



Pourquoi choisir de recharger son véhicule électrique à la maison ?

Analyse de l'évolution de la consommation d'électricité et des habitudes de recharge



Synthèse

En juin 2022, l'Union Européenne a réaffirmé sa volonté d'interdire la vente de véhicules thermiques, c'est-à-dire les véhicules essence ou diesel, neufs en 2035. Certains pays, comme la Norvège, les Pays-Bas et le Royaume-Uni ont déjà défini des échéances encore plus proches pour la fin de la vente de véhicules thermiques neufs. Toutes les grandes marques automobiles commercialisent aujourd'hui des véhicules 100% électriques et le nombre de bornes de recharge à disposition du grand public continue d'augmenter à travers l'Europe. La croissance fulgurante des ventes de véhicules électriques (VE), multipliées par dix en cinq ans avec plus de 2,2 millions de véhicules électriques vendus en 2021, paraît alors tout à fait naturelle. Les véhicules électriques représentent désormais 15% des véhicules neufs vendus en Europe.

Cependant, lorsque l'on fait l'acquisition d'un véhicule électrique, un nouveau monde s'ouvre à nous avec la recharge : est-il réellement aussi facile de brancher et de recharger sa voiture que son smartphone ? Quand on a toujours fait le plein à la station essence, passer à la recharge à domicile pour son véhicule électrique soulève de nombreuses questions techniques et économiques.

Afin de répondre avec des données concrètes aux questions que l'on peut se poser lorsque l'on passe à la mobilité électrique, nous avons analysé la consommation d'électricité de personnes rechargeant leur véhicule électrique à leur domicile. Cette étude a été rendue possible grâce au développement d'un algorithme développé par l'équipe R&D de ChargeGuru. Les résultats complets de cette étude menée en 2022 sont détaillés dans ce document.

Huit résultats clé de cette étude sont à retenir:

- 1 Lorsqu'on recharge son véhicule électrique chez soi, **le pilotage énergétique de la recharge permet d'écarter tout risque de disjonction.** Sans cette fonctionnalité sur sa borne, **la probabilité d'une coupure d'électricité est de 40%** lors de la recharge.
- 2 Il est tout à fait possible de bénéficier de la recharge accélérée à domicile:

85% des utilisateurs ont une borne 7,4 kW permettant de regagner **40 km d'autonomie par heure.**

- 3 La plupart des conducteurs de véhicules électriques rechargent suffisamment pour faire **300 km** par semaine en moyenne. Certains conducteurs de VE rechargent même chez eux jusqu'à **1 000 km** par semaine. Il est donc complètement envisageable de charger son véhicule électrique chez soi, même lorsqu'on l'utilise en tant que voiture principale ou même comme véhicule professionnel.
- 4 Une hausse globale de la consommation d'électricité de 21% a été observée chez les participants à l'étude. En moyenne, ceux-ci consomment **50 kWh de plus par semaine**, ce qui représente une hausse de **30 à 40 € d'augmentation** sur leur facture mensuelle d'électricité.
- 5 Lorsque l'on recharge chez soi, les sessions de recharge sont courtes : la recharge dure **3 heures en moyenne**, et rarement plus de 5 heures.
- 6 Vous pouvez choisir de brancher votre véhicule électrique **dès lors que vous rentrez chez vous** - comme le font 57% des utilisateurs, ou seulement **lorsque le niveau de batterie est faible** - comme 43% des utilisateurs.
- 7 La plupart des utilisateurs ont tendance **à recharger leur véhicule la nuit** : deux tiers des sessions de charge ont lieu entre 19h et 6h.
- 8 Nous avons identifié trois profils-type pour la recharge - **Zen, Eco et Confort** - à l'aide d'algorithmes de clustering. Chaque profil correspond à différents besoins et différentes habitudes de recharge. La recharge à domicile ne se limite pas à un style de vie particulier. Vous pouvez **recharger votre véhicule chez vous comme vous le souhaitez** : la recharge à domicile n'est pas contraignante.

Sommaire

Synthèse	2
Contexte et méthodologie	4
1. Les solutions de recharge pour véhicules électriques	5
2. Objectifs de l'étude et sélection des participants	5
3. Définition clés	6
4. Détecter les sessions de recharge à partir des données de consommation	6
Mon installation électrique est-elle suffisante pour recharger mon véhicule électrique à la maison ?	8
1. La puissance maximale utilisée augmente avec l'installation d'une borne de recharge	9
2. Éviter de disjoncter lors de la recharge grâce au pilotage énergétique de la charge	10
3. Évaluer le risque de disjonction lors d'une recharge à domicile	11
4. Presque tous les utilisateurs choisissent tranquillité d'esprit et praticité	11
À quelle vitesse et quelle autonomie peut-on recharger à la maison ?	12
1. Choisir la puissance de recharge de sa borne de recharge à domicile	13
2. Quelle distance puis-je parcourir quotidiennement si je charge mon véhicule électrique chez moi ?	13
Combien coûte la recharge à domicile ?	15
1. 30 à 40 € par mois pour recharger chez soi	16
2. Optimiser le coût de la recharge à domicile	16
2.1 Installer des panneaux solaires sur sa maison	16
2.2 Choisir un tarif "Heures Pleines Heures Creuses" et recharger pendant les heures creuses	16
Quand dois-je recharger mon véhicule électrique et pendant combien de temps ?	18
1. Dois-je brancher ma voiture électrique dès que je suis chez moi ?	19
2. Quand dois-je recharger à la maison ?	20
3. Combien de temps dure la recharge de mon véhicule électrique ?	21
Profils-types de recharge à domicile	23
1. Créer des groupes de profils-types de recharge	24
2. Trois profils-types pour la recharge à domicile	25
2.1 Zen	26
2.2 Eco	27
2.3 Confort	28
Conclusion	29

Contexte et méthodologie



1

Les solutions de recharge pour véhicules électriques

En 2020, le nombre de véhicules électriques en circulation dans le monde a atteint 1% du marché total des véhicules, avec plus de 10 millions de véhicules. Ce nombre inclut les véhicules électriques à batterie, aussi appelés BEV ou véhicules 100% électriques, et les véhicules hybrides rechargeables, aussi appelés PHEV. Les premiers n'utilisent que leur moteur électrique et leur batterie pour 100 % de leur autonomie, tandis que les seconds comportent également un moteur thermique et ont une autonomie en 100% électrique plus réduite.

En France, la part de marché des véhicules neufs électriques est passée de moins de 2 % en 2018 à 18,3 % en 2021¹, les véhicules 100% électriques atteignant 9,8% des ventes totales. Cette croissance implique l'installation de nombreuses bornes de recharge. Certaines bornes sont installées pour un usage public et

d'autres pour un usage privé. Contrairement aux bornes de recharge publiques, les bornes privées appartiennent à des particuliers et il est difficile d'obtenir des informations sur l'utilisation de ces bornes. Les habitudes de recharge individuelles sont cependant importantes pour comprendre comment le marché des VE est géré et son impact sur le réseau électrique. En France, conformément aux normes électriques en vigueur, on trouve principalement des bornes de recharge ayant quatre niveaux de puissance nominale possibles : 3,7 kW, 7,4 kW, 11 kW, et 22 kW. Les deux premiers (3,7 et 7,4 kW) sont conçus pour une installation électrique monophasée. Ces installations sont largement répandues dans les foyers français. Les deux derniers (11 et 22 kW) sont conçus pour une installation triphasée destinée à de rares foyers ayant des besoins électriques très importants.

2

Objectifs de l'étude et sélection des participants

Les objectifs de cette étude sont doubles. Premièrement, nous avons **mesuré l'impact de l'installation d'une solution de recharge à domicile**. Deuxièmement, nous avons utilisé les données de consommation des compteurs intelligents récoltées pour **détecter et classer les habitudes de recharge à domicile**. Les 8 principaux enseignements sont tirés des observations faites lors de la réalisation de ces objectifs.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons proposé à des conducteurs de véhicules électriques ayant installé une solution de recharge de participer à cette étude. Les participants devaient répondre à quelques questions et accepter de donner accès à leurs données électriques avant et après l'installation. Seuls les clients se trouvant en France métropolitaine et ayant installé une seule borne de recharge entre janvier 2020 et août 2021 ont été sélectionnés.

Seuls les clients possédant un compteur intelligent et ayant accepté que leur consommation d'électricité soit enregistrée étaient éligibles. 67 foyers remplissaient toutes les conditions et ont été analysés dans cette étude. L'illustration ci-dessous représente la localisation de ces foyers.

Comme les participants sont répartis dans toute la France, leurs habitudes de recharge sont comparables car ils partagent une culture et des conditions météorologiques assez similaires. Cela compense certains problèmes rencontrés lors d'une étude à grande échelle des habitudes de recharge des VE (météo perturbée, fuseaux horaires et habitudes de travail différents). En outre, tous les foyers utilisent le même réseau électrique, qui est commun à l'ensemble du pays et suffisamment développé pour supporter la charge supplémentaire liée à l'augmentation de la recharge des VE.

Notes: 1. Global EV Outlook 2021 publiée par la International Energy Agency: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>, et Le marché automobile français Jan 2022 du CCFA

Illustration 1

Les foyers sélectionnés se trouvent en France métropolitaine.



3

Définition clés

Session de recharge

Une session de charge est définie comme une période continue pendant laquelle une puissance de charge est fournie à un véhicule.

En tant que telle, une session de charge n'est pas la période de temps pendant laquelle un câble de charge est branché, car un câble peut être branché sans fournir de puissance.

Prenons l'exemple d'un véhicule qui est branché entre 14h et 21h. Si la puissance est fournie entre 2h et 4h, puis entre 7h30 et 9h (aucune puissance entre 4h et 7h30), dans ce cas, il y a deux sessions de charge. Une session de charge ne signifie pas que le véhicule a été chargé à sa capacité maximale.

Énergie et pic de consommation

Résumer les données sur la consommation des foyers participants est une étape importante afin de bien comprendre les comportements. Il s'agit d'une tâche difficile en raison de la quantité de données disponibles. Une méthode classique consiste à analyser l'énergie consommée et la pointe de consommation atteinte :

L'énergie consommée sur une période de temps est à la fois facile à mesurer et à comprendre. Dans un contexte de consommation, cette énergie représente la partie la plus importante de ce qui est facturé. L'énergie est souvent exprimée en kilowattheure (kWh).

Le pic de consommation est la consommation la plus élevée pendant une période donnée et qui, en raison de son caractère instantané, est plus difficile à mesurer. La pic de consommation doit tout de même

être surveillée pour éviter d'endommager les différents équipements électriques. Dans un contexte de consommation, le pic n'est pas directement facturé au client final. Le pic est souvent exprimé en kilowatt (kW) ou en kilovolt-ampère (kVA).

Pour les foyers étudiés dans cette étude, les périodes de temps pertinentes à mesurer sont la semaine et la journée afin de s'adapter à l'emploi du temps des individus. La prise en compte d'une période de temps plus importante fait disparaître des spécificités importantes, comme la différence entre la semaine et le week-end.

Dans cette étude, l'énergie consommée et les pics de consommation sont comparés avant et après l'installation des bornes de recharge pour voir comment la consommation d'électricité a évolué.

4

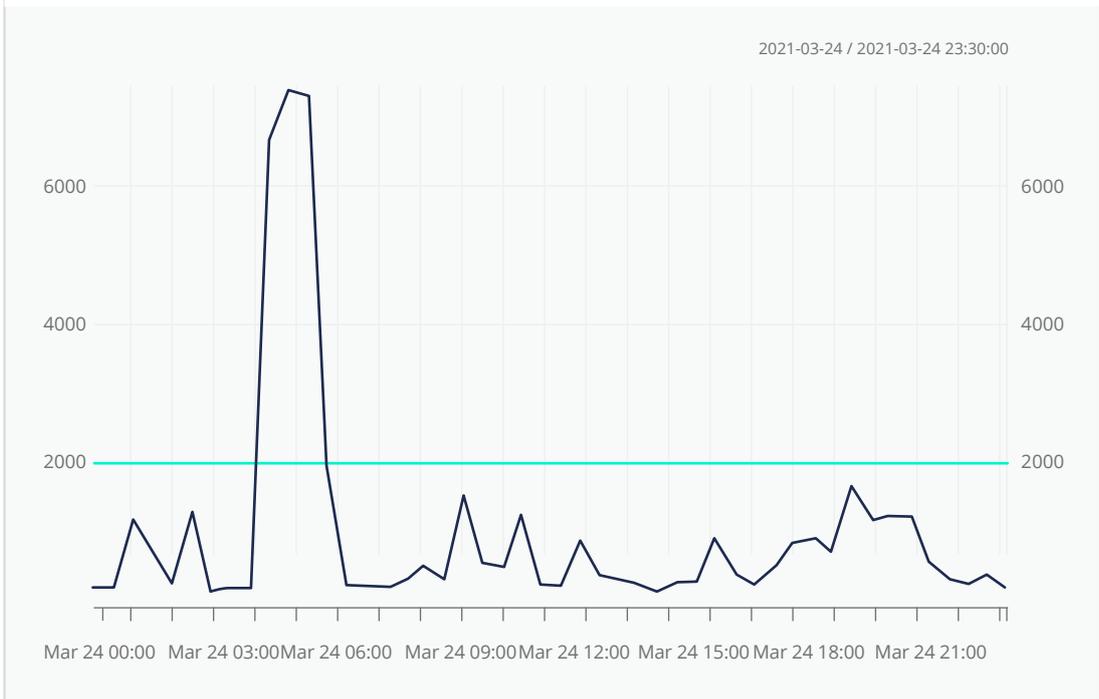
Détecter les sessions de recharge à partir des données de consommation

Dans cette étude, nous détectons les sessions de recharge à partir de la puissance totale fournie par le compteur d'électricité. Étant donné que le compteur alimente tout le logement, un algorithme a été développé dans le but de séparer la puissance utilisée par les bornes de recharge et celle utilisée par les autres appareils de la maison. La méthode utilisée se base sur un seuil en fonction de la puissance nominale de la borne.

La méthodologie décrite est adaptée d'un article de 2019 qui analyse la consommation électrique d'individus utilisant un véhicule électrique aux États-Unis². Pour chaque foyer étudié, ($n=1, \dots, 67$), la puissance totale consommée par le foyer est mesurée à un intervalle de temps spécifique. Pour la plupart des foyers, cet intervalle est de 30 minutes. L'illustration 2 représente la consommation électrique d'un foyer participant à l'étude.

Notes: 2. Gerossier, A., Girard, R., & Kariniotakis, G. (2019). Modeling and forecasting electric vehicle consumption profiles. *Énergies*, 12(7), 1341.

Puissance totale journalière (W) consommée par un foyer. Lorsque la puissance totale dépasse le seuil (ligne rouge), une session de recharge est détectée.



Lorsqu'un pic de puissance est observé dans la série, cela signifie qu'une session de charge a eu lieu. Par exemple, d'après l'illustration XX, une session de charge a commencé vers 4h jusqu'à 6h le 24 mars 2021.

L'algorithme suivant est utilisé dans le but de rassembler toutes les sessions de recharge pour chaque foyer :

1. A partir de la série complète (x_t), les valeurs aberrantes et les valeurs manquantes sont détectées. Ces valeurs sont remplacées par les valeurs existantes du jour précédent lorsqu'elles sont disponibles, sinon, deux jours avant, trois jours avant, et ainsi de suite. Cette méthode de remplacement est privilégiée en raison de la saisonnalité quotidienne

bien connue de la consommation d'électricité.

2. Une valeur seuil h est automatiquement définie pour ce foyer. La valeur de ce seuil est déterminée en fonction du type de borne installé et de la puissance souscrite.
3. La série est entièrement analysée. Lorsque la série dépasse h , une session de charge est enregistrée avec l'heure de départ. La session de charge se poursuit tant que la série reste au-dessus du seuil.
4. Un bruit normal aléatoire pour les heures de début et de fin est ajouté pour tenir compte du caractère discret de la série.

Mon installation électrique est-elle suffisante pour recharger mon véhicule électrique à la maison ?



La principale question concernant la recharge à domicile est la capacité de la maison à alimenter à la fois les appareils foyers standards et la borne de recharge. Comme nous le savons tous, une surcharge de l'infrastructure électrique de la maison entraîne une disjonction et donc une coupure de courant. Y a-t-il un risque de disjoncter lors de la recharge ? Que peut-on faire pour l'éviter ?

1

Les pics de consommation augmentent avec l'installation d'une borne de recharge

Un pic de consommation est la puissance maximale soutirée sur une période de temps donnée. Le pic de consommation est habituellement exprimé en kilowatt (kW) ou en kilovolt-ampère (kVA). Le pic de consommation à domicile doit toutefois être surveillé afin d'éviter d'endommager divers équipements électriques ou de faire disjoncter l'installation électrique. En effet, si le pic de consommation excède la puissance maximum du compteur, le courant est coupé dans toute la maison.

Les niveaux de puissance des bornes de recharge sont très importants par rapport à la puissance utilisée par les autres appareils de la maison. Dans la plupart des foyers,

les appareils n'atteignent jamais une telle puissance : un four peut atteindre jusqu'à 4 kW, une machine à laver jusqu'à 2 kW. Les installations électriques domestiques ne sont donc pas faites pour atteindre le niveau de puissance d'une borne allant de 3,7 à 22 kW.

Installer une borne de recharge implique que des pics de puissance plus élevés seront atteints, une borne de recharge représentant une grande puissance par rapport à l'utilisation d'autres appareils dans la maison. **Les données montrent une augmentation de 28% de la valeur du pic quotidien après l'installation d'une borne de recharge.**

Illustration 3

Pics de consommation quotidien moyen (kW) pour un foyer avant et après l'installation d'une borne de recharge



Le pic moyen quotidien augmente de 2,9 kW à 3,7 kW : cela ne représente pas le pic le plus élevé atteint dans la journée, mais la moyenne de tous les pics quotidiens sur la période considérée. Cette augmentation induit un risque plus élevé de dépasser la puissance maximale du compteur de la maison et de causer une disjonction.

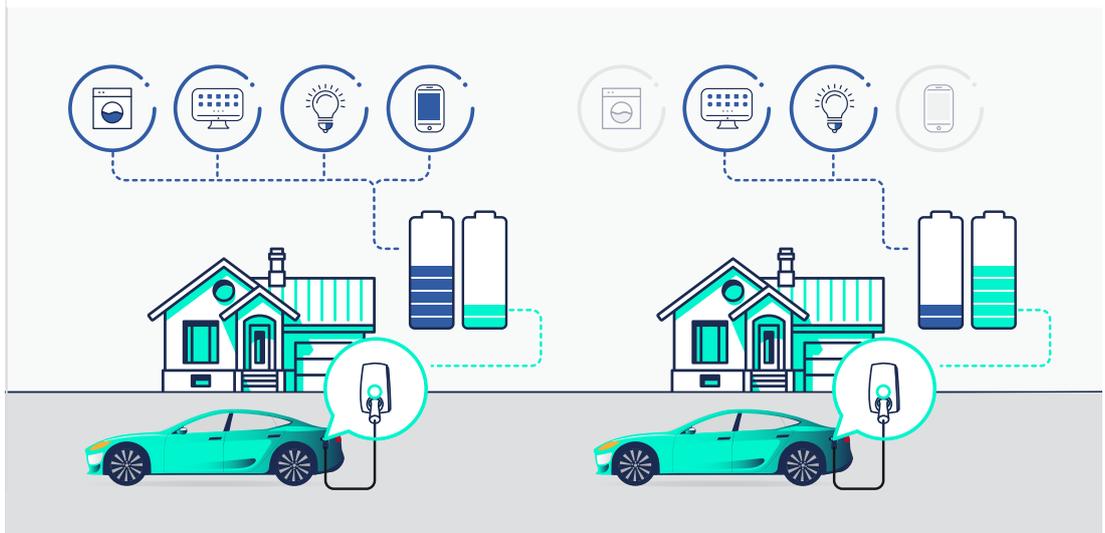
Ce risque est accru si l'on considère que la voiture est rechargée en même temps que les autres appareils de la maison sont utilisés. La consommation standard de la maison additionnée à la consommation de la borne peut facilement excéder la puissance maximale

souscrite. Une solution pour éviter de disjoncter est d'augmenter la puissance maximale du compteur. Ce n'est pas forcément possible pour toutes les maisons, certaines étant déjà au maximum permis par le réseau électrique. Lorsque c'est possible, cela nécessite une action de la part du fournisseur d'électricité et représente un coût récurrent pour l'utilisateur.

Une autre solution est de limiter la puissance maximale de la borne de recharge pour ne jamais dépasser la capacité maximum du compteur électrique au niveau du logement.

2

Éviter de disjoncter lors de la recharge grâce au pilotage énergétique de la charge



Les systèmes de pilotage énergétique de la charge ont été inventés pour résoudre ce problème. Ces systèmes permettent d'adapter la puissance utilisée par la borne en fonction de la puissance utilisée par le reste de la maison : la puissance de charge diminue lorsque d'autres appareils sont en marche, et inversement, celle-ci augmente lorsqu'aucun

autre appareil ne fonctionne.

S'équiper d'un système de pilotage énergétique de la charge lors de l'installation d'une borne de recharge requiert seulement de choisir le bon matériel et représente un coût entre 100 et 400 €.

3

Évaluer le risque de disjonction lors d'une recharge à domicile

Afin de s'assurer du besoin d'installer un système de pilotage énergétique de la charge, nous avons estimé la fréquence à laquelle la recharge aurait pu causer une disjonction si ce système n'avait pas été installé.

A l'aide des données de consommation disponibles, nous avons identifié les moments où le pic de consommation de la maison est atteint mais n'est pas dépassé. Cela signifie que le pilotage énergétique s'est activé et a réduit la puissance utilisée par la borne de recharge pour ne pas dépasser la puissance électrique maximum de la maison.

Nous avons calculé **le risque de disjonction** en divisant le nombre de jours où le logiciel de gestion s'est activé par le nombre total de jours. Les résultats montrent que le risque peut monter jusqu'à **90%**, ce qui signifie que le système est utile quotidiennement, et la moyenne est de 40%.

Nos calculs démontrent que **sans système de pilotage énergétique, l'installation électrique d'un foyer classique peut disjoncter deux jours sur cinq.**

4

Presque tous les utilisateurs choisissent tranquillité d'esprit et praticité

Étant donné tous les avantages qu'offre ce système, presque tous les foyers (93%) choisissent d'installer un système de pilotage énergétique de la charge en complément de leur solution de recharge.

Tableau 1

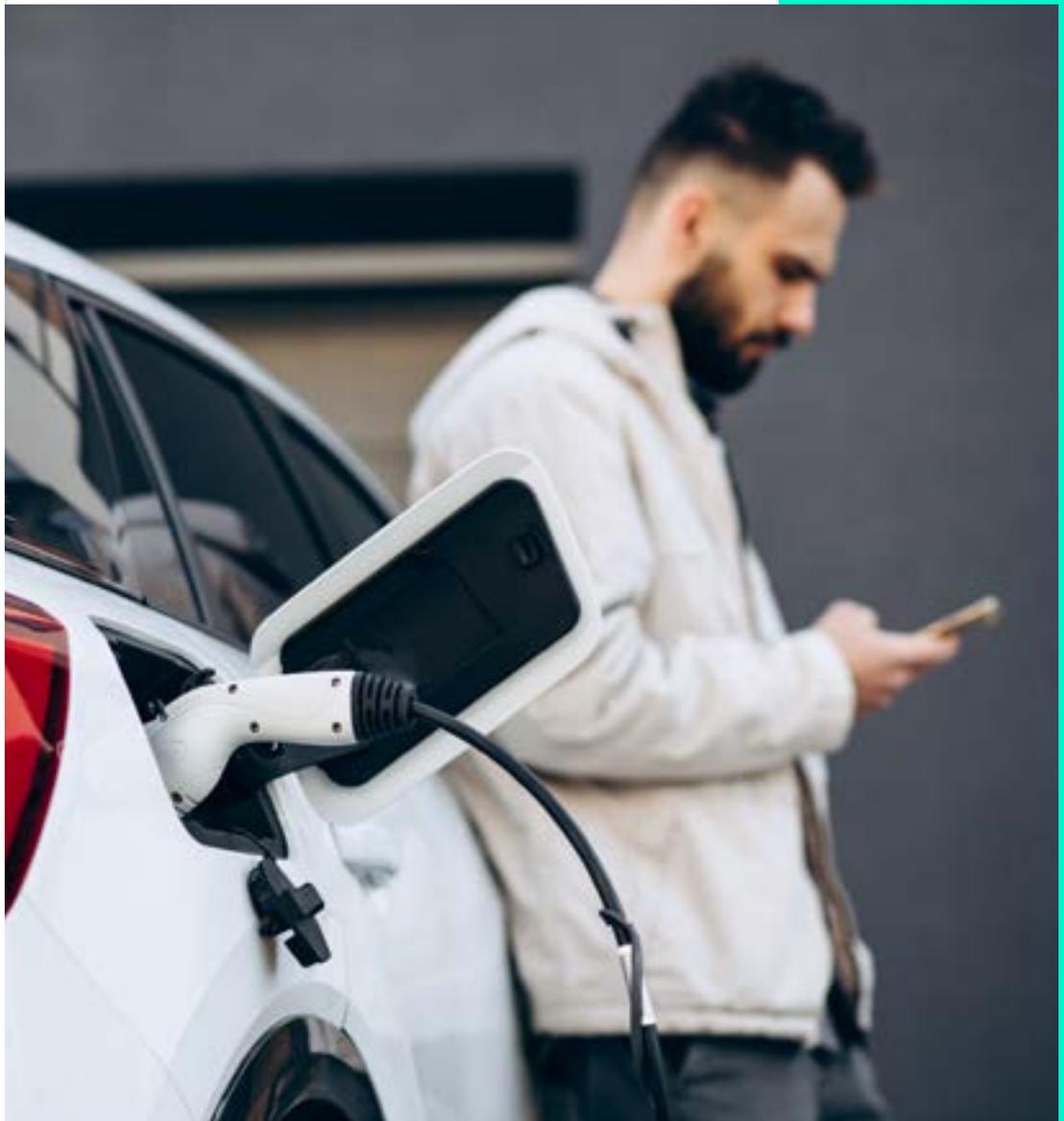
La distribution des foyers étudiés est disponible ci-dessous.

Puissance de recharge	3.7kW	7.4kW	11kW	22kW
Sans pilotage énergétique de la charge	3	1	1	0
Avec pilotage énergétique de la charge	5	56	0	1
Total	8	57	1	1

Grâce aux compteurs communicants (Linky) en France, le pilotage énergétique représente un coût moindre et est facile à installer. La plupart des foyers étudiés optent donc pour un système comme celui-ci lorsqu'ils installent une borne de recharge. Grâce aux logiciels de pilotage

énergétique de la charge installés pour les participants à cette étude, **3% seulement des foyers** ont dû augmenter la puissance de leur compteur.

À quelle vitesse et quelle autonomie peut-on recharger à la maison ?



1

Choisir la puissance de recharge de sa borne de recharge à domicile

Plusieurs puissances de charge entre 3,7 et 22 kW sont disponibles pour une recharge à domicile. Plus les bornes de recharge sont puissantes, plus le véhicule branché pourra se recharger et regagner son autonomie rapidement.

Tableau 2 Puissance de la solution de recharge installée par les participants à leur domicile

Puissance de recharge	3.7kW	7.4kW	11kW	22kW
Autonomie moyenne regagnée par heure	20 km	40 km	60 km	120 km
Nombre de foyers	8	57	1	1
Part des foyers	12%	85%	1,5%	1,5%

Notes: 3 Enquête IPSOS Avere-France/Mobivia <https://www.aver-france.org/publication/enquete-ipsos-avere-france-mobivia-les-francais-motives-a-passer-au-vehicule-electrique-sils-sont-bien-informes-et-accompagnes/>

85% des foyers ont choisi d'installer une borne d'une puissance de 7,4 kW.

La distance moyenne parcourue quotidiennement en France est de 29 km³ : cela signifie qu'une **heure de charge par jour est suffisante** pour l'utilisateur moyen avec cette solution de recharge.

Quelques foyers (12%) optent pour une puissance moindre : 3,7 kW. Cette solution

est choisie lorsqu'il y a un faible besoin de recharge ou lorsque la consommation électrique de la maison est déjà importante, ce qui rend l'installation d'une solution de recharge plus puissante impossible.

De rares individus (3%) choisissent des installations en triphasé avec une puissance de recharge plus importante afin de correspondre à des besoins spécifiques.

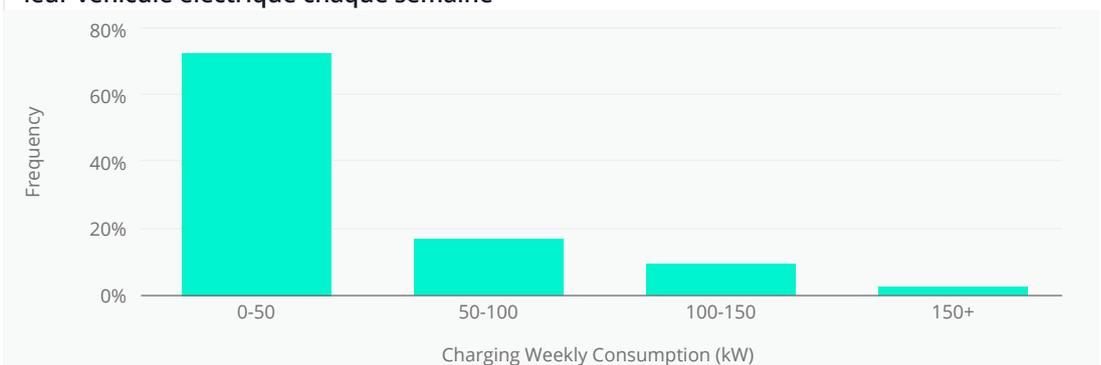
2

Quelle distance puis-je parcourir quotidiennement si je charge mon véhicule électrique chez moi ?

Selon les données énergétiques collectées, notre équipe a mesuré la quantité d'énergie utilisée pour recharger le véhicule électrique chaque semaine. L'illustration ci-dessous montre la quantité d'énergie que les foyers

consomment chaque semaine pour recharger leur VE. Les semaines où aucune session de recharge n'a lieu ne sont pas prises en compte dans ce calcul.

Illustration 4 Distribution des participants en fonction de leur consommation d'électricité pour recharger leur véhicule électrique chaque semaine





En moyenne, les participants consomment environ **50 kWh par semaine pour recharger** leur véhicule. Cette quantité d'énergie se traduit par **une autonomie de 300 km**, cela pouvant varier en fonction du style de conduite, des conditions météorologiques et du véhicule. Certaines personnes rechargent jusqu'à 200 kWh chaque semaine, ce qui est suffisant pour parcourir 1 000 km.

Nous avons également conclu des données que **la consommation électrique hebdomadaire des foyers est relativement similaire qu'une borne de recharge 3,7 ou 7,4 kW ait été installée⁴**, comme le montre l'illustration ci-dessous.

Cela signifie qu'il est possible de recharger suffisamment d'énergie pour satisfaire vos besoins, même si vous choisissez

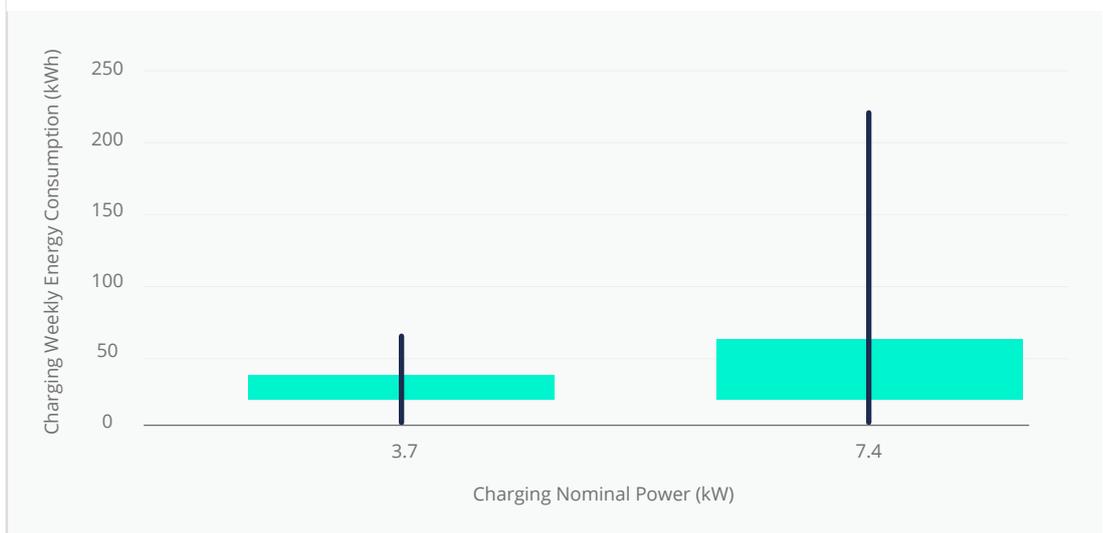
une puissance de recharge moindre. Une puissance de recharge plus importante permet d'avoir un confort supplémentaire en rendant votre voiture prête-à-l'emploi dans un temps réduit.

L'illustration ci-dessous représente la consommation électrique hebdomadaire pour la recharge (en kWh) observée pour les participants. La boîte montre les 25ème et 75ème percentiles de l'échantillon et les lignes montrent le minimum et le maximum. On peut noter que pour une borne de recharge de 3,7 kW, 75% des participants consomment moins de 40 kWh par semaine, et que le maximum est légèrement supérieur à 50 kWh. Pour une borne de recharge 7,4 kW, 75% des participants consomment moins de 60 kWh par semaine et le maximum atteint **plus de 200 kWh par semaine**.

Notes: 4. Les bornes avec d'autres puissances nominales sont exclues de cette analyse car trop peu de foyers ont opté pour ces puissances nominales.

Illustration 5

Consommation électrique hebdomadaire par puissance nominale de la solution de recharge installée.



Combien coûte la recharge à domicile ?



1

Notes: 5. P Prix en France selon les tarifs réglementés en août 2022 - [Source](#).

6. Prix du litre de Sans-Plomb 95 - E10 en France selon le Ministère de la Transition Énergétique - [Source](#).

7. Consommation moyenne d'une voiture thermique de 5,6 L/100 km - [Source](#).



**30
à 40 €**
par mois pour
recharger chez soi

Lorsqu'on compare la consommation électrique totale de la maison avant et après l'installation d'une borne de recharge, on observe **une augmentation moyenne de la consommation quotidienne de 21%**, de 16 kWh à 19,4 kWh.

Cette hausse impacte directement la facture du foyer, qui augmente à peu près du même montant. Comme le montrent les données, les foyers consomment 50 kWh pour atteindre 300 km d'autonomie par semaine en moyenne. Cela représente un coût de la recharge à domicile entre 30 et 40 € par mois selon les tarifs pratiqués par le fournisseur d'électricité

choisi. En France, avec le tarif réglementé de vente de l'électricité, cela représente **37,40 € de plus par mois** sur une année⁵.

Avec le prix du litre d'essence à 1,73€ en France en moyenne au 1er septembre 2022⁶, parcourir la même distance en véhicule essence coûterait **72,30 € par mois**⁷. Recharger à domicile divise par deux les dépenses de carburant chaque mois.

Sur un an, la recharge à domicile permet ainsi une économie de **418,80 € en moyenne** par rapport au plein d'une voiture traditionnelle en France.

2

Optimiser le coût de la recharge à domicile

Pour aller plus loin, il est possible d'optimiser le coût de la recharge calculé ci-dessus de différentes façons.

Installer des panneaux solaires sur sa maison

Nous observons que certains foyers optent pour des panneaux solaires : cela concerne 5% de l'échantillon étudié. Ce nombre est largement supérieur à la moyenne française de 1,2% avec 435 000 foyers se sont équipés de panneaux solaires en 2021 contre 36,2 millions

de maisons dans le pays⁸. L'énergie produite est soit directement utilisée par la maison soit revendue au réseau électrique. De toutes les manières, la facture énergétique de la maison sera réduite.

Choisir un tarif "Heures Pleines Heures Creuses" et recharger pendant les heures creuses

Pour réduire sa facture, on peut recharger son VE lorsque l'électricité est la moins chère en choisissant un contrat "Heures Pleines Heures Creuses" auprès de son fournisseur. Avec ce type d'abonnement, un kWh coûte alors 0,1470 € en heure creuse et 0,1840 € en heure pleine⁹. En choisissant de recharger uniquement en heure creuse, le coût de la charge est réduit à 31,60 € par mois. Cela représente une économie de 70 € sur un an.

Des tarifs conçus pour les détenteurs de véhicules électriques sont également disponibles avec le kWh à 0,1126 €. Avec ce type d'abonnement, la charge à domicile coûte seulement **24,21 € par mois**. Dans ce cas, il est possible d'économiser **160€ sur un an** sur le coût de la recharge¹⁰.

Notes: 8. [Source](#) et [Source INSEE](#).

9. Prix en France selon les tarifs réglementés en août 2022 - [Source](#).

10. [Engie Elec Car](#), [Vert Electrique Auto](#).



Plusieurs solutions simples existent pour recharger uniquement durant les heures creuses:

- **installer un dispositif heures pleines heures creuses avec sa borne de recharge** : c'est la solution la plus simple et la plus durable car elle ne nécessite aucune gestion au quotidien et fonctionne sans connexion internet. Ce système peut être associé à un système de pilotage énergétique de la charge. Le retour sur investissement est atteint en moins de 3 ans compte tenu des économies réalisées en rechargeant pendant les heures creuses.
- **programmer la charge à l'aide de l'application de la borne de recharge** : cela nécessite une borne de recharge intelligente avec une application intégrée, souvent connectée à internet. Une connexion internet instable peut rendre le réglage inutile et faire en sorte que la voiture se recharge pendant les heures de pointe. Il peut y avoir un conflit entre le programme défini dans l'application et le système de pilotage énergétique de

la charge, et la voiture peut ne pas être chargée du tout le lendemain matin.

- **la programmation des sessions de charge à l'aide du système d'information ou de l'application de la voiture** : selon le système d'exploitation de la voiture, ce système peut être plus ou moins compliqué à mettre en place. Elle offre l'avantage d'être intégrée au véhicule sans coût supplémentaire. Comme pour la dernière solution, il peut y avoir ici un conflit avec le système de pilotage énergétique de la borne.

Concernant l'optimisation du coût de la recharge, la consommation globale de la maison doit toutefois être prise en considération, étant donné que le coût du kWh avec un tarif "Heure Pleine Heure Creuse" est plus élevé en heure pleine qu'avec un abonnement standard. On estime cependant que passer à un tarif "Heure Pleine Heure Creuse" est avantageux financièrement parlant quand au moins la moitié de la consommation électrique quotidienne a lieu pendant les heures creuses.

Quand dois-je recharger mon véhicule électrique et pendant combien de temps ?



1

Dois-je brancher ma voiture électrique dès que je suis chez moi ?

Notes: 11.Remarque : contrairement au reste de l'étude, il y a plus de participants ici (89 au lieu de 67 pour le reste de l'étude).

Nous avons demandé aux participants comment ils utilisent leur borne de recharge¹¹. La plupart des individus disent recharger leur VE seulement lorsque la batterie est vide (57%), tandis que le reste charge son véhicule chaque fois qu'ils rentrent à leur domicile

(43%). Selon la fréquence de recharge, seulement un tiers dit recharger tous les jours, tandis que les autres rechargent leur VE 1 à 3 fois par semaine. Les résultats complets sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 3

Habitudes de recharge de 89 participants

	Tous les jours	4-5 fois par semaine	2-3 fois par semaine	Une fois par semaine	Total
 Recharge au domicile	22 (25%)	5 (6%)	5 (6%)	6 (7%)	38 (43%)
 Recharge quand la batterie est vide	2 (2%)	3 (3%)	23 (26%)	23 (26%)	51 (57%)
Total	2 (27%)	8 (9%)	28 (31%)	29 (33%)	89 (100%)

Il n'y a pas qu'une seule façon de recharger sa voiture électrique à la maison, comme le montrent les données des prochaines pages.

Si vous rechargez à la maison, la voiture s'adapte à vos habitudes et vos besoins de charge.



2

Quand dois-je recharger à la maison ?

Notre algorithme a identifié le début et la fin de chaque session de recharge. Nous sommes donc capables d'identifier à quel moment de la journée la plupart des participants rechargent leur VE, comme le montre l'illustration ci-dessous.

Illustration 6

Carte des fréquences horaires des sessions de charge selon le jour de la semaine sur une échelle de 0 à 100



Nous pouvons en déduire que la plupart des utilisateurs préfèrent recharger la nuit : environ un tiers des sessions de charge ont lieu entre **19h et minuit**, et un tiers entre **minuit et 6h**. Toutefois, il est tout à fait possible de recharger son véhicule en journée, avec un tiers des sessions de charge ayant lieu entre 6h et 19h.

Une **augmentation de 13%** des sessions de recharge a été observée pendant le week-end comparé aux autres jours de la semaine. Cela est sûrement lié à une plus grande utilisation de la voiture par rapport aux autres jours de la semaine.

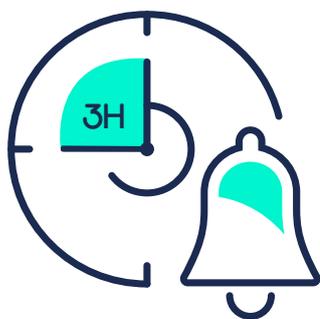
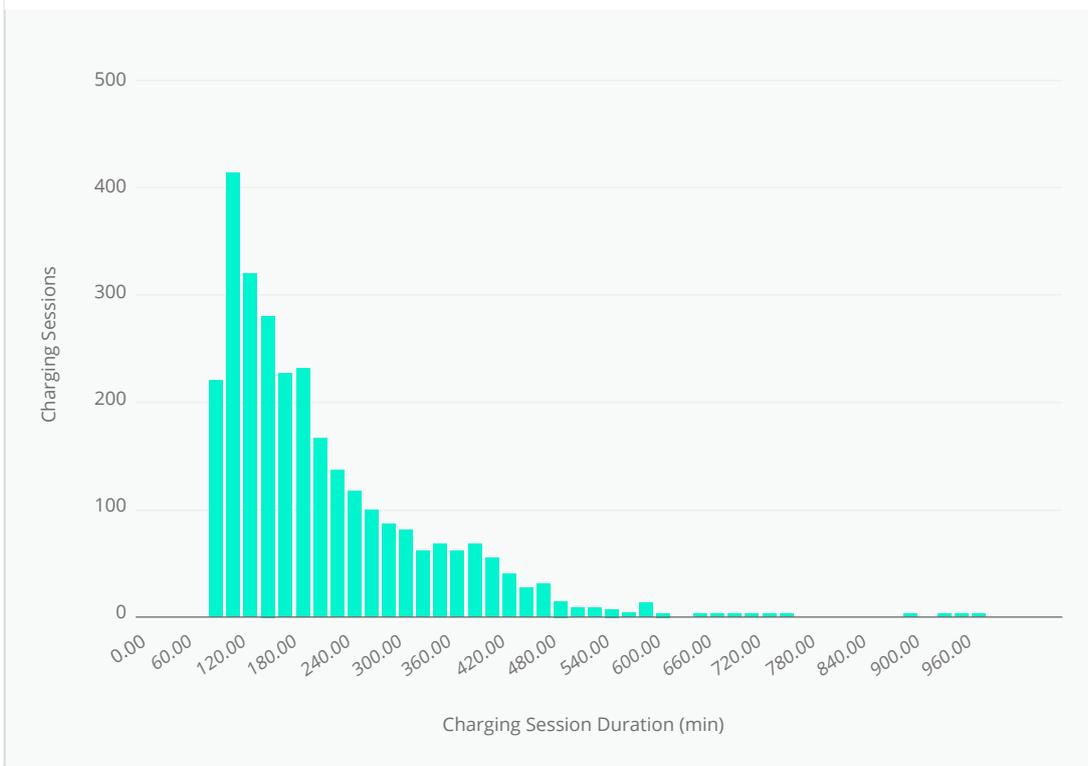
3

Combien de temps dure la recharge de mon véhicule électrique ?

A l'aide des données collectées, nous sommes capables de mesurer la durée des sessions de recharge. L'illustration ci-dessous présente la durée en minutes de toutes les sessions de recharge détectées à partir de l'échantillon de foyers étudiés.

Illustration 7

Histogramme de la durée des sessions de recharge, en minutes



En moyenne, une session de recharge dure environ **3 heures** et la majorité des sessions durent entre 1 et 5 heures.

Beaucoup d'automobilistes ne souhaitent pas passer à l'électrique, craignant des temps de charge de 24 heures et plus. On peut conclure des données observées que cela n'arrive pas en réalité quand on recharge à domicile avec une solution de recharge adaptée.

Pour aller plus loin avec nos données, nous avons mesuré la durée des sessions de recharge en fonction de l'heure de début de

celle-ci. On peut observer dans l'illustration ci-dessous que **les sessions de recharge commençant en soirée durent jusqu'à deux fois plus longtemps qu'une session lancée en journée.**

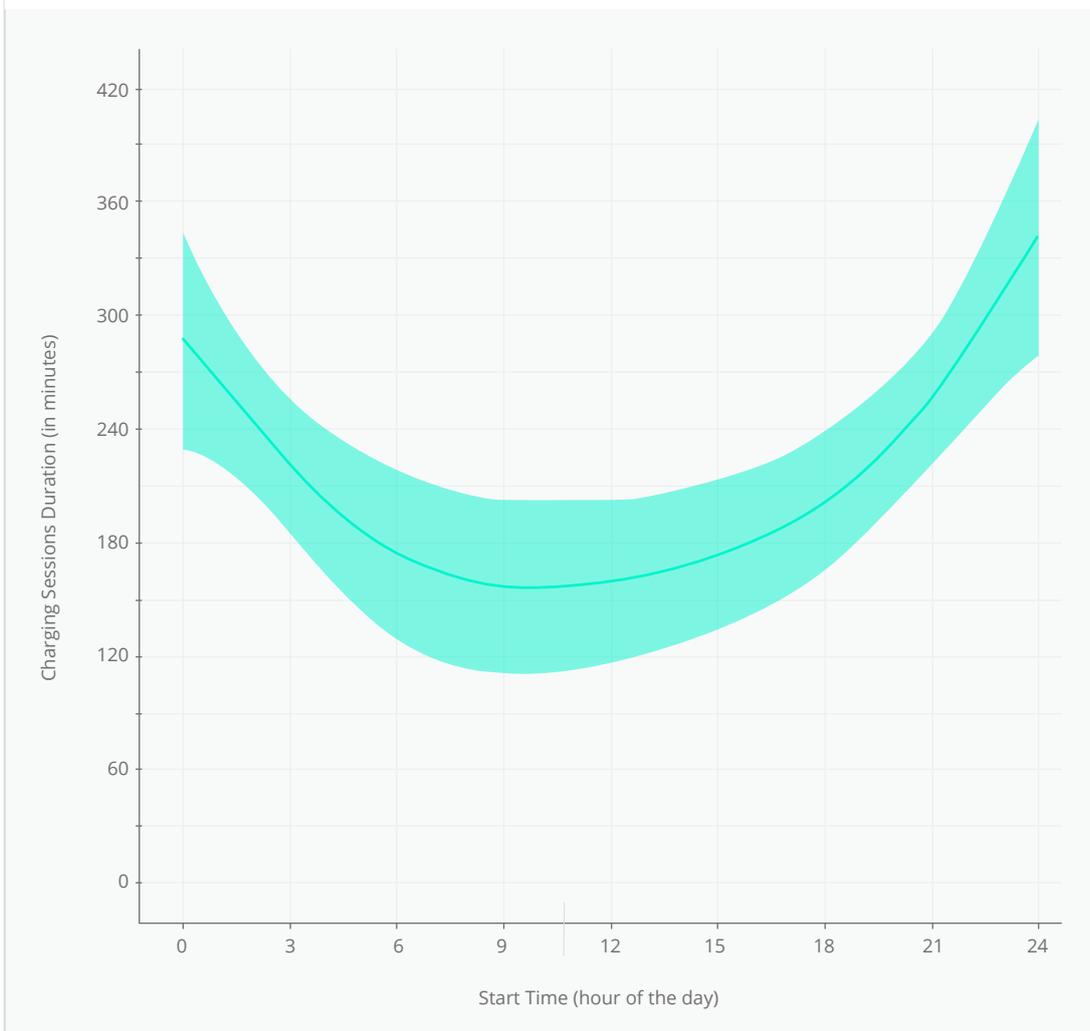
Cette différence peut s'expliquer par deux facteurs:

1. Les utilisateurs qui roulent plus et ont donc besoin de longues sessions de charge optimisent leurs horaires de recharge pour bénéficier des tarifs avantageux en heures creuses. Comme les heures creuses ont habituellement lieu la nuit, les sessions de recharge en soirée ont tendance à durer plus longtemps.
2. Les sessions de recharge qui commencent en milieu de journée sont souvent interrompues par les utilisateurs qui reprennent la route avant que le véhicule soit complètement chargé, ce qui crée des sessions de recharge plus courtes.

Illustration 8

Durée moyenne d'une session de recharge en minutes en fonction de l'heure de début de la charge.

La ligne continue représente la durée moyenne ; l'aire colorée représente l'écart par rapport à la moyenne .



Profils-types de recharge à domicile



1

Créer des groupes de profils-types de recharge

A l'aide de l'algorithme créé par notre équipe pour détecter les sessions de recharge à partir de la consommation totale du compteur d'électricité, nous avons pu définir des profils-type de recharge.

Les paramètres suivants ont déterminé les groupes :

Fréquence hebdomadaire de charge :

Le nombre et la durée des sessions de recharge indiquent la fréquence à laquelle le VE est rechargé, et donc la fréquence à laquelle celui-ci est utilisé. La fréquence

change fortement entre les foyers à cause des usages différents que ceux-ci en font : certains foyers rechargent une seule fois par semaine, tandis que d'autres rechargent tous les jours.

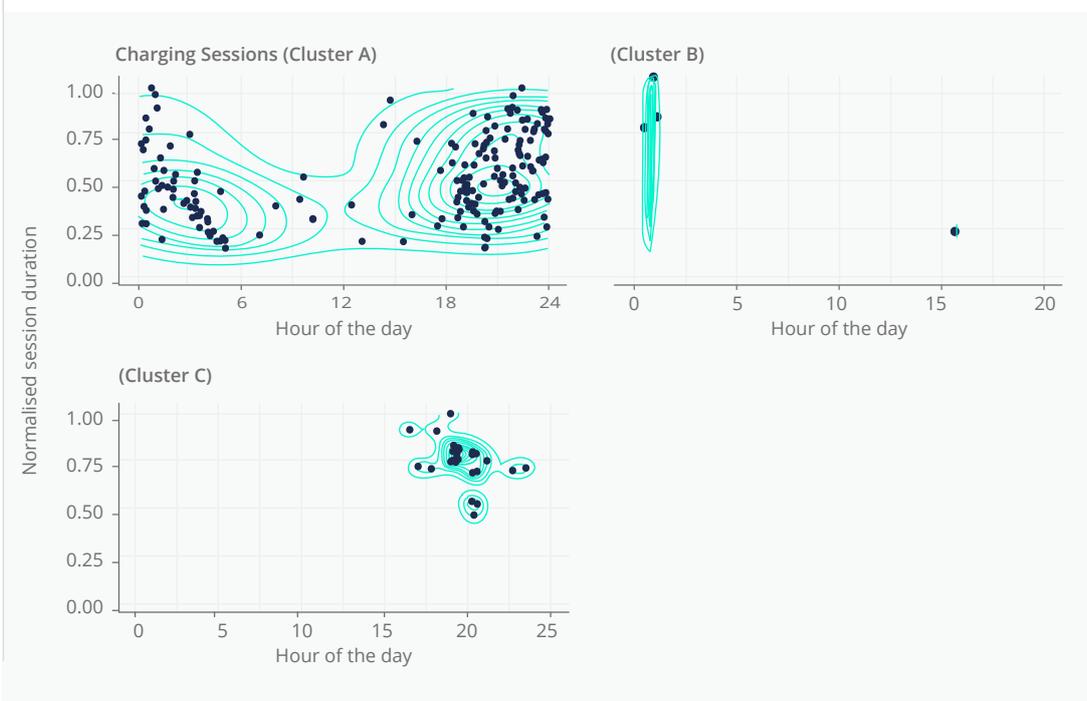
Période de la journée de la session de recharge :

Un autre facteur intéressant à étudier est le moment dans la journée où ont lieu les sessions de recharge. Un moyen rapide et efficace d'analyser les sessions de recharge est d'utiliser un nuage de points des sessions de charge en fonction de l'heure du jour et une durée de session normalisée. La normalisation permet de comparer les foyers entre eux peu importe la batterie du VE du foyer. Sur la base de ces deux critères, nous avons défini des clusters pour toute notre base de données, comme présenté dans l'illustration ci-dessous.

Chaque point représente une session de recharge, l'abscisse (axe x) montre l'heure du jour à laquelle la session a commencé, et l'ordonnée (axe y) montre la durée normalisée d'une session de recharge - les valeurs proches de 1 correspondent aux sessions les plus longues. Les lignes rouges représentent le contour en 2D de la densité du nuage de points.

Illustration 9

Nuages de points des sessions de recharge pour des utilisateurs représentatifs des trois groupes.



Pour chaque foyer, la fréquence et la période du jour des sessions de recharge sont enregistrées dans des tableaux. Ceux-ci sont ensuite regroupés avec l'algorithme de partitionnement, ou clustering, en k-moyennes, méthode reconnue. Aucun critère-objectif n'a été utilisé pour déterminer le nombre de

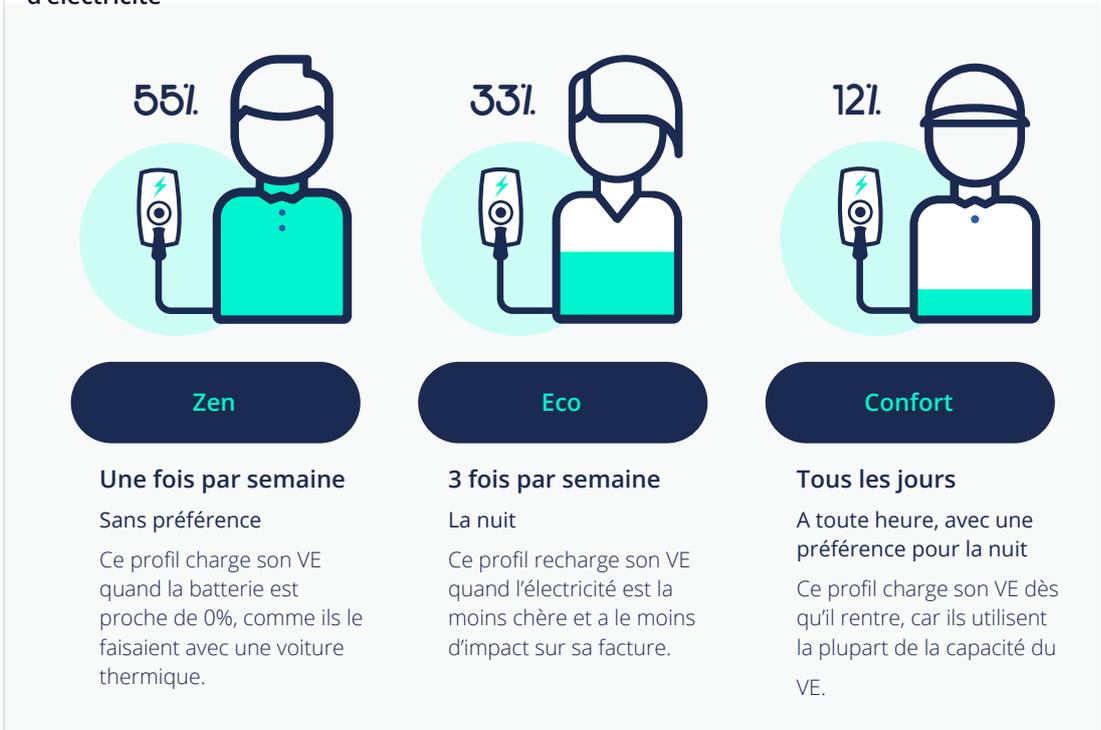
groupes. Ce nombre a été déterminé après avoir comparé les résultats : les groupes avaient presque la même taille, et pouvaient être expliqués facilement. La création des groupes a permis d'en déduire les profils-types décrits dans les prochaines sections.

2

Trois profils-types pour la recharge à domicile

En utilisant les données décrites ci-dessus, les habitudes de recharge ont été regroupées en trois profils-types :

Tableau 4 Trois profils-types de recharge détectés en fonction de leur consommation globale d'électricité



Chaque profil est détaillé dans les trois prochaines sections, avec une illustration des sessions de recharge typiques du profil concerné.



Zen

Les caractéristiques du profil Zen sont :



Fréquence

Une session par semaine.



Période de la journée

N'importe quelle heure.



Analyse complète

Grâce au pilotage énergétique de la charge, l'utilisateur n'a pas à s'inquiéter que son système électrique disjoncte et peut brancher sa voiture quand qu'il arrive au domicile le soir.

La fréquence de recharge est faible, ce qui signifie que l'utilisateur recharge quand la batterie approche des 0%. Ce comportement ressemble au fait d'attendre d'être sur la réserve pour faire le plein de sa voiture thermique.

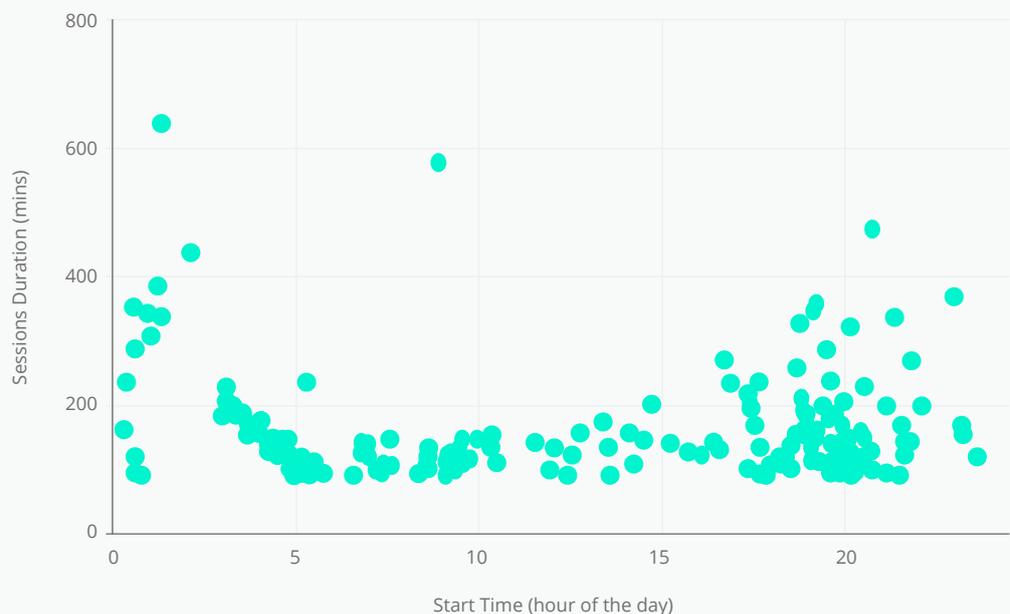
Ces utilisateurs ne cherchent pas à recharger au meilleur tarif mais à recharger leur batterie jusqu'à 100%. Cela peut s'expliquer par un manque d'informations sur les prix de l'énergie, ou par le coût relativement faible de la recharge par rapport à l'essence, ce qui ne les motive pas forcément à optimiser leurs sessions de recharge.

L'illustration ci-dessous montre un exemple de la durée de la session de recharge pour un foyer du profil Zen. Toutes les sessions de recharge disponibles figurent sur l'illustration.

Illustration 10

Toutes les durées des sessions de recharge en minutes en fonction du moment de la journée à laquelle la session de recharge commence pour un foyer du profil Zen.

Toutes les données disponibles sont représentées.



Eco

L'illustration 11 présente toutes les sessions de recharge d'un foyer du groupe de profils Optimiseur. Les caractéristiques du profil Eco sont :



Fréquence

Environ 1 session de recharge tous les deux jours



Période de la journée

Heures creuses pendant la nuit



Analyse complète

Le profil Eco planifie ses sessions de recharge soit à l'aide du logiciel de la borne de recharge soit à l'aide d'une application afin de recharger uniquement pendant les heures creuses.

Ce profil optimise les économies que génère la recharge à domicile.

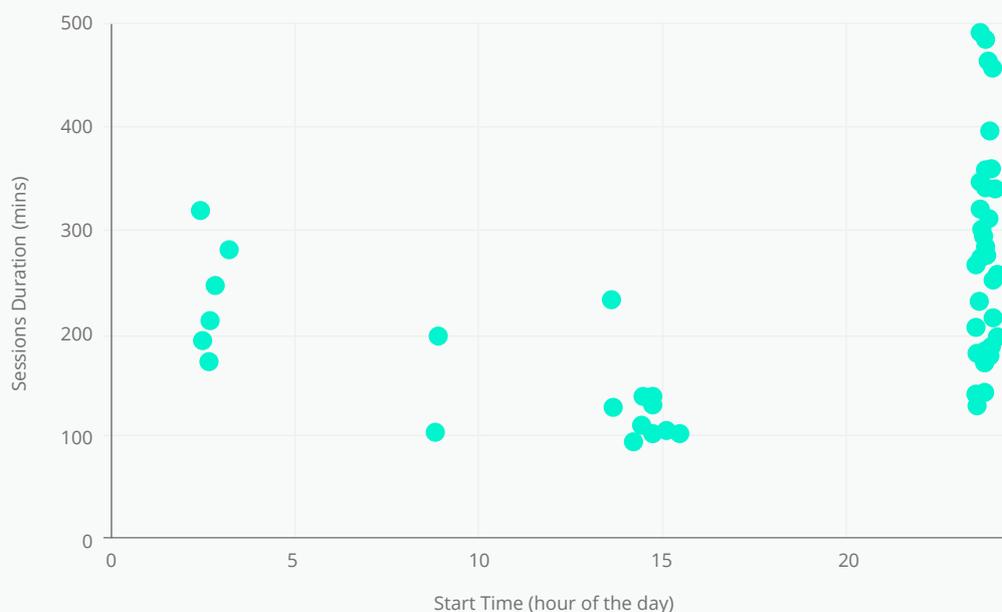
Étant donnée l'importante puissance délivrée par la borne de recharge, il n'est pas nécessaire de recharger son VE tous les jours pour avoir assez d'autonomie. Recharger son véhicule 3 fois par semaine est suffisant.

Illustration 11

L'illustration ci-dessous montre toutes les sessions de recharge et leur durée d'un foyer de profil Eco. Toutes les sessions de recharge disponibles y figurent.

Toutes les durées des sessions de recharge en minutes en fonction de la période du jour à laquelle la session de recharge commence pour un foyer donné du profil Eco.

Toutes les données disponibles figurent.



Confort

Les foyers du profil Confort ne suivent pas une unique stratégie de recharge. Les caractéristiques du profil Confort sont :



Fréquence

Presque une session par jour



Période de la journée

Dès qu'ils arrivent à leur domicile ou pendant la nuit.



Analyse complète

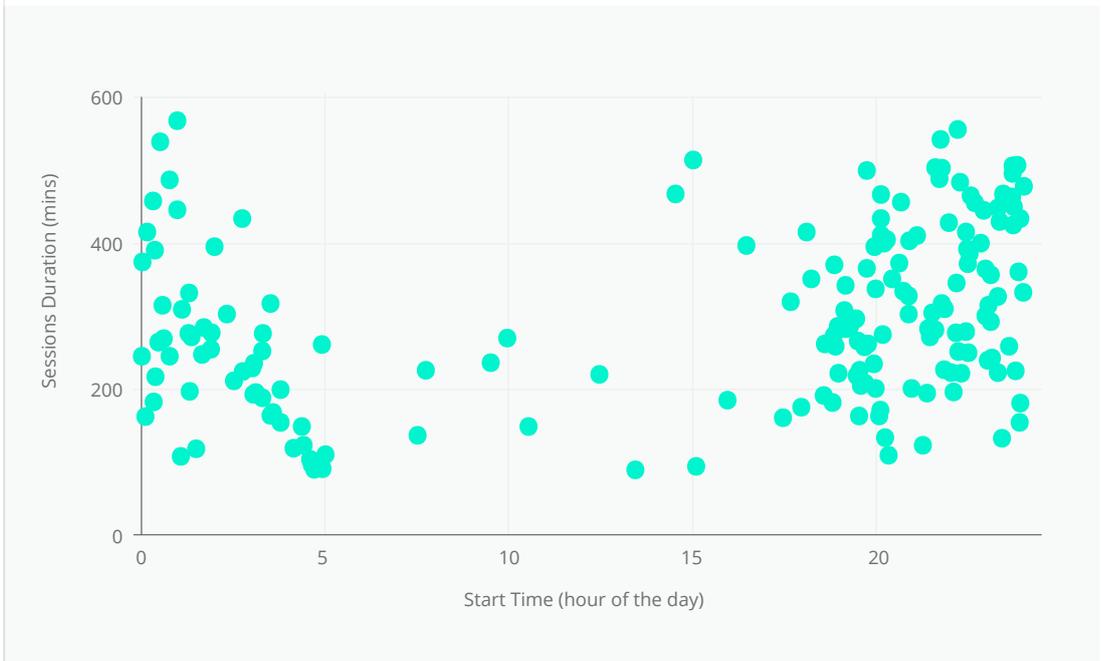
Nous pouvons supposer que ces foyers utilisent les fonctionnalités de leurs véhicules pour définir les heures creuses et l'heure à laquelle la batterie doit être à 100% ("Mon véhicule doit être prêt à 7h"). Si besoin, la voiture commence la charge automatiquement en soirée, autrement elle attend le début des heures creuses.

Illustration 12

L'illustration ci-dessous montre toutes les sessions de recharge et leur durée d'un foyer de profil Confort. Toutes les sessions de recharge disponibles y figurent.

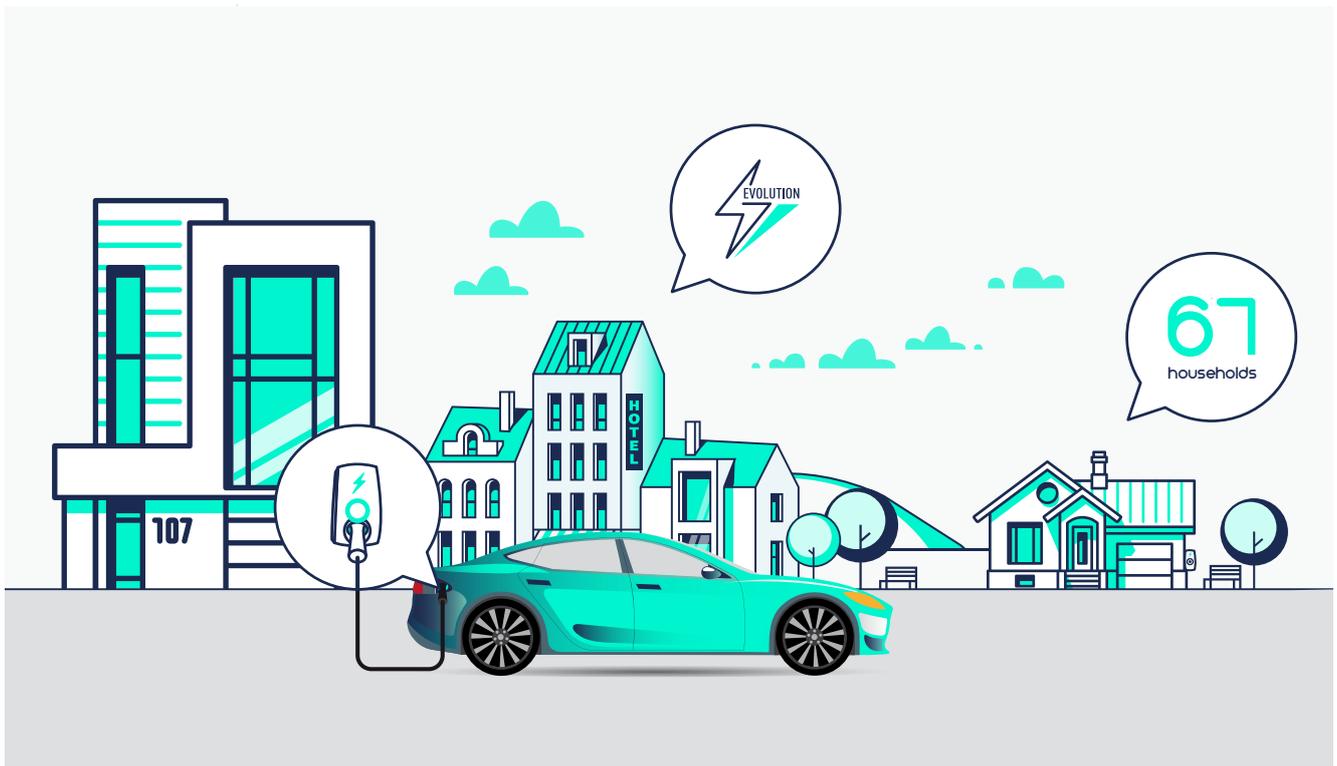
Toutes les durées des sessions de recharge en minutes en fonction de la période du jour à laquelle la session de recharge commence pour un foyer donné du profil Confort.

Toutes les données disponibles figurent.



Conclusion





Cette étude analyse un échantillon de 67 foyers ayant installé une solution de recharge à leur domicile. La collecte systématique des données de leur compteur intelligent répond aux deux objectifs de cette étude : analyser l'évolution de la consommation électrique et les habitudes de recharge des participants.

Nous avons mesuré l'impact de l'installation d'une solution de recharge sur l'installation électrique de la maison et la facture électrique du foyer. En comparant la situation avant et après, nous observons une hausse de l'énergie consommée de 21% et de leur pic de consommation de 28%. En ajoutant un logiciel de pilotage énergétique de la charge à leur solution de recharge, des augmentations de cette ampleur ne posent pas problème et n'augmentent pas le risque de disjonction.

Nous avons conduit une analyse des habitudes de recharge basée sur des données réelles et utilisé un algorithme de création de groupes pour déterminer les profils-types de recharge. De tous les compteurs électriques des foyers étudiés, notre méthode a permis de définir trois profils de recharge : Zen, Eco et Confort.



www.chargeguru.com