique de limitation du trafic routier dans les centres urbains, il est possible de déployer l'infrastructure de substitution au sein des parkings P+R.

Le choix des emplacements pour les bornes de substitution doit être effectué à l'échelle locale (de la commune ou de l'agglomération) pour concilier d'une part l'objectif d'offrir une solution de



proximité à une majorité d'utilisateurs et d'autre part la volonté de maintenir un coût des installations suffisamment bas pour ne pas induire un tarif de la recharge raisonnable. Les emplacements permettant un usage des points de recharge à la fois comme substitution à domicile et substitution au travail sont à privilégier.

Intérêt du déploiement en grappes

Le déploiement en grappes vise à installer plusieurs points de recharge raccordés en un seul point au réseau de distribution. Si le déploiement en grappes a l'inconvénient de concentrer l'offre de recharge publique en certains points du territoire, il permet de réduire de manière substantielle les coûts d'installation de l'infrastructure en réduisant les chantiers de raccordement électrique et en offrant un potentiel de foisonnement pouvant réduire le besoin en puissance de raccordement.

5.2 Infrastructure d'appoint à destination

5.2.1 Dimensionnement

Méthodologie

L'infrastructure d'appoint à destination est dimensionnée à partir du besoin en recharge publique des utilisateurs de VE parcourant entre 150 et 300 km et des utilisateurs de VHR « pionniers » qui parcourent plus de 50 km. Le dimensionnement de l'infrastructure d'appoint à destination tient compte du besoin pour les véhicules immatriculés dans le canton, mais aussi de celui des touristes séjournant dans le canton.

Le nombre de bornes à déployer est estimé selon l'hypothèse fondamentale que chaque point de recharge délivre en moyenne 10 MWh par an. Cette hypothèse s'appuie sur plusieurs rationnels [14]:

- Si la majorité des bornes actuellement déployées (essentiellement à usage d'appoint à destination) délivrent des volumes annuels entre 3 et 6 MWh, les statistiques d'utilisation des bornes affichent une croissance constante depuis leur installation et les bornes les plus performantes parviennent à délivrer jusqu'à 15 MWh/an;
- L'observation des comportements d'utilisation des bornes de recharge d'appoint à destination révèle cependant des limites physiques au volume d'énergie délivrable par ces bornes, du fait que les utilisateurs restent souvent stationnés plus longtemps que nécessaire et occupent l'infrastructure sans soutirer d'énergie. Si des modèles, notamment tarifaires, sont mis en place pour limiter cet effet, l'emplacement des bornes induit naturellement ce type de comportements du fait que les utilisateurs stationnent généralement leur véhicule pour un autre motif que sa recharge.
- Les principaux investisseurs dans l'infrastructure de recharge d'appoint ciblent un volume de 10 MWh/an par borne dans leurs plans d'affaires.



Chiffrage

Pour répondre au besoin croissant du parc de véhicules électriques et hybrides rechargeables, l'infrastructure vaudoise d'appoint à destination – actuellement constituée d'environ 300 points de recharge, devrait représenter plus de 700 points d'ici 2025 et s'approcher des 2'300 d'ici 2030.

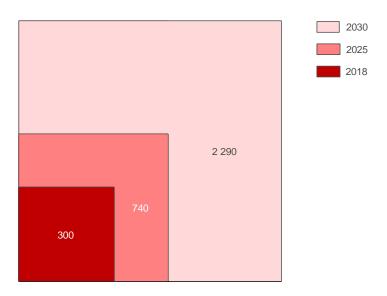


Figure 30 : Nombre de points de recharge nécessaires pour l'infrastructure vaudoise d'appoint à destination en 2025 et 2030 comparé à l'infrastructure déployée en 2018

Perspectives 2035

A horizon 2035, l'infrastructure d'appoint à destination devrait atteindre 4'200 points de recharge sur le territoire vaudois.

L'infrastructure d'appoint à destination vient non seulement répondre au besoin des voitures vaudoises, mais aussi de celles des touristes séjournant dans le canton : on estime que 15% de l'infrastructure d'appoint devrait être dédiés à cet usage et se concentrer dans les régions touristiques (6% à Lausanne, 4% à Montreux et dans la Riviera / Pays-d'Enhaut et 2% dans le district d'Aigle).

L'infrastructure d'appoint à destination, qui a jusqu'à présent concentré les efforts des acteurs publics et privés, devrait continuer de représenter une part significative de l'infrastructure de recharge publique. Pour autant, le rythme de déploiement actuellement observé devrait permettre d'atteindre ces cibles de développement. L'enjeu du déploiement réside principalement dans le choix pertinent des emplacements des points de recharge.



Il est par ailleurs à noter qu'entre 30% et 40% de l'infrastructure est déployée pour les utilisateurs de VHR²⁴ et leur permettre d'augmenter le taux d'utilisation de leur motorisation électrique. Si le déploiement de cette part de l'infrastructure permet par conséquent d'augmenter la part d'électrification des transports et de réduire la consommation de carburants fossiles de ces véhicules, il ne devrait vraisemblablement pas avoir d'impact significatif sur l'adoption des VE et VHR.

Répartition sur le territoire

Le besoin en infrastructure d'appoint à destination est évalué à l'échelle cantonale puis distribué entre les districts (respectivement entre les 10 plus grandes communes) selon deux clés de répartition :

- Le besoin lié aux voitures immatriculées dans le canton est réparti selon le nombre cumulé d'emplois et de nuitées équivalentes dans chaque maille géographique;
- Le besoin lié aux voitures de touristes séjournant dans le canton est réparti selon le nombre de nuitées équivalentes dans chaque maille géographique.

Les résultats de la répartition de l'infrastructure de substitution dans les 10 districts et les 10 plus grandes communes vaudoises sont présentés en annexe du rapport (section 8.2).

5.2.2 Principes de déploiement

Utilisation

L'infrastructure d'appoint à destination vise à permettre aux utilisateurs de VE qui parcourent des distances proches des limites en autonomie de leur véhicule (150 – 300 km) durant leur journée, de se recharger à l'une de leurs destinations pour maintenir une autonomie de réserve suffisante. L'infrastructure d'appoint à destination cible par ailleurs les utilisateurs de VHR pour leur permettre de maximiser les distances parcourues avec la motorisation électrique de leur véhicule. L'infrastructure d'appoint à destination s'adresse non seulement aux résidents vaudois, mais aussi aux visiteurs et touristes.

A la différence de l'infrastructure d'appoint en transit (détaillée dans la suite du rapport), l'infrastructure d'appoint est utilisée lors du stationnement du véhicule pour un motif spécifique de l'utilisateur (loisirs, shopping, rendez-vous professionnel, tourisme, etc.).

Spécifications techniques

La puissance de recharge permise par les solutions d'appoint à destination devrait être comprise entre 22 kW et 50 kW, selon la destination équipée, afin de permettre une recharge significative pendant la durée du stationnement du véhicule. Le choix de la puissance d'alimentation devrait s'appuyer sur deux critères principaux : d'une part la capacité de raccordement en puissance disponible sur le lieu à équiper, d'autre part la durée de stationnement moyenne des clients à cette destination.

²⁴ Hypothèse : un tiers des utilisateurs de VHR ont recours à l'infrastructure d'appoint (voir section 4.4)



Emplacement

L'infrastructure d'appoint à destination doit être déployée dans les zones d'activités denses, en particulier les centres commerciaux (situés en périphérie des centres-villes), les quartiers d'affaires et les centres culturels et touristiques.

Dans la mesure où l'infrastructure d'appoint à destination cible avant tout les utilisateurs qui parcourent des distances relativement longues, il peut être pertinent de déployer en priorité les sites d'attraction régionaux et dans un second temps seulement les sites d'activité à rayonnement plus local.

Comme pour l'infrastructure de substitution, le choix de l'emplacement des points de recharge d'appoint à destination peut dépendre fortement de la stratégie politique locale en matière de stationnement et de mobilité urbaine. Dans certains cas, les parkings P+R peuvent se révéler être pertinents pour l'accueil de bornes d'appoint. Les parkings en ouvrage situés au plus proche des centres d'attraction peuvent aussi être privilégiés. Enfin, l'infrastructure d'appoint à destination peut être déployée par les acteurs privés (commerces, hôtels et restaurants, centres sportifs et culturels, etc.) sur leurs propres sites – l'accès à l'infrastructure est dès lors semi-public (réservé à la clientèle).

L'infrastructure d'appoint à destination représente l'essentiel de l'infrastructure publique actuellement déployée

Sur les ~400 points de recharge actuellement installés sur le territoire vaudois, près de 60% sont situés chez des entreprises, commerces, hôtels ou restaurants et près de 80% ont une puissance de 22 kW ou plus. Ces spécifications sont très proches de celles décrites pour l'infrastructure d'appoint à destination.

5.3 Infrastructure d'appoint en transit

5.3.1 **Dimensionnement**

Méthodologie

L'infrastructure d'appoint en transit est dimensionnée pour répondre au besoin des utilisateurs parcourant de très longues distances (plus de 300 km dans la journée). Le parcours de telles distances rend une évaluation limitée à l'échelle cantonale peu pertinente dans la mesure où les utilisateurs n'ont pas nécessairement ni leur origine ni leur destination sur le territoire vaudois.

Afin d'évaluer la taille de l'infrastructure de recharge en transit, le volume d'énergie requis par les utilisateurs de VE²⁵ parcourant plus de 300 km par jour est estimé à l'échelle nationale en faisant l'hypothèse d'un scénario d'électrification du parc suisse équivalant au scénario vaudois.

²⁵ L'hypothèse est faite que les utilisateurs de VHR n'ont pas recours à l'infrastructure de recharge en transit, du fait qu'ils disposent d'un réservoir thermique spécifiquement dédié à l'extension d'autonomie dans ces situations.



Le nombre de points de recharge à l'échelle nationale est estimé en faisant l'hypothèse fondamentale qu'un point de recharge de transit délivre 600 kWh par jour. Cette hypothèse s'appuie sur les rationnels suivants :

- Parmi les premières bornes de recharge rapide installées sur les aires de repos en Suisse, les plus performantes parviennent à servir une dizaine de clients par jour, soit une fourniture de l'ordre de 500 kWh par jour (50 kWh par client, pour une recharge d'une vingtaine de minutes);
- Pour une borne de 150 kW, la fourniture de 600 kWh par jour revient à un taux d'utilisation de 4 heures par jour, soit un taux d'occupation de l'ordre de 25% durant la journée (en excluant la plage horaire 22h 6h). Pour une aire de repos équipée des 4 bornes prévues dans les contrats de concession de l'OFROU, le taux de disponibilité de l'infrastructure devrait dès lors être suffisant même aux heures de pointe;
- Sur la base d'observations empiriques et d'analyses d'optimisation, la littérature scientifique européenne estime un taux d'occupation des bornes de recharge en transit entre 4 et 6 heures par jour [15] [16].

A partir de l'évaluation du nombre de points de recharge nécessaires à l'échelle nationale, l'infrastructure vaudoise est calculée selon la proportion d'autoroute située dans le Canton, évalué à 13% de l'infrastructure autoroutière suisse²⁶.

Chiffrage

Pour répondre au besoin croissant du parc de véhicules électriques et hybrides rechargeables, l'infrastructure vaudoise d'appoint en transit devrait représenter environ 30 points d'ici 2025 et une centaine d'ici 2030.

²⁶ 190 km d'autoroutes dans le canton de Vaud, pour 1'460 km sur le territoire national



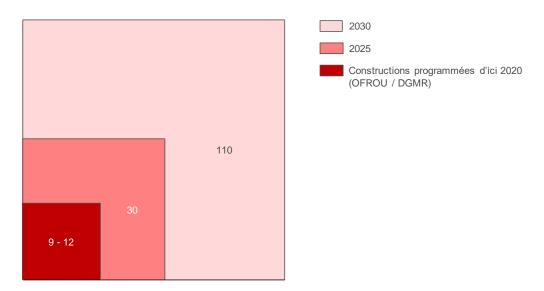


Figure 31 : Nombre de points de recharge nécessaires pour l'infrastructure vaudoise d'appoint en transit en 2025 et 2030 comparé à l'infrastructure déployée en 2018

Perspectives 2035

A horizon 2035, l'infrastructure d'appoint en transit devrait atteindre 220 points de recharge sur le territoire vaudois.

Ces cibles sont en ligne avec les programmes de déploiement qui ont été respectivement engagés en 2018 la DGMR sur les aires de ravitaillement et en 2019 par l'OFROU sur les aires de repos (voir détail en section 2.2.5) :

- La DMGR a octroyé à Groupe E SA une concession sur chacune des trois aires de ravitaillement du canton²⁷ pour leur équipement de 3 bornes de recharge chacune, d'une puissance de 50 à 150 kW;
- L'OFROU a octroyé à trois exploitants différents une concession sur ses trois aires de repos vaudoises²⁸. Chaque aire sous concession disposera de 600 kW de puissance permettant l'installation de 4 bornes de recharge de 150 kW – le concessionnaire est contraint d'en installer au moins une sur chaque aire dans les dix prochaines années.

Avec au total 6 aires déjà sous concession pour à peine 190 km d'autoroutes, soit en moyenne un site tous les 30 km, le Canton de Vaud dépasse notamment les cibles de la Commission Européenne qui vise le déploiement un site de recharge rapide tous les 60 km d'autoroute sur les principaux couloirs autoroutiers européens, et s'aligne avec les développements nationaux programmés d'ici 2020 – 2025 dans les pays d'Europe de l'Ouest et du Nord et qui totalisent l'équivalent d'un site de recharge tous les 34 km d'autoroute [17].

²⁷ La Côte, Lavaux, Bavois – l'aire du Chablais ne fait pas l'objet d'une concession dans le cadre du programme de la DGMR mais devrait aussi être équipée.

²⁸ Pierre Féline, Saint Prex, Pertit



La centaine de points de recharge prévue pour 2030 requerra un développement sur les aires de repos et de ravitaillement au-delà des conditions minimales fixées dans les concessions et éventuellement un déploiement sur d'autres domaines. Le nombre de points sera par ailleurs éventuellement estimé à la baisse, notamment en cas de taux d'occupation plus élevé de l'infrastructure ou d'augmentation de la puissance des bornes.

Répartition sur le territoire

La répartition de l'infrastructure d'appoint en transit est avant tout régie par l'emplacement des aires de repos et de ravitaillement le long des autoroutes dans le canton. La répartition n'est par conséquent par réalisée à la maille du district ni de la commune.

5.3.2 Principes de déploiement

Utilisation

L'infrastructure d'appoint en transit permet aux utilisateurs de se recharger le plus rapidement possible et indépendamment de leur motif de déplacement ou de leur destination. Elle se destine essentiellement aux utilisateurs de VE qui effectuent un déplacement qui dépasse l'autonomie permise par leur véhicule. En étant déployée de manière à couvrir géographiquement l'ensemble du territoire, elle peut par ailleurs être utilisée en dernier recours par des utilisateurs ayant un besoin imprévu de recharger leur véhicule rapidement, ou qui n'auraient pas eu accès à une solution de recharge privée, publique de substitution ou publique d'appoint.

L'infrastructure d'appoint en transit n'est pas destinée aux VHR, dans la mesure où ces véhicules ont été expressément conçus pour permettre une autonomie longue sans recourir à l'infrastructure de recharge d'appoint en transit. Pour autant, si les tarifs de l'énergie sur cette infrastructure venaient à être plus intéressants que le tarif du carburant, il est possible que certains utilisateurs de VHR y recourent.

Spécifications techniques

Pour permettre aux utilisateurs de se recharger au plus vite, l'infrastructure d'appoint en transit doit être équipée de bornes de recharge à très haute puissance. La nouvelle génération de bornes rapides, en atteignant des capacités de 150 kW, permet par exemple de regagner 100 km d'autonomie en moins de dix minutes.

Le choix technique retenu actuellement par les autorités publiques dans leurs appels d'offres pour la recharge ultra-rapide ciblant à terme des puissances à 150 kW semble cohérent avec le besoin. Pour autant, il est à noter que les modèles de véhicules actuellement vendus ne sont majoritairement pas encore compatibles avec ces installations. Des solutions temporaires de recharge à 50 kW, dont les standards sont plus répandus, pourraient être considérées.

Emplacement

L'infrastructure d'appoint en transit doit être accessible avant tout aux utilisateurs en cours de déplacement sur de longues distances, indépendamment de leur origine, de leur destination ou



de leur motif de déplacement. Le déploiement de cette infrastructure sur les aires de repos et de ravitaillement des autoroutes semble à ce titre le plus adéquat, en ce que ces aires sont sur les axes de trafic principaux des voyageurs.

Les aires de repos et de ravitaillement des autoroutes présentent par ailleurs l'avantage d'être régulièrement répartis sur le territoire, de manière à permettre un accès de proximité à une majorité de la population.

5.4 Recommandations générales pour le déploiement

Les sections suivantes donnent quelques éléments généraux concernant l'accessibilité de l'infrastructure, la responsabilité des collectivités dans son déploiement, les modèles tarifaires et la pertinence d'un pilotage de la recharge.

Accessibilité de l'infrastructure de recharge publique

De manière générale, l'infrastructure de recharge publique devrait rester accessible à tout utilisateur, sans restriction.

Cette recommandation peut cependant être nuancée pour l'infrastructure de substitution, qui est déployée de sorte à répondre à au besoin régulier d'un groupe d'utilisateurs relativement restreint (résidents ou employés à proximité directe de la borne). Certains modèles pourraient être identifiés afin de prioriser l'accès à cette infrastructure pour ces utilisateurs.

Responsabilité des collectivités dans le déploiement

Plusieurs modèles de déploiement peuvent être adoptés par les collectivités pour l'infrastructure publique de vaudoise :

- Responsabilité du déploiement confiée aux acteurs privés: La collectivité reste extérieure au déploiement de l'infrastructure de recharge publique, en laissant les acteurs privés installer des bornes de recharge sur son territoire. Ces acteurs peuvent être les propriétaires des sites (surfaces commerciales, hôtels et restaurants, etc.) ou des opérateurs tiers ayant adopté un modèle d'affaires intégrant l'investissement dans l'infrastructure (Green Motion / evpass, Energie360°, etc.);
- Octroi de concessions: La collectivité réalise un marché public pour l'installation et l'exploitation de solutions de recharge sur les sites dont elle est propriétaire. La collectivité publique fixe alors les spécifications de l'infrastructure qu'elle souhaite voir se développer sur le domaine public, s'engage auprès d'un concessionnaire sur la durée contractuelle mais ne réalise pas (ou partiellement) l'investissement. L'octroi des concessions peut concerner un site individuel ou l'ensemble des sites du territoire de la commune:
- Déploiement en propre: La collectivité, par exemple au travers de ses services industriels, investit dans le déploiement de bornes de recharge publique sur son territoire. Elle équipe non seulement les sites dont elle est propriétaire mais peut aussi éventuellement proposer d'investir sur d'autres terrains.



Modèles tarifaires

Dans une optique de politique de réduction de la consommation énergétique compatible avec la stratégie énergétique 2050, il n'est pas recommandé de soutenir les modèles de gratuité de la recharge sur l'infrastructure de recharge publique qui peuvent inciter à une surconsommation non justifiée. Les tarifs exercés devraient dans la mesure du possible permettre de rentabiliser à terme le déploiement et l'exploitation des infrastructures déployées afin de pérenniser le secteur d'activité tout en ne freinant pas l'adoption du véhicule électrique sur le territoire.

Une grande diversité de modèles tarifaires est observée en Europe, démontrant un potentiel important d'adaptation du modèle tarifaire aux utilisations ciblées et à certaines contraintes locales. Afin de conserver un maximum de flexibilité aux exploitants d'infrastructures, aucun modèle tarifaire particulier n'est recommandé à l'échelle du canton.

Recharge intelligente

Le principe de recharge intelligente (« smart charging »), ou de pilotage de la recharge, vise à monitorer le soutirage d'énergie sur l'infrastructure de recharge de manière à optimiser la courbe de charge liée à la recharge des véhicules électriques sans péjorer le service rendu par l'infrastructure. Le pilotage de la recharge permet avant tout de minimiser les appels de puissance critiques pour le réseau électrique, mais il peut aussi viser à maximiser la synchronisation entre recharge et production locale d'énergie de manière à augmenter le taux de consommation propre.

L'infrastructure de substitution présente un intérêt majeur pour être équipé d'un système de pilotage de la recharge (« smart charging ») :

- Les bornes de l'infrastructure de substitution ciblent un comportement de recharge sur une durée de stationnement pouvant largement dépasser le nécessaire à une recharge complète (besoin de max. 20 kWh, soit max. 6 heures de recharge avec une borne de 3.7 kW, à comparer avec les durées de stationnement nocturne à domicile ou en journée sur le lieu de travail). Ce comportement de recharge laisse un potentiel important de lissage et de report de la charge, et pourrait même permettre à terme la mise en place de prestations de *vehicle-to-grid* sans péjorer la recharge de l'utilisateur;
- Le comportement de recharge des utilisateurs de l'infrastructure de substitution présente une probabilité de synchronisme important lié aux horaires de travail (le même effet de synchronisme est observé sur l'infrastructure de recharge privée résidentielle). En cas de non-pilotage de la recharge, les appels de puissance sur le réseau de distribution électrique pourraient atteindre des niveaux critiques aux horaires de retour au domicile (entre 17h et 20h) et d'arrivée au travail (entre 7h et 9h et entre 13h et 14h).

Les infrastructures d'appoint à destination et en transit présentent un potentiel limité de pilotage de la recharge comparé à l'infrastructure de substitution, dans la mesure où les utilisateurs devraient y recourir de manière plus répartie sur les heures de la journée (malgré des effets d'heure de pointe à attendre), et parce que les infrastructures d'appoint visent à délivrer un maximum d'énergie sur une durée contrainte et limitant de fait le potentiel flexible.



5.5 Impact sur le système électrique vaudois

5.5.1 Hausse de la consommation d'électricité

L'électrification du parc automobile vaudois induit un transfert d'une partie de la consommation énergétique finale du canton liée à la mobilité, des carburants fossiles vers l'électricité. Les scénarios d'électrification conduisent à estimer que la demande électrique vaudoise devrait augmenter de 70 GWh/an d'ici 2025, 200 GWh/an d'ici 2030 et de plus de 375 GWh/an à horizon 2035.

Cette augmentation de la consommation représenterait cependant seulement une hausse de 4,5% (resp. 8%) de la consommation électrique cantonale actuelle²⁹ en 2030 (resp. en 2035).

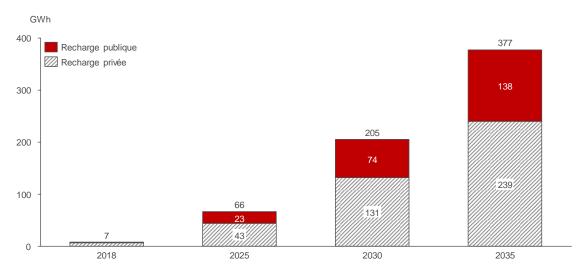


Figure 32 : Estimation de l'énergie consommée par le parc de voitures électriques et hybrides rechargeables dans le Canton de Vaud

Il est à noter que cette hausse de la consommation aura majoritairement lieu au travers de recharges privées et sera vraisemblablement comptabilisée dans les relevés de consommation électrique des ménages et des entreprises sans distinction avec la consommation pour les autres usages.

5.5.2 Impact sur la courbe de charge

La recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables induit un appel de puissance sur le réseau électrique vaudois, qui dépend du nombre de véhicules en cours de recharge sur le territoire et de la puissance des points de recharge utilisés.

Le fait que la majorité des recharges ont lieu à domicile ou au travail sur l'infrastructure privée ou de substitution, implique un synchronisme important des raccordements des véhicules au réseau électrique pour leur recharge en début de journée (heure d'arrivée des actifs sur leur lieu de travail), en milieu de journée (heure de la pause de mi-journée pour les actifs) et en fin de journée (retour au domicile pour les actifs). L'impact de ce synchronisme sur la courbe de charge

_

²⁹ Estimée à 4,5 TWh en 2018.



électrique vaudoise pourrait rapidement devenir significatif et entraîner une hausse du pic de charge sur le réseau dès 2030 et son déplacement vers la fin de journée. A horizon 2035, le pic de charge total vaudois pourrait même atteindre les 750 MW en 2035, soit une hausse de 18% par rapport à 2018.

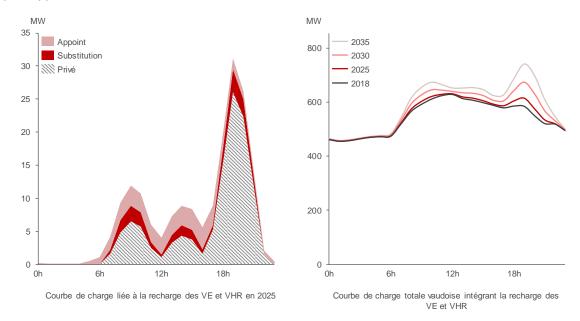


Figure 33 : Simulation de l'impact de la recharge des VE et VHR sur la courbe de charge dans le canton de Vaud³⁰ – sans programme de pilotage de la recharge (smart charging)

Le pilotage systématique de la recharge permettrait de fortement limiter l'impact de l'électrification des véhicules sur la courbe de charge vaudoise, en lissant la consommation des véhicules stationnés suffisamment longtemps pour répartir leur recharge sur une durée plus longue ou en décalant certaines recharges vers les heures creuses (notamment de nuit). Le pilotage de la recharge pourrait par ailleurs permettre une intégration facilitée de nouveau renouvelable (solaire, éolien) sur le réseau, en synchronisant la recharge avec leur production intermittente.

En exploitant totalement le potentiel de pilotage de la recharge privée et de substitution, l'impact des VE et VHR sur la courbe de charge du canton pourrait être réduit à une hausse de 6% par rapport à 2018.

³⁰ Courbe de charge moyenne sur les jours ouvrés



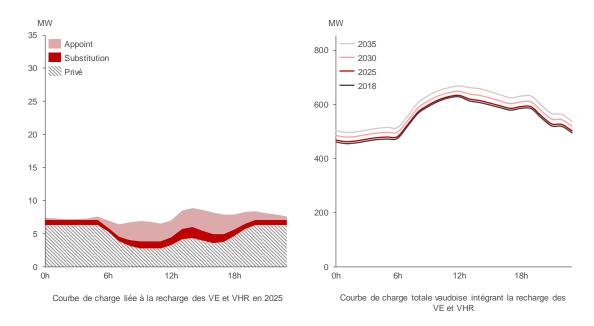


Figure 34 : Simulation de l'impact de la recharge des VE et VHR sur la courbe de charge dans le canton de Vaud³¹ – avec programme de pilotage de la recharge (smart charging)

Il est à noter qu'une large part du potentiel de pilotage de la recharge réside dans la recharge privée. Aucun gain sur la courbe de charge issu de la recharge d'appoint (à destination ou en transit) n'a par ailleurs été considéré. Pour autant, certains programmes pourraient être développés sur l'infrastructure d'appoint, que ce soit à travers un modèle tarifaire innovant ou la mise en place de batteries tampon.

6 Recommandations pour accompagner le déploiement de l'infrastructure de recharge publique vaudoise

6.1 Retours des parties-prenantes

Dans le cadre du mandat qui lui a été confié, la société E-CUBE Strategy Consultants a réalisé une série d'entretiens avec les principaux acteurs du déploiement de l'infrastructure de recharge publique dans le canton, parmi lesquels :

- Deux des plus grandes communes vaudoises ;
- Plusieurs gestionnaires de réseaux de distribution électrique régionaux et services industriels communaux, dont certains en partenariat avec les principaux opérateurs de réseaux de recharge publique;
- Un exploitant régional de parkings et d'aires de stationnement publics ;

³¹ Courbe de charge moyenne sur les jours ouvrés



- Un des leaders de la grande distribution en Suisse ;
- Les représentants de l'association romande des hôteliers.

Un questionnaire a par ailleurs été envoyé à l'ensemble des communes vaudoises, qui a permis de collecter les retours d'une vingtaine d'entre elles.

6.1.1 Contributions à la recharge publique et la mobilité électrique

A l'heure actuelle, près de deux-tiers des communes ayant participé à l'étude n'ont pas engagé de mesures en faveur de la recharge publique. Les autres ont pour la plupart installé une solution de recharge sur le domaine publique, parfois avec un financement partiellement porté par un opérateur privé.

Les plus grandes communes ont pour la majorité d'entre elles choisi de mettre en place un programme de subvention pour l'achat de voitures électriques et hybrides rechargeables, pour un montant compris entre CHF 750 et CHF 1'500 par véhicule selon la commune et avec des conditions d'éligibilité variables. Certaines d'entre elles ont par ailleurs initié le déploiement de bornes de recharge publique.

	Infrastructure	Soutien financier	Information & Conseil
Lausanne		Subvention accordée uniquement aux vélos et scooters électriques	
Yverdon-les- Bains	Installation de 3 bornes de recharge publique	Subvention de CHF 1'000 pour l'achat d'une voiture électrique avec une batterie inférieure à 50 kWh	
Montreux	Installation de 2 bornes de recharge publique		
Renens		Subvention de CHF 750 pour l'achat d'une voiture électrique	
Nyon	Installation de 3 bornes de recharge publique	Subvention de CHF 750 pour l'achat d'une voiture électrique ou hybride rechargeable	
Vevey	Installation d'une borne de recharge publique		
Pully		Subventions de CHF 1'000 pour l'achat d'une voiture électrique et de max. CHF 750 pour l'achat d'une borne de recharge	, ,
Morges		Subvention accordée uniquement aux vélos et scooters électriques	
Gland		Subvention de CHF 1'500 pour l'achat d'une voiture électrique	Atelier lors de la manifestation « Gland ça marche! »
Ecublens (VD)		Subvention de CHF 1'500 pour l'achat d'une voiture électrique	

<u>Tableau 11 : Inventaire des mesures engagées par les dix plus grandes communes vaudoises en faveur de la mobilité électrique 4-roues</u>

Concernant les entreprises interrogées, si la plupart ont déjà engagé l'installation d'une ou de quelques bornes de recharge sur leurs terrains ou zones de desserte, ces déploiements ne s'inscrivent pas encore dans le cadre de programmes stratégiques à long-terme avec des objectifs explicites de déploiement ou de volume délivré.



Pour les entreprises hôtes de solutions de recharge (parkings, commerces, hôtels et restaurants), la mise à disposition de bornes de recharge est motivée par la volonté de contribuer à la transition vers la mobilité propre tout en offrant un service supplémentaire à la clientèle. La grande majorité de ces entreprises fait aujourd'hui le choix d'un partenariat avec un opérateur qui prend à sa charge les coûts d'investissement et d'exploitation des bornes. Certaines entreprises électriques et services industriels adoptent progressivement une position plus engagée sur le secteur de la recharge publique.

Globalement, les incertitudes sur l'avenir de la recharge publique freinent l'ensemble des partiesprenantes à s'engager plus avant dans le déploiement de l'infrastructure, notamment compte tenu des investissements importants induits par l'installation des solutions de recharge. Elles déplorent un manque de visibilité sur le besoin effectif en solutions de recharge publique à moyen-terme, manque de visibilité à la fois lié à l'incertitude sur le rythme d'électrification du parc et sur le comportement de recharge des utilisateurs. En particulier, les acteurs craignent aujourd'hui une obsolescence précoce de l'infrastructure en cours de déploiement du fait d'évolutions technologiques majeures qui pourraient être attendues autant du côté des véhicules que des solutions de recharge.

6.1.2 Attentes vis-à-vis du Canton

Les entretiens réalisés et les questionnaires envoyés aux communes vaudoise, a permis de sonder leurs attentes vis-à-vis du Canton concernant la recharge publique :

- La très grande majorité des participants publics et privés à l'étude mentionnent l'intérêt pour un soutien financier de la part du Canton dans l'installation de solutions de recharge publique. Ce soutien financier est suggéré sous différentes formes : financement du raccordement électrique, critères de priorisation du soutien financier (recharges rapides, lieux stratégiques, etc.), soutien financier limité aux premières années d'exploitation, etc.
- Une majorité de communes souhaiterait un accompagnement de la part du Canton dans les études stratégiques et de planification, notamment en adoptant un rôle de conseil technique et administratif pour les services communaux.
- Certaines communes et acteurs privés attirent l'attention sur la pertinence de mettre en place un cadre réglementaire permettant un déploiement efficace de l'infrastructure de recharge publique, notamment concernant les directives pour les nouvelles constructions, le marquage renouvelable de l'électricité délivrée par les bornes, etc. A plusieurs reprises, les acteurs ont fait le parallèle entre un modèle réglementaire possible pour la recharge des véhicules électriques d'une part et d'autre part les positions cantonales fortes qui ont été prises pour l'efficacité énergétique des bâtiments.

Une majorité des participants a souligné l'ambition forte du Canton en matière de mobilité électrique et les efforts déjà engagés, qui devraient être poursuivis. Certaines communes précisent toutefois que la responsabilité du déploiement et les ressources nécessaires devraient leur être confiées, dans la mesure où elles bénéficient d'un ancrage local indispensable à un développement effectif.



6.2 Indicateurs recommandés pour le suivi du déploiement

Afin d'assurer le suivi du déploiement de l'infrastructure de recharge publique sur le territoire cantonal, nous proposons une série de 8 indicateurs principaux et 8 indicateurs secondaires, répartis en 4 classes d'indicateurs.

Les indicateurs principaux sont prioritaires et nécessaires à une évaluation claire et quantifiée de l'avancement du déploiement de l'infrastructure de recharge publique. Les indicateurs secondaires peuvent pour partie être obtenus par un travail approfondi des indicateurs principaux et permettraient une mise en relief plus précise du suivi.

Classe d'indicateur	Indicateurs (P = principal, S = secondaire)	Fréquence d'évaluation		
	1.1 Nombre de bornes			
Infrastructure de	1.2 Répartition de l'infrastructure par puissance	S		
recharge	1.3 Répartition géographique de l'infrastructure	S		
publique	1.4 Origine du courant	S		
	1.5 Comparaison intercantonale / internationale	S	1 on	
	2.1 Taux d'électrification automobile du canton	Р	1 an	
Taux	2.2 Ratio « Infrastructure publique / Véhicule »	Р		
d'électrification du parc	2.3 Répartition géographique des véhicules	S		
automobile	2.4 Taux d'hybride rechargeable	S		
	2.5 Comparaison intercantonale / internationale	S		
	3.1 Catégorisation des utilisateurs	Р		
Retour d'expérience	3.2 Habitudes de recharge	Р		
des utilisateurs	3.3 La satisfaction des utilisateurs concernant l'infrastructure de recharge publique (NPS)	Р	2 – 5 ans	
Retour	4.1 Energie délivrée par l'infrastructure de recharge publique vaudoise	Р		
d'expérience des opérateurs	4.2 Niveaux tarifaires	Р		
and operations	4.3 Profils d'utilisation de l'infrastructure	S		

Tableau 12 : Indicateurs de suivi du déploiement de l'infrastructure de recharge publique

6.2.1 Infrastructure de recharge publique

Les indicateurs d'infrastructure de recharge publique sur le territoire vaudois doivent former la première classe d'indicateurs à être évalués, dans la mesure où elle donne une vision directe de l'avancement du déploiement de l'infrastructure de recharge publique.



Définition des indicateurs

- Le nombre de bornes (indicateur 1.1) est quantifié en nombre total de points de recharge, un point de recharge étant défini comme un équipement pouvant recharger un véhicule unique en même temps. Le périmètre de l'indicateur se limite au territoire vaudois et aux points de recharge publics ou semi-publics;
- La répartition de l'infrastructure par puissance (indicateur 1.2) est quantifiée en pourcentage de points de recharge selon trois classes de puissance : moins de 22 kW, 22 kW à 50 kW exclus, 50 kW et plus ;
- La répartition géographique de l'infrastructure (indicateur 1.3) est quantifiée en pourcentage de points de recharge dans chaque district;
- L'origine du courant (indicateur 1.4) est quantifiée en pourcentage de points de recharge alimentés en énergie d'origine renouvelable;
- La comparaison intercantonale / internationale des trois indicateurs définis ci-dessus (indicateur 1.4) s'appuie sur des métriques comparables pour chaque indicateur.

Construction des indicateurs

Les indicateurs d'évaluation de l'infrastructure de recharge publique s'appuient sur un audit de l'ensemble des points de recharge sur le territoire vaudois. Un tel audit peut être réalisé à partir de plateformes de données collaboratives en accès public et indépendantes des opérateurs (plateformes Chargemap.com, LEMnet.org, Hubject.com, etc.) et éventuellement complétant en croisant les données issues des opérateurs (evpass, MOVE, Tesla, etc.). L'extraction des données peut être réalisée manuellement – alternativement, le Canton peut chercher à conclure un partenariat avec l'une des plateformes de données pour accéder aux informations sur son territoire.

Les comparaisons, notamment internationales, peuvent s'appuyer sur les observatoires mis en place à l'échelle nationale (OFEN) ou internationale (EAFO).

Nous recommandons d'extraire les données des indicateurs du développement de l'infrastructure de recharge publique sur une base annuelle.

6.2.2 Taux d'électrification du parc automobile

Les indicateurs d'électrification du parc automobile visent non seulement à suivre le rythme de déploiement de la mobilité électrique dans le canton de Vaud comparée aux scénarios ciblés, mais aussi à le confronter avec le déploiement de l'infrastructure de recharge publique.

Définition des indicateurs

Le taux d'électrification automobile du canton (indicateur 2.1) est quantifié en nombre de véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés auprès du SAN. Le taux d'électrification automobile peut s'exprimer en % du parc automobile, en divisant le nombre de véhicules électriques et hybrides rechargeables par le nombre total de véhicules immatriculés dans le canton;



- Le Ratio « Infrastructure publique / Véhicule » (indicateur 2.2) est calculé à partir des indicateurs 1.1 et 2.1. Il est quantifié soit comme le nombre de points de recharge pour 1'000 véhicules électriques ou hybrides rechargeables, soit comme le nombre de véhicules électriques ou hybrides rechargeables pour un point de recharge;
- La répartition géographique des véhicules (indicateur 2.3) est quantifiée en pourcentage de véhicules dans chaque district. En complément, un taux d'électrification peut être calculé pour chaque district;
- Le taux d'hybride rechargeable (indicateur 2.4) est quantifié en pourcentage de véhicules immatriculés à motorisation hybride rechargeable;
- La comparaison intercantonale / internationale des trois indicateurs définis ci-dessus (indicateur 2.5) s'appuie sur des métriques comparables pour chaque indicateur.

Construction des indicateurs

Les indicateurs d'électrification du parc automobile vaudois peuvent être construits à partir des données d'immatriculation du Service des Automobiles et de la Navigation (SAN) du Canton. A partir des données d'immatriculation, un travail de filtrage des modèles de véhicules pour ne retenir que les modèles électriques et hybrides rechargeables est nécessaire. La distinction entre VE et VHR est nécessaire pour le calcul de l'indicateur 2.4.

Les comparaisons, notamment internationales, peuvent s'appuyer sur les observatoires mis en place à l'échelle nationale (OFEN) ou internationale (EAFO).

Nous recommandons d'extraire les données des indicateurs d'électrification du parc automobile vaudois sur une base annuelle.

6.2.3 Retour d'expérience des utilisateurs

Les indicateurs de retour d'expérience des utilisateurs visent à évaluer finement le développement de la mobilité électrique au sein des différentes catégories d'utilisateurs. Ces éléments permettent notamment d'évaluer l'efficacité du déploiement de l'infrastructure de recharge publique pour offrir un accès à la mobilité électrique à toute la population. Ces indicateurs visent par ailleurs à disposer d'une connaissance à jour des habitudes de recharge des utilisateurs vaudois et de leurs attentes concernant la recharge publique.

Définition des indicateurs

- La catégorisation des utilisateurs (indicateur 3.1) est quantifiée en pourcentage des utilisateurs de VE / VHR selon plusieurs catégories clés : privé en logement individuel, privé en logement collectif avec accès à un stationnement privé à domicile ou au travail, privé en logement collectif sans accès à un stationnement privé à domicile ou au travail, professionnel ;
- Les habitudes de recharge des utilisateurs (indicateur 3.2) sont quantifiées en pourcentage des recharges réalisées sur l'infrastructure privée à domicile, privée au travail et publique;
- La satisfaction des utilisateurs concernant l'infrastructure de recharge publique (indicateur 3.3) est quantifiée sur la base d'un NPS (Net Promoter Score) calculé à partir



des réponses à la question « Notez entre 0 et 10 votre satisfaction vis-à-vis de l'infrastructure de recharge publique dans le canton de Vaud ».

Construction des indicateurs

Les indicateurs de retour d'expérience des utilisateurs devraient être construits sur les résultats d'une enquête auprès d'eux, sur un format proche de celui organisé en 2017 dans le cadre de l'étude de la CRDE « Electromobilité en Suisse romande » [1]. L'enquête serait adressée à tous les utilisateurs privés et professionnels de voitures électriques et hybrides rechargeables immatriculées dans le canton, si possible sous la forme d'un questionnaire en ligne. Si les trois indicateurs présentés ci-dessus sont jugés les plus pertinents, une telle enquête peut permettre d'approfondir la compréhension des usages et des attentes.

Il est à noter que les résultats seront basés sur un échantillon statistique qui doit répondre aux critères fondamentaux de représentativité. Néanmoins, l'expérience de l'enquête de 2017 montre que les utilisateurs de VE et VHR sont globalement très enclins à répondre à ce type d'enquête (l'enquête de 2017 avait enregistré un taux de réponse de 52%, avec un durée moyenne consacrée à répondre au questionnaire de ~100 questions de plus de 30 minutes).

L'effort à engager pour envoyer le questionnaire à tous les utilisateurs et pour en traiter les résultats étant très important, nous recommandons de limiter la mise à jour des indicateurs de retour d'expérience tous les 2 à 5 ans, selon le rythme d'électrification du parc.

6.2.4 Retour d'expérience des opérateurs

Les indicateurs de retour d'expérience des opérateurs visent à quantifier le taux d'utilisation de l'infrastructure de recharge publique et apprécier l'évolution du marché.

Définition des indicateurs

- L'indicateur d'énergie délivrée par l'infrastructure publique vaudoise (indicateur 4.1) est quantifié en volume d'énergie annuelle (GWh/an) distribuée par l'ensemble des points de recharge. L'indicateur est a priori estimé sur la base d'un échantillon statistique;
- L'indicateur de niveau tarifaire (indicateur 4.2) est quantifié dans une unité permettant la comparaison de tous les tarifs, y compris sur des modèles différents. Une unité pertinente pourrait être le CHF/kWh ou le CHF/km;
- L'indicateur de profil d'utilisation de l'infrastructure (indicateur 4.3) peut être quantifié sur plusieurs métriques, dont : le volume moyen par recharge (en kWh), le temps moyen de recharge (en minutes), le taux d'utilisation (en nombre de recharges par jour).

Construction des indicateurs

Les indicateurs de retour d'expérience des opérateurs seraient construits sur la base des résultats d'une enquête adressé aux opérateurs actifs dans le canton.

Le choix des opérateurs sondés doit permettre de disposer d'un échantillon représentatif de l'infrastructure déployée, intégrant notamment l'ensemble des types de bornes déployées (par classe de puissance), une juste répartition géographique et un nombre de points exploités par ces opérateurs couvrant au moins 25% de l'infrastructure vaudoise.



L'enquête peut prendre la forme d'un sondage en ligne envoyé aux opérateurs. Il est important de faire en sorte que les réponses à l'enquête n'exposent pas les opérateurs à la fuite d'informations pouvant être dommageables à leur activité. Les questions doivent par conséquent être formulées de manière à maintenir un niveau d'agrégation suffisant pour rester inexploitables d'un point de vue concurrentiel. Les résultats doivent par ailleurs être agrégés et anonymisés.

Au-delà des indicateurs précédemment définis, l'enquête peut être l'occasion d'un échange qualitatif entre la branche et le Canton autour de la stratégie recharge publique.

L'effort à engager pour solliciter la branche à travers cette enquête et pour en traiter les résultats étant significatif, nous recommandons de limiter la mise à jour de ces indicateurs tous les 2 à 5 ans, selon le rythme d'électrification du parc.

Si un programme de subvention pour le développement de l'infrastructure de recharge publique est mis en place, il peut être un vecteur de remontée d'informations quant à son utilisation, en contraignant les bénéficiaires à informer le Canton sur une base régulière (par exemple annuelle) de quelques indicateurs clés (volume d'énergie fourni, niveau et modèle tarifaires).



7 Bibliographie

- [1] E-CUBE Strategy Consultants pour la CRDE, Electromobilité en Suisse romande, 2017.
- [2] Service de l'Automobile et de la Navigation du canton de Vaud, Véhicules en circulation par commune, 2017.
- [3] Service de l'Automobile et de la Navigation (SAN) du canton de Vaud, Données internes d'immatriculation, 2019.
- [4] OFEN, Statistiques des motorisations alternatives des voitures neuves, 2019.
- [5] Statistique Vaud, Impôt cantonal sur la fortune des personnes physiques (2015), 2018.
- [6] E-CUBE Strategy Consultants, Inventaire des stations de recharge publique sur le canton de Vaud, 2019.
- [7] EAFO, Statistiques d'infrastructure de recharge de véhicules électriques en Norvège, 2019.
- [8] DGMR, Données du MRMT 2015 extraites dans le cadre du mandat, 2019.
- [9] Statistiques Vaud, Statistique de véhicules par détenteur, 2018.
- [10] Statistique Vaud, Statistique de population, 2017.
- [11] Office Fédéral de la Statistique, Comportement de la population en matière de transports, 2017.
- [12] Etat de Vaud, Base de données de l'Observatoire de la mobilité (issu du MRMT 2015), 2018.
- [13] Norwegian Center for Transport Research, Learning from Norwegian Battery and Plug-in Hybrid Vehicle users Results from a survey of vehicle owners, 2016.
- [14] E-CUBE Strategy Consultants, Données internes.
- [15] Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs, 2018.
- [16] Kalrsuhe Institue of Technology, How many fast charging stations do we need along the German highway network?, 2017.
- [17] groupe de recherche Transport & Environment, Roll-out of public EV charging infrastructure in the EU, 2018.
- [18] Union Européenne, Directive 2014/94/UE du Parlement européen et du conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs, 2014.
- [19] Etat de Vaud, Stratégie immobilière, 2011.
- [20] Conseil d'Etat du Valais, Réponse au postulat 1.0259.



- [21] Le Nouvelliste, Valais romand : les distributeurs d'électricité créent un label pour mromouvoir la mobilité électrique, 17 avril 2019.
- [22] DGF du canton de Vaud, Statistiques nuitées hôtelières et parahotelières dans le canton de Vaud, 2017.
- [23] Office Fédéral de la Statistique, Statistique de population, 2016.
- [24] DGF du canton de Vaud, Statistique logements et bâtiments, 2016.
- [25] Office Fédéral de la Statistique, Statistique Mobilité et transports, 2018.
- [26] Office Fédéral de la Statistique, Statistique de tourisme (2018), 2019.
- [27] Statistique Vaud, Statistique de tourisme 2017, 2019.
- [28] Canton de Vaud, Enquête auprès des communes vaudoises dans le cadre de ce mandat, 2019.
- [29] DGMR du canton de Vaud, Découpage typologique MRMT 2015, 2018.
- [30] Office fédéral de la Statistiquea, Statistique Construction et logement 2017, 2019.
- [31] Statistique Vaud, Statistiques de véhicules par district, 2018.
- [32] Association Romande des Hôteliers, Entretien dans le cadre du mandat, 2019.



8 Annexes

8.1 Caractérisation des mailles géographiques

Les analyses sont réalisées à la maille des dix districts vaudois, avec un détail porté sur les dix plus grandes communes. Les caractéristiques principales des mailles géographiques d'analyse sont résumées dans les deux tableaux suivants.

	Population	Emplois	Nuitées équivalentes ³²	Densité (HEN³³/km²)	Parc automobile immatriculé
Aigle	45 376	19 948	2 769	157	23 991
Broye-Vully	42 368	18 010	151	235	24 510
Gros-de-Vaud	44 666	15 296	35	258	28 403
Jura-Nord vaudois	91 535	47 296	1 010	201	51 872
Lausanne	160 352	131 692	5 956	5 083	63 386
Lavaux-Oron	61 643	21 576	589	599	35 522
Morges	81 967	41 798	693	329	49 395
Nyon	99 579	43 708	1 152	470	61 282
Ouest-Lausannois	81 402	59 409	1 621	4 336	40 445
Riviera-Pays-d'Enhaut	85 496	40 015	4 638	460	40 937
Canton de Vaud	794 384	438 748	18 614	444	419 743

Tableau 13 : Caractéristiques générales des districts vaudois [22] [10]

 $^{^{32}}$ Nuitées équivalentes = (Nuitées x 2) / 365. La notion de nuitée équivalente est utilisée par l'OFS pour estimer le nombre de visiteurs à partir de nuits enregistrées dans les secteurs de l'hôtellerie et de la parahôtellerie.

³³ HEN = Habitants Emplois Nuitées. La notion de HEN est utilisée par l'OFS pour estimer le taux d'occupation d'un territoire.



	Population	Emplois	Nuitées équivalentes ³⁴	Densité (HEN³5/km²)	Parc automobile immatriculé
Lausanne	139 624	119 114	6 886	6 419	51 218
Yverdon-les-Bains	30 208	18 559	460	3 636	14 655
Montreux	26 653	12 682	3 433	1 280	11 844
Renens (VD)	21 114	13 283	négligeable	11 660	9 145
Nyon	20 551	15 823	365	5 403	11 266
Vevey	19 829	14 333	685	14 520	7 745
Pully	18 194	5 729	négligeable	4 082	9 093
Morges	15 839	10 501	413	6 985	7 842
Gland	13 081	6 241	35	2 327	7 725
Ecublens (VD)	12 560	15 918	115	4 999	6 108
Total	317 653	232 183	12 393	-	136 641

Tableau 14 : Caractéristiques générales des dix plus grandes communes vaudoises [22] [10]

Les sections suivantes fournissent une série d'indicateurs-clés pour l'analyse des besoins de recharge publique sous-jacents à une électrification du parc automobile dans chaque district :

- Population : classe d'âge et taux d'activité ;
- **Logement** : répartition des logements par type de bâtiment et statut de l'occupant, possibilité de stationnement sur le lieu de résidence ;
- Emplois et pendularité: nombre d'emplois et solde de pendulaires, possibilité de stationnement sur le lieu de travail;
- Tourisme : établissement hôteliers et para-hôteliers et attractivité touristique ;
- Espace public : parc de stationnement public.

8.1.1 **Population**

Dans le canton de Vaud, une personne sur deux est active³⁶. Parmi les personnes de plus de 15 ans non actives, environ la moitié est âgée de plus de 64 ans. Ces statistiques à l'échelle cantonale se confirment largement à l'échelle des districts.

³⁴ Nuitées équivalentes = (Nuitées x 2) / 365. La notion de nuitée équivalente est utilisée par l'OFS pour estimer le nombre de visiteurs à partir de nuits enregistrées dans les secteurs de l'hôtellerie et de la parahôtellerie.

³⁵ HEN = Habitants Emplois Nuitées. La notion de HEN est utilisée par l'OFS pour estimer le taux d'occupation d'un territoire.

³⁶ Formation, activité salariée, activité indépendante



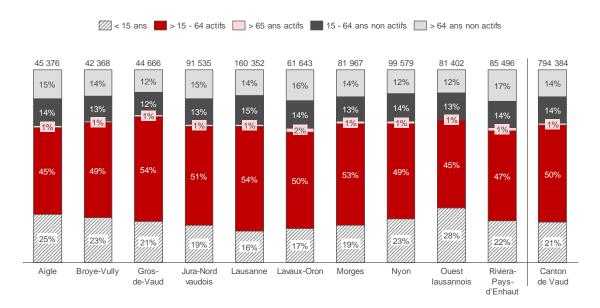


Figure 35 : Classe d'âge et taux d'activité de la population par district (2016) [23]

Impact des indicateurs démographiques sur le besoin en recharge publique

Les caractéristiques démographiques des territoires impactent directement les usages de mobilité attendus, à la fois en termes de comportements (jours de déplacements, motifs de déplacements) et de distances parcourues. Le besoin en recharge publique moyen par classe de population, mais aussi la répartition temporelle de ce besoin, sont influencés par ces paramètres.

8.1.2 Logement

En moyenne sur le canton de Vaud, environ un logement sur cinq est une maison individuelle. Pour autant, la proportion de logements individuels et collectifs varie fortement d'un district à l'autre, avec sans surprise une part de logements collectifs largement supérieure dans les districts très urbanisés (plus de 90% à Lausanne et dans l'Ouest lausannois) que dans les districts périurbains (moins de 75% dans les districts d'Aigle, de Broye-Vully, de Nyon et du Gros-de-Vaud).



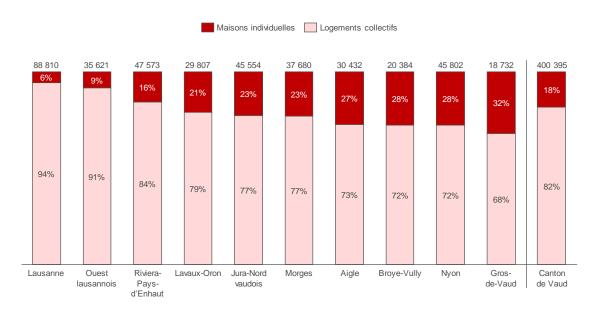


Figure 36: Parts des logements individuels ou collectifs sur le territoire vaudois (2016) [24]

Environ deux tiers des logements occupés sur le territoire vaudois sont en location. A l'instar des statistiques de logements individuels et collectifs, des écarts marqués s'observent entre les districts quant à la proportion de logements en location : si une large majorité des logements en régions très urbaines sont en location (plus de 80% à Lausanne et dans l'Ouest lausannois), la proportion chute autour de 60% dans le reste du canton.

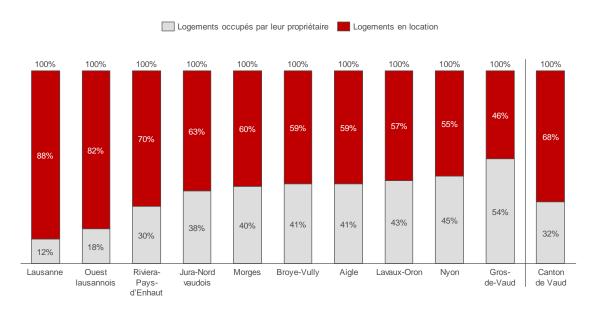


Figure 37 : Parts des logements non vacants occupés par leur propriétaire ou en location (2016) [24]

A partir des données du MRMT 2015, la DGMR du Canton de Vaud a extrait les statistiques de disponibilité d'au moins une place de stationnement à domicile pour les ménages motorisés, selon le district.



A l'exception de Lausanne et la Riviera-Pays-d'Enhaut où seulement ~80% des ménages motorisés disposent d'au moins une place de stationnement sur leur lieu de résidence, le taux de ménages avec une place disponible à domicile s'élève autour de 90% sur le reste du territoire vaudois.

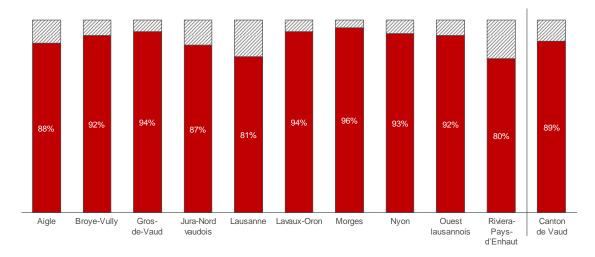


Figure 38 : Estimation de la proportion de ménages motorisés avec au moins une place de stationnement disponible sur le lieu de résidence [8]

Impact des indicateurs de logement sur le besoin en recharge publique

Plusieurs études, dont l'enquête réalisée par E-CUBE dans les cantons de Vaud et Fribourg sur plus de 800 utilisateurs de véhicules électriques (dont plus de 600 en Vaud), démontrent que 90% des recharges sont actuellement réalisées à domicile. Or, la disponibilité d'une solution de recharge à domicile est intimement liée aux caractéristiques du logement occupé. Selon l'enquête E-CUBE, plus de 80% des utilisateurs actuels de véhicules électriques disposent d'une place de stationnement privée dont ils sont propriétaires [1].

La possibilité technique et l'autorisation d'installer une solution de recharge à domicile dépendent directement de la disponibilité d'une place de stationnement privative et de son statut d'occupation (locataire, copropriétaire ou propriétaire).

8.1.3 Emplois et pendularité

Le canton de Vaud accueille environ 440 000 emplois sur son territoire, avec une forte polarisation de la région lausannoise (districts de Lausanne et de l'Ouest lausannois) qui en concentrent plus de 40%. Les dix plus grandes communes vaudoises accueillent à elles seules plus de 50% des emplois du canton.



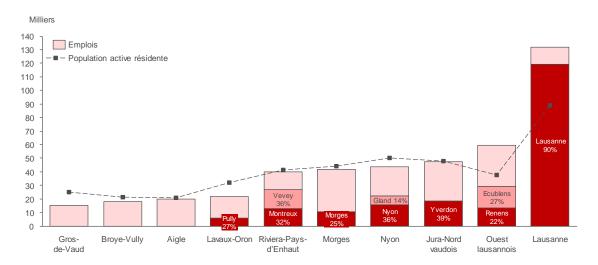


Figure 39: Statistiques d'emplois et de population active sur le territoire vaudois (2017) [10]

Définition du solde de pendulaires

Nous définissons le solde de pendulaires comme la différence entre pendulaires entrant et pendulaires sortant du district (resp. de la commune), rapportée au nombre de pendulaires résidents dans le district (resp. de la commune). Cette définition permet d'obtenir des résultats comparables entre districts (resp. communes) qui affichent par ailleurs des volumes de flux différents.

Le canton de Vaud affiche un solde de pendulaires quasi-nul. Des flux importants de pendulaires ont cependant lieu, notamment entre les districts.

En accueillant plus de 40% des emplois du canton, les districts de Lausanne et de l'Ouest lausannois affichent un solde de pendulaires de +48% : ces deux districts disposent de 1,5 fois plus d'emplois que de pendulaires sur leur territoire. A l'inverse, les districts du Gros-de-Vaud et de Lavaux-Oron affichent un solde de pendulaires inférieur à -40%.

Sur le reste du territoire vaudois, seuls les districts de Morges et de la Riviera-Pays-d'Enhaut ont un nombre d'emplois et de pendulaires résidents comparables, les autres districts ayant un solde inférieur à -15%.



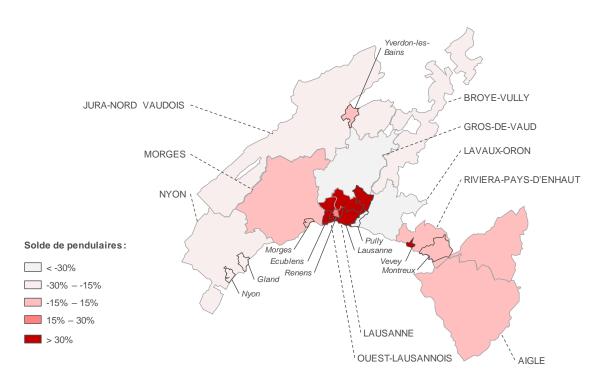


Figure 40 : Solde de pendulaires dans les districts et les grandes communes vaudois (2014 – 2016) [25]

La disponibilité d'une place de stationnement sur le lieu de travail est à distinguer entre Lausanne, dont seulement 60% des actifs motorisés ont accès à une place de stationnement, et le reste du canton où ce taux s'élève autour de 80%.

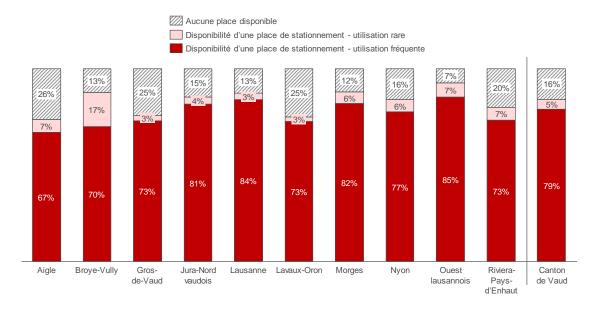


Figure 41 : Estimation de la proportion d'actifs motorisés ayant recours à une solution de stationnement privée sur le lieu de travail [12]



Impact sur le besoin en recharge publique

L'enquête réalisée par E-CUBE dans les cantons de Vaud et Fribourg sur plus de 800 utilisateurs de véhicules électriques (dont plus de 600 en Vaud), démontre que 10% des recharges sont actuellement réalisées sur le lieu de travail [1]. La majorité des déplacements et des distances parcourues sont par ailleurs réalisés pour le travail ou dans le cadre de déplacements professionnels [12].

Une part significative de la solution au besoin de recharge peut par conséquent être rattachée à la vie professionnelle des utilisateurs.

8.1.4 Tourisme

En 2017, le canton de Vaud a enregistré 3,4 millions de nuitées dans ses établissements hôteliers, para-hôteliers et de cures³⁷. Si la saison estivale est marqué par une fréquentation plus élevée des établissements hôteliers vaudois, les écarts entre saison haute et saison basse restent limités à l'échelle du canton. Il est néanmoins possible que des saisonnalités plus marquées apparaissent ponctuellement (exemples : stations de sports d'hiver, Montreux & Nyon durant les périodes de festivals).

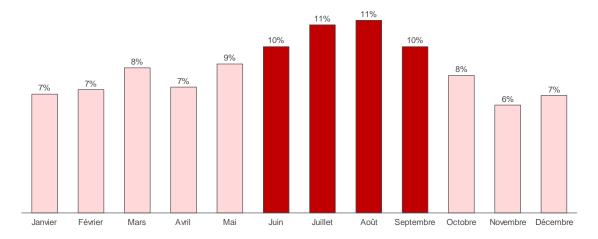


Figure 42 : Distribution mensuelle des nuitées hôtelières dans le canton de Vaud (2018) [26]

Lausanne, la Riviera (y-compris Montreux) et les Alpes vaudoises sont les premières régions touristiques vaudoises et enregistrent à elles seules plus de 80% des nuitées³⁸ [26] [27].

³⁷ Statistiques vaudoises : 2'890'000 nuitées en hôtels et établissements de cures (2017), 433'000 nuitées en terrains camping et caravaning (2017), 74'000 nuitées en auberges de jeunesse (2016)

³⁸ Statistiques sur les nuitées dans les hôtels et établissements de cure



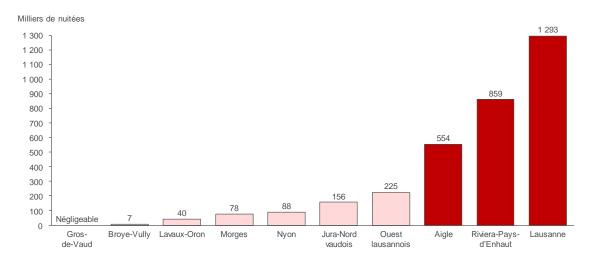


Figure 43: Répartition des nuitées dans les districts vaudois [26]39

8.1.5 Espace public

Dans le cadre d'une enquête adressée aux services des communes vaudoises, quelques données ont pu être récoltées concernant l'offre de stationnement public dans ces communes. Si le faible nombre de réponses retournées ne permet pas de conduire une analyse chiffrée de l'offre de stationnement public sur le territoire du canton, quelques observations peuvent-être tirées :

- Malgré les variations marquées d'offre de stationnement public long (stationnement autorisé plus de 3 heures), deux groupes semblent se profilés avec, d'une part, les communes de plaine qui offrent entre 40 et 80 places de stationnement public de longue durée pour 1'000 utilisateurs, et d'autre part les communes de montagne avec une offre de stationnement longue durée beaucoup plus important à destination des touristes de montagne;
- L'offre de stationnement coute durée (stationnement de moins de 3 heures) semble globalement augmenter avec la densité urbaine des communes.

³⁹ Résultats par districts extrapolés des données de l'OFS disponibles pour les 123 communes vaudoises (2018) dans le secteur de l'hôtellerie



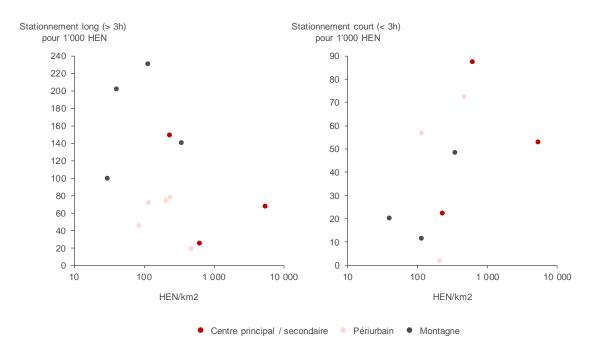


Figure 44 : offre de stationnement public de longue durée (gauche), resp. de courte durée (droite) selon le type de commune et sa densité⁴⁰ [28]

Pour autant, ces données ne sauraient être interprétées plus avant du fait du très faible échantillon et des spécificités locales de chaque commune. En particulier, certaines communes accueillent une offre de stationnement public propriété d'acteurs privés, et non référencés dans ces chiffres.

⁴⁰ Densité exprimée en HEN/km², avec la métrique HEN (Habitant, Emploi, Nuitée équivalente) censée reflétée l'ensemble des utilisateurs de l'espace communal, qu'ils soient résidents, employés ou touristes.



8.2 Répartition de l'infrastructure de recharge publique sur le territoire

		Infrastructure de substitution			Infrastruct des	Infrastructure		
	Total	Dont substitution double	Dont substitution à domicile	Dont substitution au travail	Total	Dont à usage touristique	d'appoint en transit	
Vaud	1 426	790	351	285	736	136	33	
Aigle	81	47	32	2	53	23		
Broye-Vully	65	41	21	3	24	0		
Gros-de-Vaud	58	31	20	6	20	0		
Jura-Nord vaudois	203	106	87	10	70	6		
Dont commune d'Yverdon-les-Bains	61	46	16	0	28	3		
Lausanne	325	216	1	108	236	53		
Dont commune de Lausanne	293	201	0	92	216	50		
Lavaux-Oron	70	45	17	8	30	2		
Dont commune de Pully	21	14	7	0	8	0		
Morges	106	50	7	50	59	3		
Dont commune de Morges	33	26	7	0	17	3		
Nyon	144	97	37	11	62	4		
Dont commune de Nyon	46	39	7	0	24	3		
Dont commune de Gland	26	15	11	0	8	0		
Ouest lausannois	147	64	1	82	89	9		
Dont commune de Renens (VD)	33	19	0	13	17	0		
Dont commune d'Ecublens (VD)	39	11	0	28	22	1		
Riviera-Pays-d'Enhaut	226	93	127	5	94	35		
Dont commune de Montreux	51	31	20	0	46	25		
Dont commune de Vevey	35	30	0	5	25	5		

<u>Tableau 15</u>: Dimensionnement de l'infrastructure publique vaudoise de recharge – horizon 2025



		Infrastructure	Infrastructure de substitution			Infrastructure d'appoint à destination		
	Total	Dont substitution double	Dont substitution à domicile	Dont substitution au travail	Total Dont à usage touristique		d'appoint en transit	
Vaud	4 096	2 255	994	847	2 281	441	114	
Aigle	232	136	91	6	167	74		
Broye-Vully	187	119	59	9	74	1		
Gros-de-Vaud	166	90	57	19	62	0		
Jura-Nord vaudois	582	305	247	30	215	21		
Dont commune d'Yverdon-les-Bains	174	132	42	0	87	11		
Lausanne	936	607	2	327	732	173		
Dont commune de Lausanne	845	563	0	282	670	163		
Lavaux-Oron	201	128	48	25	93	5		
Dont commune de Pully	59	41	19	0	23	0		
Morges	306	143	18	145	180	10		
Dont commune de Morges	92	74	18	0	54	10		
Nyon	415	278	105	32	190	12		
Dont commune de Nyon	130	112	18	0	74	9		
Dont commune de Gland	74	44	29	0	26	1		
Ouest lausannois	425	180	4	241	274	30		
Dont commune de Renens (VD)	94	54	0	40	53	0		
Dont commune d'Ecublens (VD)	113	32	0	81	67	3		
Riviera-Pays-d'Enhaut	647	268	363	16	295	115		
Dont commune de Montreux	145	90	55	0	146	81		
Dont commune de Vevey	102	86	0	16	77	16		

<u>Tableau 16</u>: Dimensionnement de l'infrastructure publique vaudoise de recharge – horizon 2030



		Infrastructure de substitution			Infrastruct des	Infrastructure	
	Total	Dont substitution double	Dont substitution à domicile	Dont substitution au travail	Total	Dont à usage touristique	d'appoint en transit
Vaud	7 198	3 945	1 730	1 523	4 210	836	221
Aigle	406	239	157	11	311	140	
Broye-Vully	328	210	102	15	135	2	
Gros-de-Vaud	291	158	100	33	113	0	
Jura-Nord vaudois	1 021	537	430	54	395	40	
Dont commune d'Yverdon-les-Bains	303	232	71	0	161	21	
Lausanne	1 648	1 051	3	595	1 353	327	
Dont commune de Lausanne	1 488	973	0	515	1 239	309	
Lavaux-Oron	353	226	83	44	171	10	
Dont commune de Pully	103	72	32	0	42	0	
Morges	538	252	30	257	331	20	
Dont commune de Morges	161	131	30	0	99	19	
Nyon	729	490	183	56	348	22	
Dont commune de Nyon	227	198	29	0	136	16	
Dont commune de Gland	128	78	50	0	48	2	
Ouest lausannois	749	313	6	430	505	57	
Dont commune de Renens (VD)	166	95	0	71	98	0	
Dont commune d'Ecublens (VD)	199	55	0	144	123	5	
Riviera-Pays-d'Enhaut	1 135	471	635	29	548	217	
Dont commune de Montreux	253	158	95	0	273	154	
Dont commune de Vevey	179	150	0	29	142	31	

<u>Tableau 17 : Dimensionnement de l'infrastructure publique vaudoise de recharge – horizon 2035</u>



			2018			2025			2030		2035 – indicatif ⁴¹			
		Population	Substitution	Appoint à destination	Appoint en transit	Substitution	Appoint à destination	Appoint en transit	Substitution	Appoint à destination	Appoint en transit	Substitution	Appoint à destination	Appoint en transit
Can	ton de Vaud	794 384	80	304	0	1 426	736	33	4 096	2 281	114	7 198	4 210	221
	Lausanne	160 352	26	50		325	236		936	732		1 648	1 353	
	Nyon	99 579	8	57		144	62		415	190		729	348	
	Jura-Nord Vaudois	91 535	7	46		203	70		582	215		1 021	395	
	Riviera-Pays-d'Enhaut	85 496	15	39		226	94		647	295		1 135	548	
Districts	Morges	81 967	< 5	25		106	59		306	180		538	331	
Dist	Ouest Lausannois	81 402	10	38		147	89		425	274		749	505	
	Lavaux-Oron	61 643	< 5	14		70	30		201	93		353	171	
	Aigle	45 376	< 5	19		81	53		232	167		406	311	
	Gros-de-Vaud	44 666	< 5	< 5		58	20		166	62		291	113	
	Broye-Vully	42 368	< 5	15		65	24		187	74		328	135	
	Lausanne	139 624	24	40		293	216		845	670		1 488	1 239	
	Yverdon-les-Bains	30 208	< 5	11		61	28		174	87		303	161	
	Montreux	26 653	< 5	10		51	46		145	146		253	273	
Se	Renens (VD)	21 114	< 5	< 5		33	17		94	53		166	98	
Communes	Nyon	20 551	< 5	19		46	24		130	74		227	136	
omr	Vevey	19 829	< 5	13		35	25		102	77		179	142	
S	Pully	18 194	< 5	< 5		21	8		59	23		103	42	
	Morges	15 839	< 5	< 5		33	17		92	54		161	99	
	Gland	13 081	< 5	10		26	8		74	26		128	48	
	Ecublens (VD)	12 560	< 5	7		39	22		113	67		199	123	

Tableau 18 : Synthèse des résultats de dimensionnement

_

⁴¹ Le chiffrage en 2035 est donné à titre indicatif. Les évolutions du besoin de mobilité et des technologies pourraient être trop importantes pour que l'approche méthodologique retenue reste pertinente à cet horizon.



8.3 Déploiement d'infrastructures de recharge : études de cas en Suisse

Fondation des Parkings (Genève)

A partir de 2017, la Fondation des Parkings de Genève a engagé un programme d'équipement de ses parkings P+R en solutions de recharge publique. La Fondation des Parkings a choisi de déployer des bornes de faible puissance (3,7 kW), avec une ambition de multiplier le nombre de points de recharge avec un budget limité.

Au-delà de la réduction des coûts permise par le choix technique de déployer des bornes de recharge de faible puissance, l'infrastructure de recharge lente semble cohérente avec le comportement de recharge des utilisateurs des parkings P+R, qui laissent leurs véhicules stationnés sur des périodes de temps.

Depuis 2017, l'infrastructure de recharge publique lente déployée par la Fondation des Parkings compte environ 150 bornes, avec un déploiement progressif synchronisé avec l'augmentation de la demande..

Energies Sion Région (Valais)

En juin 2017, le distributeur électrique régional Energies Sion Région (esr SA), qui dessert un bassin d'environ 80'000 habitants et de 17 communes en Valais central, a annoncé le déploiement de 100 bornes sur sa zone de desserte pour un investissement chiffré à 2 MCHF, soit un investissement unitaire de 20'000 CHF par borne.

Le surcoût observé par rapport au programme de la Fondation des Parkings s'explique par une stratégie de déploiement différente : alors que la Fondation des Parkings a déployé ses bornes en un nombre limité de lots avec un seul raccordement au réseau électrique par parking, esr SA a réparti son infrastructure sur l'ensemble du territoire de ses 17 communes actionnaires, avec un raccordement isolé des bornes augmentant l'investissement nécessaire. Par ailleurs, esr SA a porté son choix technique sur des bornes Green Motion de 22 kW, qui affichent non seulement des coûts d'équipement plus élevés mais aussi un besoin en puissance électrique raccordée plus important.

Enseignes commerciales en Suisse

En mai 2017, la fédération de coopératives Migros a annoncé le déploiement, d'ici la fin 2019, de solutions de recharge sur 200 places de stationnement dans 100 sites à travers la Suisse. Ces bornes sont déployées dans le cadre du programme « Génération M » de Migros en matière de développement durable. L'initiative des coopératives Migros s'inscrit dans une tendance large de la part des enseignes commerciales en Suisse à déployer des solutions de recharge sur leurs parkings. Ainsi, IKEA annonçait dès 2016 l'installation de 72 bornes 22 kW dans ses neuf magasins, tandis que la filiale suisse de LIDL communiquait en 2017 un investissement déjà réalisé d'1,2 MCHF dans l'infrastructure de recharge à destination de ses clients.

E-CUBE STRATEGY CONSULTANTS
MAI 2019





LAUSANNE - PARIS - BRUXELLES - MUNICH - SAN FRANCISCO

TUNIS - CHENNAI - HONG KONG

Suisse — Mobilité électrique : Planification stratégique de l'infrastructure de recharge publique vaudoise

Mandant : Arnaud Brulé, Direction de l'Energie (DGE-DIREN), Canton de Vaud

Mai 2019

Copyright © E-CUBE Strategy Consultants SA

e-cube.com