



Rapport Projet Data Science

Thème 3 : Les voitures électriques

IG4

2023/2024



Par :

Matéo IORI

Maxys PAGEAU

Valentin RACAUD-MINUZZI

Suzanne ROBERT

Sommaire

Introduction	3
Les objectifs du parc automobile électrique en France	4
Comment est dimensionné le parc automobile électrique français par rapport au reste du monde ?	5
Le parc automobile français peut-il être renouvelé avec des véhicules électriques ?	6
La transition vers les véhicules électriques est-elle synonyme de gain de qualité de vie des utilisateurs ?	7
Est-ce que tous les véhicules électriques ont les mêmes caractéristiques ? Qu'est-ce qui les différencie ?	8
Lien entre le nombre de bornes et le nombre de véhicules électriques et les acteurs de l'installation	9
Évolution des bornes électriques en France	11
Conclusion	12
Annexe	13

Introduction

Au fil de notre cursus universitaire en informatique et gestion, et dans le cadre du projet de data science, nous avons dû réaliser une analyse de la thématique suivante, les véhicules électriques. De cette thématique, nous avons donc cherché une problématique suffisamment vaste pour ne pas nous limiter. Nous avons, au cours de ce semestre, mené une analyse approfondie de la problématique suivante : Quelle est l'évolution des infrastructures et du parc électriques en France ? Est-elle suffisante pour totalement passer à l'électrique ? Les acteurs de l'électrique, vont-ils dans ce sens ?

Pour cela, dans un premier temps, nous étudierons les objectifs du parc automobile électrique en France. Puis, nous nous questionnerons sur la dimension du parc en France par rapport au reste du monde. Ensuite, nous analyserons la faisabilité du renouvellement du parc automobile à l'électrique. De plus, nous verrons si cette transition est synonyme de gain de qualité de vie des utilisateurs. Après, nous explorerons si les véhicules électriques ont les mêmes caractéristiques et si oui, qu'est-ce qu'il les différencie. Subséquemment, nous étudierons le lien entre le nombre de bornes et le nombre de véhicules électriques ainsi que les acteurs de l'installation. Ensuite, nous examinerons l'évolution des bornes électriques en France. Enfin, nous conclurons.

Les objectifs du parc automobile électrique en France

En France, le 21 octobre 2022, l'ancienne première ministre Élisabeth Borne a communiqué une annonce cruciale sur le site du gouvernement. Cette déclaration affirmait clairement dans son titre l'objectif de posséder 2 millions de voitures électriques d'ici 2030. Soucieux de vérifier cette information, nous avons entrepris une recherche approfondie des données concernant les immatriculations de voitures particulières neuves électriques en France

(source: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-2020-sur-les-immatriculations-des-vehicules>).

Notre méthodologie a consisté à extraire les données pertinentes tout en éliminant les éléments superflus. Après cette étape, nous avons élaboré un premier diagramme en ligne démontrant de manière concluante que l'évolution du nombre d'immatriculations suivait une tendance exponentielle (cf fig 1.1) de 2000 à 2019. Pour affiner nos analyses et anticiper les évolutions futures, nous avons effectué une régression exponentielle, visant à prédire les données de 2021 jusqu'en 2035, fournissant ainsi une perspective prospective.

Le point culminant de notre analyse a été la création d'un graphique linéaire représentant l'évolution du nombre d'immatriculations de voitures particulières neuves électriques en France. Ce diagramme se distingue par l'utilisation d'un axe des ordonnées logarithmique, mettant en évidence de manière plus claire la croissance exponentielle des immatriculations au fil du temps. (cf fig 1.2).

Les données issues de nos recherches ont été différenciées par des nuances de vert, mettant en évidence les informations extraites et les données prédites. Selon nos prévisions, le nombre de voitures particulières neuves en 2030 atteindrait 1 944 762. Nos conclusions soulignent que, d'après notre analyse, les objectifs gouvernementaux peuvent être atteints si l'acquisition de véhicules électriques suit une progression exponentielle d'ici 2030.

Cette démarche démontre l'importance de l'analyse des tendances actuelles pour anticiper les développements futurs dans le domaine des véhicules électriques en France. Elle souligne également la nécessité de politiques et d'initiatives propices à la croissance exponentielle du parc automobile électrique pour atteindre les objectifs ambitieux fixés pour 2030.

Comment est dimensionné le parc automobile électrique français par rapport au reste du monde ?

En 2023, le parc automobile Français est de 38,7 millions de voitures. 97% d'entre elles sont des véhicules thermiques (essence, diesel), soit environ 37,5 millions de véhicules contre environ 880000 véhicules électriques.

(src: <https://ekwateur.fr/blog/voiture-electrique/pourcentage-voiture-electrique-france-2023/>)

Le nombre de véhicules électriques représente donc moins de 3% de la totalité du parc automobile français.

Nous avons alors décidé de comparer le nombre de véhicules électriques du parc automobile français avec les données d'autres pays (cf fig 2). Cette valeur a été ramenée sur la population active de chaque pays afin de normaliser les données et d'analyser la décision des propriétaires au détriment du nombre pur de véhicules. Le choix d'utiliser la population active au lieu de la population totale permet de ne pas prendre en compte les possibles variations dues au aux nombre de personnes mineures qui ne nécessitent pas de véhicules.

Le graphique réalisé nous permet d'apercevoir une grande disparité de ces valeurs qui nous permet de diviser géographiquement les pays analysés en 5 groupes. Par ordre décroissant de véhicules électriques par 1000 personnes actives en 2022, ces groupes sont:

- Les pays scandinaves (avec un ratio 5 fois plus important que celui de la France)
- Le Benelux
- L'Europe de l'Ouest et l'Europe centrale
- L'Europe du Sud et les autres pays développés (Amérique du Nord, Asie-Pacifique)
- Les pays en développement (avec un ratio 10 fois inférieur à celui de la France)

Nous pouvons conclure que le continent européen est très en avance par rapport au reste du monde. La France est quant-à elle proche des valeurs du Benelux mais loin du parc automobile électrique scandinave. Enfin, les pays moins développés ont un parc automobile électrique plus petit que les plus développés.

L'hypothèse que nous émettons est que la proximité entre pays qui développent leur parc automobile électrique les encourage à continuer et à le développer davantage. En Europe, cela peut s'expliquer par la politique européenne dirigée vers l'adoption de l'électrique et aux différentes subventions versées par les pays européens qui recopient leurs mesures.

Quant à la France, les collectivités territoriales soutiennent l'installation de bornes de recharge grâce à différentes aides mises en place par le gouvernement.

La prime Advenir est destinée au financement de l'installation de bornes de recharge pour véhicules électriques, mais uniquement dans des habitats collectifs ou pour des

entreprises du secteur automobile. Elle ne couvre pas les installations dans les maisons individuelles.

Par ailleurs, le Crédit d'impôt pour la transition écologique (CITE) offre un avantage fiscal de 30 % pour l'installation de bornes de recharge dans la résidence principale, qu'elle soit occupée par son propriétaire, un locataire ou un occupant à titre gratuit.

Le parc automobile français peut-il être renouvelé avec des véhicules électriques ?

Afin de respecter la politique française concernant le nombre de véhicules électriques circulant en France, l'objectif est de remplacer le parc automobile thermique par un parc automobile électrique:

- d'une part, en éliminant les véhicules thermiques du parc automobile global
- d'autre part, en faisant acheter des véhicules électriques neufs aux usagers

En effet, les véhicules électriques sont progressivement arrivés sur le marché depuis les années 2010. Il n'y a donc pas un parc automobile suffisant qui permettrait d'avoir une bonne rotation des véhicules électriques d'occasion.

Pour avoir un parc automobile électrique important, il faut donc amener les usagers à acheter des véhicules électriques neufs. Cependant les ventes de véhicules neufs stagnent par rapport aux ventes de véhicules d'occasion (cf fig 3).

L'un des éléments qui peut expliquer cela est la forte hausse des prix de l'automobile. Comme par exemple le prix des petits véhicules qui a connu une hausse de « 37 à 56 % ».

(source: <https://www.20minutes.fr/monde/4061065-20231106-europe-prix-petites-voitures-augmente-bien-dela-inflation#:~:text=Selon%20l%27association%20européenne%20qui,«%2037%20à%2056%20%25%20»>.)

De plus, les ventes de véhicules électriques neufs ne représentent que 12% de la totalité des ventes de véhicules neufs.

(source: https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2022/10/17/les-voitures-electriques-representent-12-des-ventes-de-vehicules-neufs-mais-moins-de-1-du-parc-automobile_6146188_4355770.html)

La transition vers les véhicules électriques est-elle synonyme de gain de qualité de vie des utilisateurs ?

La transition vers les véhicules électriques est synonyme d'un potentiel gain significatif en termes de qualité de vie pour les utilisateurs par rapport aux véhicules thermiques. L'un des aspects clés réside dans la facilité d'accès aux bornes de recharge. Avec une infrastructure de recharge de plus en plus étendue, les conducteurs peuvent envisager des déplacements plus sereins, sachant qu'ils peuvent trouver des points de recharge facilement. De plus, les avancées technologiques dans les stations de recharge rapide réduisent considérablement le temps nécessaire pour recharger les batteries, éliminant ainsi l'inquiétude liée à de longues attentes.

Si on considère qu'un plein d'essence dure quelques minutes, les nouvelles bornes à charge rapide chargent complètement une voiture en 15 minutes (contre quelques heures pour les moins performantes).

(source: <https://www.maif.fr/vehicule-mobilite/guide-voiture-electrique/bornes-temps-recharge#:~:text=Sur%20une%20borne%20rapide&text=Grâce%20à%20une%20capacité%20de,pour%20recharger%20les%2020%20%25%20restants.>)

L'augmentation de l'autonomie des véhicules électriques contribue également à améliorer la qualité de vie, permettant aux conducteurs de couvrir des distances plus importantes entre chaque recharge.

Suivant les évolutions de l'autonomie des véhicules électriques, un article d'EDF indique que d'après certains fabricants, tel que Samsung, atteindre 800 kilomètres d'autonomie en une seule recharge contre 550 à 1000 km d'autonomie pour un véhicule thermique.

(source: <https://izi-by-edf.fr/blog/voiture-electrique-autonomie-evolution/>)

(source: <https://www.autojm.fr/blog/quelles-sont-les-differences-entre-une-voiture-electrique-et-une-thermique/#:~:text=Une%20voiture%20thermique%20peut%20parcourir,de%20plus%20de%20700%20km.>).

En termes d'autonomie, les véhicules électriques sont donc en train de rattraper leur retard. Néanmoins, ces avancées technologiques bénéficient surtout aux plus grandes marques et aux modèles les plus onéreux ce qui délaisse les véhicules électriques plus accessibles.

Cette autonomie accrue, associée à une infrastructure de recharge plus accessible et des temps de recharge réduits, offre une flexibilité accrue aux utilisateurs et contribue ainsi à une expérience de conduite plus pratique et agréable. Mais cela reste à nuancer car seuls les modèles les plus haut standings bénéficient d'accès à des bornes de recharge rapide et de des dernières avancées sur l'autonomie.

Est-ce que tous les véhicules électriques ont les mêmes caractéristiques ? Qu'est-ce qui les différencie ?

Les avancées technologiques sur l'énergie électrique dans l'automobile ont connu un essor très important ces dernières années. Cela a permis aux fabricants de proposer des véhicules plus performants, plus confortables, mieux équipés et plus facile d'utilisation pour les usagers quel que soit leurs habitudes de déplacement (trajets courts / trajets longs, trajets quotidiens / trajets exceptionnels, sur route / sur autoroute). Cependant, tous les véhicules électriques ne bénéficient pas du même investissement. Pour montrer cela, nous avons décidé de réaliser une ACP sur un dataset de véhicules électriques (cf fig 4).

1) *Part des valeurs propres*

Les deux premières valeurs propres ont une participation cumulée supérieure à 79% donc notre choix s'est porté sur l'étude de cette ACP sur un plan à deux dimensions dont les axes sont les deux premiers.

2) *Etude des individus*

Les individus sont regroupés par marque. Cela nous permet de constater que la majorité des marques sont regroupées malgré quelques marques qui sont excentrées:

- Smart qui tend négativement sur les deux axes
- Tesla et Mercedes qui tendent positivement sur les deux axes
- Lucid, Porsche, Lightyear qui tendent positivement sur l'axe 1 mais négativement sur l'axe 2

3) *Etude des variables*

Sur l'axe 1, nous pouvons ne pas analyser les variables d'efficacité et de nombre de places car leur contribution est inférieure à 10%. Cela nous permet de déceler la forte corrélation entre l'autonomie, l'accélération, la vitesse maximale et le prix (corrélés positivement). Donc l'hypothèse que nous pouvons faire avec ces données est: plus un véhicule électrique est cher, plus il est performant et a de l'autonomie. Sur l'axe 2, nous pouvons uniquement analyser les variables d'efficacité et de nombre de places car les autres variables ont une contribution inférieure à 10%. Cela nous démontre que l'efficacité d'un véhicule est légèrement corrélé positivement avec le nombre de places.

4) *Etude symétrique des individus et des variables*

La marque Smart propose des véhicules globalement moins chers que la moyenne et plus efficaces mais moins performants, et avec moins de place. Les marques Mercedes, Lightyear, Tesla, et le le groupe composé des marques Ford, Volvo, Audi, Jaguar et Polestar sont plus chères que la moyenne moins efficaces mais aussi plus performantes. Enfin les marques Porsche et Lucid sont plus chères et performantes que les marques précédemment citées.

Pour conclure, les voitures bénéficiant du plus d'autonomie et de performance ne sont pas les plus accessibles alors que celles-ci présentent des caractéristiques très recherchées par les usagers pour leur propre qualité de vie.

Lien entre le nombre de bornes et le nombre de véhicules électriques et les acteurs de l'installation

Dans le but d'analyser la densité des bornes de recharge en France nous avons voulu faire une carte pour avoir une représentation géographique de la répartition des bornes sur le territoire.

Pour prendre en main les fichiers csv que nous avions et comprendre le fonctionnement des fichiers geojson pour la représentation géographique nous avons commencé par mettre un point par borne. Au départ pour la première borne du fichier, et on a petit à petit augmenté le nombre de bornes qu'on affichait. Mais dès les 10000 premières sur un total de plus de 800000 bornes la carte mettait beaucoup de temps à charger et elle devenait illisible car il y avait des points à peu près partout. Cette solution n'étant pas viable nous avons dû réfléchir à un autre moyen de représentation.

Nous avons choisi de représenter la densité de bornes de recharges par rapport au nombre de voitures électriques par département. Pour cela nous avons besoin de données supplémentaires liées au nombre de voitures électriques. Nous avons donc cherché des données de recensement par département mais ne trouvant pas, nous nous sommes tournés vers des données de recensement des véhicules électriques par commune (ville ou village) trouvées sur data.gouv.fr.

Le fichier de données contenait les codes postaux des communes, il suffisait donc d'ajouter le nombre de voitures électriques de toutes les communes dont le code postal commençait par 34 pour connaître la somme pour l'hérault par exemple. Cependant après avoir analysé le fichier csv nous avons remarqué qu'il y avait plusieurs relevés pour certaines communes. Alors nous avons seulement ajouté le relevé le plus récent pour chaque commune. Nous avons également dû gérer le cas où plusieurs communes pouvaient avoir le même nom, il fallait garder le dernier relevé de chaque commune.

En parallèle nous avons calculé le nombre de bornes par département et on a suivi la même logique grâce au code postal mais c'était plus simple car il n'y avait pas les problèmes que l'on vient d'évoquer. Pour les deux sommes nous avons fait une fonction générique à laquelle on passait un int qui correspondait au numéro du département sur lequel faire la somme donc la corse (2A et 2B) nous a fait faire quelques modifications.

Une fois ces deux sommes calculés pour chaque département nous avons fait notre ratio et nous avons mis en place une teinte de couleur en fonction de la valeur du ratio. On a mis du temps à faire en sorte que l'échelle de couleur soit représentative de la différence de ratio. Les couleurs étaient soit toutes claires soit toutes foncées donc ce n'était pas intéressant. Il nous a fallu mettre en place une échelle nous même et créer les intervalles de ratio et les couleurs correspondantes pour que la carte soit intéressante. (cf fig 5)

Ensuite nous avons fait en sorte qu'on puisse accéder aux informations par départements. Au départ, il fallait cliquer sur un bouton sur le département pour voir le nom du département, son nombre de bornes électriques, son nombre de véhicules électriques recensés ainsi que son ratio (nombre de bornes/nombre VE). Le bouton cachait les couleurs et prenait de la place donc on a permis l'affichage des informations quand on clique directement sur un département.

On observe que Paris devance de loin les autres départements avec une densité de 8,604 (481137 bornes pour 55919 véhicules électriques. Il y a ensuite l'Ille et Vilaine avec un ratio de 1,583 et la Haute Garonne avec 0,804 bornes par voiture en moyenne. Il semble y avoir des tendances par régions car plusieurs départements proches ont des teintes de bleus plutôt foncés puisqu'ils ont des densités élevées.

Cette version de la carte nous satisfaisait mais nous avons ensuite rajouté des choses pour l'améliorer. En effet, nous avons mis en place différents calques à ajouter au-dessus pour voir des informations supplémentaires. Le premier calque a permis d'afficher les régions pour voir si des tendances régions par régions se dessinaient réellement.

On a donc observé que l'Occitanie et la Bretagne avaient effectivement des densités assez élevées (plus élevées que la moyenne) et qu'aucun département de ces régions n'étaient lésées. La Bretagne avec ses 33125 bornes pour 49882 véhicules a une densité de 0,664. L'Occitanie a 36772 bornes pour 104711 voitures soit une densité de 0,35.

Ces tendances locales s'expliquent par des dispositifs d'aide pour l'installation de bornes de recharge dans certaines régions. Par exemple *"la Région Occitanie soutient l'installation sur le territoire régional de 50 bornes bidirectionnelles et 100 bornes intelligentes pour alimenter des flottes de véhicules électriques professionnels dans le cadre de l'opération Flexitanie aux côtés d'EDF, de l'ADEME."*

(source: <https://www.laregion.fr/Dispositif-d-aides-pour-l-installation-de-50-bornes-de-recharge-bidirectionnelles-et>)

L'aide proposée sera de type subvention et selon un barème unitaire de 3000 € par borne bidirectionnelle installée et 1500 € par borne intelligente installée. Ces offres sont cumulables avec les autres aides nationales.

"Les bornes de recharges classiques sont exclues de ce dispositif et les bornes devront être installées sur un lieu de travail (organismes privés ou publics) disposant d'un bâtiment tertiaire ou industriel conséquent."

Nous avons aussi mis un calque qui affiche les principaux axes routiers pour voir s'il y avait une corrélation et que beaucoup de bornes étaient installées sur ces axes près des autoroutes. Après avoir retourné internet nous n'avons pas trouvé de fichier de données contenant les coordonnées des principaux axes routiers donc nous avons créé notre propre fichier geojson grâce à un outil qui permettait de tracer les routes sur un calque avec la carte en dessous. Et nous avons utilisé des images de carte de France avec les principaux axes routiers pour savoir quelles autoroutes ajouter à notre fichier geojson.

En effet on peut observer que les départements qui se trouvent sur les grands axes routiers ont généralement un meilleur ratio que les autres. Ca s'explique par le fait que les concessionnaires accélèrent le déploiement de bornes de recharges pour véhicules électriques sur les 364 aires de services de l'hexagone.

Ils sont aidés par l'Etat et son vaste plan de déploiement lancé en 2020 et financé à hauteur de 100 millions d'euros. *"Toutes les aires de service du réseau autoroutier concédé seront équipées de stations de recharge pour véhicules électriques d'ici au 1er janvier 2023"*, selon un décret publié en février 2021. Certains acteurs du milieu affirment qu'il va falloir maintenant renforcer de manière pérenne le maillage autoroutier en installant des points de recharge complémentaires et prolonger le soutien financier de l'Etat pour garantir un tarif compétitif par rapport aux véhicules thermiques.

Les départements par lesquels passent les autoroutes sont aussi des départements assez peuplés donc il est difficile de conclure que la haute densité de bornes dans ces départements est due au fait qu'il y ait des autoroutes.

Évolution des bornes électriques en France

En France, le 9 mai 2023, le Gouvernement a annoncé son ambition d'implanter 400 000 points de recharge ouverts au public d'ici à 2030. Afin de vérifier la faisabilité de cet objectif, nous avons entrepris une analyse approfondie du nombre de bornes de recharge et du nombre de points de charge actifs. Les données officielles du Gouvernement, consultées sur la plateforme de données ouvertes ont constitué notre base de travail.

(source: <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/fichier-consolide-des-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques/>)

Pour parvenir à une compréhension plus approfondie, nous avons extrait les informations pertinentes de ce jeu de données, c'est-à-dire les données où nous avons une date de mise en service. Nous avons procédé à une mise en forme rigoureuse des données en les triant par année, facilitant ainsi une analyse temporelle significative. Nos efforts ont abouti à la création de quatre diagrammes en barres distincts, mettant en lumière le nombre de nouvelles bornes par année, le cumul annuel des bornes, le nombre de nouveaux points de charge par année, ainsi que le cumul annuel de ces points (cf fig 7.1, 7.2, 7.3 et 7.4).

Les résultats de notre analyse ont révélé une tendance encourageante. En observant de près les diagrammes, nous constatons que l'ambition du Gouvernement pourrait être réalisée si la croissance du nombre de points de charge se maintient à son rythme actuel. En effet, en 2023, le nombre cumulé de points de charge atteint 326 872, comparé à 209 770 en 2022. Cette progression suggère qu'atteindre l'objectif de 400 000 points de recharge est théoriquement envisageable dès 2024.

Ces conclusions démontrent l'efficacité des politiques gouvernementales visant à favoriser la transition vers le tout électrique. L'augmentation significative du nombre de points de charge révèle l'impact positif de ces initiatives sur l'infrastructure de recharge, renforçant ainsi la viabilité du plan ambitieux fixé pour 2030.

Conclusion

La transition vers le tout électrique en France représente un défi ambitieux mais réalisable, comme le montre l'analyse que nous avons menée. Notre étude a abordé divers aspects de cette transition, allant de l'évolution du parc automobile électrique à l'infrastructure de recharge.

D'une part, les objectifs gouvernementaux de 2 millions de véhicules électriques d'ici 2030 semblent atteignables, vu la tendance exponentielle actuelle des immatriculations de véhicules électriques. Cependant, il est crucial de noter que la France, bien que progressant, reste derrière les leaders européens tels que les pays scandinaves en termes de densité de véhicules électriques.

D'autre part, la faisabilité du renouvellement du parc automobile français vers l'électrique est mise en doute par la stagnation des ventes de véhicules neufs et l'augmentation des prix des automobiles, rendant les véhicules électriques moins accessibles pour une grande partie de la population. Néanmoins, l'augmentation de l'autonomie et l'amélioration des infrastructures de recharge, notamment avec des bornes plus rapides et plus répandues, contribuent à une meilleure qualité de vie pour les utilisateurs de véhicules électriques.

L'étude des caractéristiques des véhicules électriques révèle des disparités significatives entre les modèles. Les véhicules de marques premium offrent de meilleures performances et une plus grande autonomie, mais à des coûts plus élevés, tandis que des marques plus abordables offrent des options moins performantes mais plus efficaces et accessibles.

La corrélation entre le nombre de bornes de recharge et le nombre de véhicules électriques est évidente. La densité des bornes varie considérablement d'une région à l'autre, influencée par des facteurs tels que la politique régionale et nationale (grâce aux aides financières) et la présence d'axes routiers principaux. La volonté du gouvernement de déployer 400 000 points de recharge d'ici 2030 semble réalisable, compte tenu de l'augmentation rapide du nombre de points de charge ces dernières années.

En conclusion, bien que la France soit sur la bonne voie pour réaliser sa transition vers le tout électrique, plusieurs défis subsistent. Il est nécessaire de continuer à soutenir l'adoption des véhicules électriques à travers des politiques incitatives, une augmentation de l'accessibilité financière, et un déploiement continu de l'infrastructure de recharge. La réussite de cette transition dépend de la synergie entre les objectifs gouvernementaux, les initiatives des constructeurs automobiles, et l'acceptation des consommateurs.

Annexe

Lien du dashboard: https://projet-data-science.shinyapps.io/projet_data_science/

Lien du code source du dashboard:

<https://drive.google.com/drive/folders/1b7ucY-jm2V7WD3l7hIQS7XhTNKLxf8sk?usp=sharing>

Source Figures 1:

- <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-2020-sur-les-immatriculations-des-vehicules>

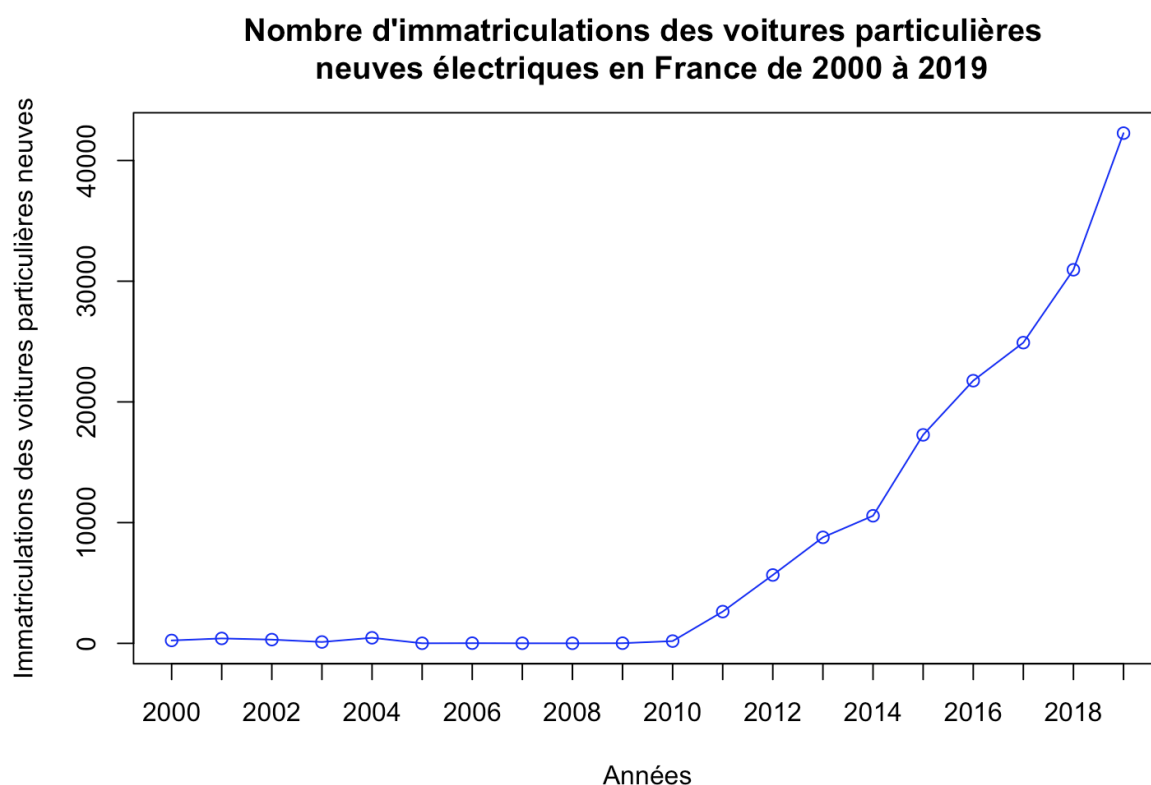


Figure n°1.1 : Diagramme linéaire de l'évolution du nombre d'immatriculations des voitures particulières neuves électriques en France de 2000 à 2019

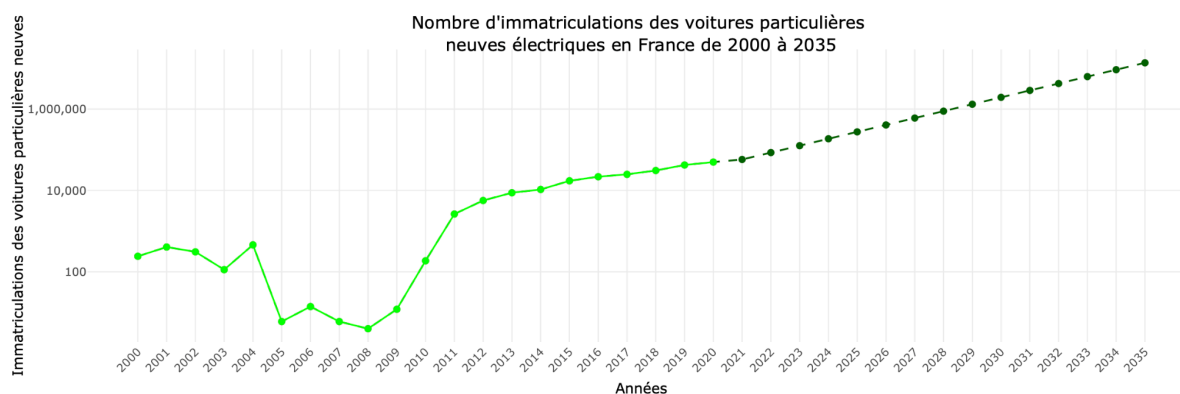


Figure n°1.2 : Diagramme linéaire de l'évolution du nombre d'immatriculations des voitures particulières neuves électriques en France de 2000 à 2035

Sources Figure 2:

- <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SL.TLF.TOTL.IN>
- https://github.com/dataforgoodfr/batch11_e_cartomobile/blob/main/e_cartomobile/data_extract/data_for_viz/IEA-EV-dataEV%20salesCarsHistorical.csv

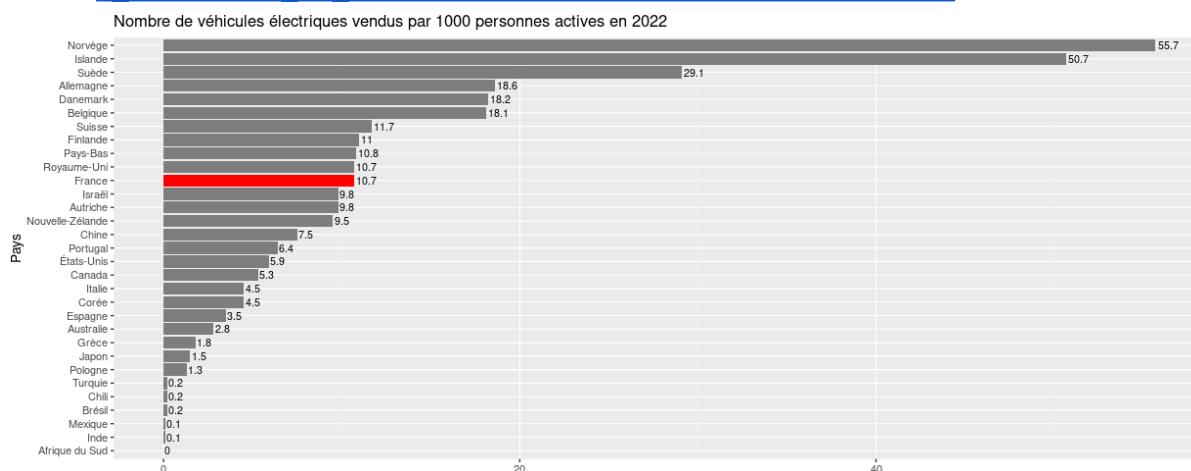


Figure 2: Diagramme à barres du nombre de véhicules électriques vendus par 1000 personnes actives par pays en 2022

Source Figure 3:

- <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/immatriculations-des-voitures-particulieres-en-2022-forte-baisse-dans-le-neuf-comme-dans-loccasion>

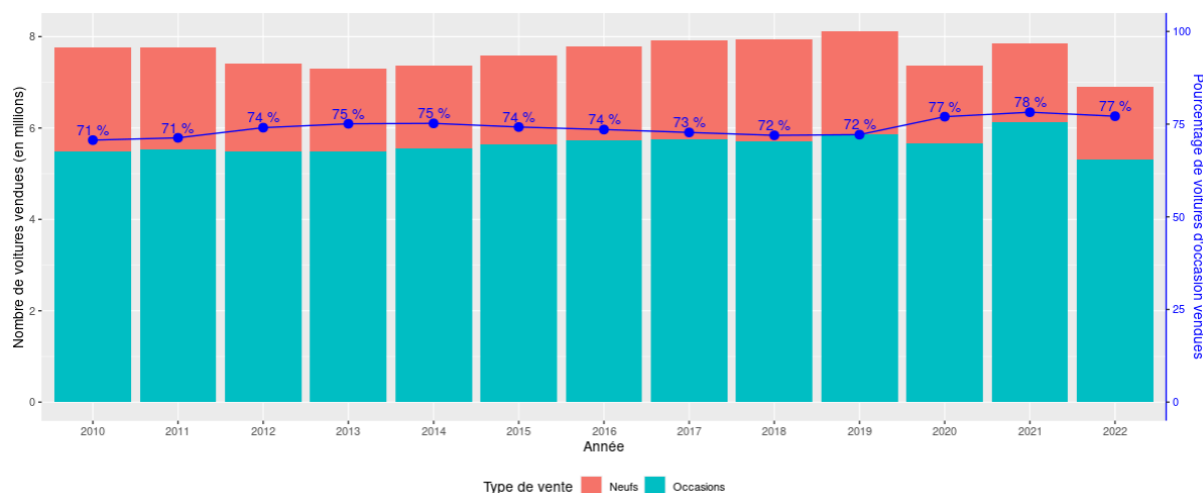


Figure n°3: Evolution des ventes entre véhicules d'occasion et véhicules neufs

Source Figures 4:

- <https://www.kaggle.com/datasets/geoffnel/evs-one-electric-vehicle-dataset/>

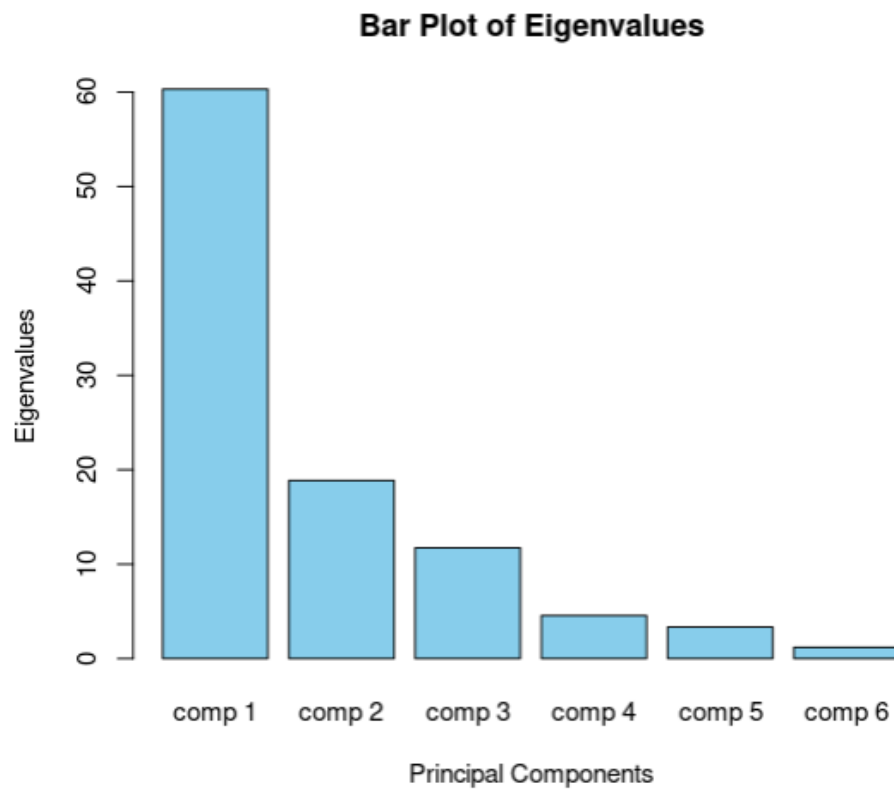


Figure n°4.1: Diagramme à barres représentant la participation des valeurs propres à l'analyse

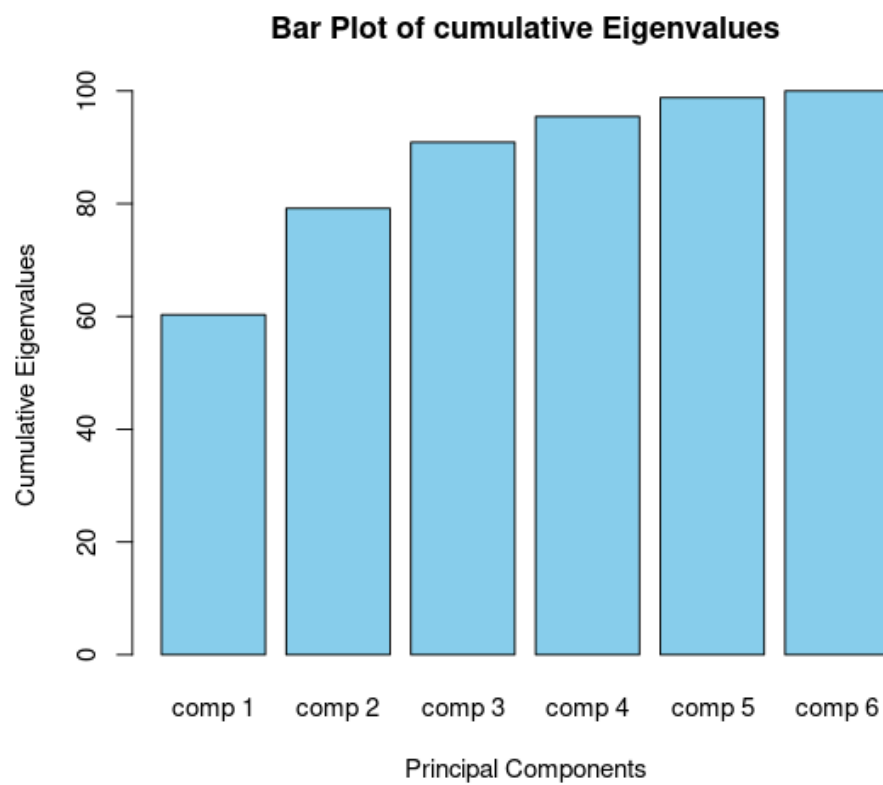


Figure n°4.2: Diagramme à barres représentant la participation cumulée des valeurs propres à l'analyse

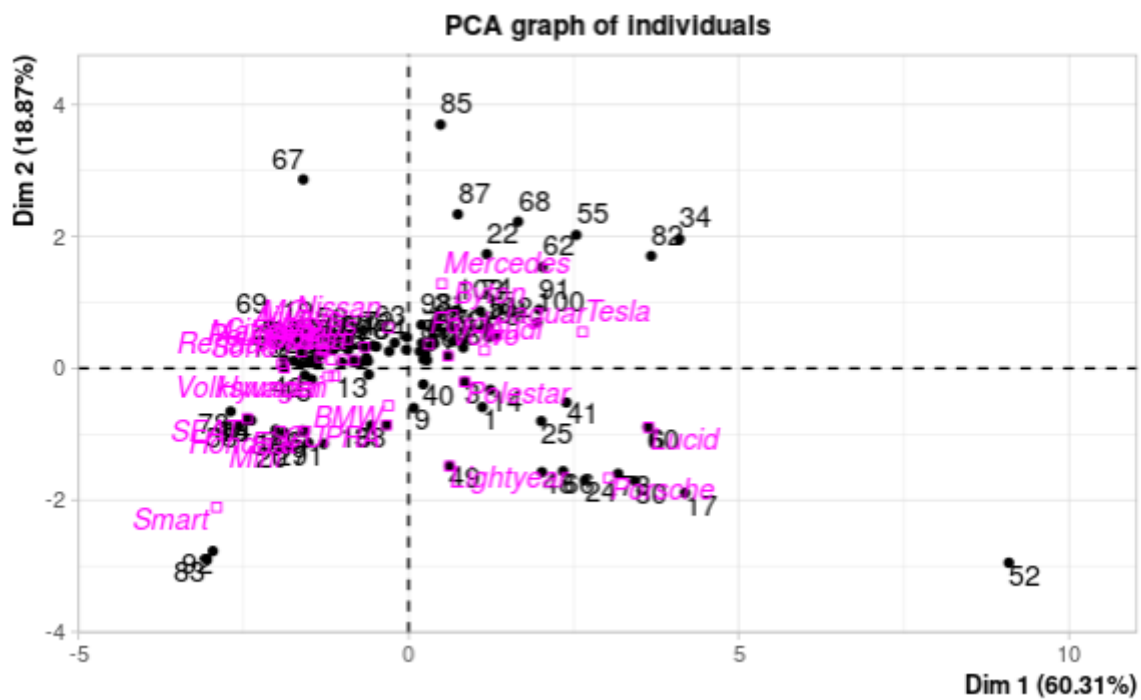


Figure n°4.3: Représentation des individus de l'ACP sur les dimensions 1 et 2

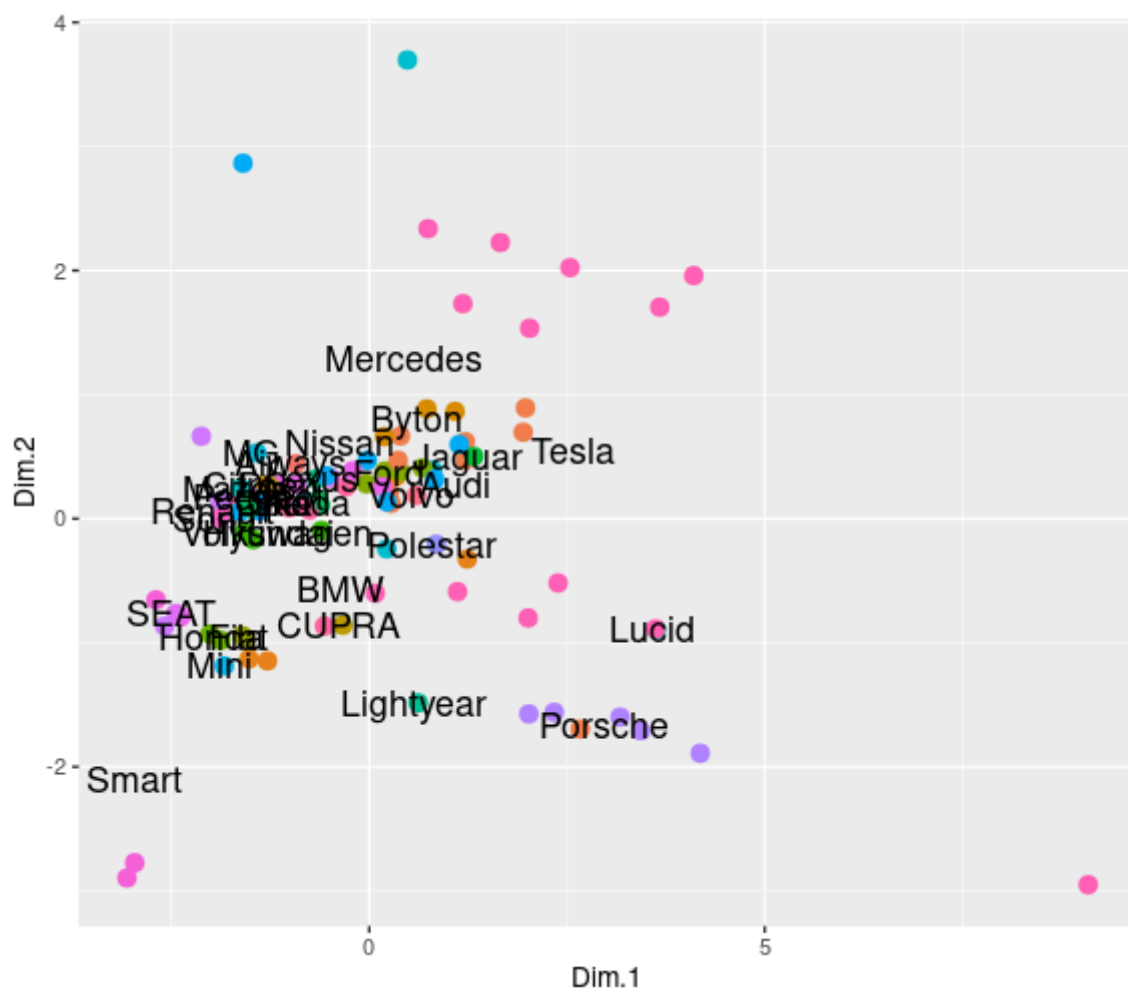


Figure n°4.4: Représentation simplifiée des individus de l'ACP sur les dimensions 1 et 2

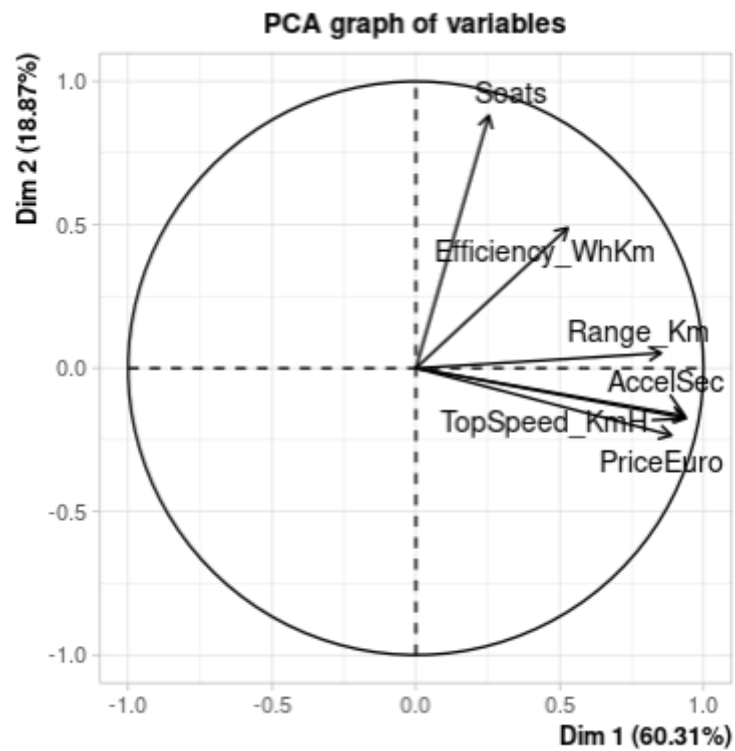


Figure n°4.5: Représentation des variables de l'ACP sur les dimensions 1 et 2

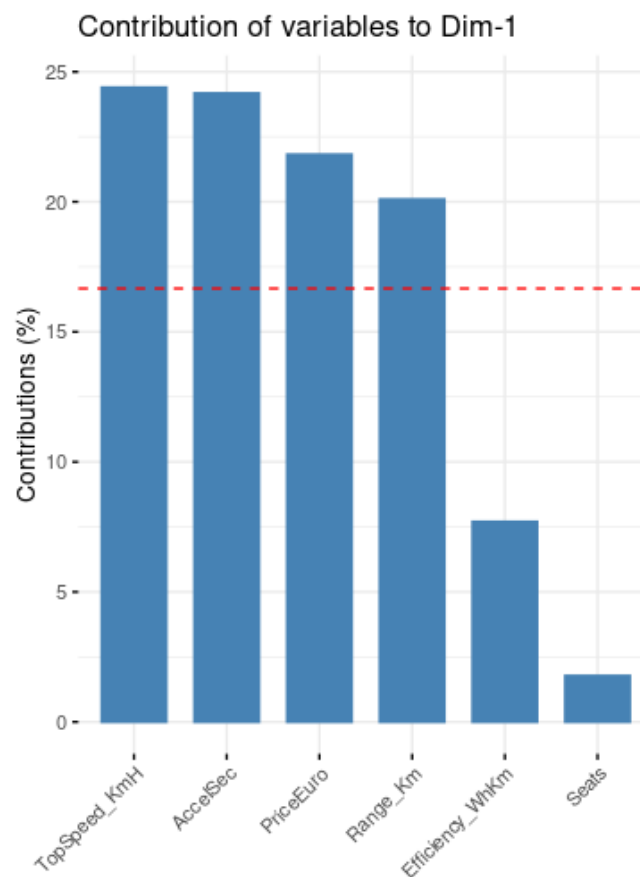


Figure n°4.6: Diagramme à barres de la contribution des variables sur l'axe 1

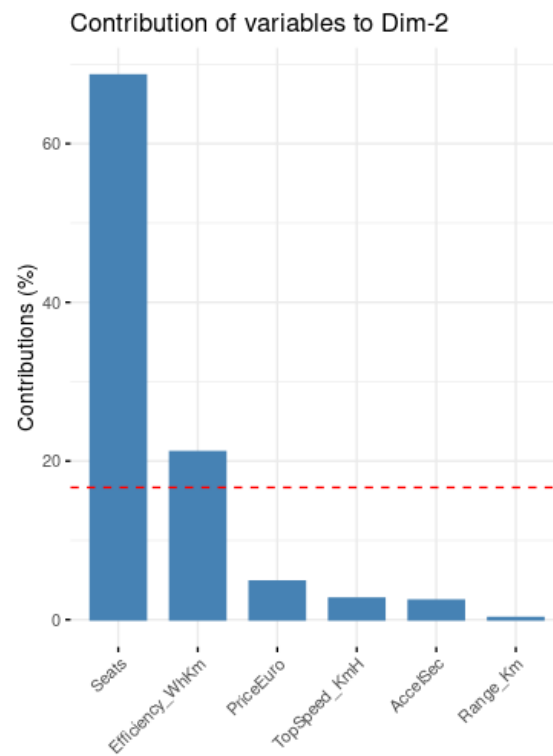


Figure n°4.7: Diagramme à barres de la contribution des variables sur l'axe 2

Sources Figure 5:

- <https://france-geojson.gregoire-david.fr/>
- <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/voitures-particulieres-immatriculees-par-commune-et-par-type-de-recharge/>
- <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/fichier-consolide-des-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques/>

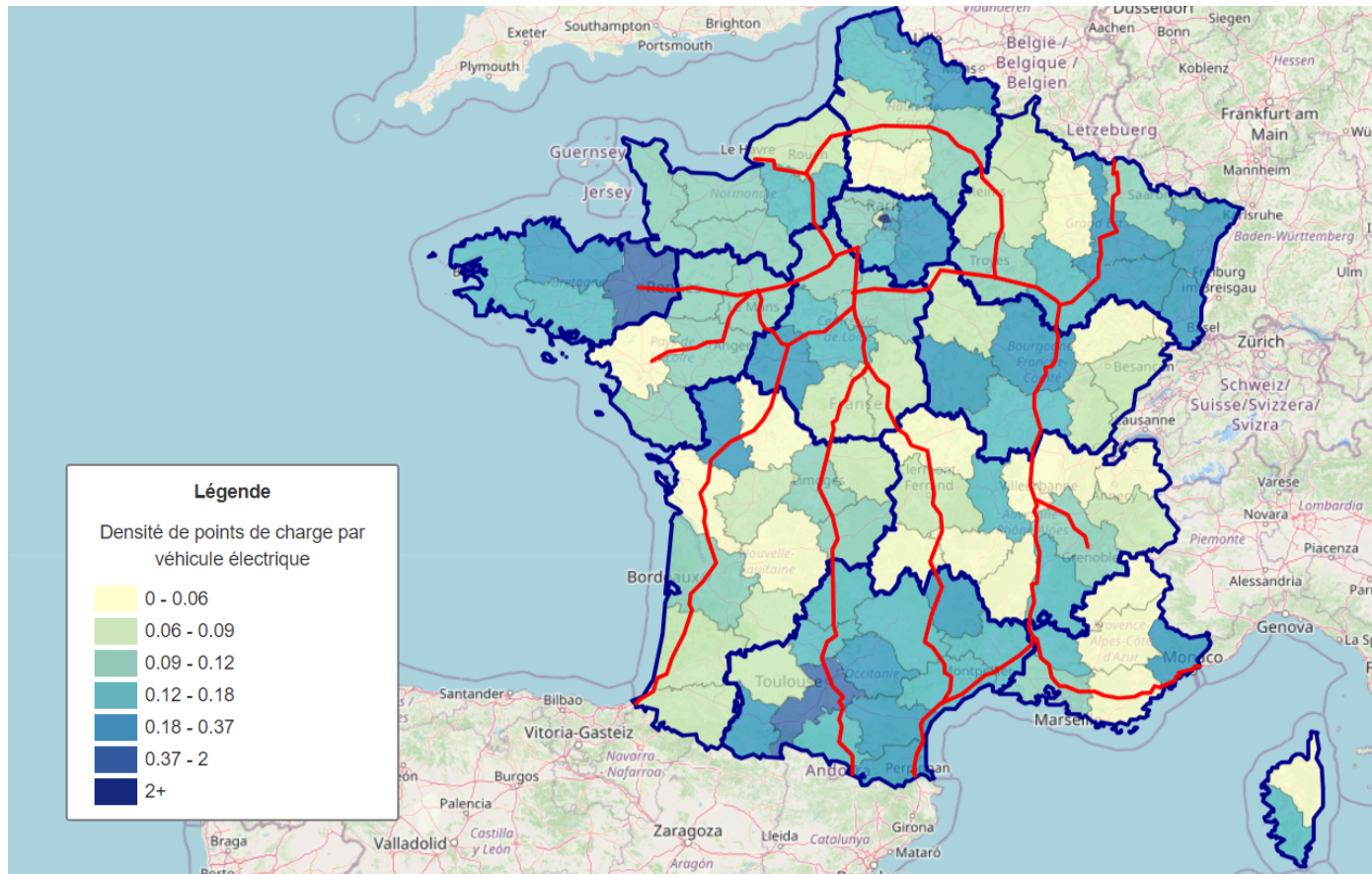


Figure n°5: Carte de densité des points de charge par véhicule électrique par département

Source Figures 6:

- <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/fichier-consolide-des-bornes-de-recharge-pour-vehicules-electriques/>

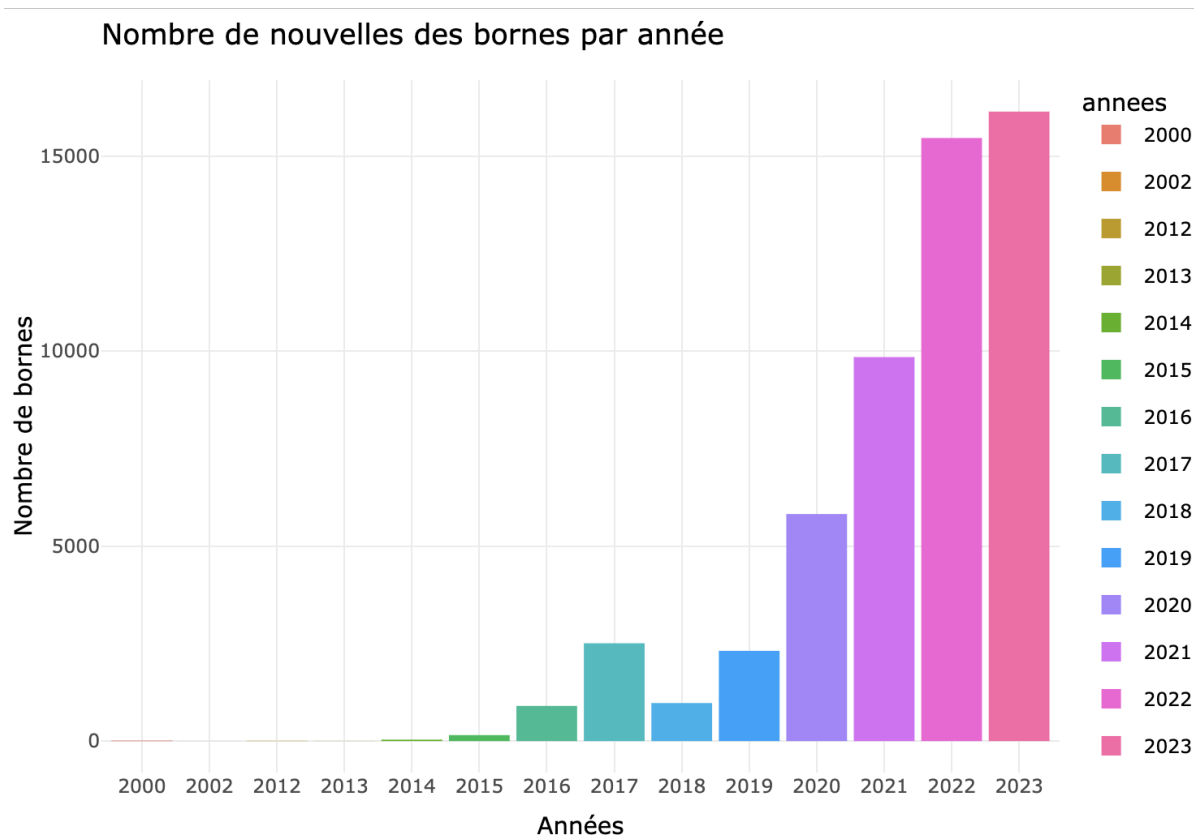


Figure n°6.1: Diagramme en bar de l'évolution du nombre de nouvelle bornes par année

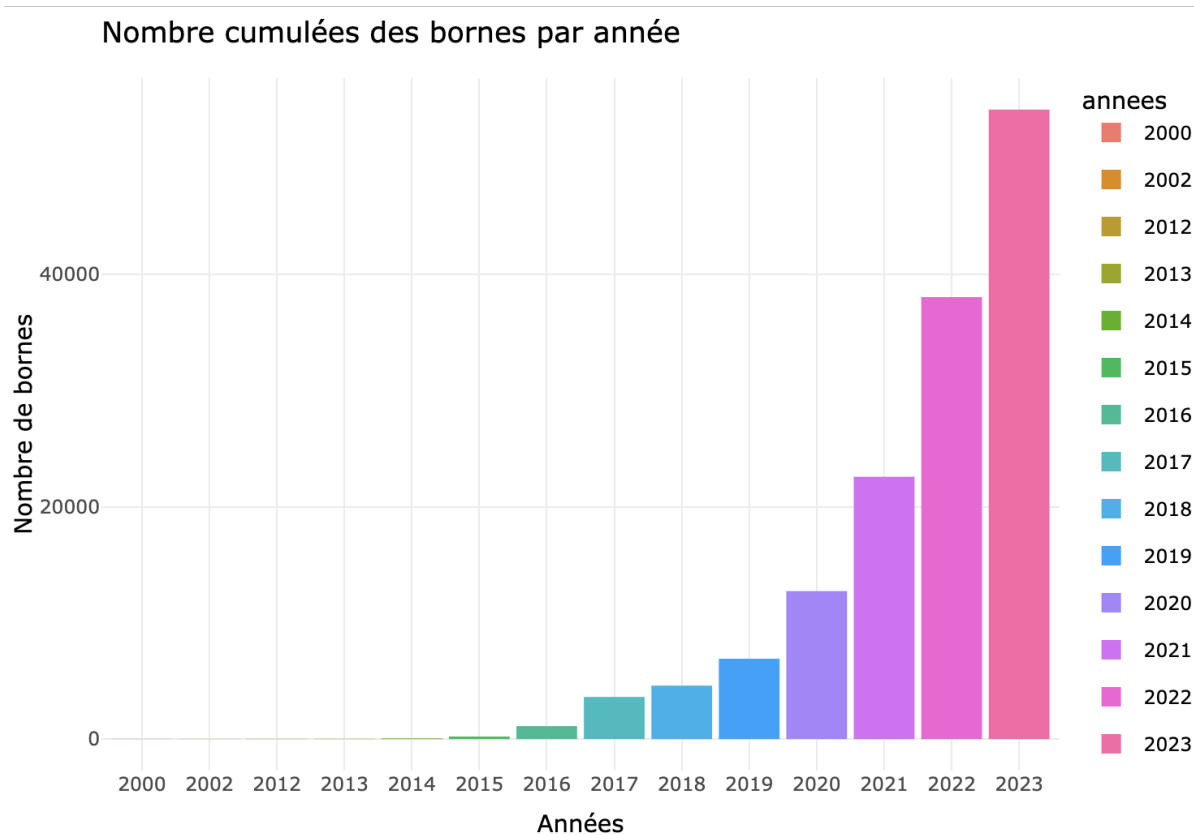


Figure n°6.2: Diagramme en bar du nombre cumulé de nouvelles bornes par année

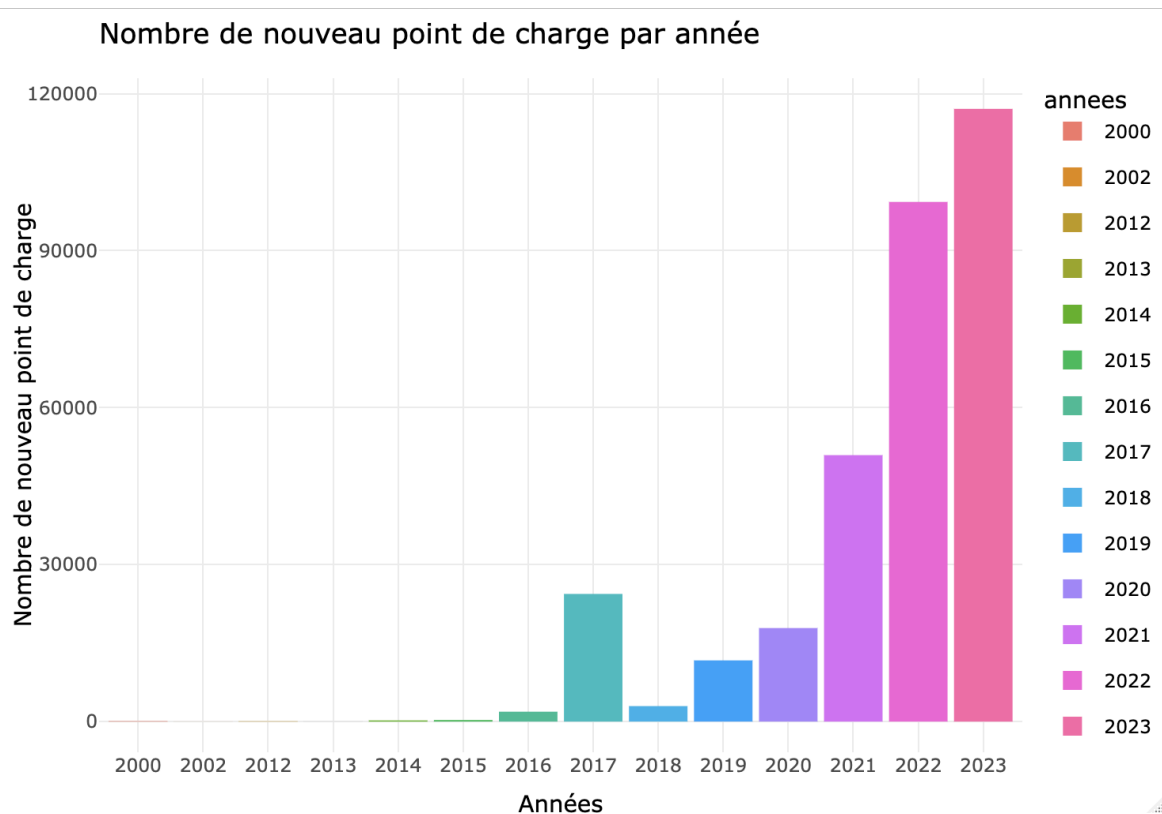


Figure n°6.3: Diagramme en bar du nombre cumulé de nouveau point de charge par année

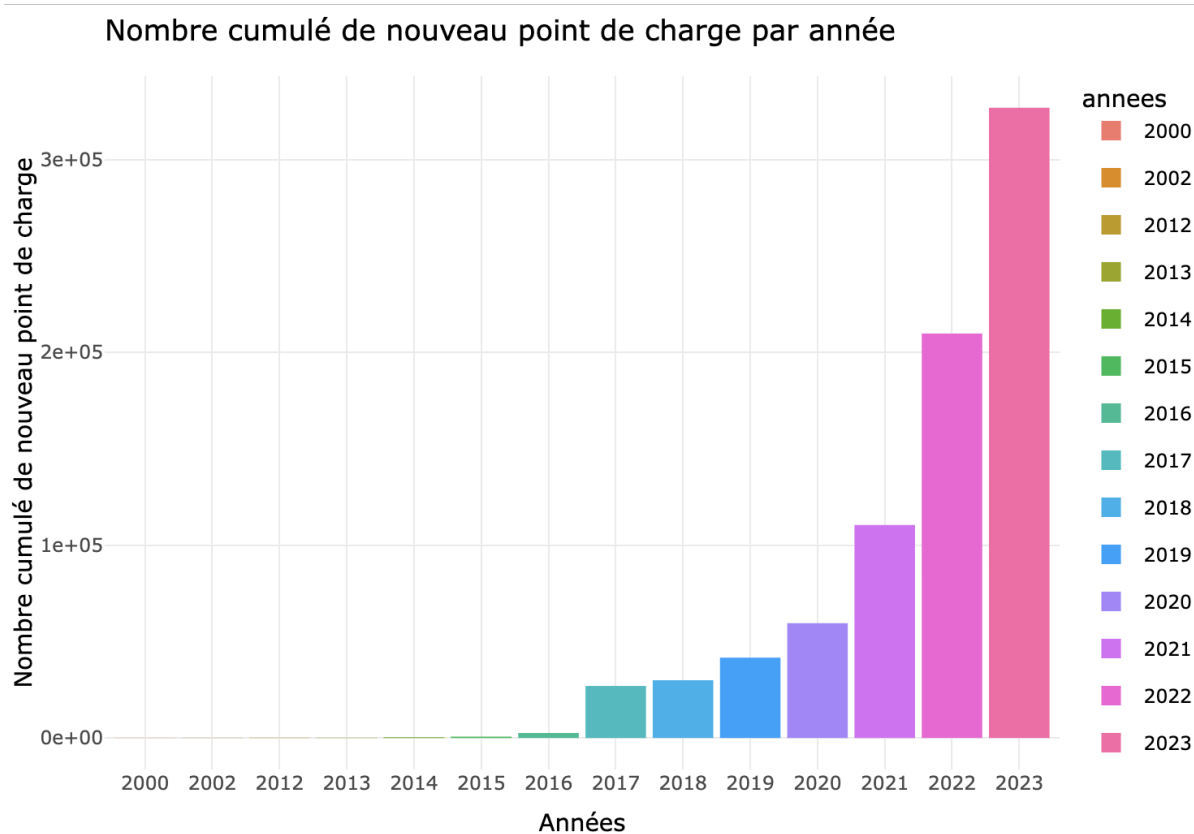


Figure n°6.4: Diagramme en bar du nombre cumulé de nouveau point de charge par année