

Rapport de visualisation des bornes de recharge françaises

Étudiant : Maxime Vincent

Formation : [Master 2 ISD](#) Université Paris-Saclay

Enseignant : [Frédéric Vernier](#)

Choix du jeu de données

J'ai choisi de travailler avec le jeu de données du réseau français de bornes de recharge pour véhicules électriques mis à disposition sur data.gouv.fr par [Etalab](#).

Ce *dataset* comporte **39 colonnes** et **20 569 lignes** et pèse **13 Mo**. Son [schéma](#) est standardisé et fournit notamment des informations sur la localisation des bornes, leur puissance, le nombre et le type de prises, leur opérateur, leur date d'implantation ou encore leur tarification.

Néanmoins, il n'est pas exhaustif pour des problèmes de compatibilité de schéma. C'est pourquoi je l'ai complété avec les bornes du réseau [Ionity](#). Il s'agit d'un des plus grands réseaux européens de recharge rapide. J'aurais pu faire le même exercice avec d'autres opérateurs manquants.

Voici les principales problématiques associées à ce *dataset* :

- Quelle est la répartition des bornes de recharge en termes de puissance et de type de prise ? Comment a-t-elle évolué au cours du temps ?
- Est-ce qu'il y a des zones blanches ou au contraire des zones de forte concentration des bornes de recharge ?
- Comment les opérateurs de réseaux de charge se répartissent-ils le territoire ?

Description de la visualisation

L'outil de visualisation que j'ai développé est une application web dont le code source est disponible sur [github](#). Vous pouvez directement la tester en cliquant [ici](#).

Lorsqu'on accède à l'application on arrive sur une interface découpée en deux panneaux principaux (Figure 1). Celui de gauche est une **carte interactive** sur laquelle sont affichées les données. Celui de droite est lui-même découpé en deux parties. La partie haute est destinée aux **contrôles utilisateur** : sélection de l'onglet de visualisation et filtres. La partie basse est allouée à l'affichage de la **légende**.

J'ai implémenté quatre visualisations accessibles en cliquant sur l'onglet correspondant, et répondant chacune à des problématiques différentes.

Localisation des bornes

La localisation des bornes est la visualisation la plus élémentaire (Figure 1). Elle permet simplement de **positionner** géographiquement chaque borne. On remarque, qu'elle ne permet pas d'avoir une idée de la répartition des bornes du fait d'un *overlapping* important des textures si on ne joue pas avec les filtres.

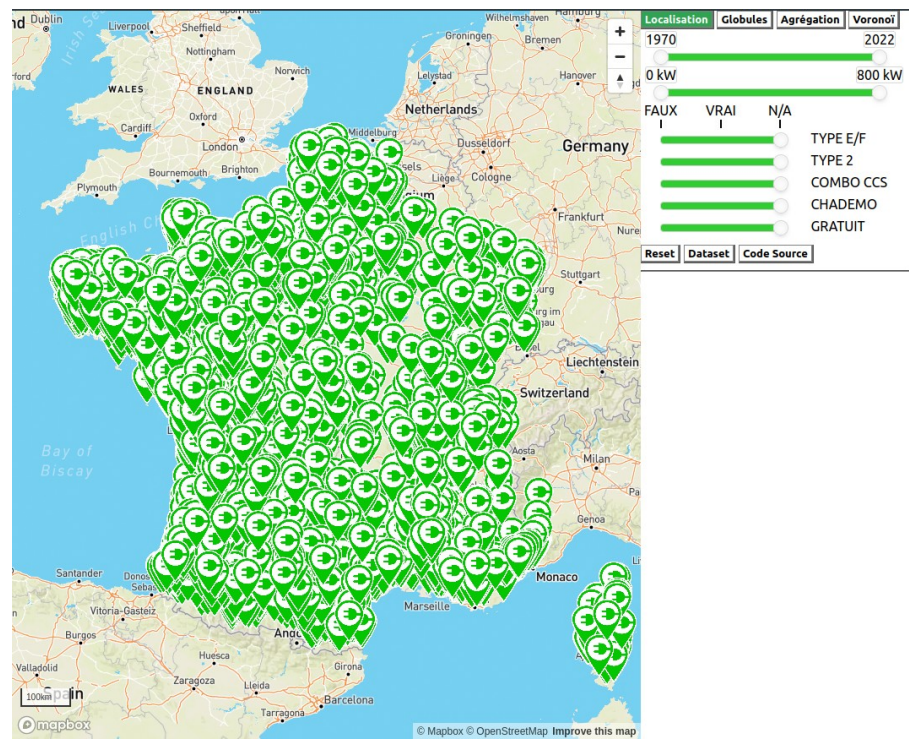


Figure 1: Onglet de localisation des bornes de recharge

Mais ce n'est pas son seul intérêt, car elle permet également de faire du *detail on-demand*: lorsque l'utilisateur clique sur une borne elle devient orange et un tableau récapitulatif s'affiche dans la zone de légende (Figure 2).

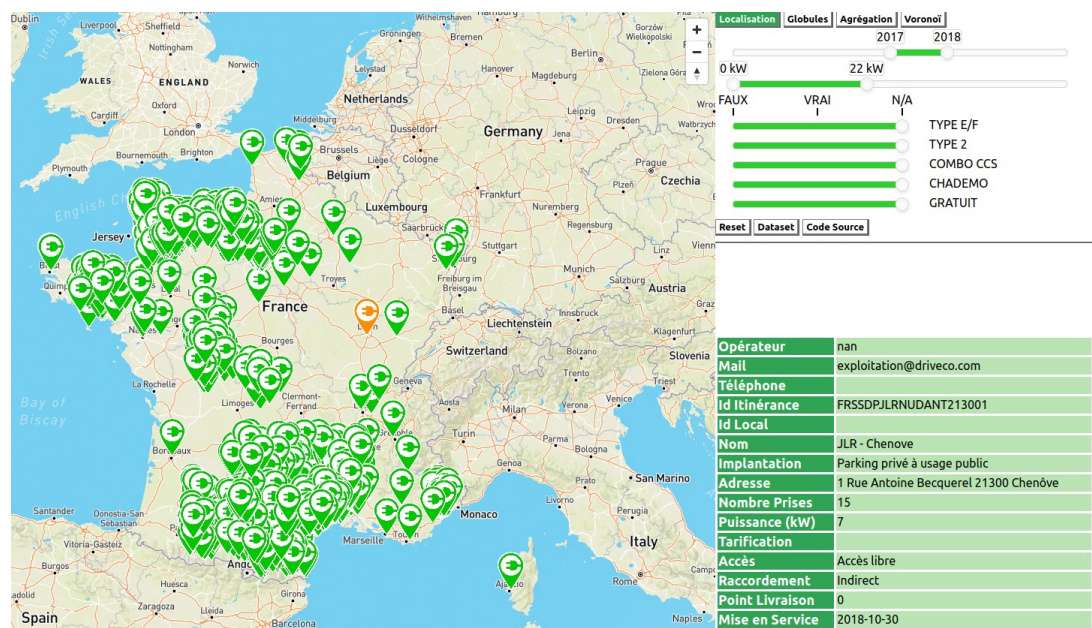


Figure 2: Informations de la borne de recharge sélectionnée

Vue globulaire des bornes

La visualisation des bornes sous forme de globules vient corriger le problème d'*overlapping* de la simple localisation des bornes. Les bornes sont toujours positionnées géographiquement, mais elles sont représentées sous forme de **cercles** (Figure 3). Ainsi, cette visualisation nous donne une bien meilleure idée de la **répartition** des bornes.

De plus, ces cercles permettent de représenter deux informations supplémentaires en fonction de leur **teinte** et de leur **diamètre**. Plus le cercle est vert foncé et plus la **puissance** de la borne est importante. Plus le cercle est grand et plus le **nombre de prises** de la station est important.

Évidemment, le but n'est pas de pouvoir comparer finement les bornes entre elles, car l'œil humain n'est pas capable de percevoir correctement les ratio avec cette représentation. J'ai donc choisi des valeurs **seuils non-linéaires**, mais permettant de distinguer notamment les bornes à faible, moyenne ou haute puissance entre elles.

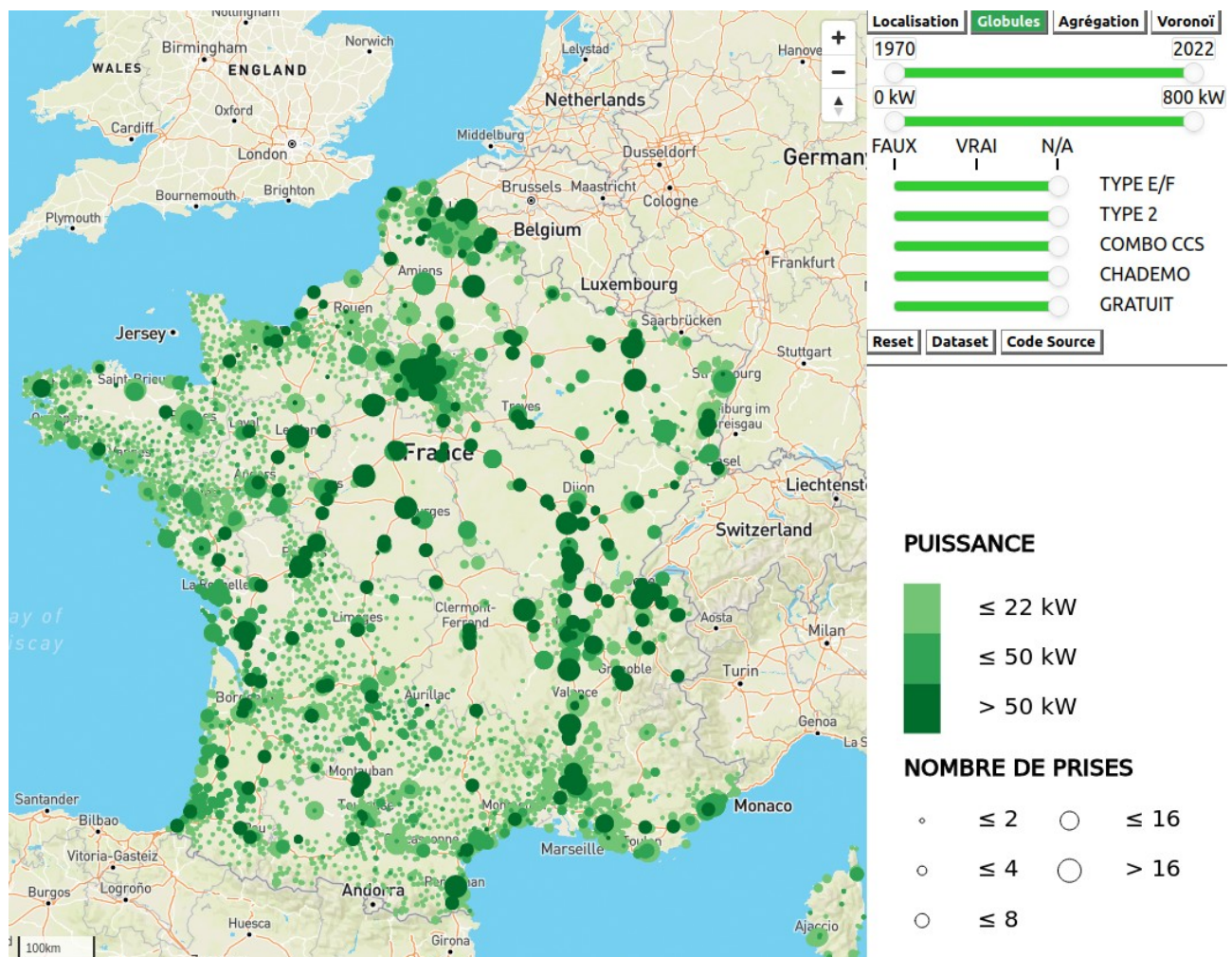


Figure 3: Onglet de la vue globulaire des bornes de recharge

Vue agrégée des bornes

Cette troisième visualisation est basée sur l'algorithme des **k plus proches voisins (kNN)** utilisé pour former des *clusters* de bornes. On fixe une **distance maximale** initiale de 100 km et l'on obtient des groupes comprenant un certain nombre de bornes (Figure 4).

De plus, cet algorithme est exécuté **dynamiquement** en fonction du **niveau de zoom** sur la carte. Si on zoome alors les *clusters* seront **découpés** davantage et si on dézoome ils seront **fusionnés**. Ces calculs étant lourds ils sont déportés dans un *thread* séparé de l'affichage. Lorsque le niveau de zoom est trop important il devient impossible de décomposer davantage les clusters et la visualisation repasse à la **simple localisation** des bornes vue précédemment (Figure 1).

Cette représentation permet de **quantifier** le nombre de bornes et d'identifier des zones de concentration. Afin, de mieux cerner l'étendue de ces zones il est également possible d'afficher le cercle noir plein de la **distance moyenne** par rapport au centre du *cluster*, ainsi que l'**écart-type** autour de cette moyenne en pointillés. Le trait rouge représente la distance entre le centre du *cluster* et la borne la **plus éloignée** appartenant à ce dernier, tandis que le trait bleu représente la distance par rapport à la borne la **plus proche**.

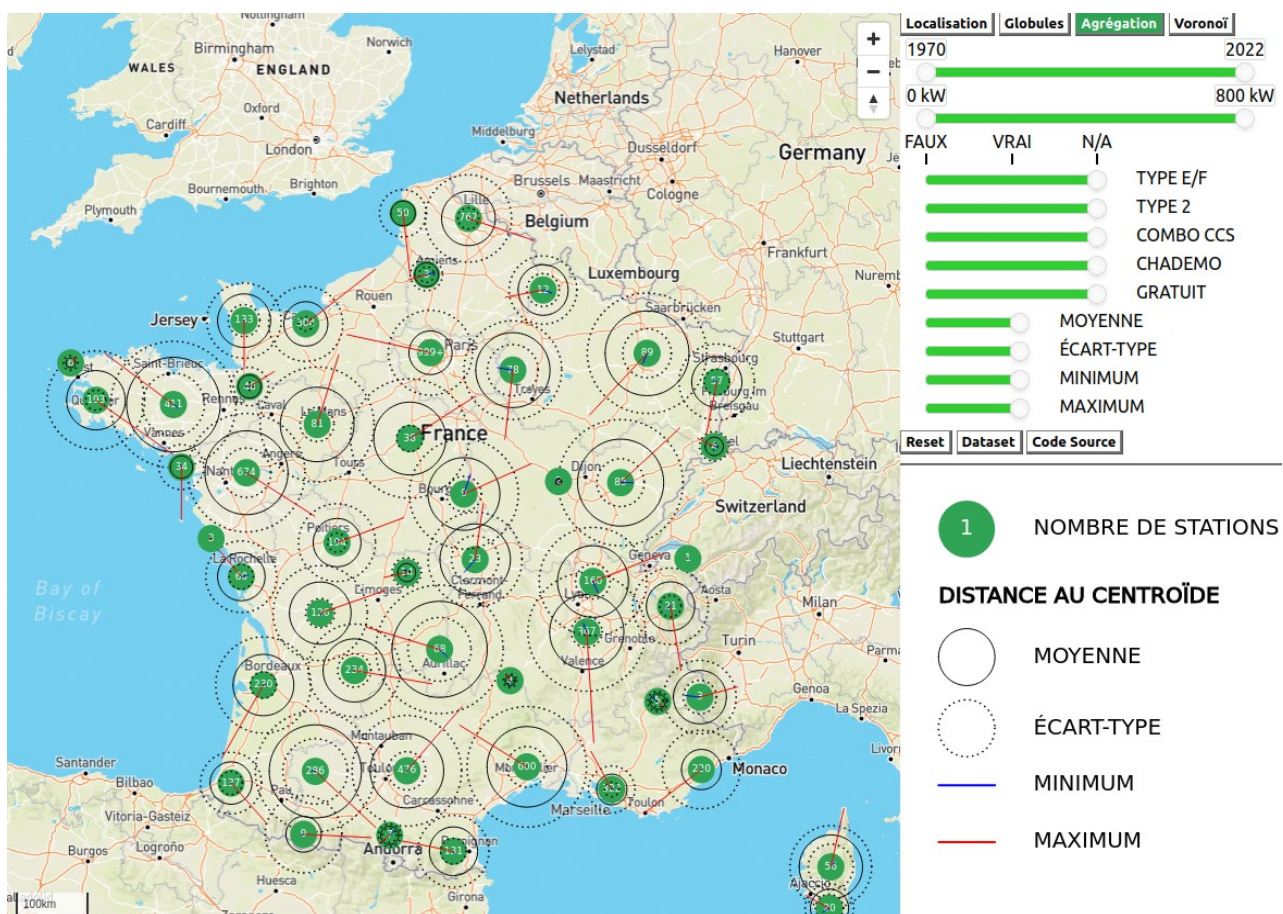


Figure 4: Onglet d'agrégation des bornes de recharge

Diagramme de Voronoï

La visualisation du diagramme de Voronoï a pour objectif de déterminer précisément les **zones d'influence** de chaque borne et donc le maillage du territoire. Chaque polygone gris possède un unique point vert représentant la localisation d'une borne (Figure 5). Lorsque l'on est à l'intérieur d'un polygone, on sait que la borne la plus proche est celle qui lui est associée.

Cette représentation permet donc d'identifier les **zones blanches** dans lesquelles il manque des bornes. Elles correspondront à des polygones couvrant une grande superficie. Ou au contraire, elle permet d'identifier les zones de **forte concentration** de bornes. Les polygones seront alors beaucoup plus petits et serrés entre eux.

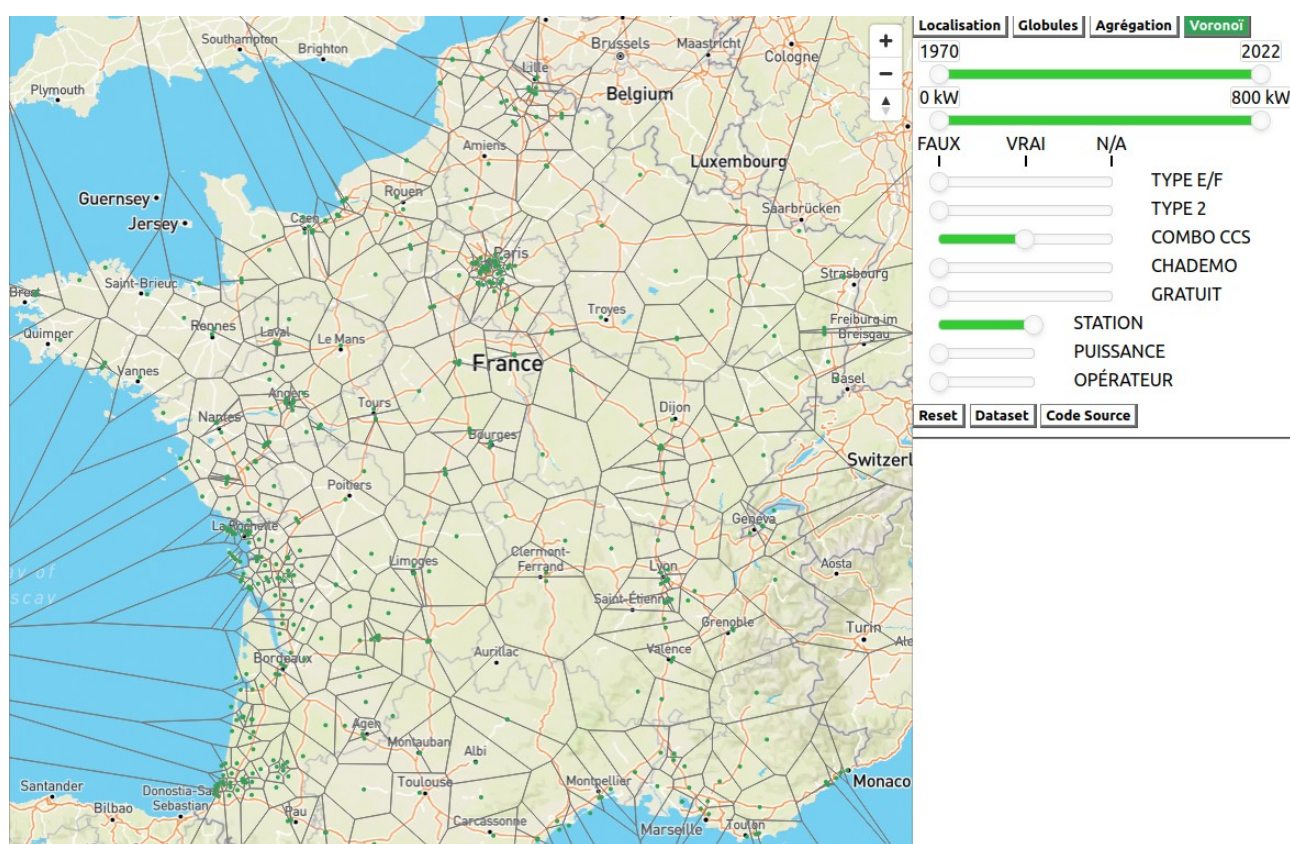


Figure 5: Onglet du diagramme de Voronoï

Par ailleurs, j'ai utilisé des choroplèthes afin d'ajouter des informations associées à chaque zone. De la même manière que pour la vue globulaire (Figure 3), on peut ainsi représenter la **puissance** des bornes. Cela permet d'identifier quelle puissance est majoritaire en terme de surface (Figure 6). Enfin, on peut également représenter les différents **opérateurs** afin de déterminer lesquels possèdent le plus de parts de marché (Figure 7).

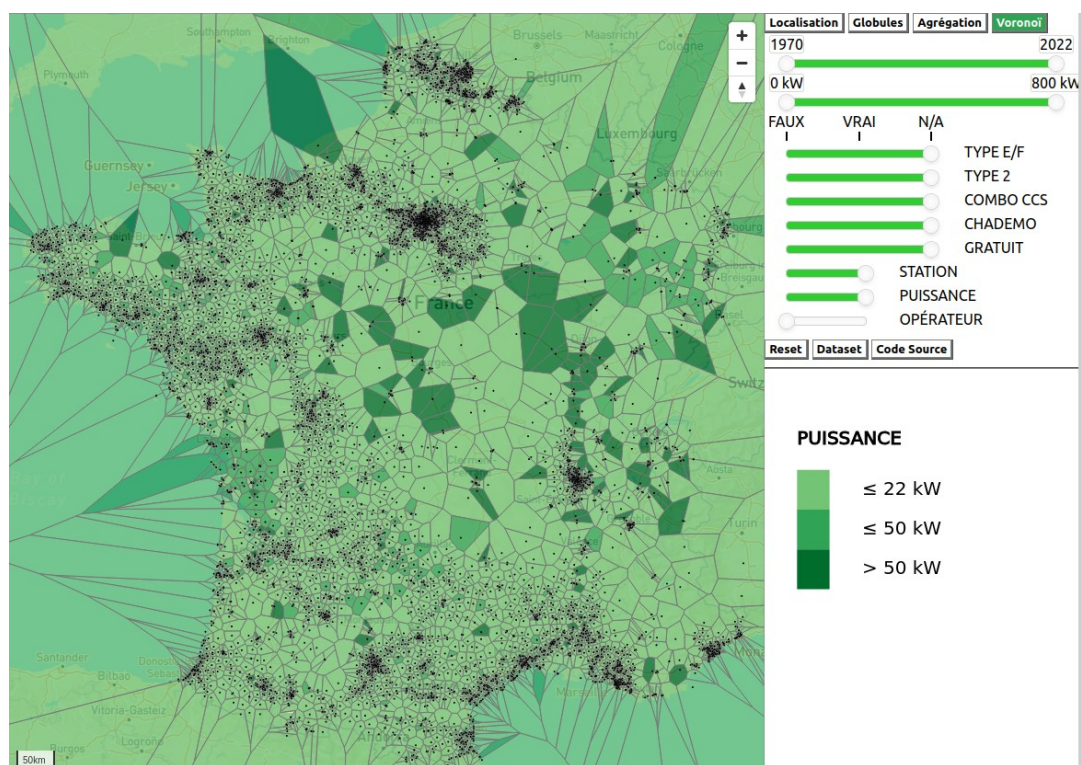


Figure 6: Choroplèthe de la puissance des bornes de recharge

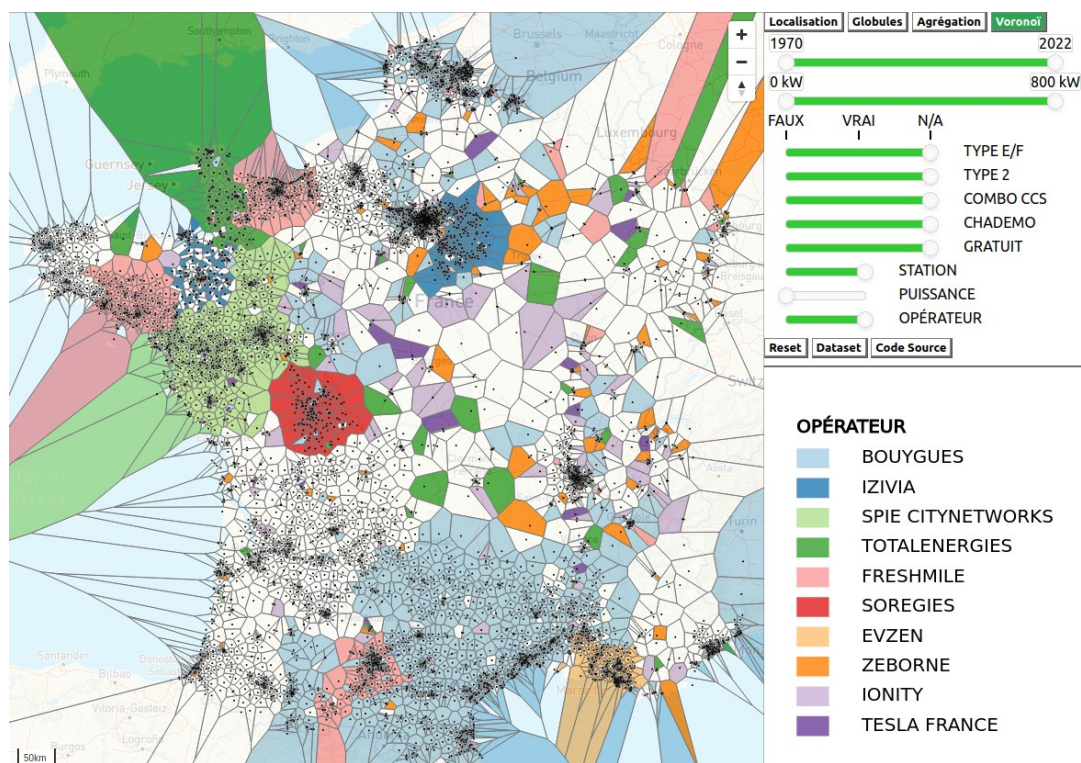


Figure 7: Choroplèthe des opérateurs de réseaux de charge

Paramètres de filtrage

Les filtres appliqués aux données multi-dimensionnelles sont essentiels pour réaliser une visualisation interactive. Pour permettre cette interaction utilisateur j'ai utilisé différents *range sliders*.

Le premier filtre proposé influe sur la **date d'implantation** des bornes. Vous noterez que le *slider* n'est pas linéaire : les pas sont très grossiers entre 1970 et 2000 puis deviennent de plus en plus précis. En effet, c'est surtout entre 2015 et 2022 que les bornes de recharge ont commencé à être vraiment démocratisées.

Le deuxième filtre permet de jouer sur la **puissance** des bornes de recharge qui varie de 0 kW jusqu'à 800 kW. Les bornes les plus courantes sont en courant alternatif et ont une puissance de 22 kW. Les bornes dites rapides sont en courant continu et proposent des puissances de charge supérieures débutant à partir de 50 kW.

Les filtres suivants concernent essentiellement le **type de prise** disponible à une borne. Sachant, que plusieurs types de prises peuvent être disponibles à une même borne. Par exemple, il est possible de sélectionner ou non toutes les bornes proposant une prise de type 2 qui fournit du courant alternatif en configurant à « Vrai » ou « Faux » le *slider* correspondant. S'il est positionné sur « N/A » alors le filtre est désactivé.

Conclusion

À travers ce projet, j'ai appris comment développer une visualisation interactive sur une plateforme web, et axée sur la représentation cartographique de données multi-dimensionnelles. J'ai réalisé une interface utilisateur intuitive et relativement moderne. L'architecture de code [MVC](#) que j'ai essayée de suivre rend parfaitement extensible mon application pour de futures visualisations. Enfin, mon application ne souffre pas de latences grâce à une bonne optimisation des algorithmes utilisés.

En revanche, l'utilisation du framework de dessin [p5.js](#) s'il permet de ne pas restreindre l'imagination du développeur, n'était peut-être pas le meilleur choix dans mon cas. Son utilisation conjointe avec [Mapbox](#) a eu pour effet de décorrélérer l'affichage des données des actions de l'utilisateur sur la carte comme le *zoom* ou le *panning*. Cela implique qu'il y a une latence entre une action sur la carte et la mise à jour de l'affichage des données.

Pour finir, je crois avoir correctement répondu aux problématiques que je m'étais posées. On constate notamment que les bornes de faible puissance sont les plus répandues à l'heure actuelle. Sans surprise, l'Île-de-France est une zone de forte concentration des bornes de recharge alors que le centre de la France est marqué par de larges zones blanches. Je regrette cependant de ne pas avoir pu exploiter les données de tarification des bornes qui auraient nécessitées un travail de *preprocessing* conséquent du fait d'une absence de standardisation.