



**Mandant**

**Office fédéral de l'énergie, section Mobilité, Delphine Morlier**

**Direction du projet**

**Office fédéral de l'énergie, section Mobilité, Alois Freidhof**

**Auteurs**

Silvan Rosser, EBP

Lukas Lanz, EBP

Peter de Haan, EBP

La présente étude a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie.

La responsabilité du contenu incombe exclusivement aux auteurs.

Proposition de citation :

Conception Infrastructure de recharge 2050 – Comment la Suisse rechargera-t-elle à l'avenir ?

# Construire un modèle en 7 étapes

## Comment déterminer l'évolution de l'infrastructure de recharge à l'horizon 2050 ?

Sur la base d'hypothèses issues d'ateliers de spécialistes et de modèles de calcul d'EBP

### Élaborer des scénarios pour les types de motorisation des voitures neuves <sup>5,9</sup>

#### Hypothèses

- 250 000 à 300 000 nouvelles immatriculations de voitures de tourisme par an
- Modélisation de 16 types de véhicules rechargeables

### Déterminer le kilométrage et le besoin en énergie

#### Hypothèses

- En moyenne, une voiture de tourisme a un kilométrage de 12 500 km/an
- Un véhicule rechargeable consommera en moyenne 18 kWh/100 km en 2035

### Cerner le comportement de recharge par type de recharge <sup>5</sup>

#### Hypothèses

- 52 types de recharge sont définis

#### Sources :

- <sup>1</sup> ARE, 2022 : Perspectives d'évolution du transport 2050
- <sup>2</sup> ARE, 2017 : Microrecensement mobilité et transports 2015
- <sup>3</sup> OFS, 2021 : Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse et des cantons 2020 – 2050
- <sup>4</sup> OFROU, 2022 : Données relatives aux véhicules
- <sup>5</sup> Estimation des experts «Conception Infrastructure de recharge 2050»
- <sup>6</sup> TCS, 2022 : Baromètre TCS de l'e-mobilité
- <sup>7</sup> ARE, 2020 : Modèle national du trafic voyageurs (MNTP) 2017
- <sup>8</sup> OFEN, 2022 : Stations pour voitures électriques
- <sup>9</sup> EBP, 2022 : Electric and Hydrogen Mobility Scenarios 2022



### Élaborer des scénarios pour toutes les communes suisses <sup>1,2,3</sup>

#### Hypothèses

- Le kilométrage total des voitures de tourisme reste à peu près constant

### Modéliser le parc automobile

#### Hypothèses <sup>4</sup>

- Il y a 4 catégories par technologie de motorisation
- Une voiture de tourisme a une durée de vie moyenne de 16 ans

### Cerner le rapport entre démographie et utilisation des véhicules électriques

#### Hypothèses

- Le type de ménage et le revenu ont une influence sur l'acquisition d'un véhicule rechargeable <sup>5</sup>
- Il existe 5 types d'utilisation

### Simuler les flux de trafic d'environ 8000 zones de circulation, appliquer la logique prédictive d'EBP pour l'installation de stations de recharge <sup>7</sup>

#### Hypothèses

- Le réseau de recharge actuel est pris en compte <sup>8</sup>
- Des valeurs seuils sont utilisées pour déterminer l'utilisation des capacités des points de recharge (taux d'utilisation) <sup>5</sup>

# Modèles et hypothèses

## 1 Évolution population et transport

La présente étude considère la mobilité électrique comme la composante d'une mobilité moins gourmande en ressources et utilise le scénario « Base » des Perspectives d'évolution du transport 2050<sup>1</sup> comme base pour l'évolution du trafic en Suisse. Sur cette base, des scénarios ont été établis sur la population, les places de travail et les transports pour toutes les communes de Suisse pour les années 2022 à 2050. Au niveau des communes, l'étude a utilisé ses propres scénarios démographiques en tenant compte de l'évolution des populations cantonales<sup>2</sup>. En ce qui concerne l'évolution des transports, elle a appliqué le scénario « Base » des Perspectives d'évolution du transport 2050. Dans ce scénario, la prestation de transport augmente dans des proportions inférieures à la population en raison des hypothèses retenues. La poursuite de l'urbanisation, le vieillissement démographique (moins d'actifs très mobiles), le télétravail et des trajets de loisirs plus courts (de plus en plus parcourus à pied et à vélo) notamment freinent l'évolution des prestations de transport par personne.

Le scénario « Base » reflète une évolution tendant vers une mobilité moins gourmande en ressources, pour les voyageurs comme pour les marchandises. Il se réfère aux objectifs de la Confédération de la partie Programme du plan sectoriel des transports, « Mobilité et territoire 2050 »<sup>3</sup>.

Il comprend un ensemble de mesures de politique des transports qui sont durables et favorisent une mobilité économe en ressources. La disposition de la société à accepter ces mesures est une condition indispensable pour le scénario « Base ».

Le recours croissant aux vélos électriques, cumulé au développement de l'infrastructure pour les cyclistes, assure une utilisation plus importante du vélo. Par rapport aux transports publics, l'utilisation d'une voiture individuelle devient plus chère. Le télétravail devient la norme dans ce scénario, ce qui fait fortement baisser le nombre de trajets pour aller travailler ou pour des voyages d'affaires. En même temps, le trafic de loisirs est en forte hausse.

Le microrecensement mobilité et transports<sup>4</sup> a été pris en compte pour illustrer les divers comportements de mobilité concernant la possession de véhicules, la répartition modale et le kilométrage annuel par commune.

## 2 Évolution marché des voitures neuves

Le marché des voitures neuves est modélisé à l'aide de quatre catégories de véhicules (petite voiture, catégorie compacte, classe moyenne et classe supérieure) et de quatre technologies de motorisation (essence/diesel, électrique à batterie, hybride rechargeable, pile à combustible).

Les véhicules rechargeables (électrique à batterie et hybride rechargeable) sont modélisés sur la base de 16 différents types de véhicules. Ils diffèrent en taille, puissance absorbée maximale, besoins en électricité et capacité de la batterie. Les scénarios sur le mix des technologies de motorisation sur le marché des voitures neuves se basent sur l'étude d'EBP Electric and Hydrogen Mobility Scenarios<sup>5</sup> et les estimations des experts et expertes.<sup>6</sup>

---

1 ARE, 2022 : Perspectives d'évolution du transport 2050. [Lien](#).

2 OFS, 2021 : Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse et des cantons. [Lien](#).

3 ARE, 2021 : Mobilité et territoire 2050: Plan sectoriel des transports. [Lien](#).

4 ARE, 2017 : Microrecensement mobilité et transports 2015. [Lien](#).

5 EBP, 2022 : Electric and Hydrogen Mobility Scenarios 2022. Scénario ZERO-E. [Lien](#).

6 Estimations d'experts « Conception Infrastructure de recharge 2050 », voir chap. 8.

Les prémisses suivantes ont été définies :

- Les parts de marché des hybrides rechargeables diminuent déjà entre 2025 et 2030.
- Plus aucune nouvelle hybride rechargeable n'est immatriculée après 2035.
- Capacité AC 11 kW et DC pour tous les véhicules électriques à batterie.
- La motorisation électrique à batterie prédomine clairement.
- DC 150 kW devient la norme; dans les classes moyenne et supérieure de plus en plus aussi DC 350 kW
- Augmentation de l'efficacité des voitures électriques à batterie de 7 à 11 % à l'horizon 2035 par rapport à 2022 : *consommation moyenne des voitures électriques à batterie en 2035 : 18 kWh/100 km.*
- Autonomie standard en 2035 pour les voitures électriques à batterie : 360 à 530 km

L'autonomie moyenne des voitures électriques neuves à batterie augmente de 70 à 120 % par rapport à 2022, passant de 360 à 530 kilomètres en 2035 (en fonction de la catégorie). De plus grandes capacités de batterie, mais aussi des véhicules plus efficaces en sont les raisons principales. Entre 2035 et 2050, les experts et expertes ne s'attendent plus qu'à des hausses de capacité minimales pour les batteries. Les experts n'escomptent pas de véhicules rechargeables d'une autonomie de 800 à 1000 kilomètres sur le marché de masse. Près de deux tiers des véhicules électriques à batterie immatriculés en 2035 seront capables d'absorber des charges DC de plus de 150 kW.

Le volume du marché des voitures neuves a été estimé à près de 6 % à l'aide de la répartition du parc automobile actuel en fonction de la date d'immatriculation<sup>7</sup>. À l'échelle nationale, entre 250 000 et 300 000 voitures sont ainsi nouvellement immatriculées chaque année. De 2020 à 2022, les nouvelles immatriculations étaient inférieures à ces chiffres en raison de la crise du coronavirus et des problèmes de livraison subséquents (220 000 à 230 000).

### **3** Évolution parc automobile

Les futurs parcs automobiles sont modélisés de manière détaillée sur la base des parcs effectifs<sup>8</sup> et des nouvelles immatriculations escomptées au niveau des communes jusqu'en 2050, segmentés en quatre catégories de véhicules (petite voiture, catégorie compacte, classe moyenne et classe supérieure) et quatre technologies de motorisation (essence/diesel, électrique à batterie, hybride rechargeable, pile à combustible).

Ce faisant, il est tenu compte du kilométrage spécifique aux communes (voir étape 1) et de la composition spécifique des véhicules par commune. Le kilométrage annuel des véhicules est en moyenne de 12 500 km, mais il peut varier en fonction de la technologie de motorisation, de la catégorie du véhicule et de son âge, voir aussi la dernière évaluation du microrecensement mobilité et transports<sup>9</sup>.

La durée de vie moyenne des voitures est d'environ 16 ans. Mais la probabilité de survie n'est pas linéaire avec l'âge du véhicule. Le renouvellement du parc automobile est modélisé en détail par commune et catégorie de véhicules. EBP a appliqué son propre modèle pour les proportions de voitures neuves et le développement du parc automobile. Il y a ainsi des divergences par rapport aux hypothèses formulées jusqu'ici<sup>10</sup>.

---

7 OFROU, 2022 : Données relatives aux véhicules. [Lien](#).

8 OFROU, 2022 : Données relatives aux véhicules. [Lien](#).

9 OFS, ARE, 2023 : Microrecensement mobilité et transports 2021. [Lien](#).

10 OFEN, 2022 : Perspectives énergétiques 2050+. [Lien](#) & ARE, 2022: Perspectives d'évolution du transport 2050. [Lien](#).

#### 4 Évolution besoins en énergie finale

Les besoins en énergie sont modélisés sur la base de la composition annuelle du parc automobile (voir étape 3) et des consommations d'énergie spécifiques en fonction de la première mise en circulation. Les consommations d'électricité spécifiques des voitures électriques à batterie baissent de 7 à 11 % à l'horizon 2035 par rapport à aujourd'hui.

#### 5 Relation ménages / utilisation

Des facteurs socio-démographiques tels que le type de ménage (location, propriété par étages, propriété d'une maison) et le revenu ont une grande influence sur l'acquisition et la possession d'un véhicule rechargeable<sup>11,12</sup>. Les ménages à hauts revenus et les propriétaires de maisons possèdent nettement plus souvent des véhicules rechargeables. L'influence des facteurs socio-démographiques reste déterminante au-delà de 2035. Ils perdent de leur importance à l'horizon 2050 en cas d'électrification à large échelle.

Le type de ménage est particulièrement important car, entre locataires, propriétaires par étages et propriétaires fonciers, ce ne sont pas les mêmes obstacles à la réalisation d'un point de recharge privé à domicile.

Compte tenu de ces facteurs socio-démographiques et pour une estimation solide de la proportion de véhicules rechargeables qui pourront être rechargés à domicile, tous les véhicules rechargeables sont répartis entre les ménages et les entreprises dans la modélisation jusqu'en 2050. Pour ce faire, l'étude s'est servie de la population synthétique d'EBP<sup>13</sup>, qui représente synthétiquement les quelque 3,6 millions de ménages et d'entreprises suisses avec revenu, type de ménage, type de bâtiment, comportement de mobilité, etc. spécifiques. L'évolution du parc immobilier et des ménages est modélisée en conséquence jusqu'en 2050.

La population synthétique d'EBP aide à répartir les voitures selon cinq types d'utilisation. Tous les véhicules peuvent être classés selon ces cinq types d'utilisation, qui peuvent être définis sur la base des conditions de propriété<sup>14 15</sup> et des motifs de déplacement<sup>16</sup>.

On distingue les cinq types d'utilisation suivants au comportement de recharge fondamentalement différent (voir aussi étape 6) :

- Véhicule pendulaire ou de loisirs (pas / peu de trajets professionnels), rechargé à domicile (si borne de recharge disponible) et sur le lieu de travail.
- Véhicule uniquement de loisirs (pas de trajets pendulaires ou professionnels), rechargé à domicile (si borne de recharge disponible), pas sur le lieu de travail.
- Véhicule de service, pendulaire et de loisirs en mains privées (y c. *user chooser*), rechargé à domicile (si borne de recharge disponible) et sur le lieu de travail (si disponible), sur le lieu de destination et aux chargeurs rapides en complément (selon *use case*).
- Véhicule de service, pendulaire et de loisirs aux mains de l'entreprise (y c. *user chooser*), rechargé à domicile (si borne de recharge disponible), disponibilité de l'infrastructure de recharge plus importante sur le lieu de travail, sur le lieu de destination et aux chargeurs rapides en complément (selon *use case*).

---

11 TCS, 2022 : Baromètre TCS de l'e-mobilité. [Lien](#).

12 OFS, ARE, 2023 : Microrecensement mobilité et transports 2021. [Lien](#).

13 EBP, 2022 : synPop – Synthetische Bevölkerung der Schweiz. [Lien](#).

14 OFROU, 2022 : Données relatives aux véhicules. [Lien](#).

15 ARE, 2020 : Modèle national de trafic voyageurs 2017. [Lien](#).

16 ARE, 2017 : Microrecensement mobilité et transports 2015. [Lien](#).

- Véhicule de service uniquement, rechargé seulement sur le lieu de travail et aux chargeurs rapides en complément.

L'électrification des types d'utilisation n'intervient pas à la même vitesse :

- Les voitures aux mains de l'entreprise sont électrifiées avant les véhicules privés.
- Les véhicules de loisirs en mains privées sont électrifiés avant les véhicules pendulaires privés.
- En 2022, environ 31 % des véhicules rechargeables sont aux mains des entreprises.

## **6 Évolution comportement de recharge**

52 types de recharge sont différenciés. La différenciation se fait sur la base du type d'utilisation, de la disponibilité d'une infrastructure de recharge privée à domicile, sur le lieu de travail et dans le quartier ainsi que de l'autonomie et de la puissance absorbée des véhicules rechargeables. Les types de recharge diffèrent au niveau de leurs besoins de recharge (où les utilisateurs rechargent-ils et combien ?). Le comportement individuel des types de recharge s'adapte aux évolutions techniques au fil du temps. En raison de l'autonomie et des capacités de charge plus importantes, le nombre de processus de recharge diminue par véhicule rechargeable, alors que la quantité d'électricité par processus de recharge augmente aux points de recharge publics.

À chaque véhicule rechargeable est attribué un type de recharge correspondant. Les types de recharge se distinguent au niveau des proportions des cinq besoins de recharge.

Pour décrire les types de recharge, les prémisses suivantes sont applicables, coordonnées avec les experts et expertes :

- Quiconque a un point de recharge privé à domicile y recharge environ 80 % des besoins annuels en deux à trois processus de charge par semaine.
- Quiconque n'a une possibilité de recharge que sur le lieu de travail y recharge 70 à 80 % des besoins annuels en un à deux processus de charge par semaine.
- Quiconque a une infrastructure de recharge à domicile et sur le lieu de travail y recharge environ 80 % des besoins annuels (part un peu plus élevée à domicile que sur le lieu de travail). Le reste des besoins de recharge est couvert par l'infrastructure de recharge publiquement accessible en quelque dix processus de charge par an.
- Quiconque n'a pas d'infrastructure de recharge à domicile ou sur le lieu de travail recharge à un rythme hebdomadaire aux points de recharge publiquement accessibles.
- Les véhicules avec une plus faible puissance absorbée et une petite batterie (comme les PHEV) rechargent plus souvent et avec une faible puissance de recharge.
- Plus la batterie est grande, moins il faut de processus de charge, mais les quantités sont plus importantes par charge.

La quantité chargée par processus dépend de la puissance de recharge proposée au point de recharge, du véhicule rechargeable et du besoin annuel d'électricité du véhicule rechargeable. Dans le modèle, les processus de charge sont modélisés séparément. En *moyenne*, la quantité d'électricité suivante est rechargée en 2035 par charge par un véhicule électrique à batterie, en fonction du besoin de recharge :

- Recharge à domicile : 15 kWh
- Recharge sur le lieu de travail : 25 kWh
- Recharge dans le quartier : 25 kWh
- Recharge sur le lieu de destination : 30 kWh
- Recharge rapide : 45 kWh

## **7** Évolution infrastructure de recharge

À part la recharge à la maison, les processus de recharge ne se déroulent pas exactement là où le véhicule est enregistré, mais ailleurs, par exemple sur le lieu de travail, sur le lieu de destination, dans le quartier ou aux points de recharge rapide. Pour modéliser les besoins de recharge de manière spatialement différenciée, l'étude a procédé à une simulation multi- agents portant sur les flux de trafic du modèle national pour le trafic voyageurs<sup>17</sup> par motifs de déplacement (travail, loisirs, déplacements professionnels, etc.). Les besoins de recharge agrégés sont modélisés pour les quelque 8000 zones de circulation de la Suisse. Le nombre de points de recharge requis pour couvrir les besoins de recharge dépend de l'actuel réseau de recharge<sup>18</sup> et de l'utilisation supposée des capacités des points de recharge (taux d'utilisation) à l'avenir. Ce taux d'utilisation indique combien d'énergie de charge est fournie par jour ou par an par le biais d'un point de charge (par rapport à la fourniture d'électricité maximale possible à ce point de recharge). L'utilisation des capacités des points de recharge varie en fonction de l'option de recharge. Davantage d'électricité est fournie par an à un point de recharge rapide qu'à un point de recharge sur le lieu de travail. Les hypothèses sur l'utilisation future des capacités des points de recharge par option de recharge ont été coordonnées avec les experts et expertes<sup>19</sup>.

Les options de recharge suivantes sont différenciées et agrégées :

- Recharge à domicile : AC 3,7 kW et 11 kW
- Recharge sur le lieu de travail : AC 11 kW pour les véhicules de service et pendulaires
- Recharge dans le quartier : AC 11 kW et DC 150 kW
- Recharge sur le lieu de destination : AC 11 kW et DC 50 kW
- Recharge rapide : DC 150 kW et DC 350 kW

La puissance de recharge proposée par point de recharge augmente à l'horizon 2050. L'option de recharge avec la puissance de recharge la plus élevée est donc concrétisée plus souvent en vue de 2035 et de 2050 dans la logique de développement.

La quantité d'électricité rechargée aux points de recharge publiquement accessibles n'est pas identique dans tous les univers de recharge en fonction de l'option de recharge. Elle augmente en continu jusqu'en 2035 par rapport à l'état de 2022 et reste alors constante jusqu'en 2050. La plupart des points de recharge publiquement accessibles n'ont pas pu être exploités de manière rentable en 2022. Le réseau de recharge accessible au public était peu utilisé cette année-là et aurait

---

17 ARE, 2020 : Modèle national de trafic voyageurs 2017. [Lien](#).

18 OFEN, 2022 : Stations pour voitures électriques. [Lien](#).

19 Estimation des experts « Conception Infrastructure de recharge 2050 », voir chap. 8.

pu alimenter bien plus de véhicules rechargeables. L'utilisation des points de recharge publiquement accessibles est donc en hausse dans le modèle jusqu'en 2035. Le modèle reproduit par conséquent un réseau de recharge efficient qui peut être exploité en grande partie de manière rentable. À partir de 2035, de nouveaux points de recharge verront aussi le jour de manière proportionnelle à la hausse du besoin de recharge. La quantité d'électricité chargée par point de recharge reste donc constante à un niveau élevé.

Comme l'étude l'a déjà mentionné, l'analyse a été réalisée au niveau des quelque 8000 zones de circulation. L'installation d'un point de recharge d'une certaine option de recharge (p. ex. un point de recharge avec DC 150 kW) dans une zone dépend du besoin de recharge modélisé dans cette zone. Pour les points de recharge sur le lieu de destination et pour les chargeurs rapides, plusieurs zones de circulation ont donc été réunies en une zone de desserte afin de déterminer le futur besoin de points de recharge. Le modèle reproduit des clusters d'au moins 6 à 9 points de recharge par site.