

Réseaux de chaleur

Optimisation topologique et énergétique du placement des réseaux de chaleur à l'échelle nationale
Cartographie

Où et comment placer les réseaux de chaleur en France ?

Méthodologie

1. Idée générale
2. Algorithmes de parcours
3. Hypothèses posées
4. Structure générale du code

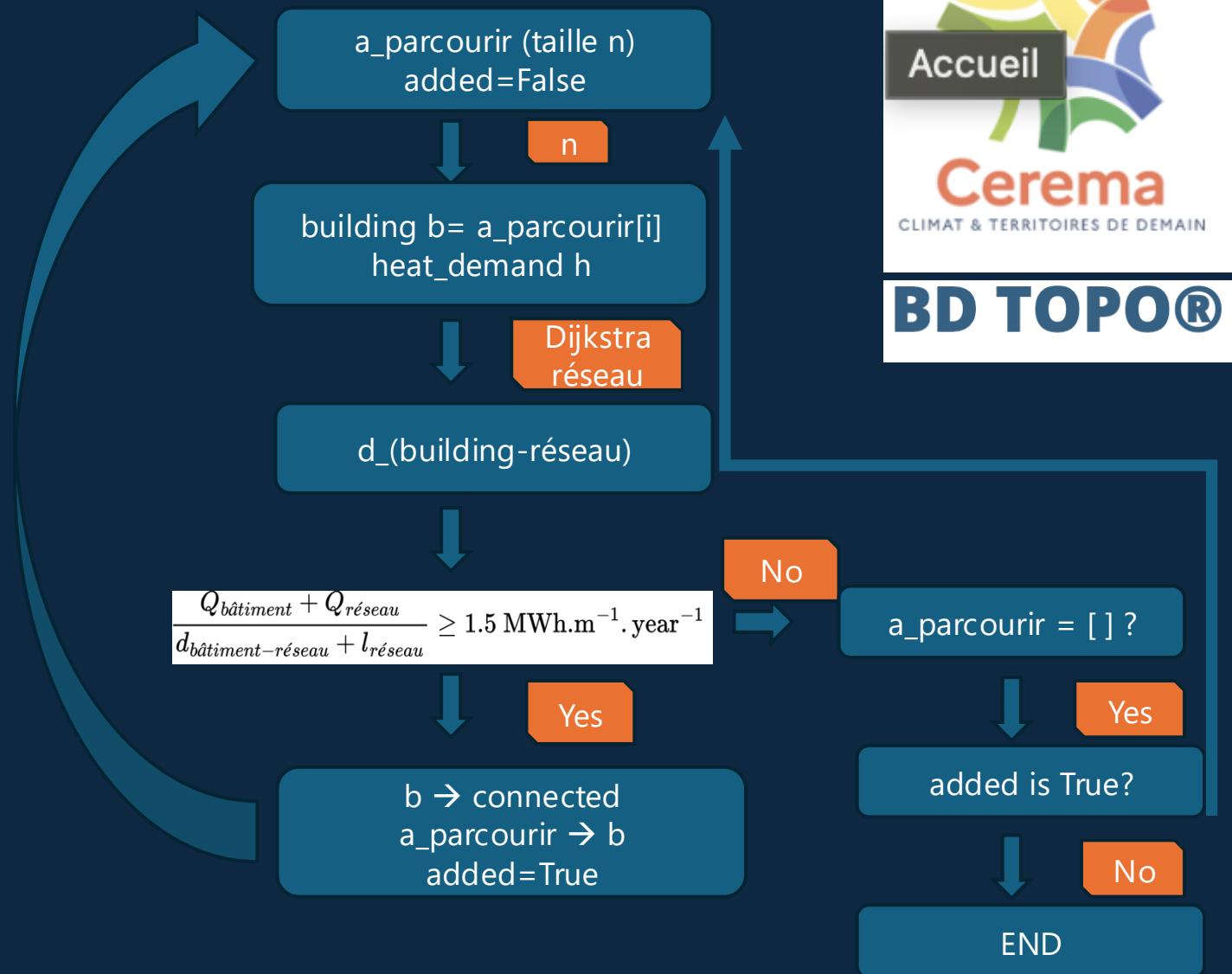
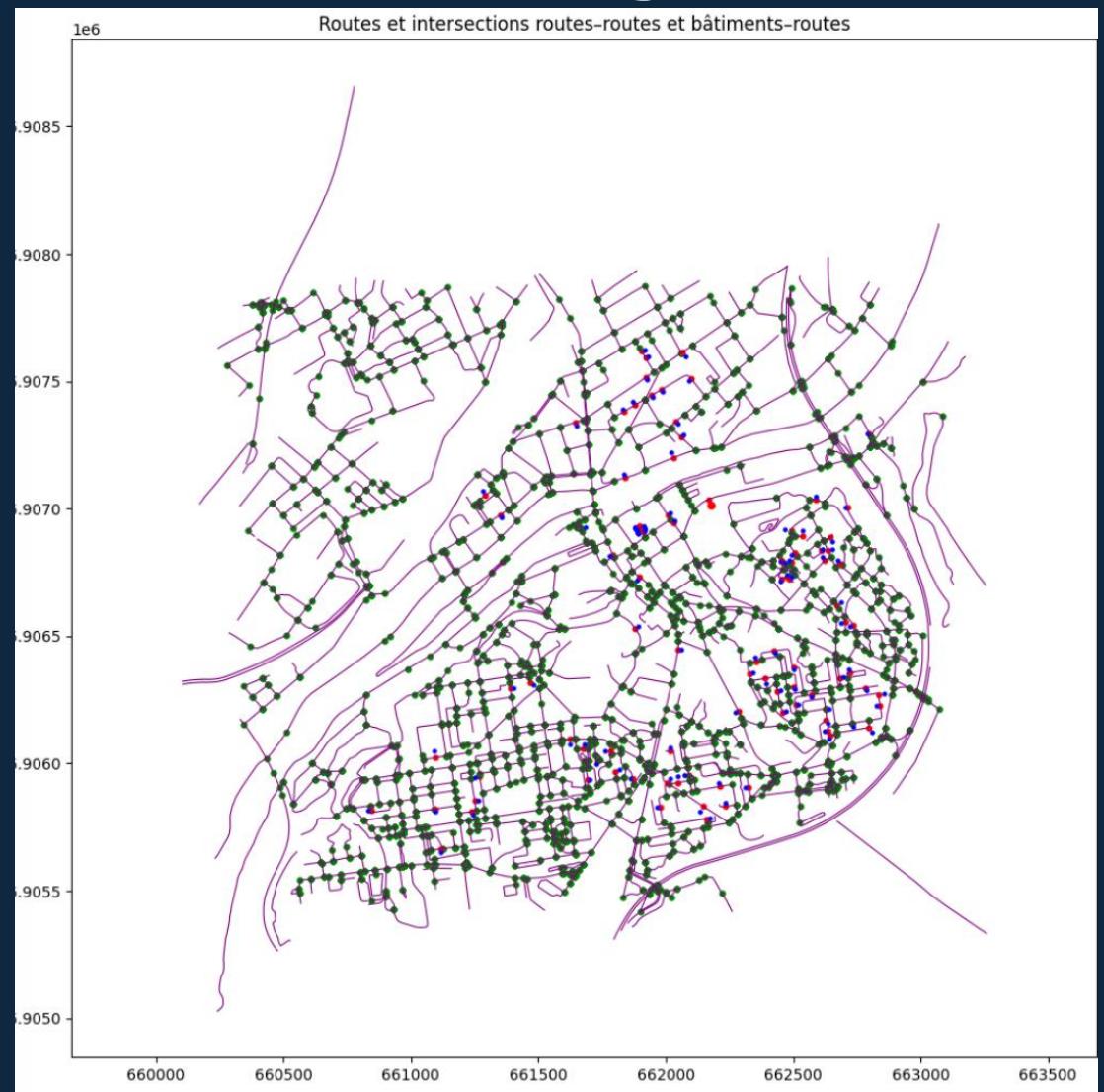
Résultats

1. Échelle locale
2. Échelle départementale
3. Échelle nationale
 - a. *Comparaison avec le modèle du Cerema*
 - b. *Résultats de notre modèle – Corrélations*
 - c. *Comparaison avec le réel*

Ouvertures - Critiques

1. Limites de la base de données
2. Filtres énergétiques:
3. Choix du « Powerplant » de départ
4. Relier des communes

Méthodologie



Méthodologie – Hypothèses

- Choix de la base de données
- Parcours des routes, projection orthogonale
- Critère

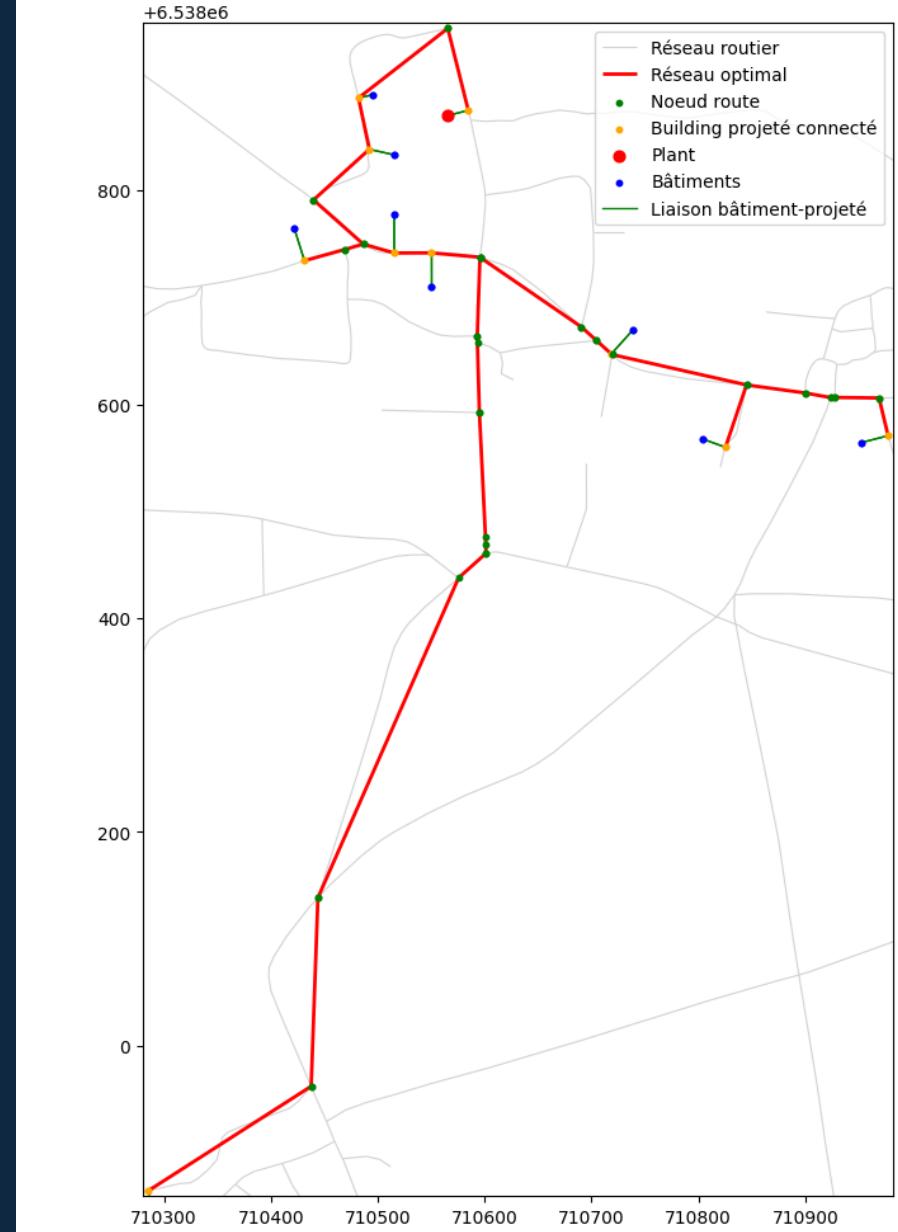
$$\lambda = 1.5 \text{ MWh. ml}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$$

- Choix de l'énergie limite

$$P_{max} \geq 30kW \quad P = \rho c_p \dot{V} \Delta T$$

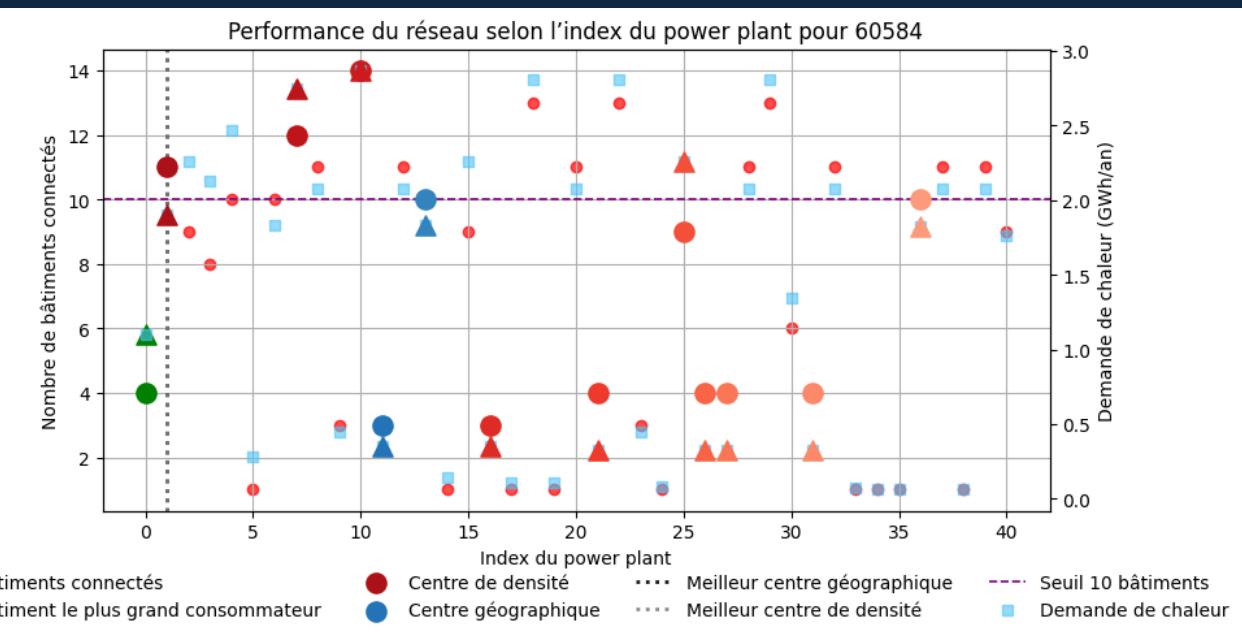
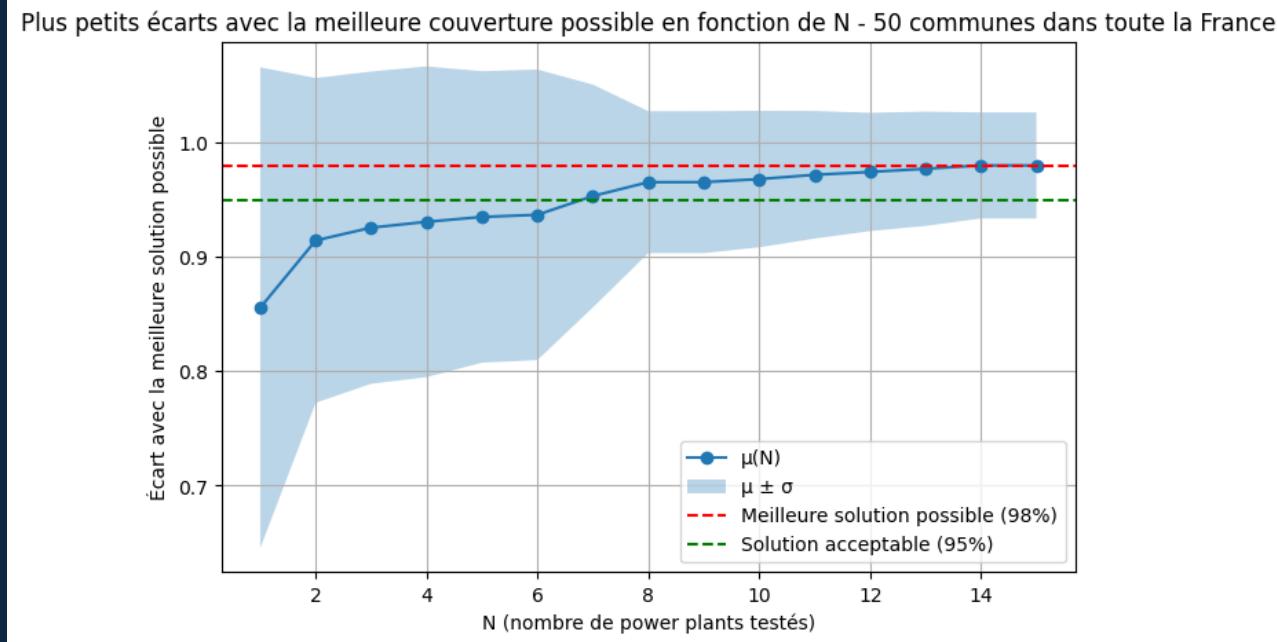
$$E_{max} \geq 58.35 \text{ MWh. year}^{-1}$$

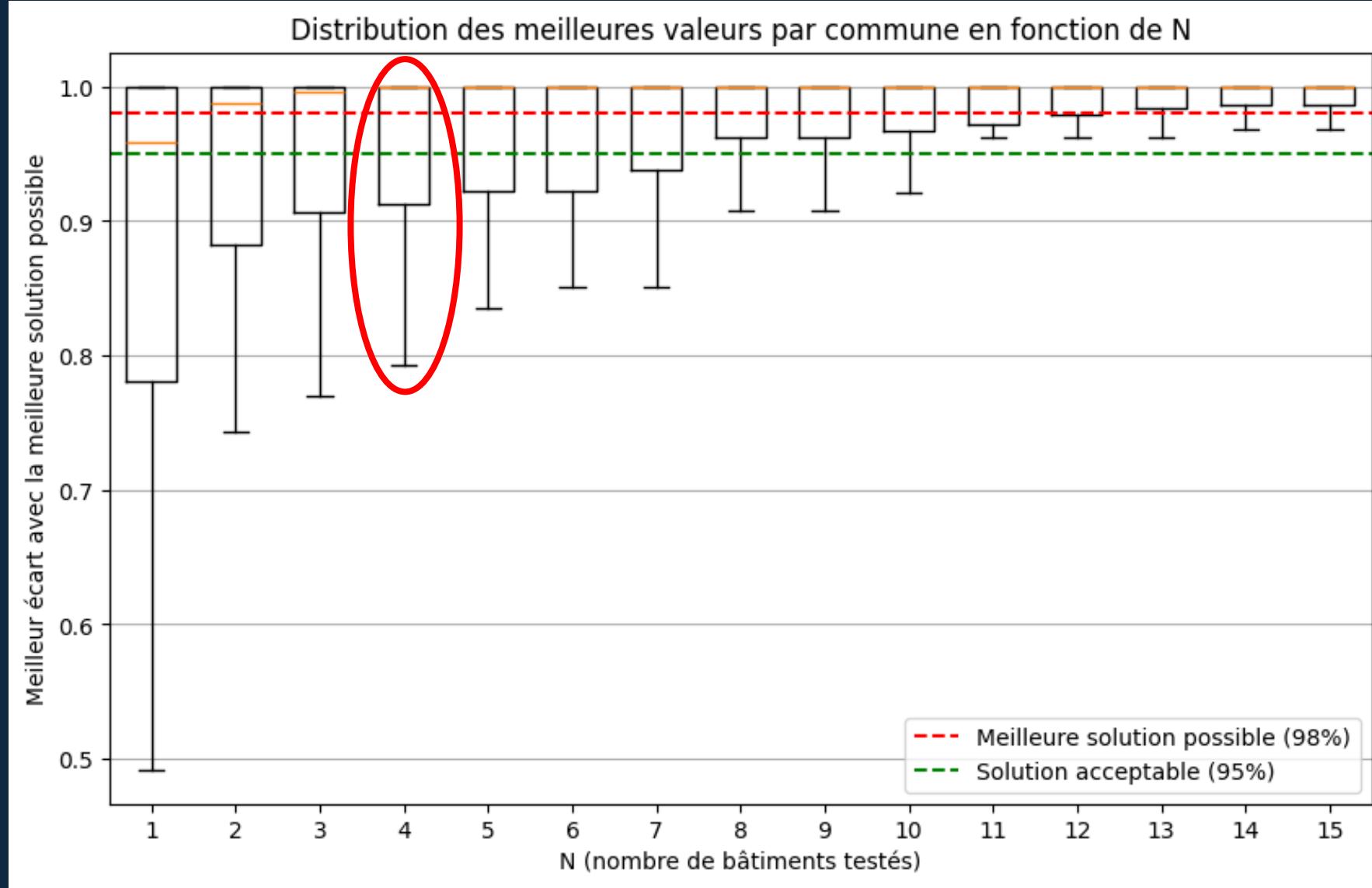
Réseau optimal - zoom strict sur le réseau utilisé - Commune Chambaron sur Morge (63244)



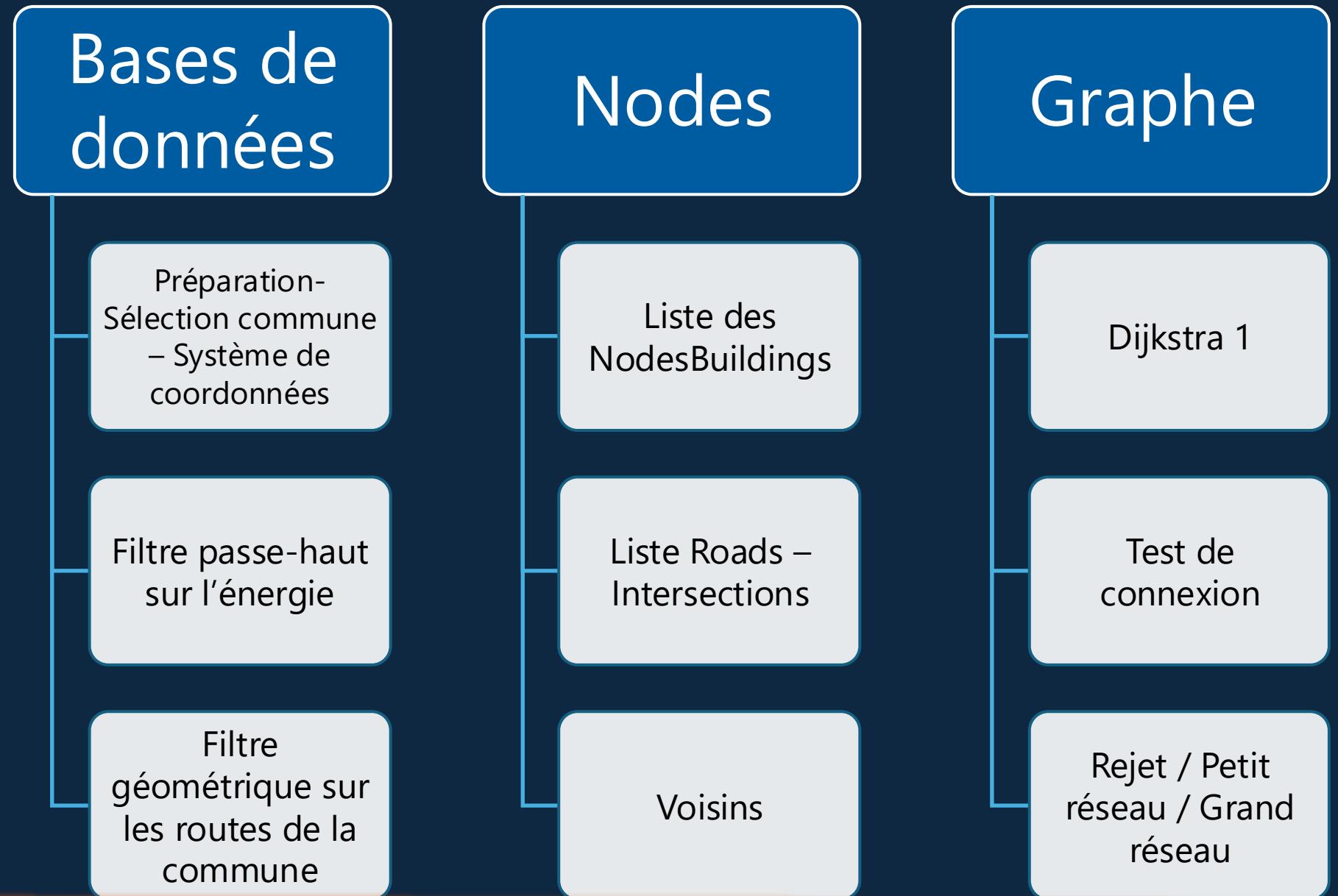
Méthodologie – Hypothèses

- Petits et Grands réseaux
- Meilleur emplacement du « Powerplant »

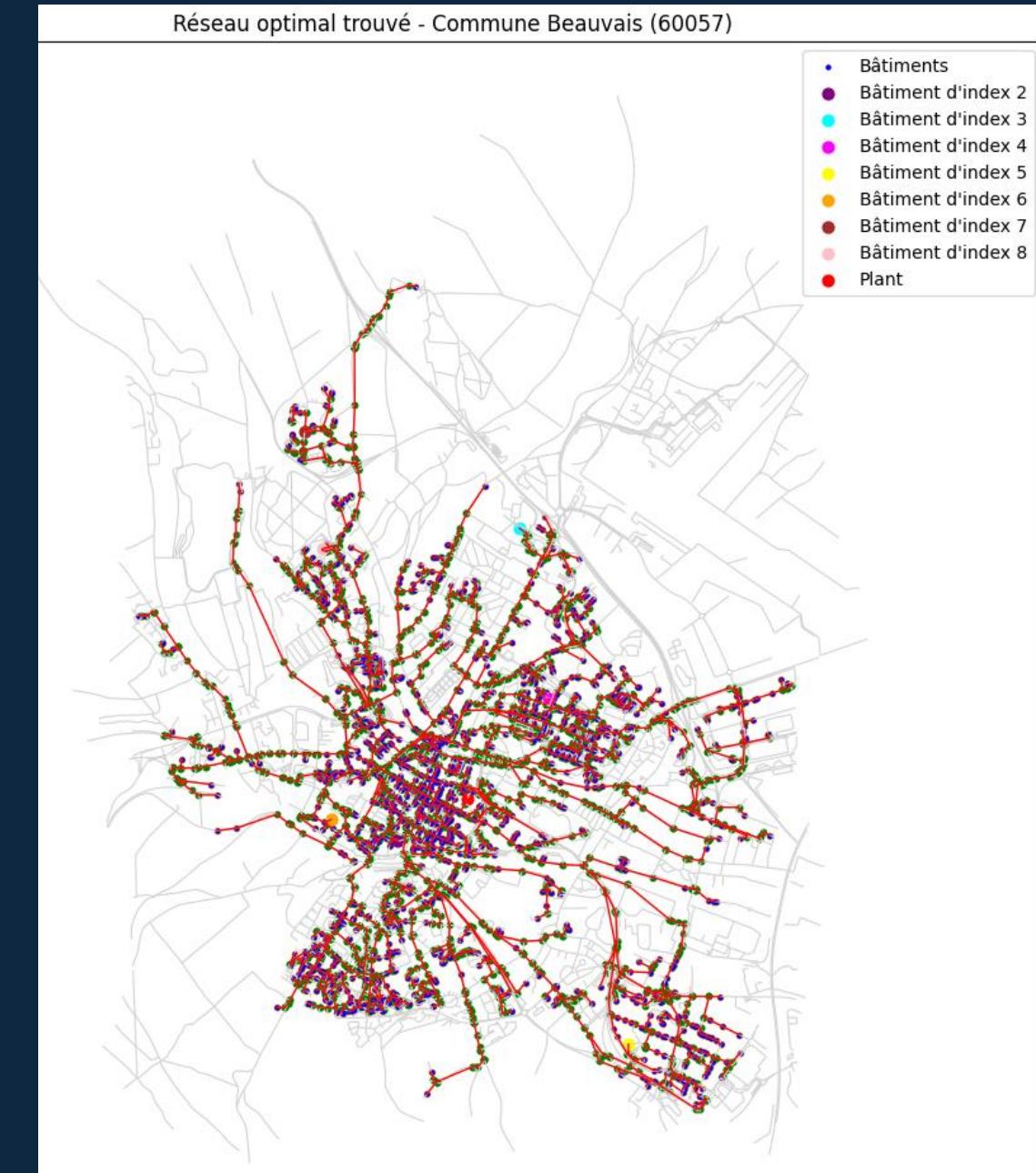
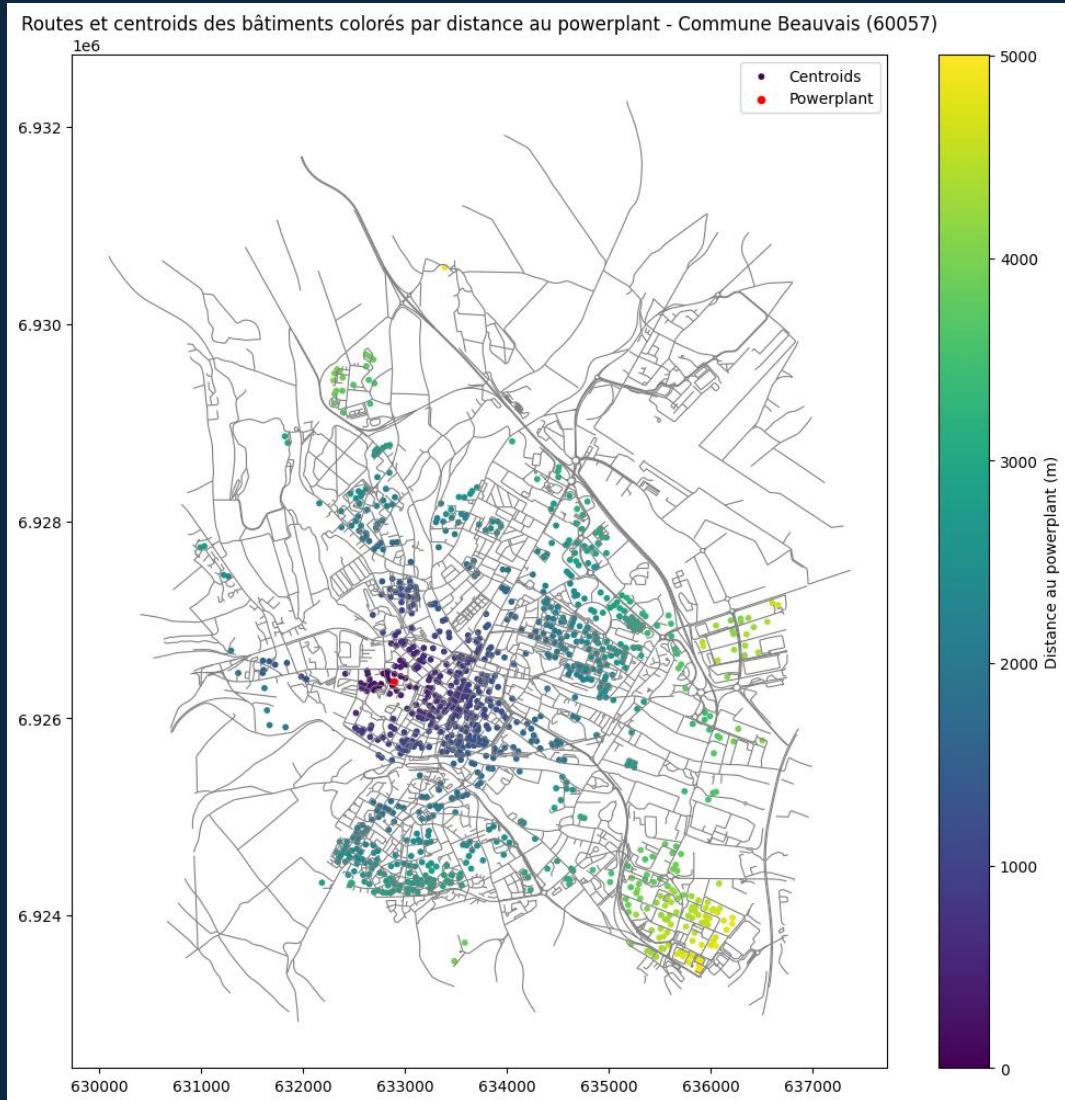


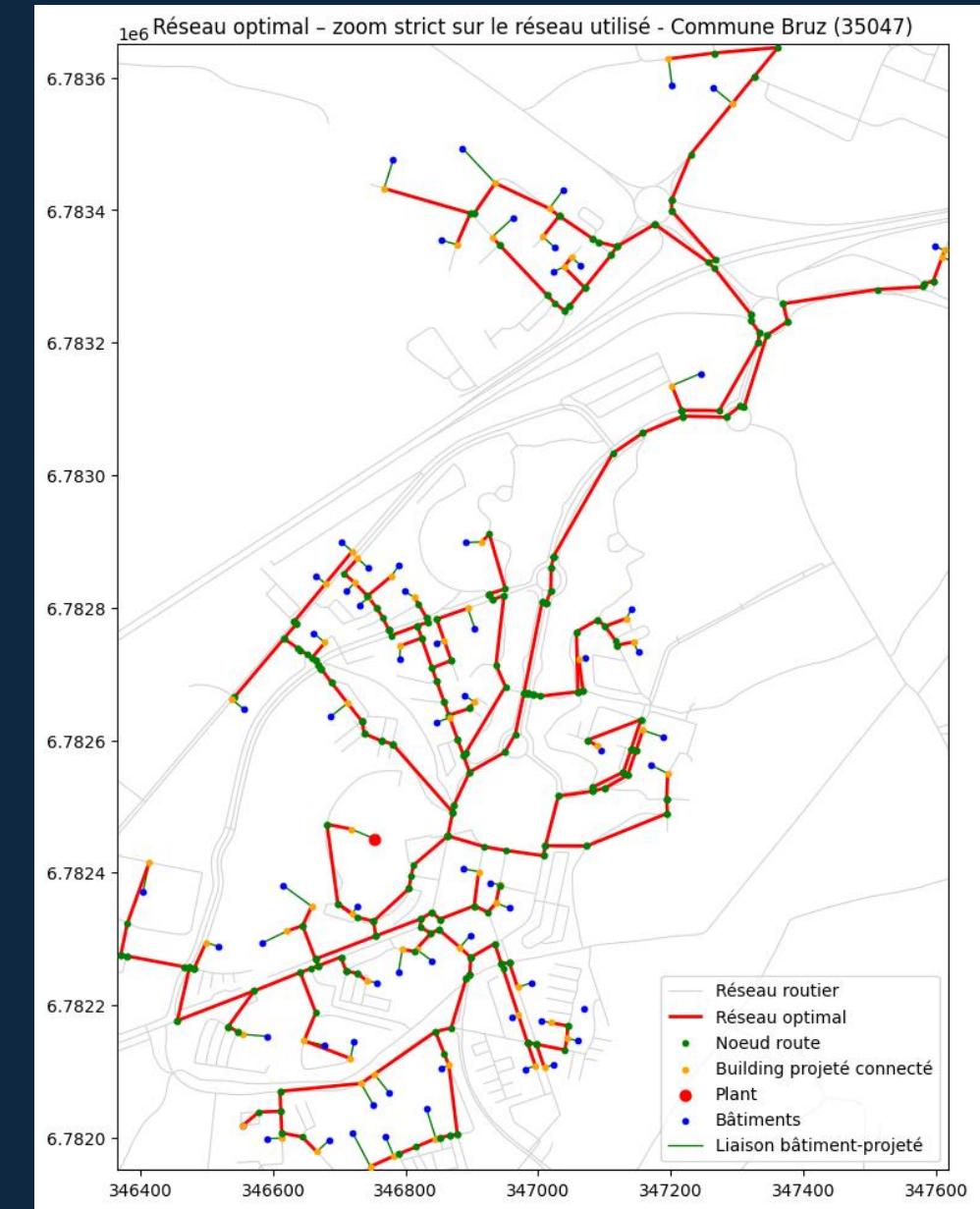
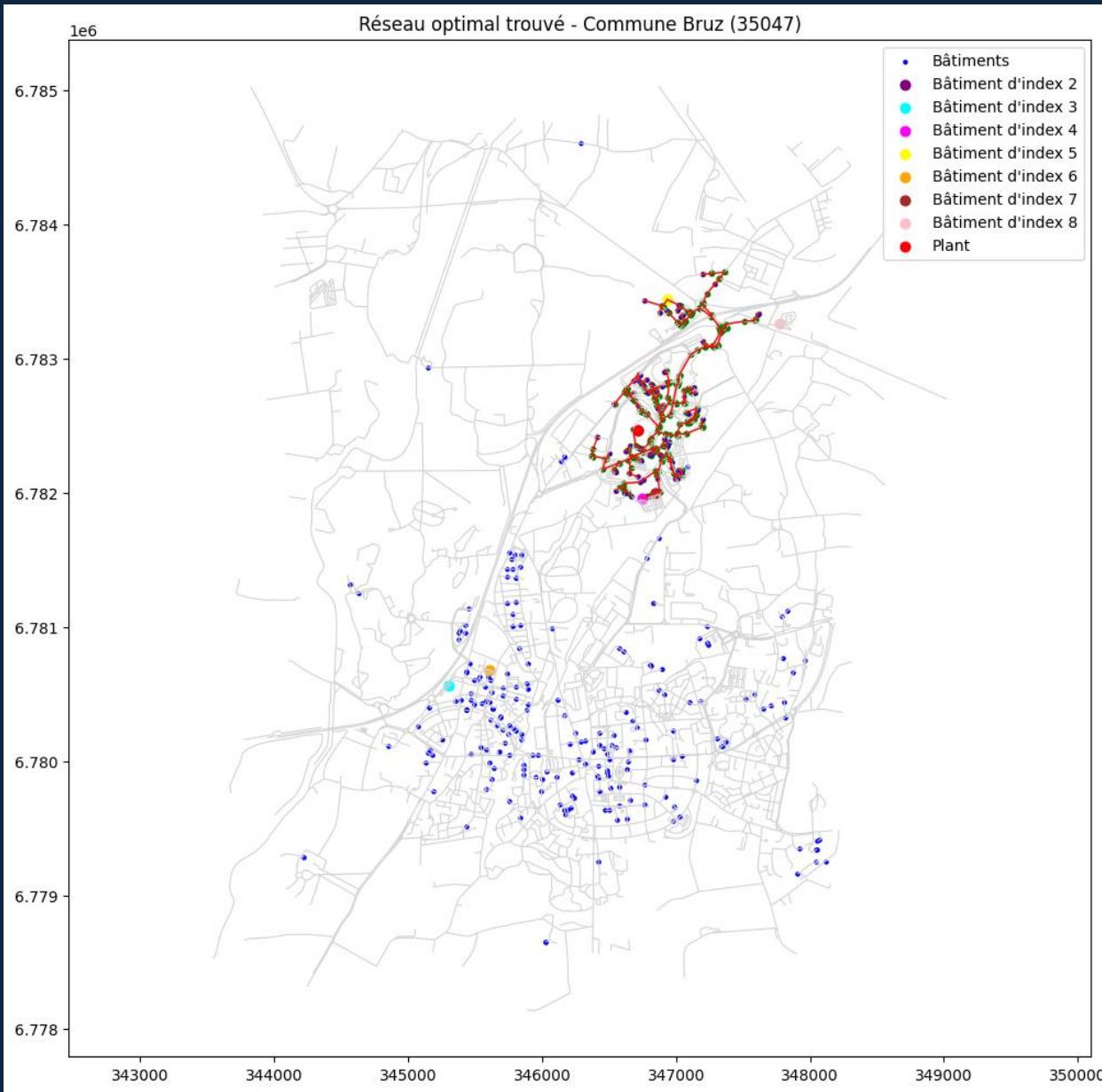


Méthodologie – Structure du code



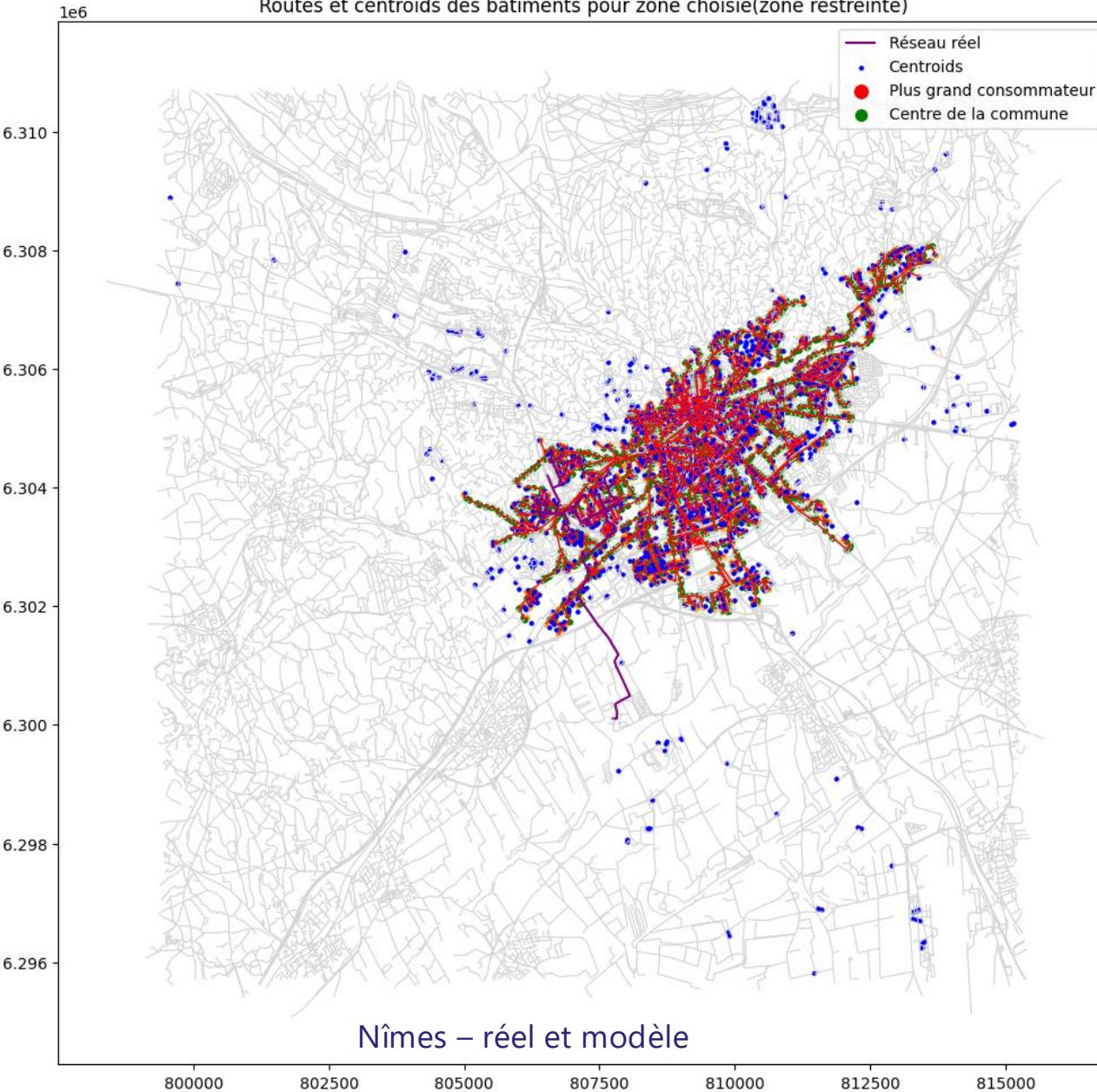
Résultats – Échelle locale





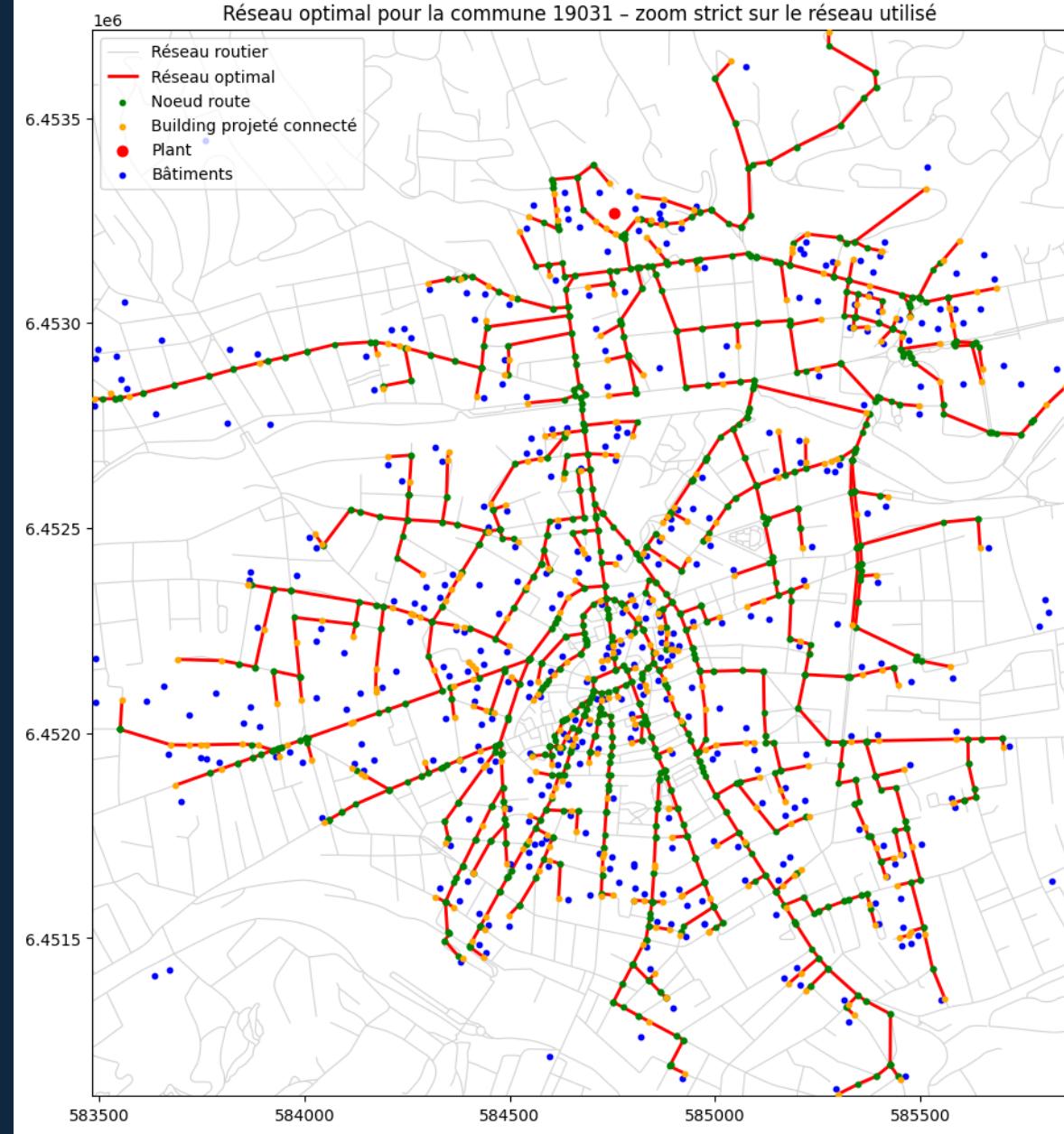
1e6

Routes et centroids des bâtiments pour zone choisie(zone restreinte)

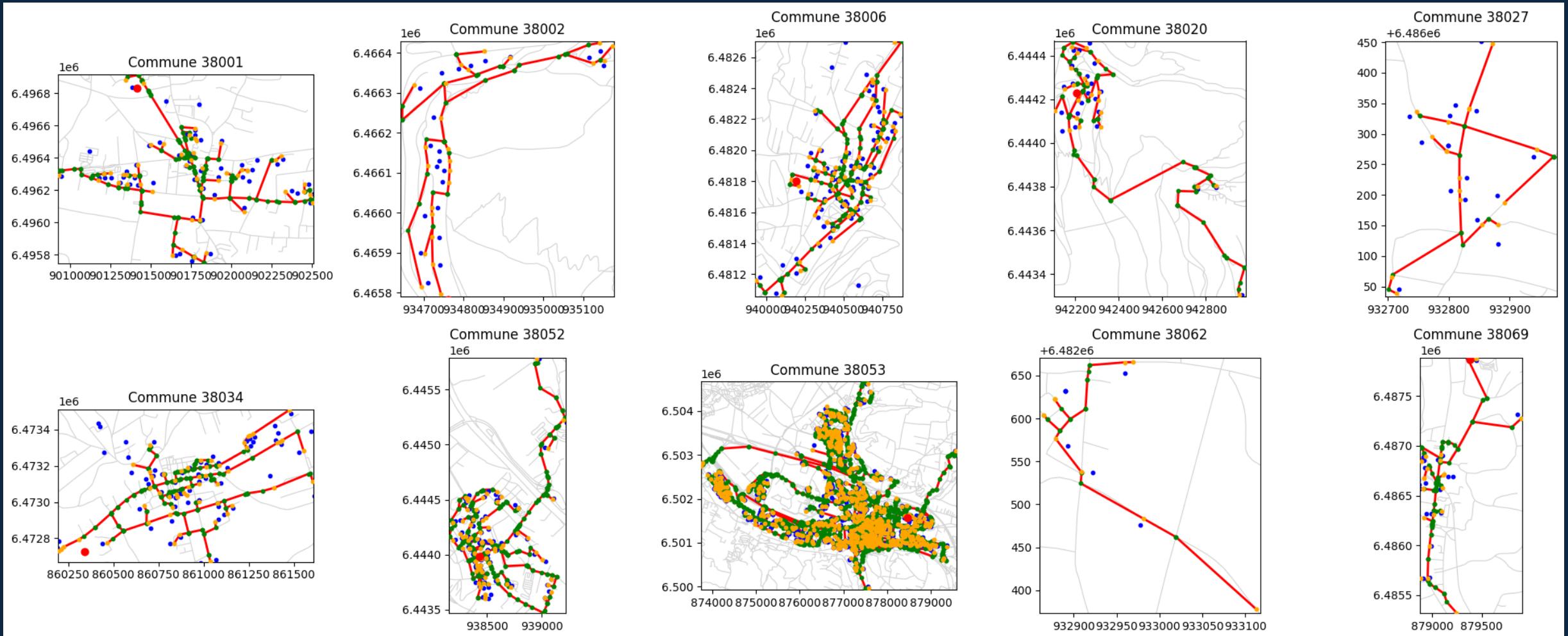


1e6

Réseau optimal pour la commune 19031 – zoom strict sur le réseau utilisé



Résultats – Échelle départementale



Résultats

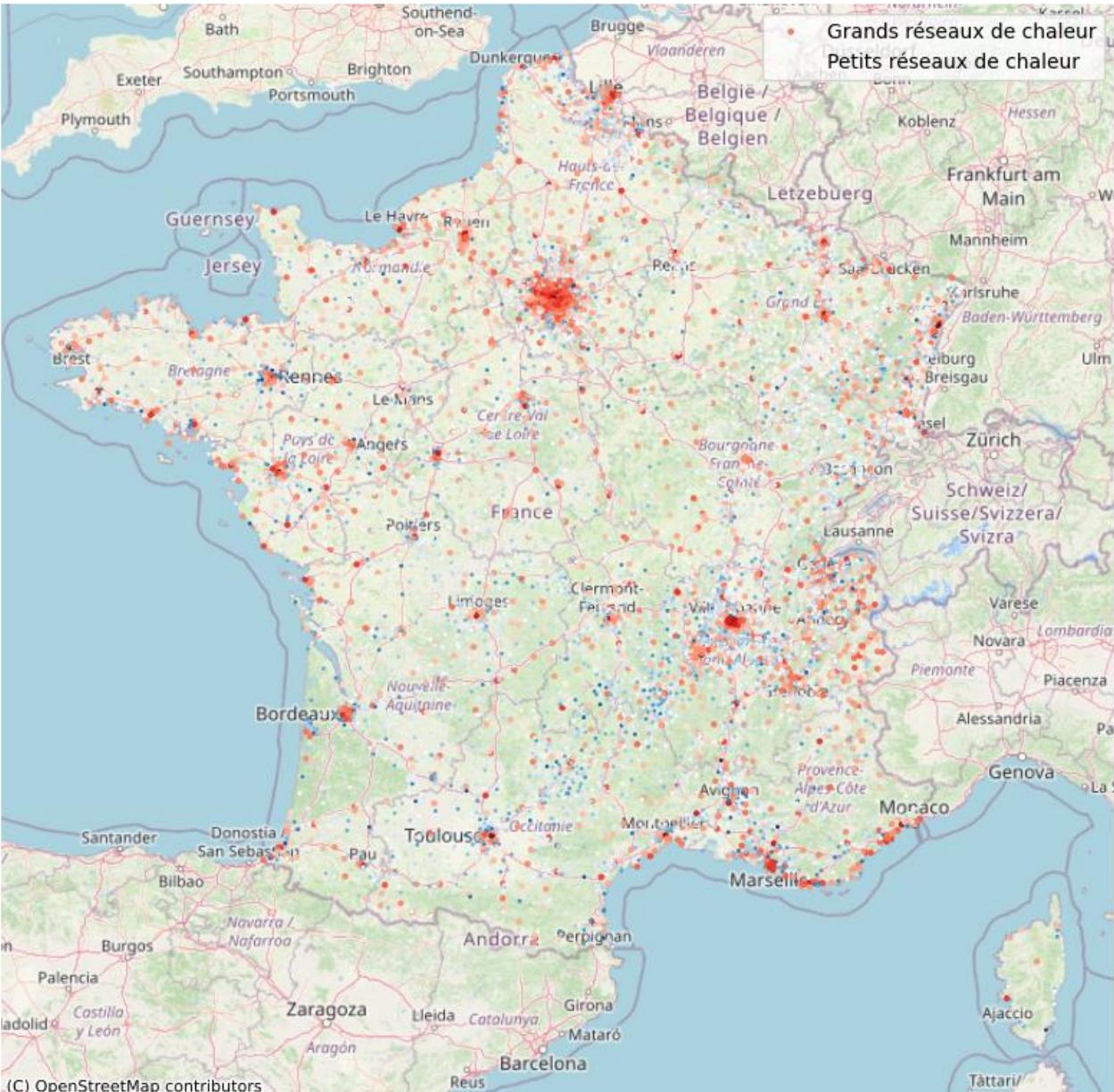
– Échelle nationale

Réseaux de chaleur
:
8295

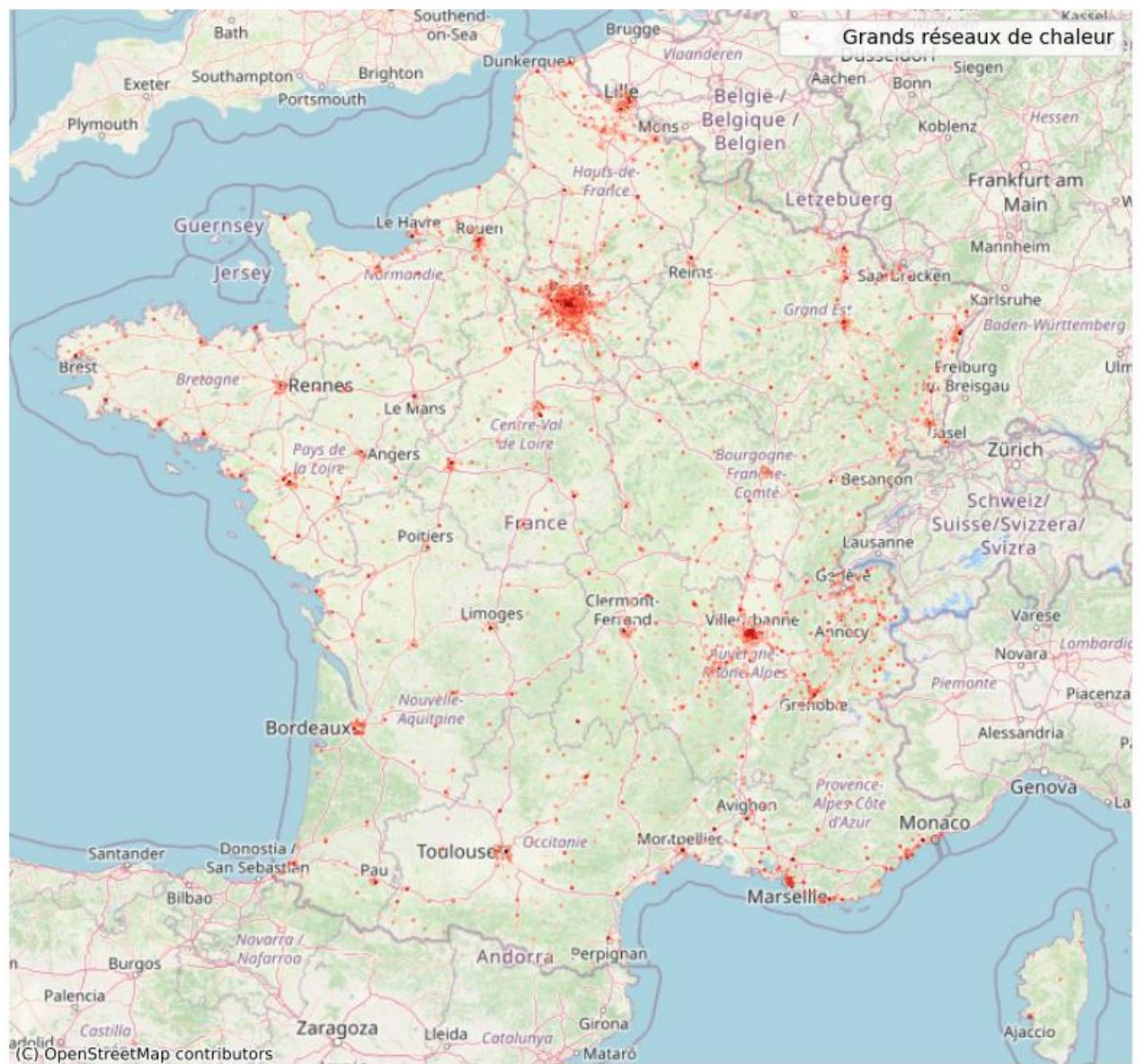
Grands réseaux :
3220

Petits réseaux :
5075

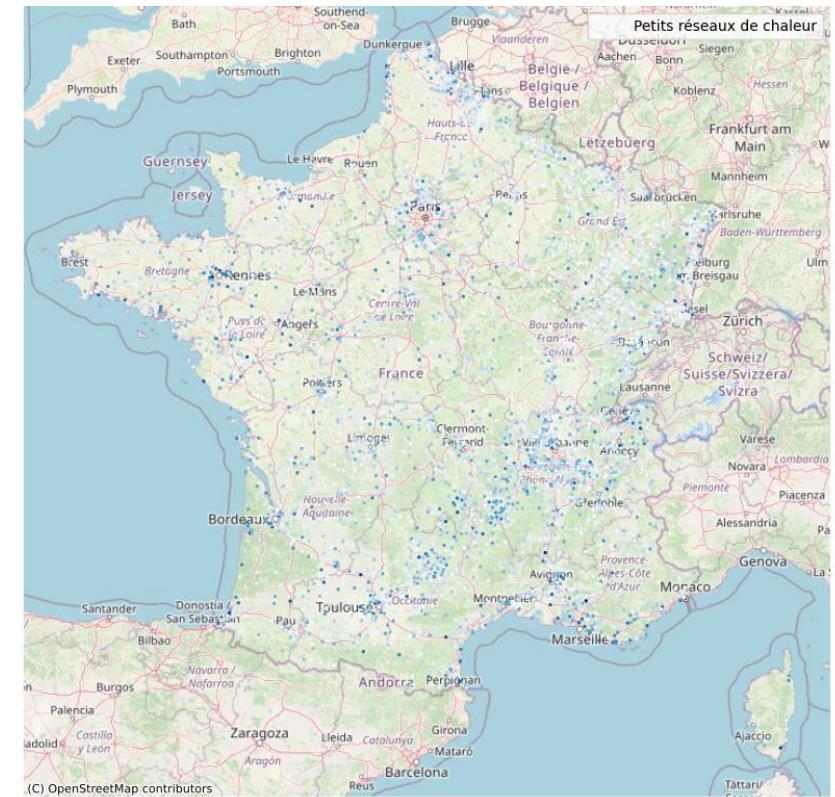
Communes porteuses d'un réseau de chaleur en France - Pondération par nombre de bâtiments (logarithme)



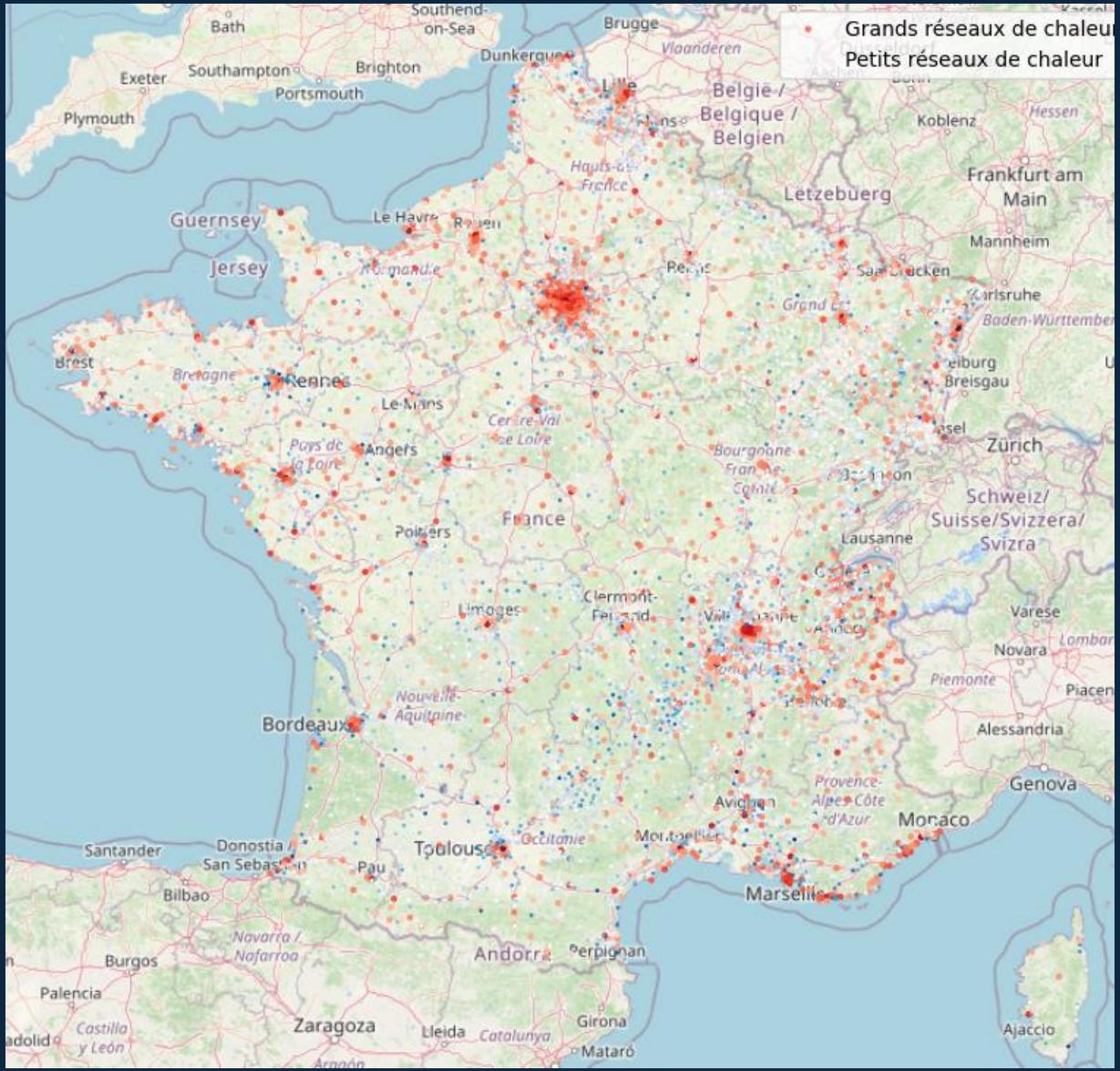
Communes porteuses d'un grand réseau de chaleur en France - Pondération par population



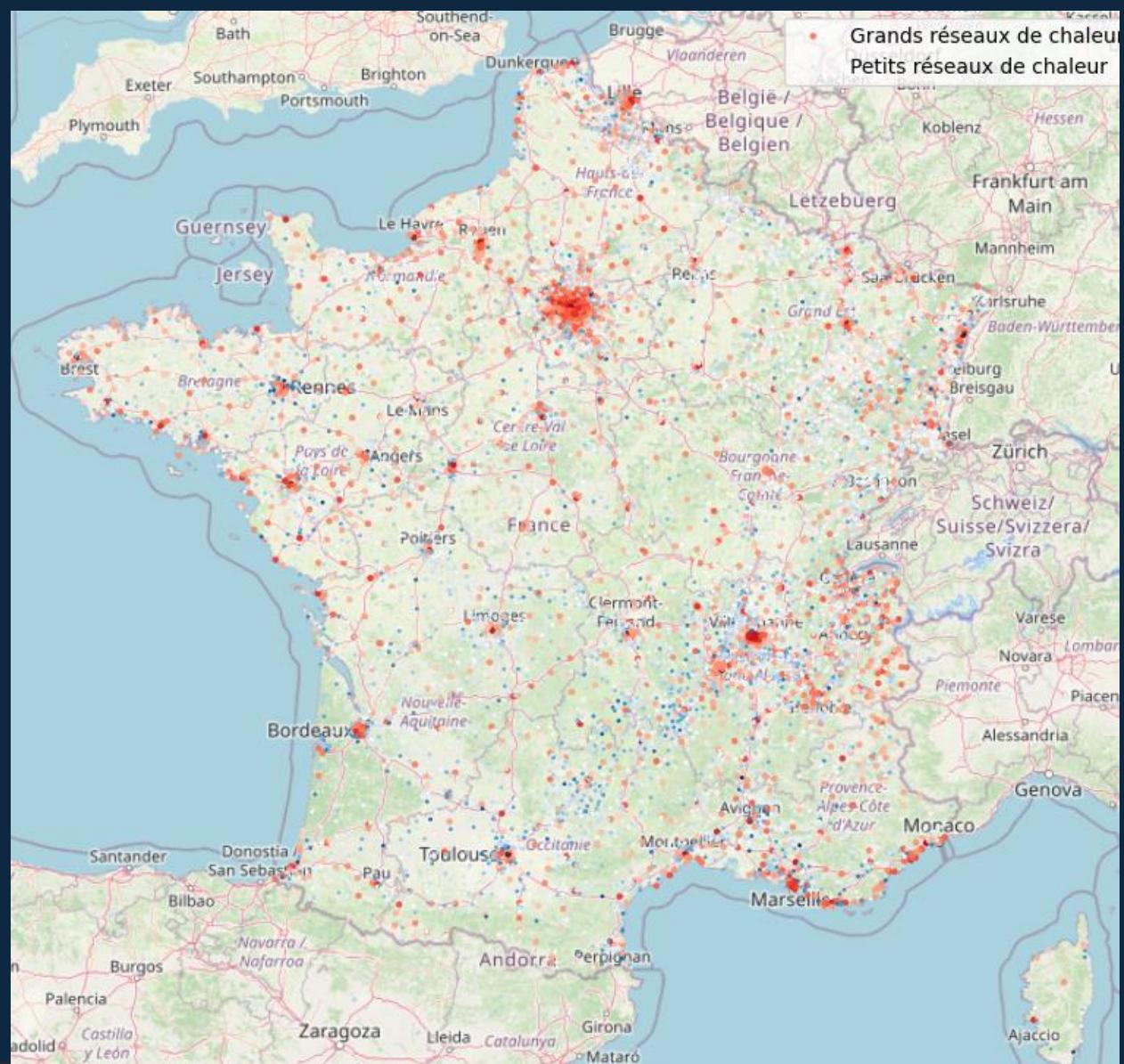
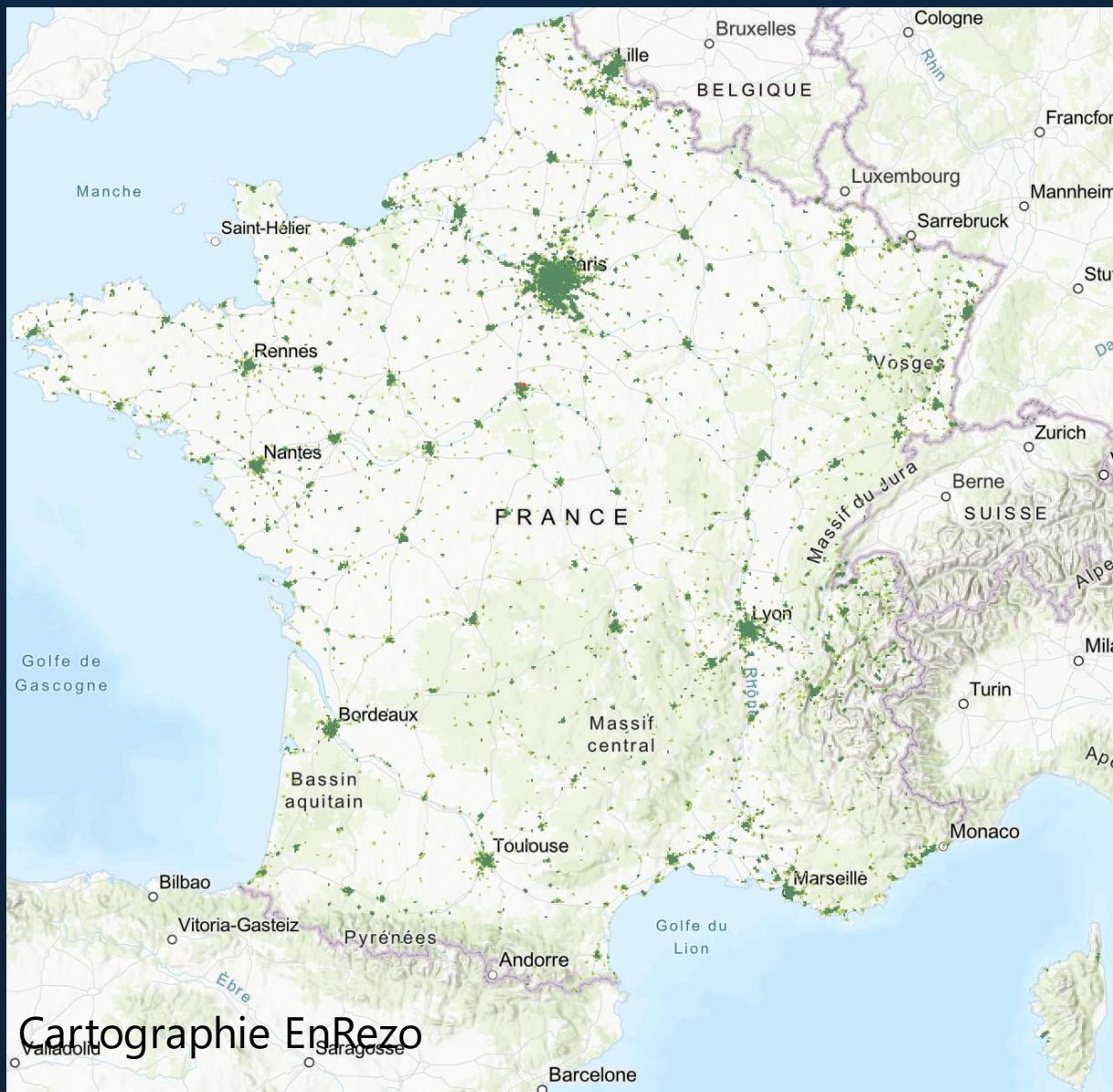
Communes porteuses d'un réseau de chaleur en France - Pondération par population



Comparaison réel EnRezo – Potentiel Modèle



Comparaison potentiel EnRezo – Potentiel Modèle



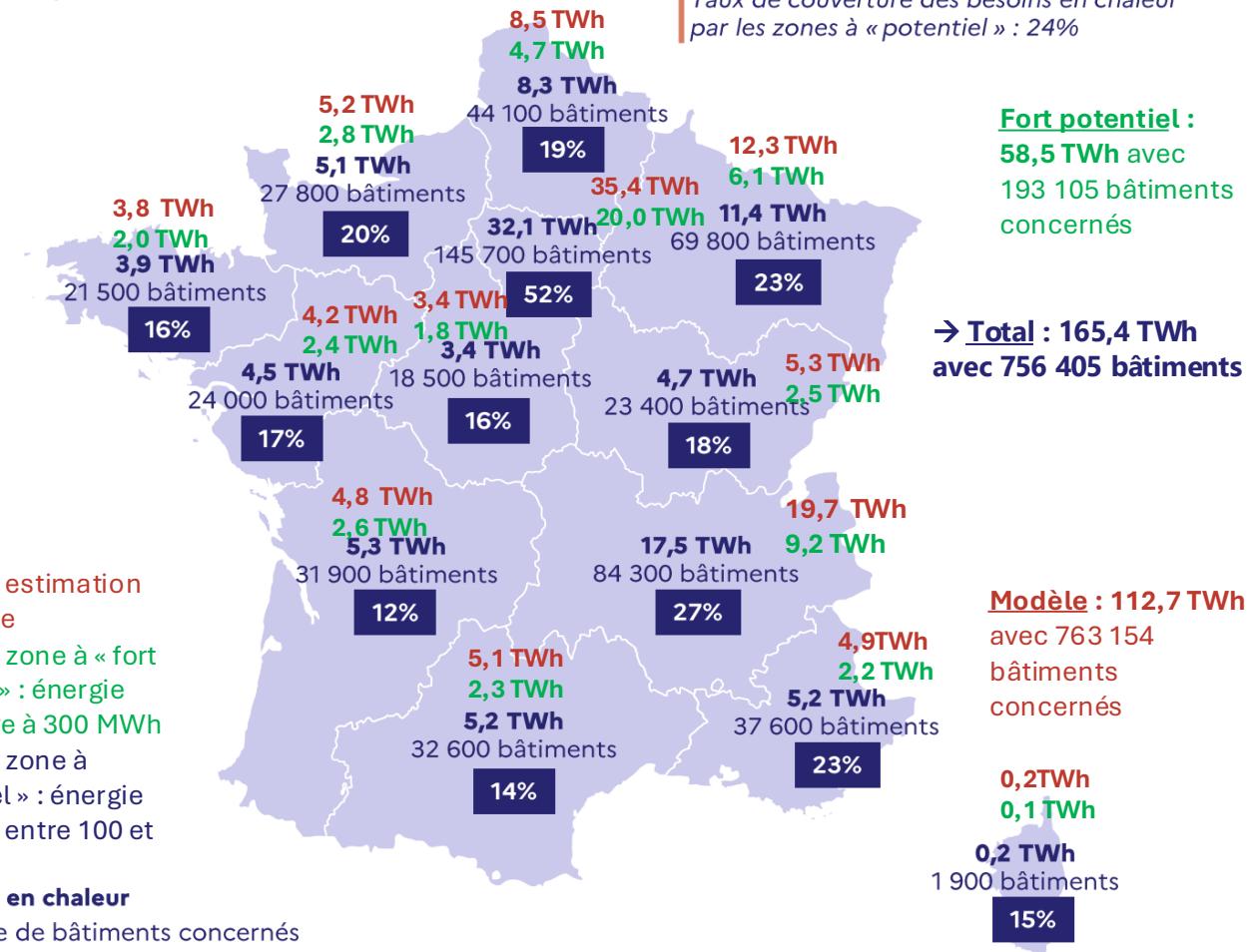
Résultats – Échelle nationale – Comparaison modèle existant EnRezo

Écart moyen/médian : + 4,1 TWh pour EnRezo

Écart minimal : + 0,1 TWh (Corse)

Écart maximal : + 16,7 TWh (Île-de-France)

Pour rappel, les zones à « potentiel » prennent en compte les bâtiments dont les besoins en chaleur sont supérieurs à 100 MWh/an.



8,5 TWh : estimation algorithme

4,7 TWh : zone à « fort potentiel » : énergie supérieure à 300 MWh

8,3 TWh : zone à « potentiel » : énergie comprise entre 100 et 300 MWh

Besoins en chaleur

Nombre de bâtiments concernés

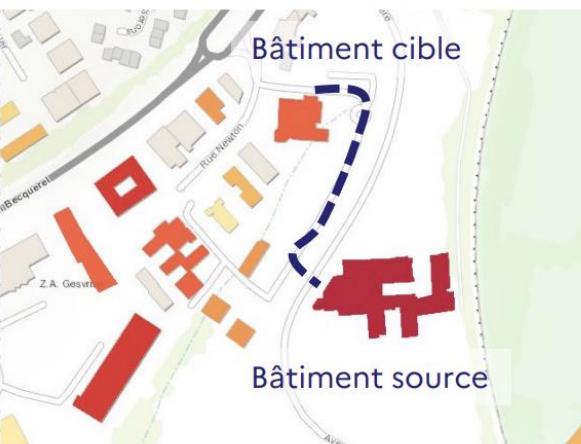
15% Taux de couverture des besoins en chaleur par les zones d'opportunité « à fort potentiel »*

*Rapport entre les besoins compris dans les zones d'opportunité [à l'échelle régionale] et les besoins en chaleur de la région

Résultats – Échelle nationale – Comparaison modèle existant

Méthodologie de construction des zones à (fort) potentiel d

Densité thermique théorique



Si on considère le bâtiment cible qui consomme 450 MWh/an, il faut 250 mètre linéaire pour le relier au bâtiment source. La densité thermique théorique est donc de 1,8 MWh/ml.

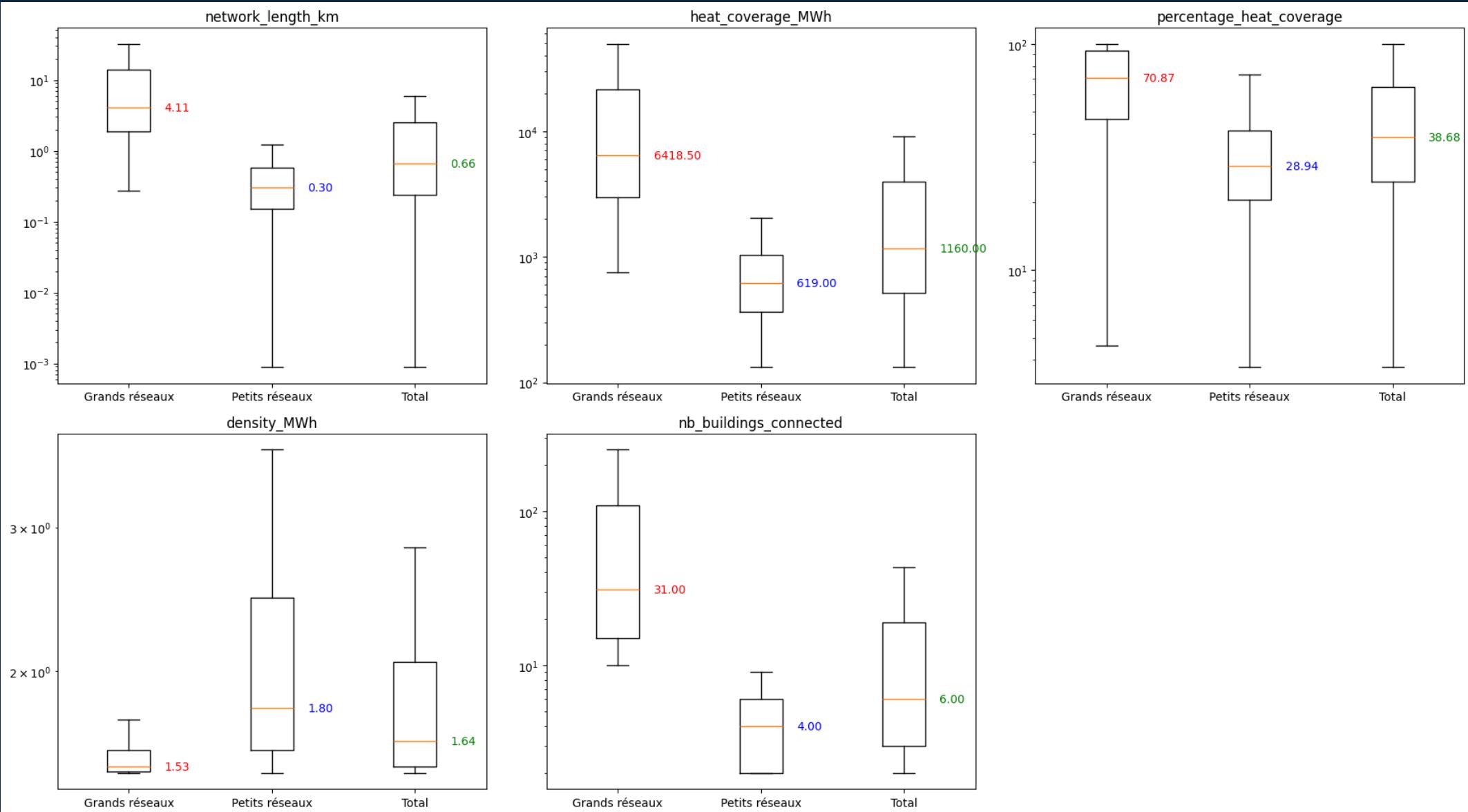
	Cerema	Modèle
Précision du tracé	Faible (vol d'oiseau)	Très élevée (routes + algorithme d'optimisation)
Contrainte sur la densité linéaire	Élevée (3MWh/ml)	Modérée (1,5 MWh/ml)
Contrainte sur la sélection des bâtiments	Élevée (demande supérieure à 100 MWh pour potentiel)	Modérée (demande supérieure à 58 MWh)
Méthodologie sélection	$\text{Énergie_bâtiment} / \text{distance_}(bâtiment-source) \geq \text{densité}$ → Graphe en étoile peu réaliste	$\text{Énergie_totale} / \text{distance_totale} \geq \text{densité}$ → Graphe suivant les routes réaliste

Densité thermique simplifiée =

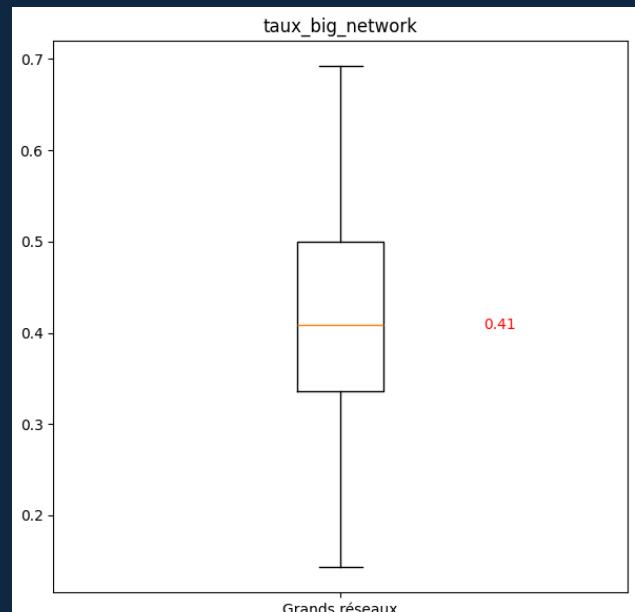
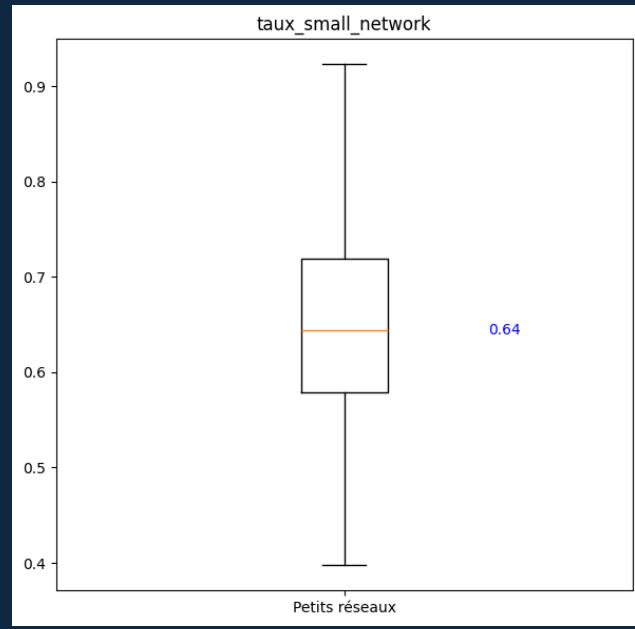
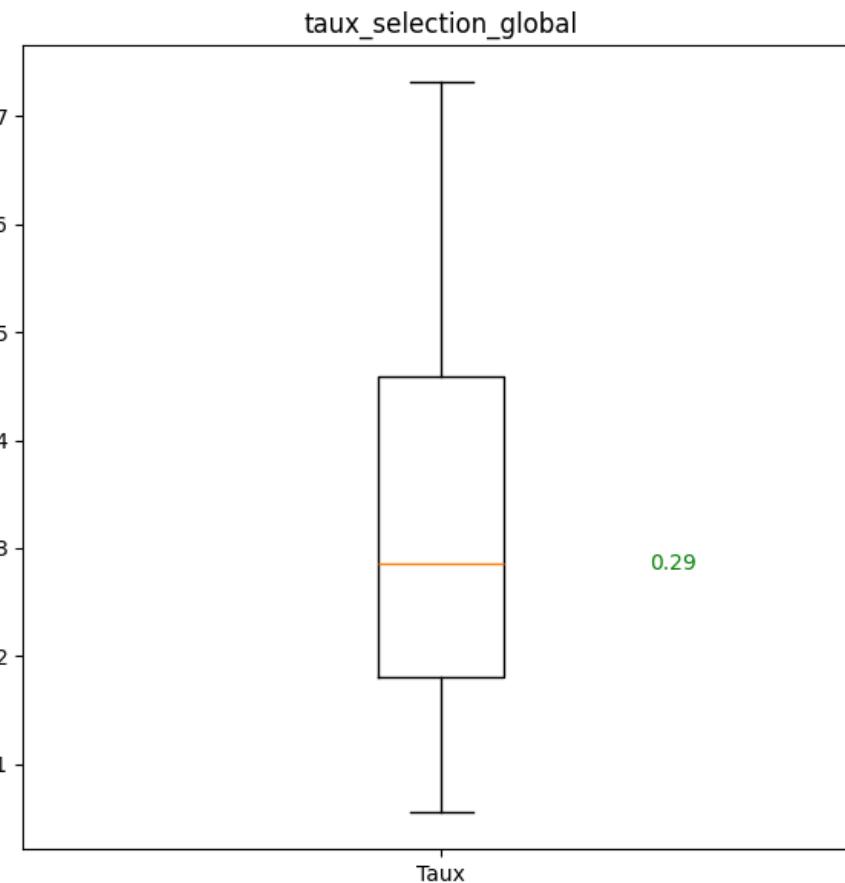
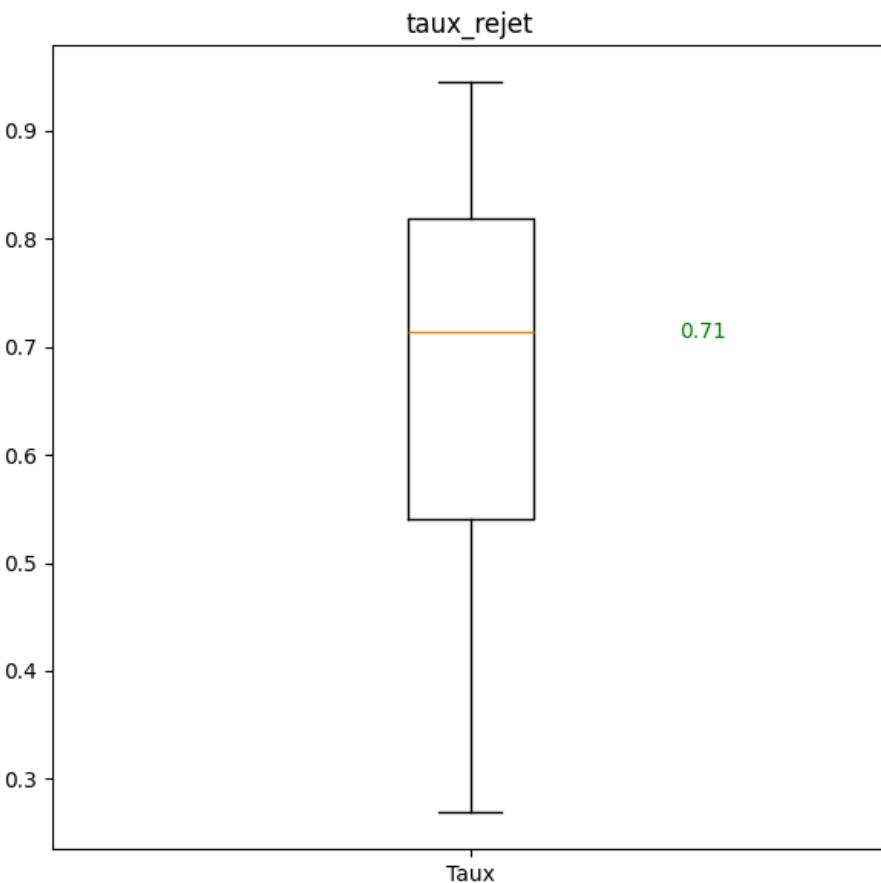
Besoins estimés du bâtiment cible à l'année

Distance à vol d'oiseau entre le bâtiment cible et le bâtiment source

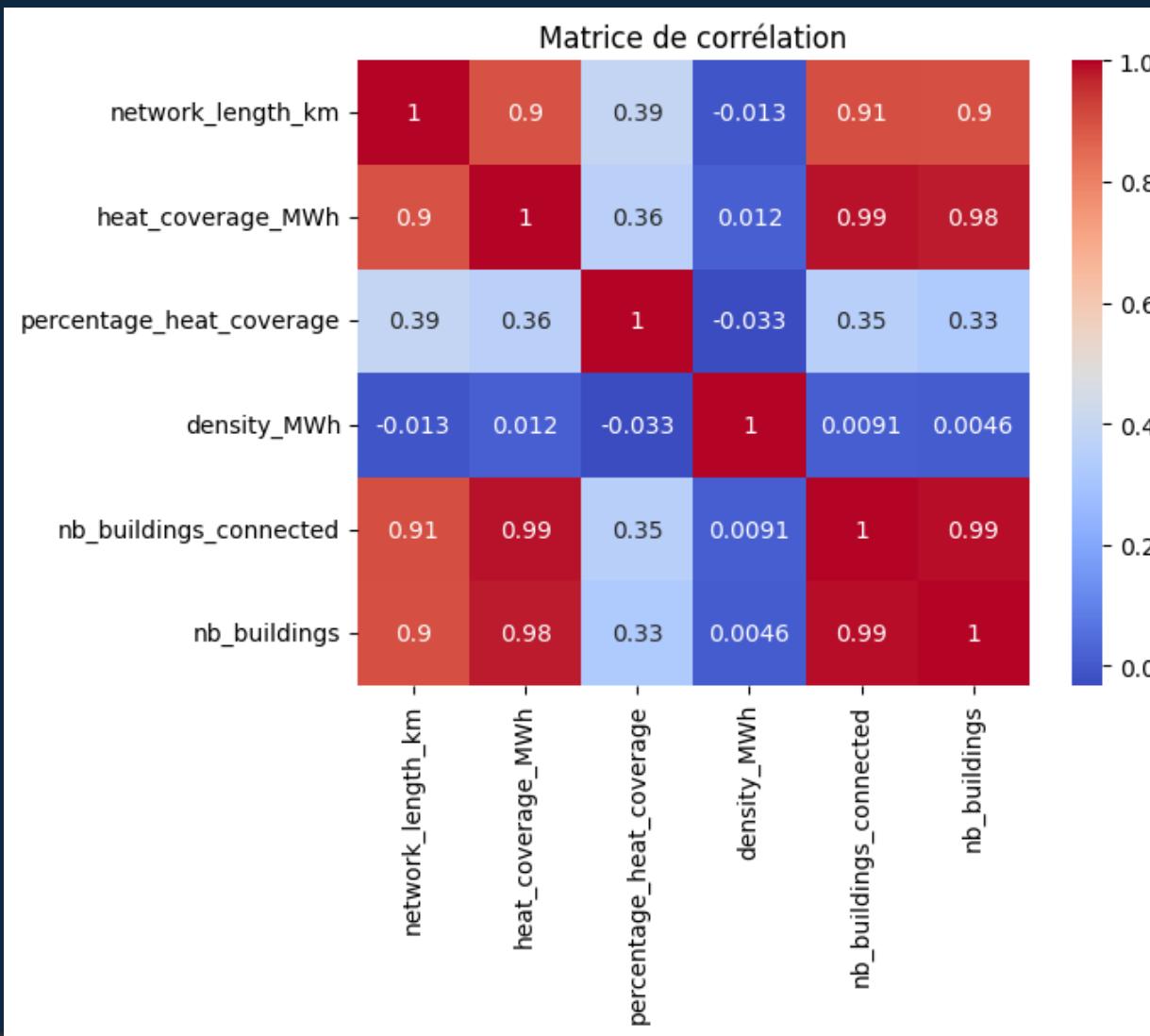
Résultats – Échelle nationale



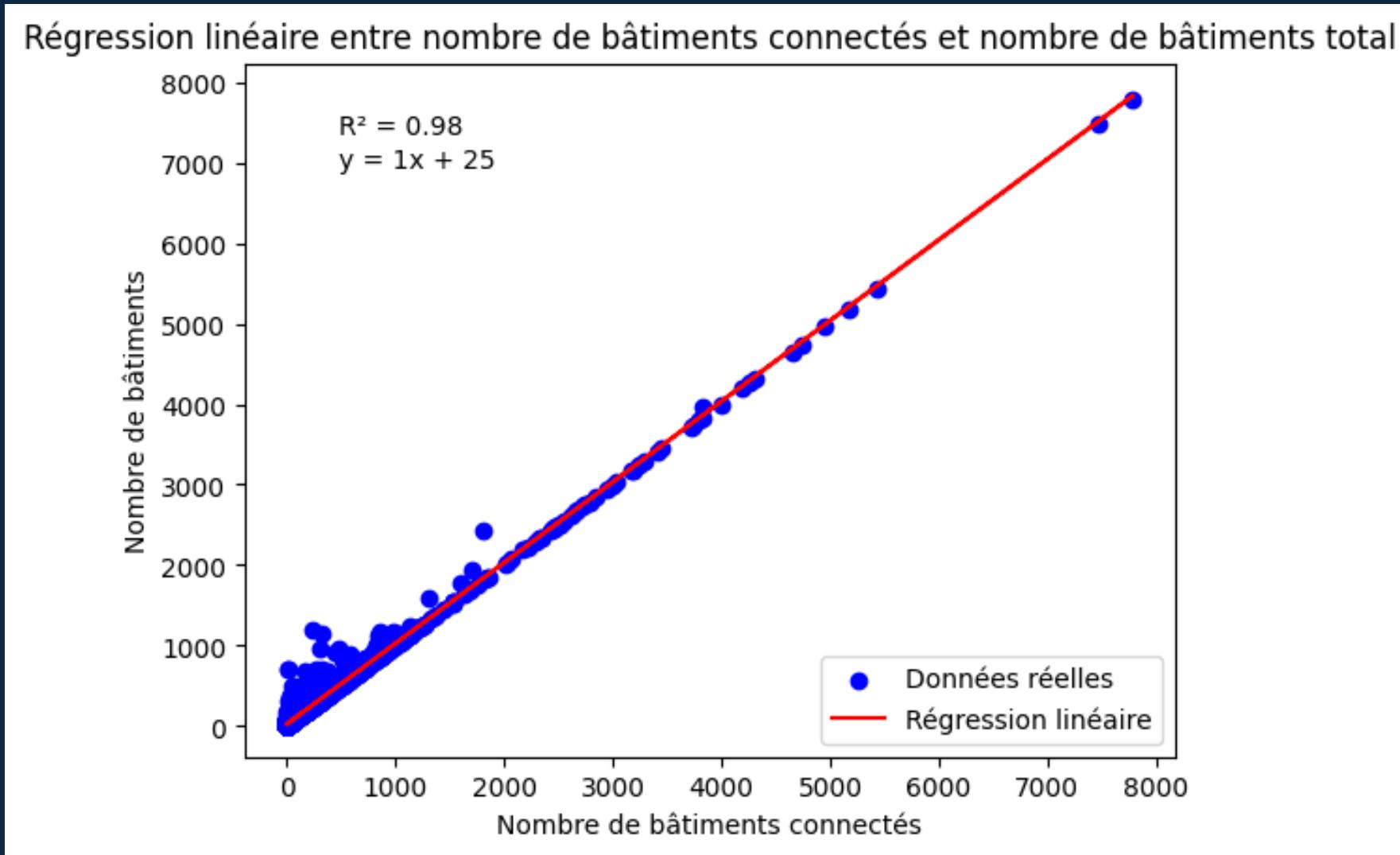
Résultats – Échelle nationale



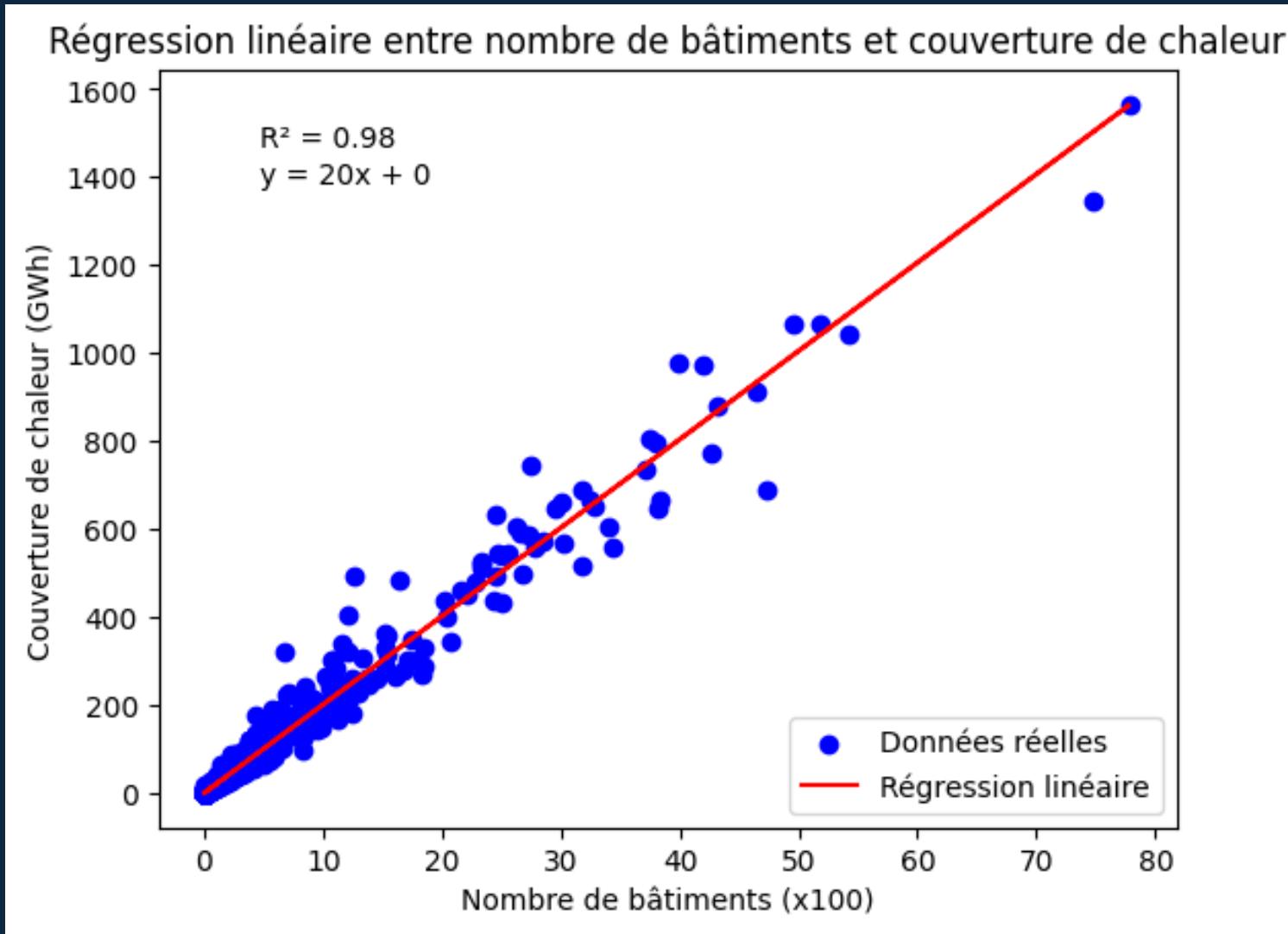
Résultats – Échelle nationale – Corrélations



Résultats – Échelle nationale – Corrélations



Résultats – Échelle nationale – Corrélations



Résultats – Échelle nationale – Comparaison réel

Les réseaux de chaleur

Pour décarboner le premier usage énergétique de France

1 000
réseaux

+ 54
réseaux par rapport à 2022

7 515 km
de réseaux

29,2 TWh

chaleur livrée nette
(corrigée du climat)

66,5%

taux d'énergies renouvelables
et de récupération des réseaux

50 065

bâtiments raccordés
(soit 2,9M d'équivalent logements)

*La chaleur représente 45% des usages de l'énergie en France

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid – 2024 - Fedene

**763 154 bâtiments – 652 546 grands réseaux –
110 608 petits réseaux**

8 295

réseaux

3 220

Grands réseaux

5 075

Petits réseaux

112,7 TWh

Chaleur livrée totale

108,7 TWh

Grands réseaux

4,0 TWh

Petits réseaux

56 254 km

Longueur totale en km

54 115 km

Grands réseaux

2139 km

Petits réseaux

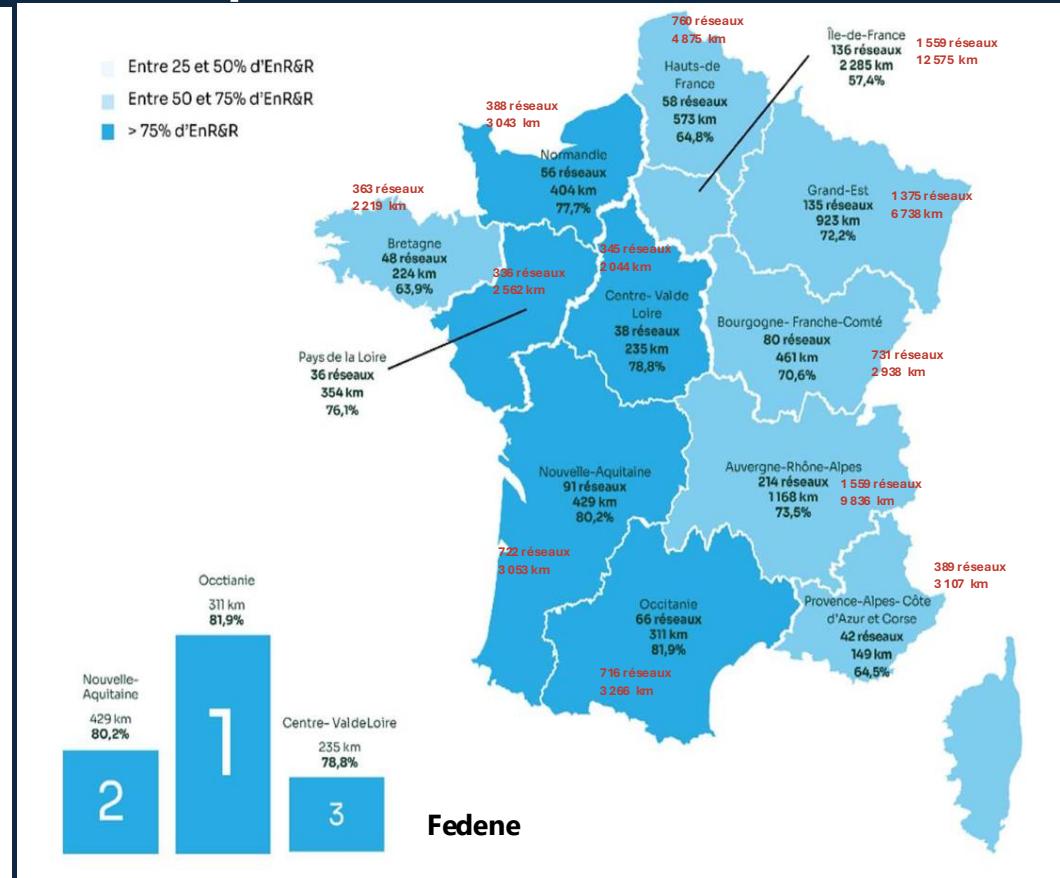
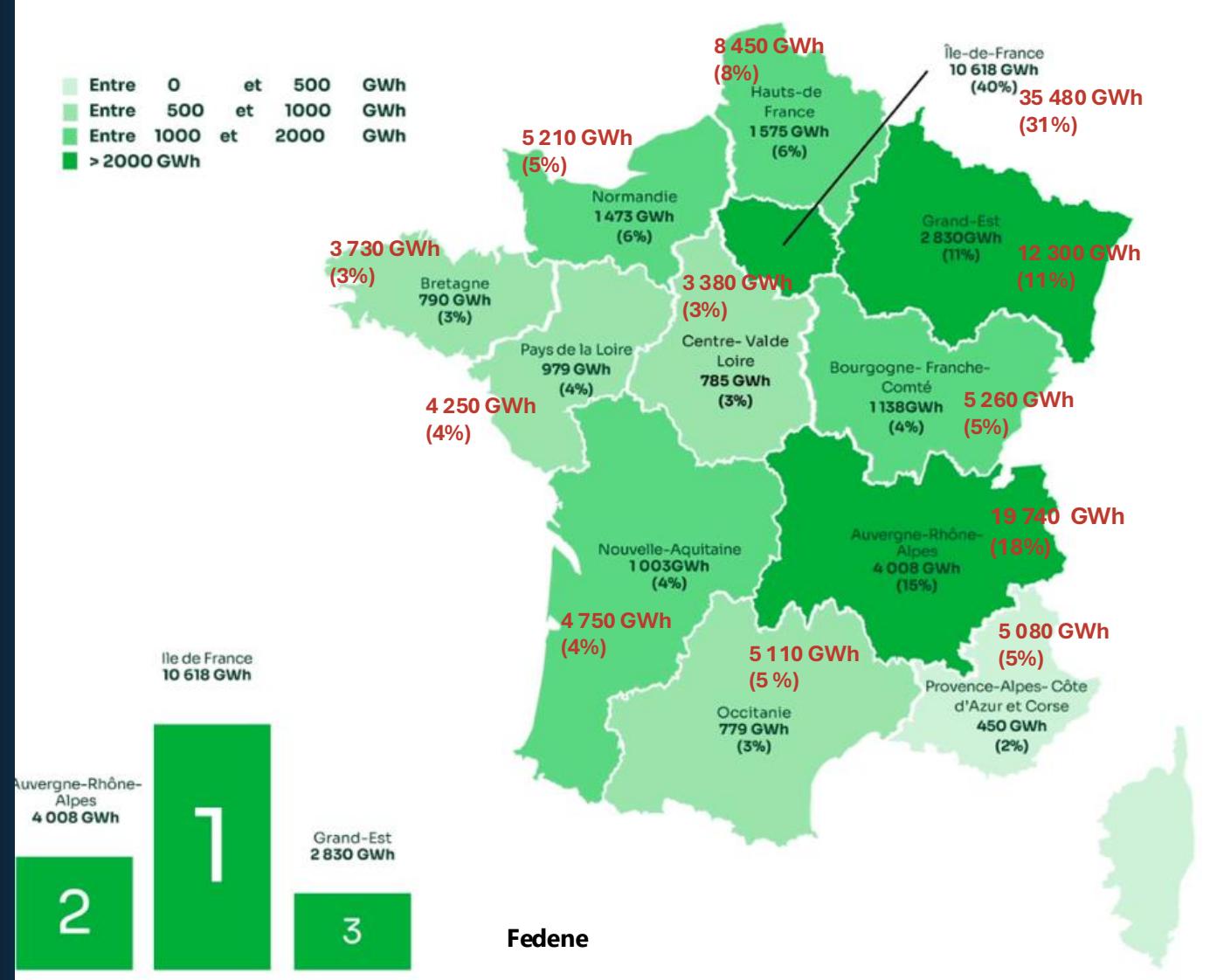
Nombre de réseaux : x 8,3

Chaleur livrée : x 3,9

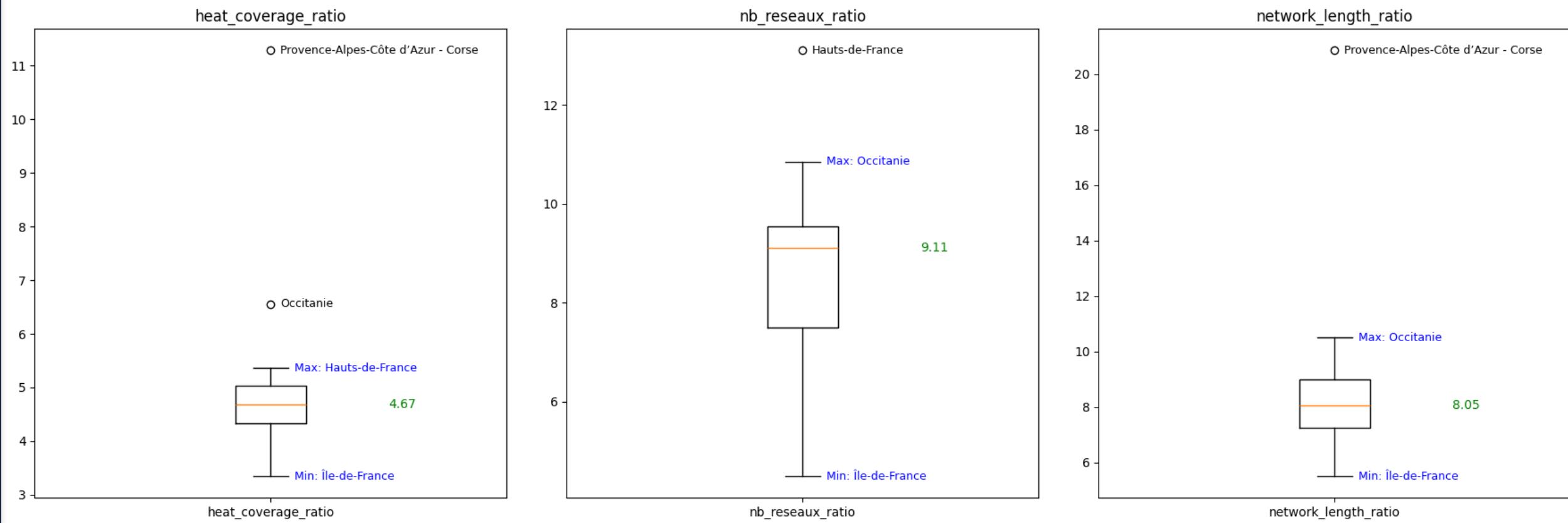
Kilométrage : x 7,5

Nombre de bâtiments : x15

Résultats – Échelle nationale – Comparaison réel



Résultats – Échelle nationale – Comparaison réel



Ouvertures

- Adapter le critère de **1,5 MWh/ml** en fonction du territoire (rural/urbain; montagneux...)
- Filtre énergétique à **58 MWh** à questionner
- Analyse plus précise par région avec les données du Cerema
- Réfléchir à la notion de **Powerplant**
Où placer l'usine de chaleur ?
- Distinction **petits réseaux / grands réseaux** à questionner et améliorer
- Approfondir la façon dont les calculs sont faits dans **la base de données** produite par le Cerema
- **Relier plusieurs communes** pour former un grand réseau de chaleur si la proximité le permet

Merci !