

# 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

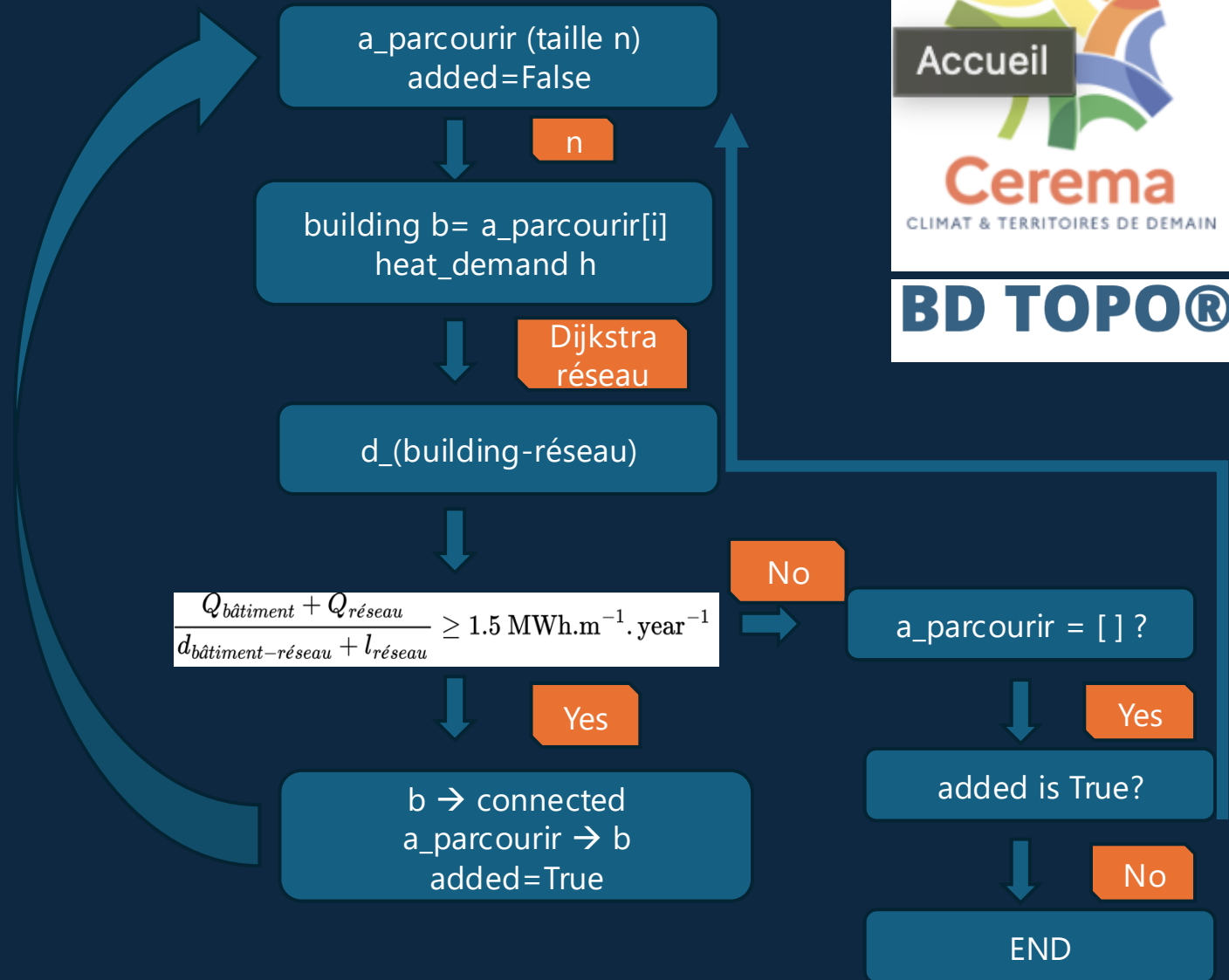
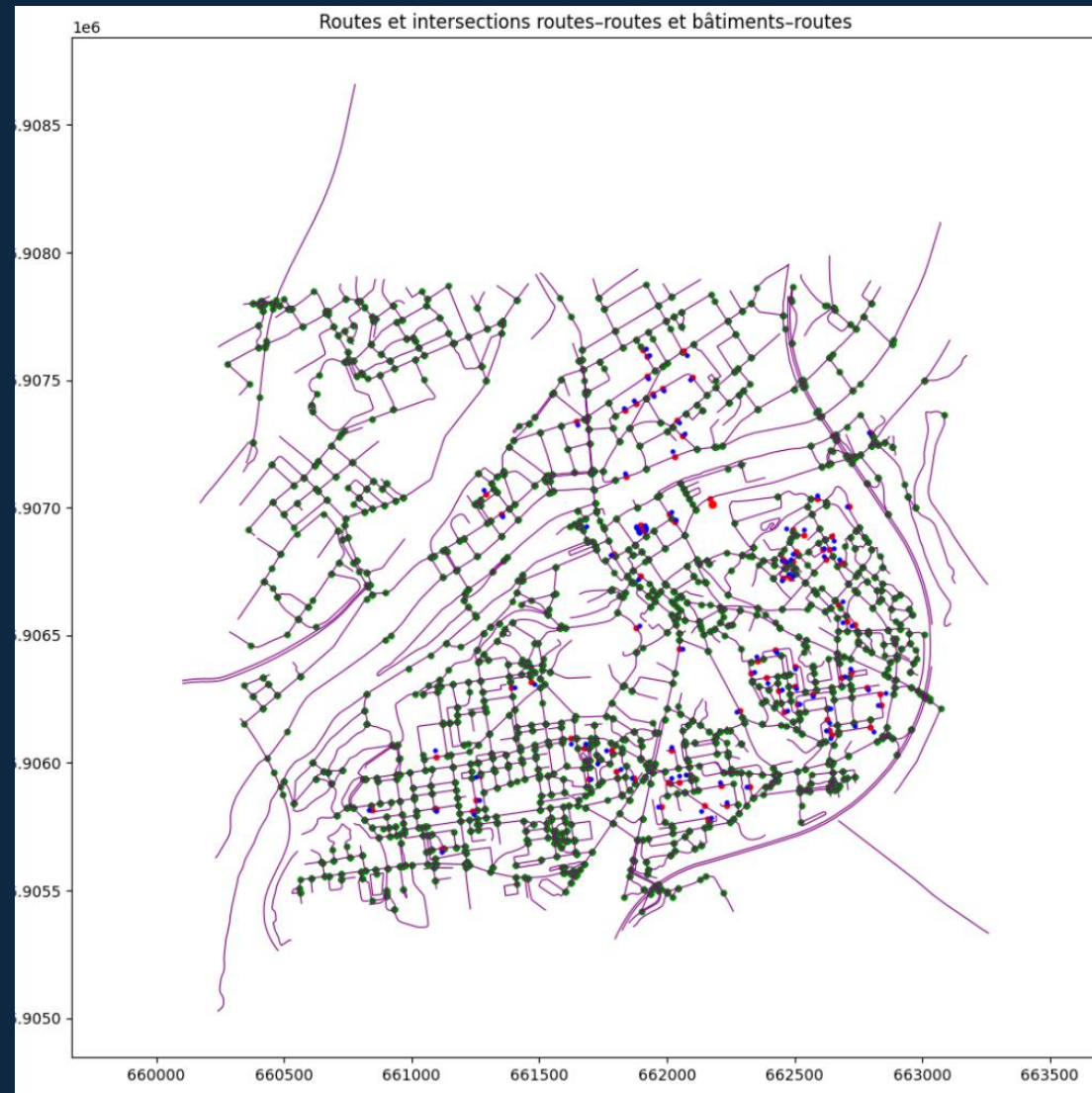
## Résultats

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

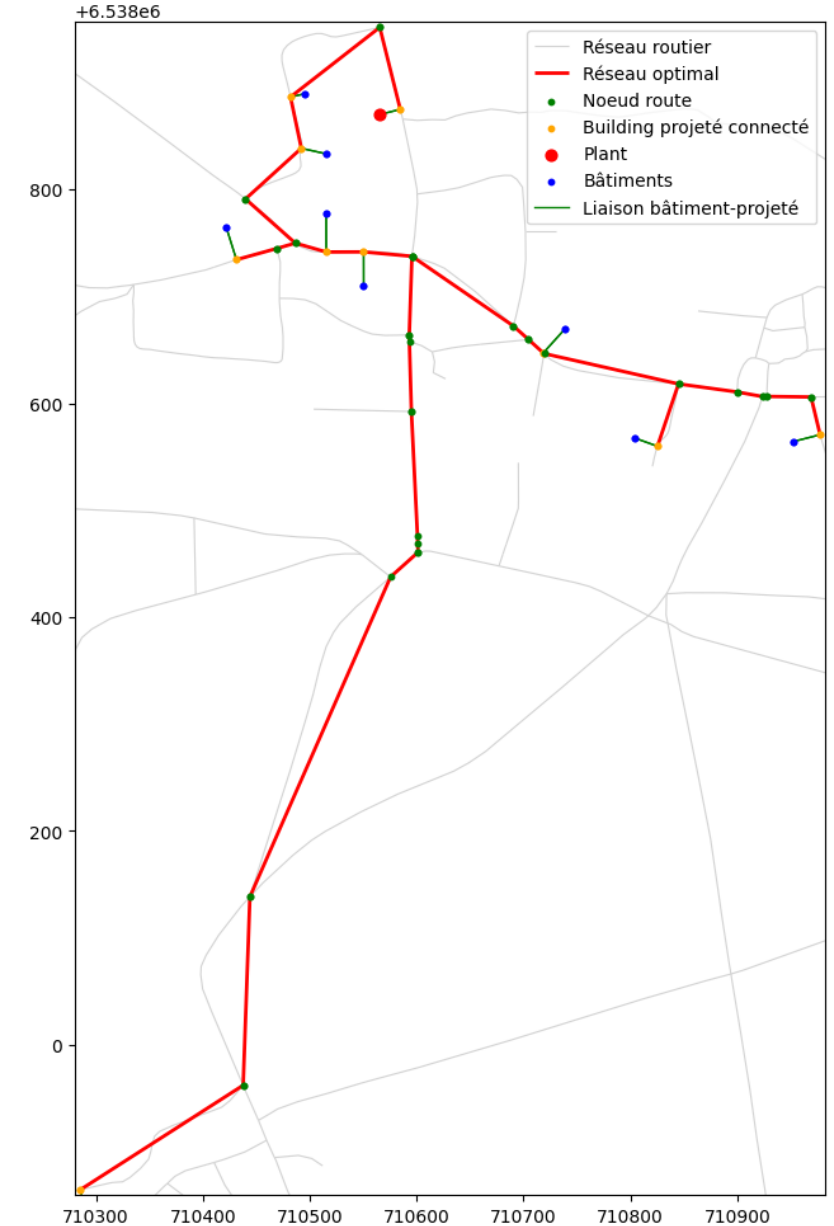
$$\lambda = 1.5 \text{ MWh} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$$

- Choix de l'énergie limite

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

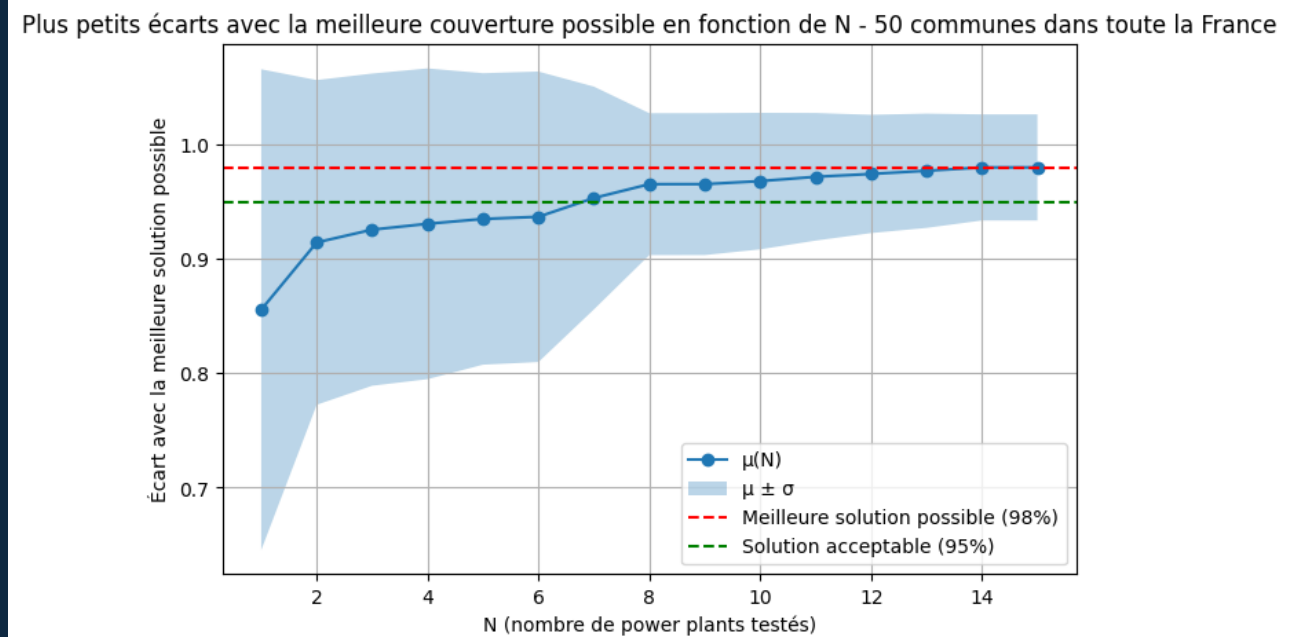
$$E_{max} \geq 58.35 \text{ MWh} \cdot \text{year}^{-1}$$

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

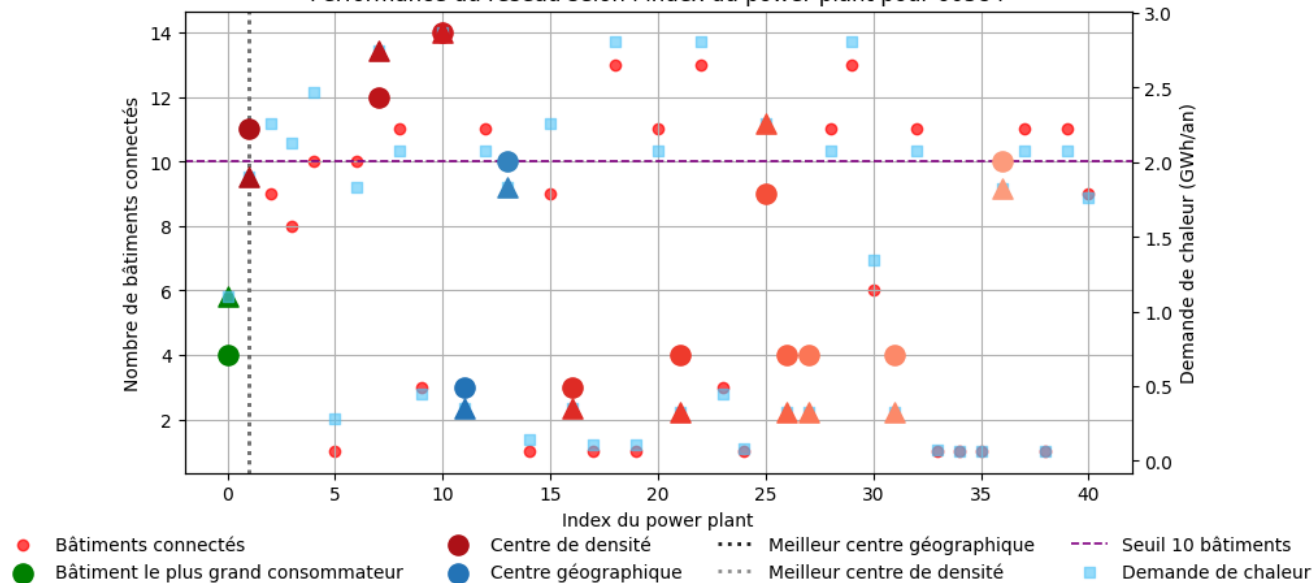


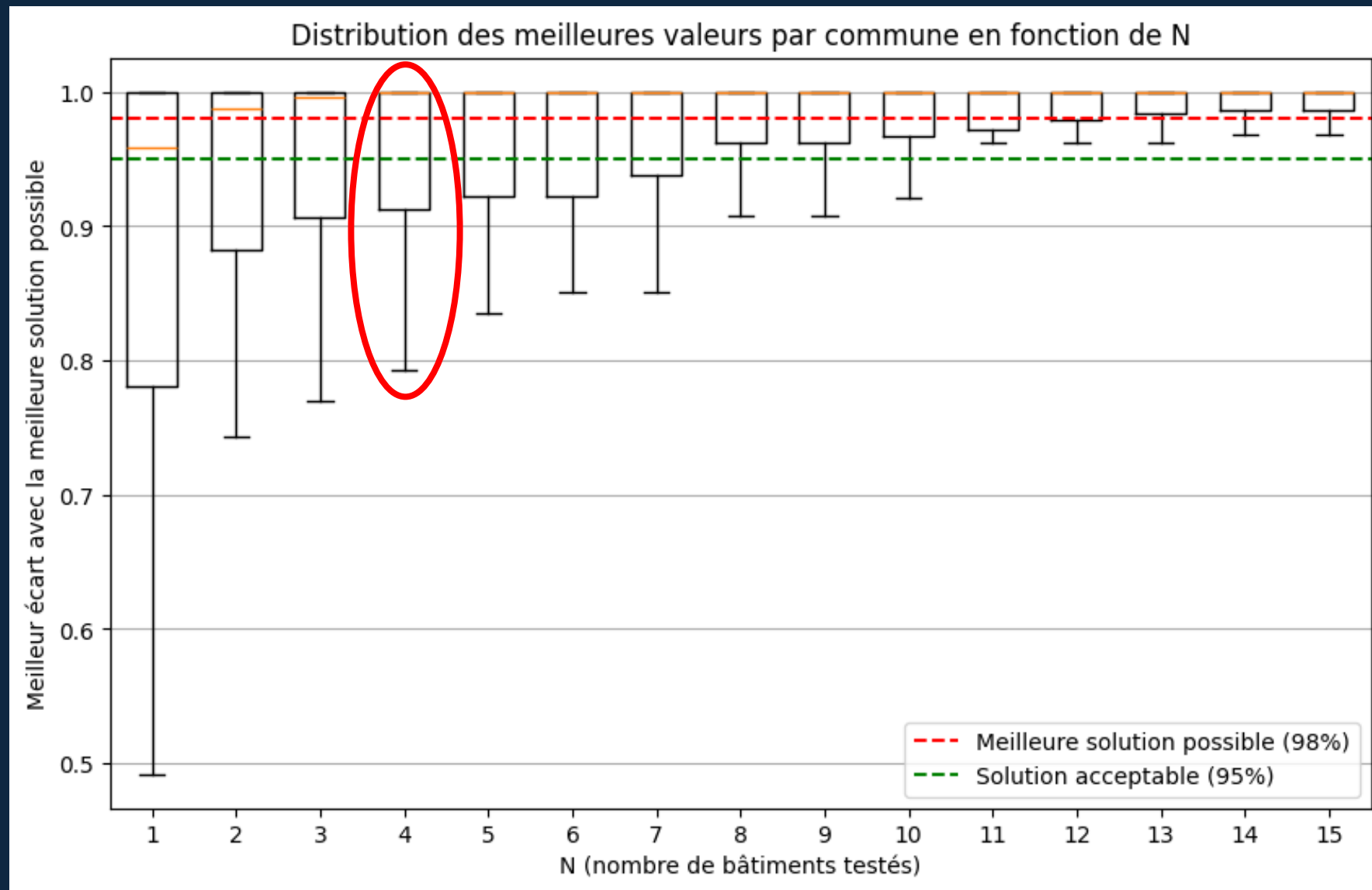
# Méthodologie – Hypothèses

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

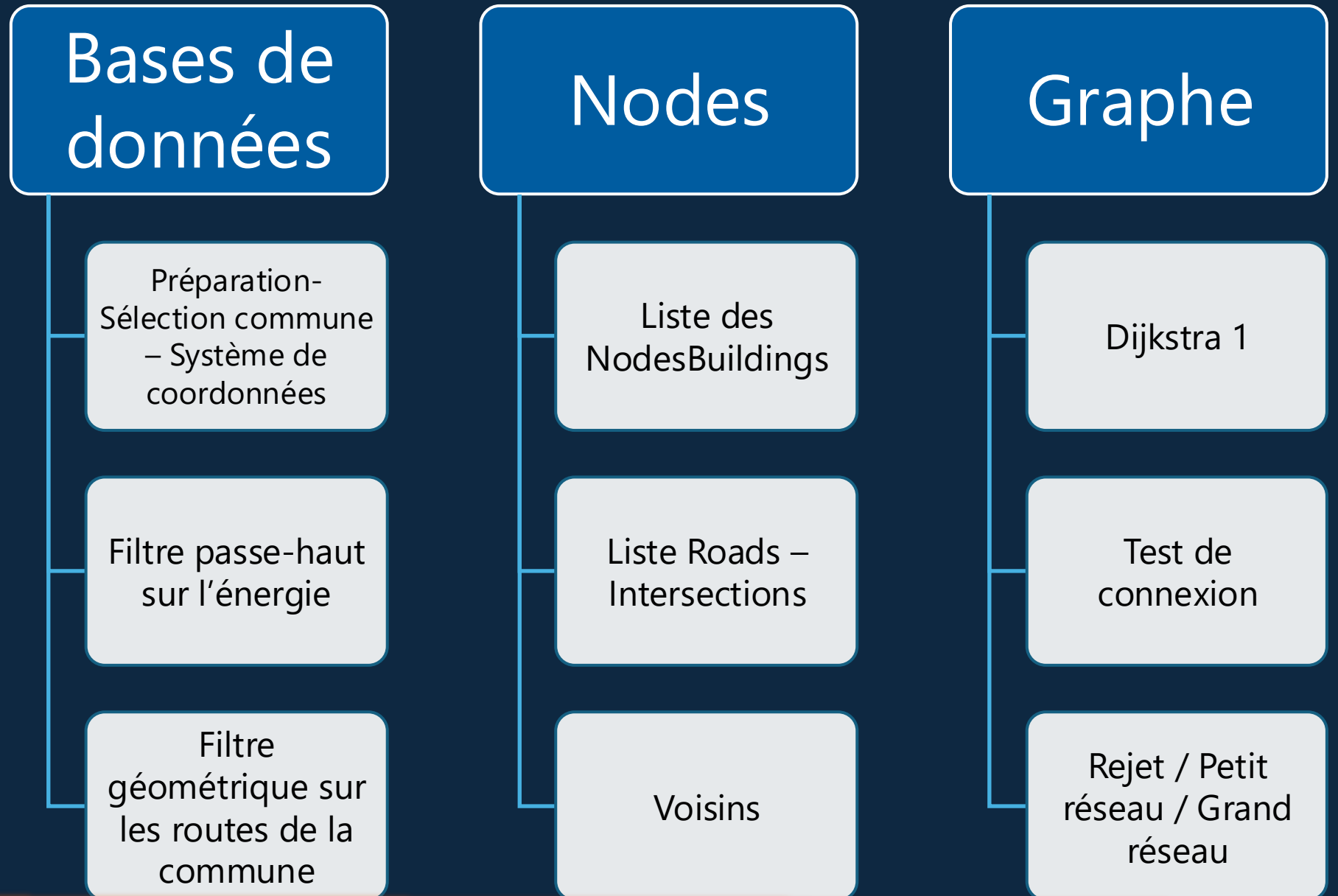


Performance du réseau selon l'index du power plant pour 60584



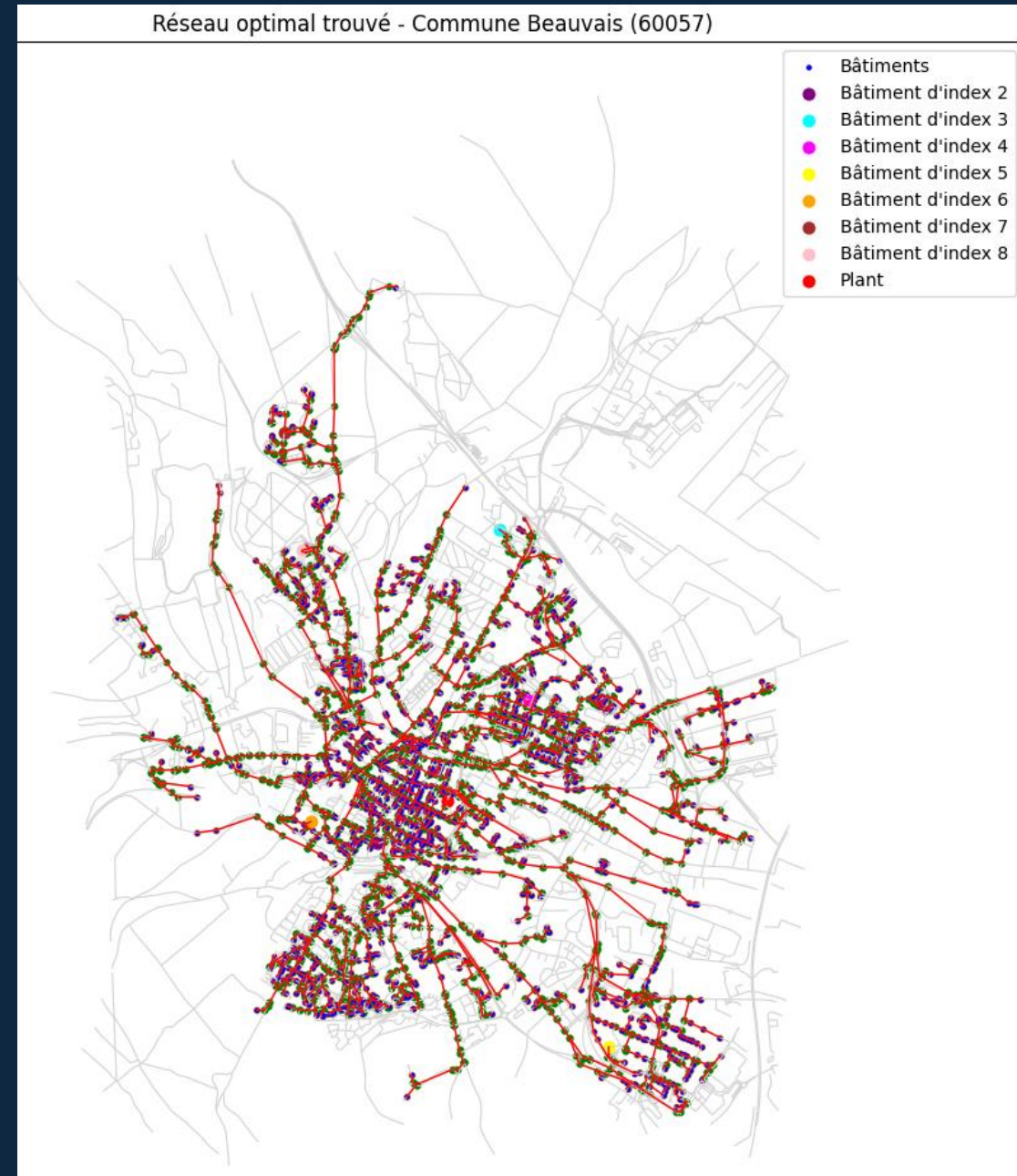
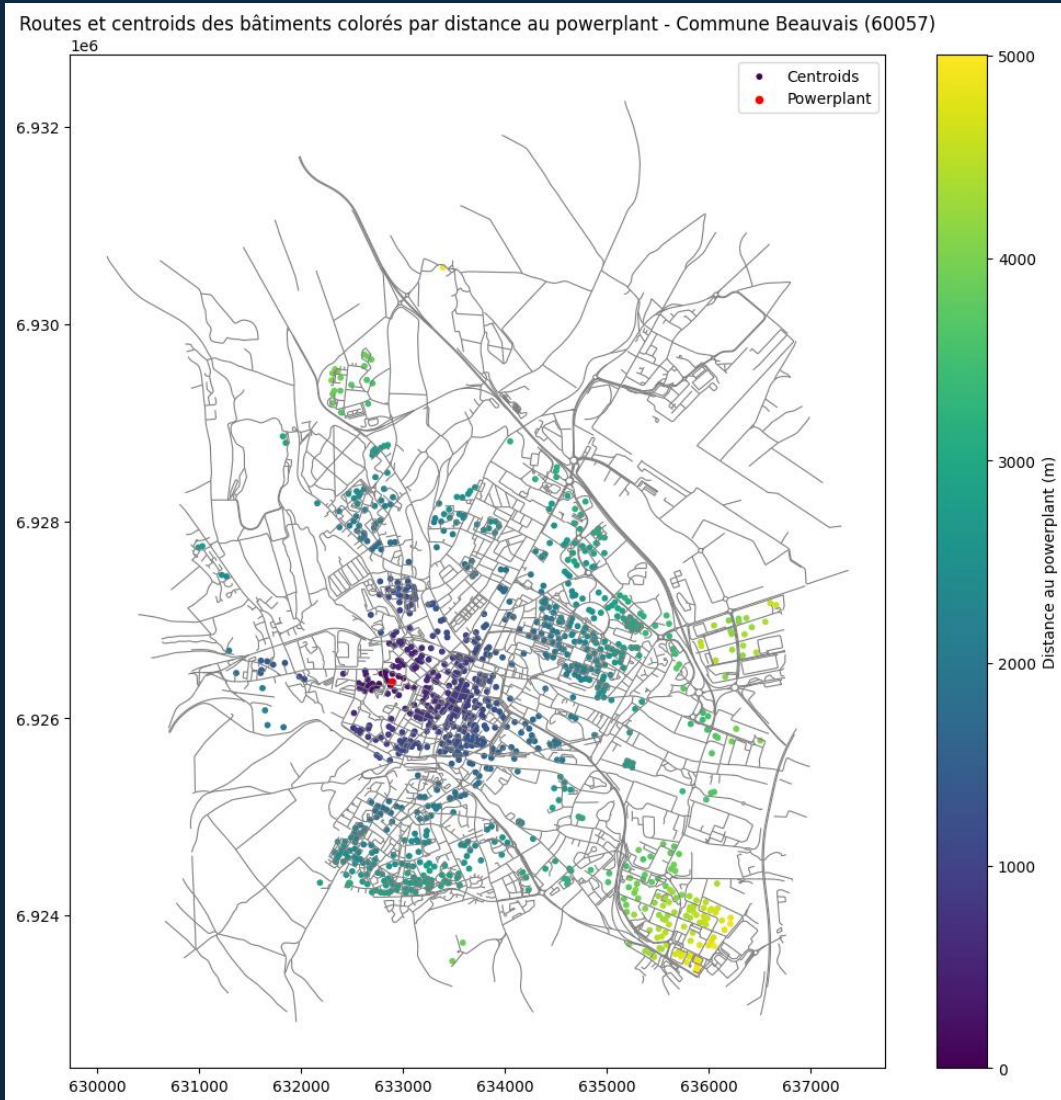


# Méthodologie – Structure du code

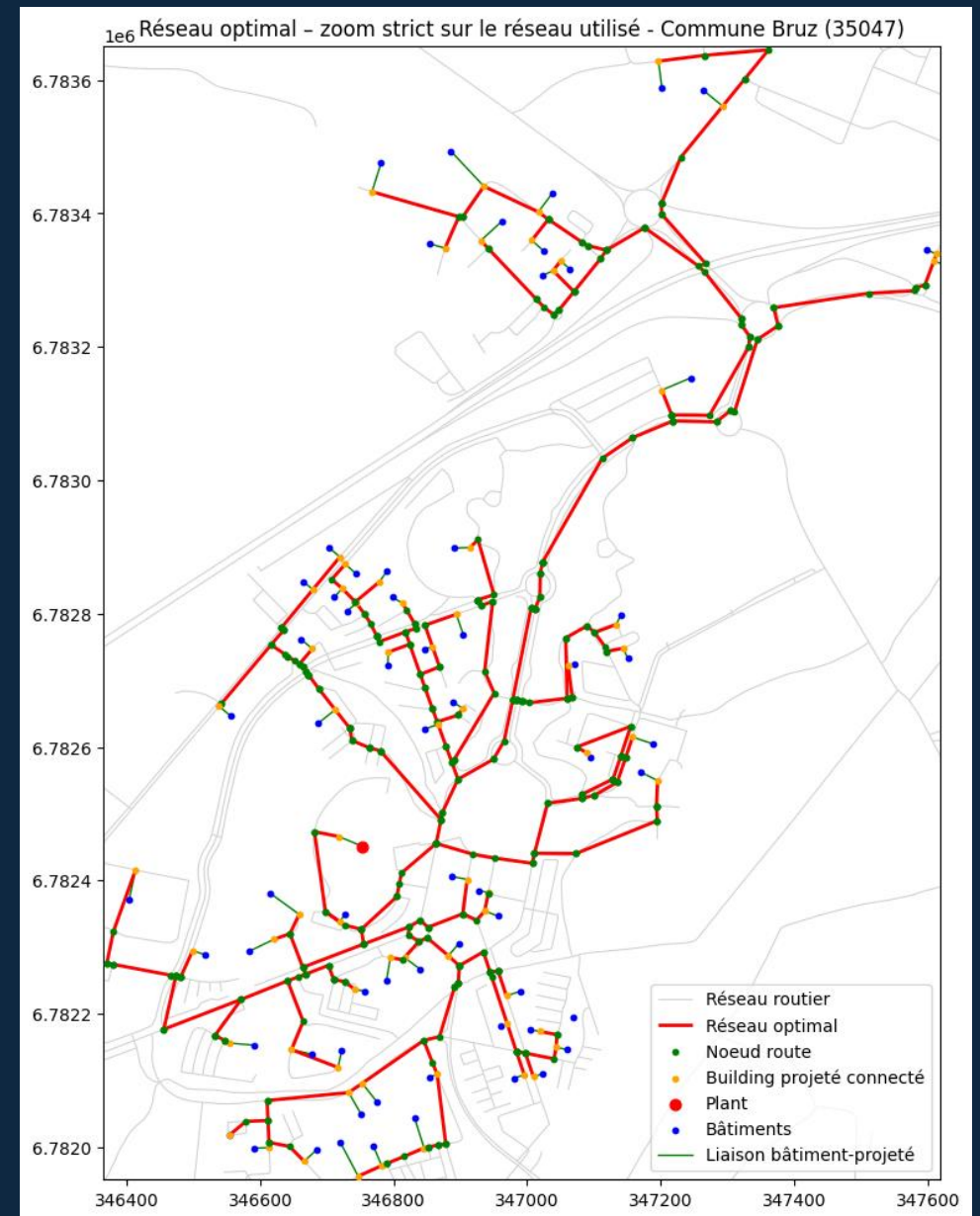
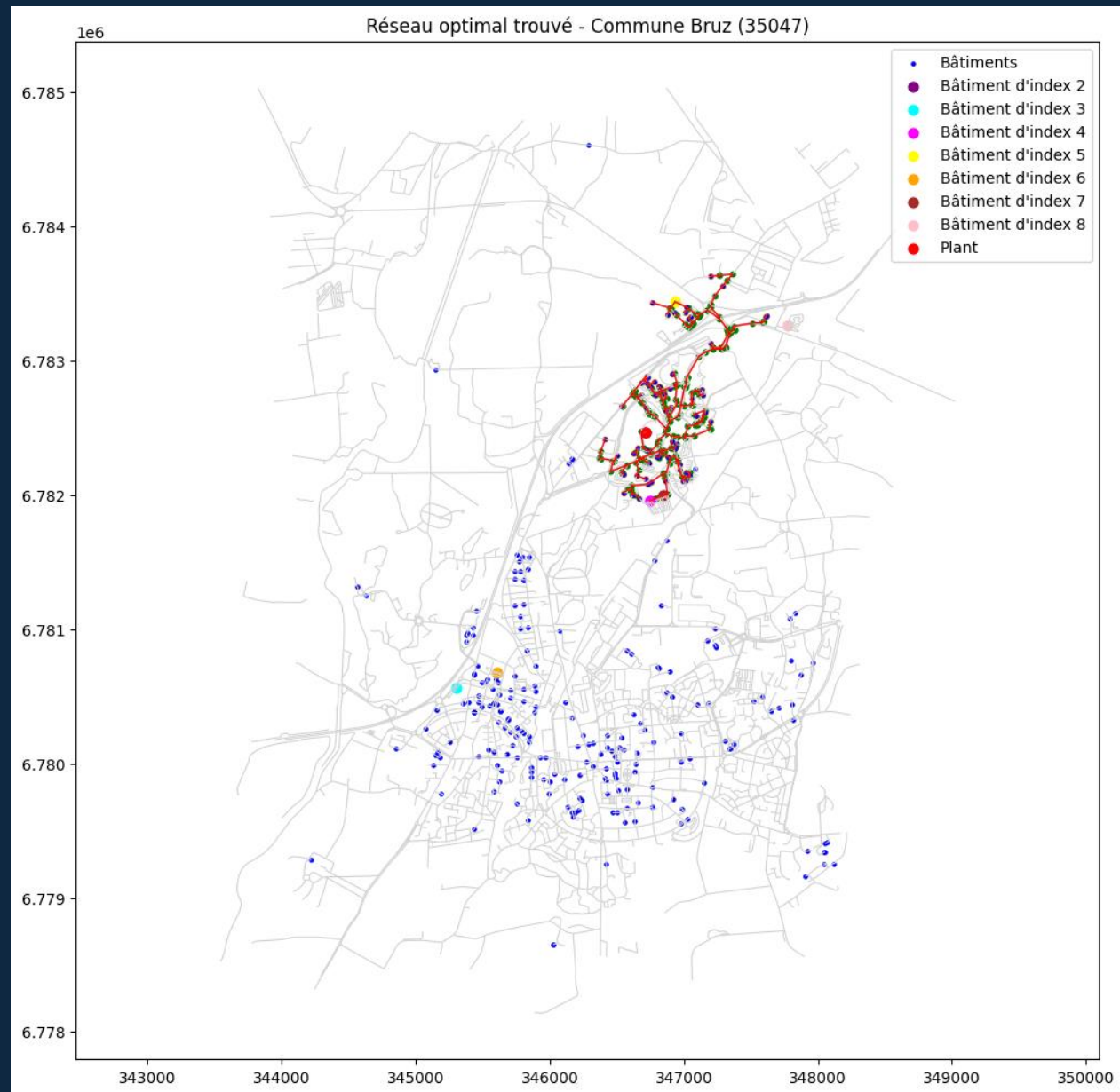




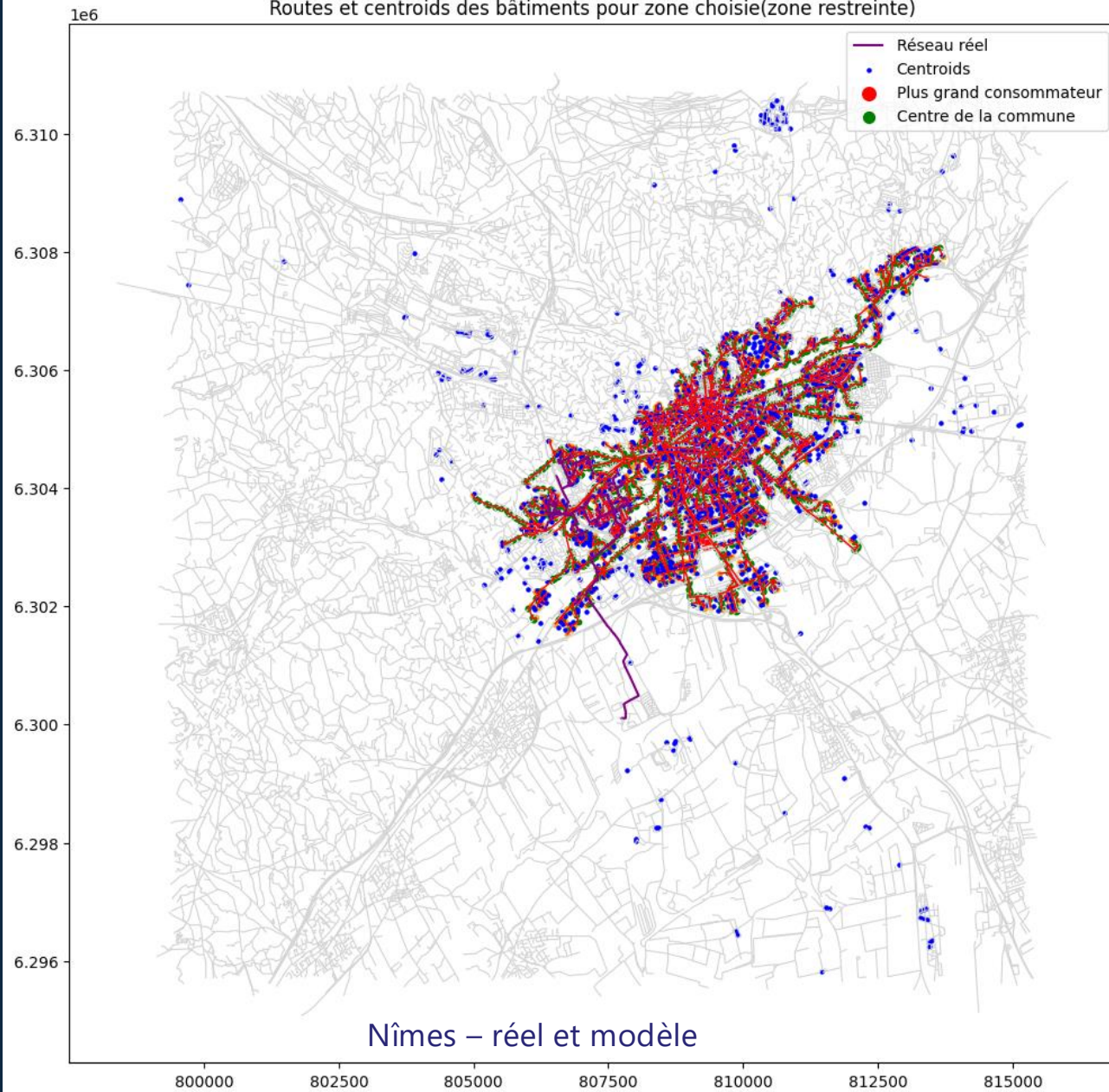
# Résultats –Échelle locale



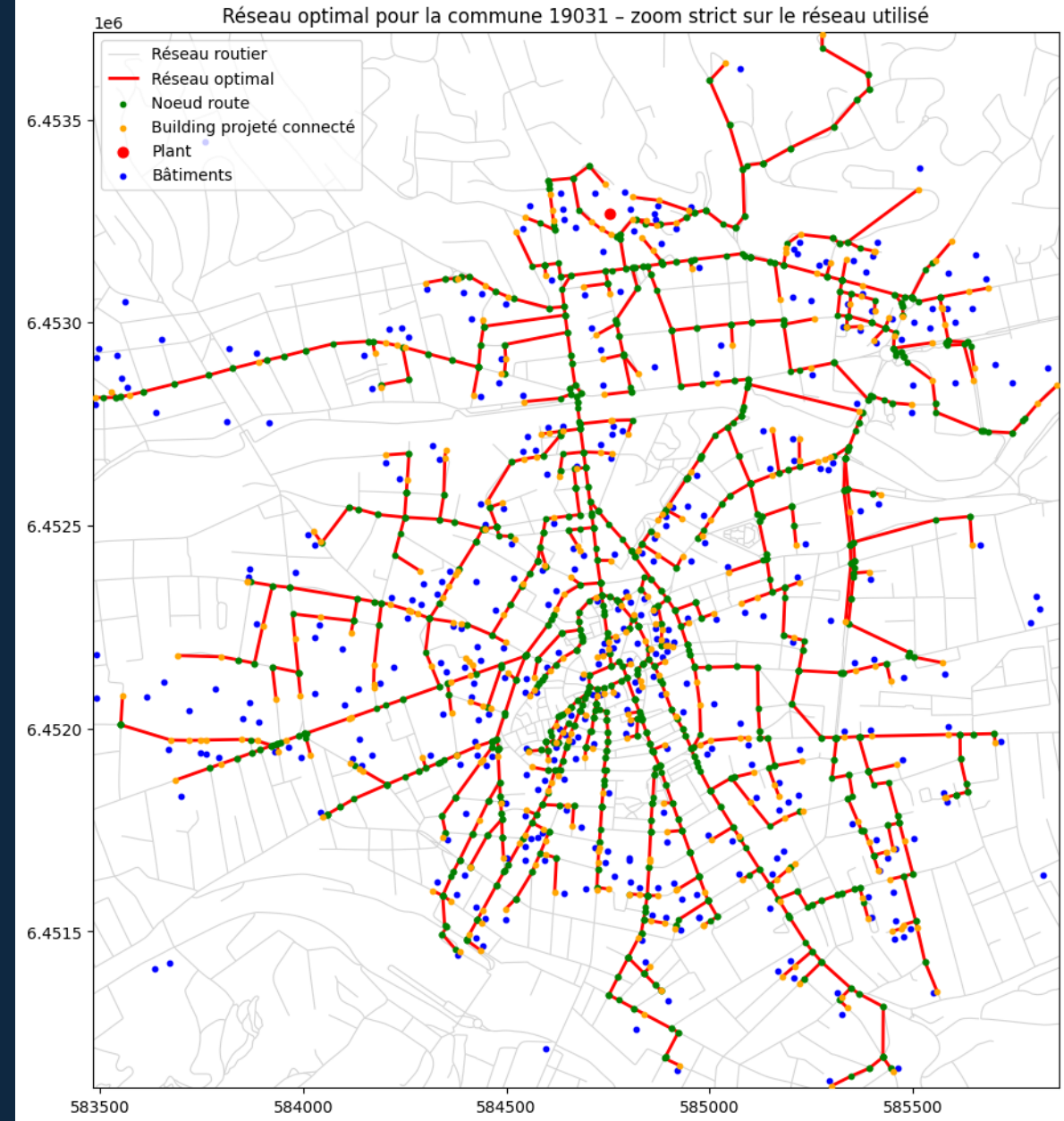




Routes et centroids des bâtiments pour zone choisie(zone restreinte)

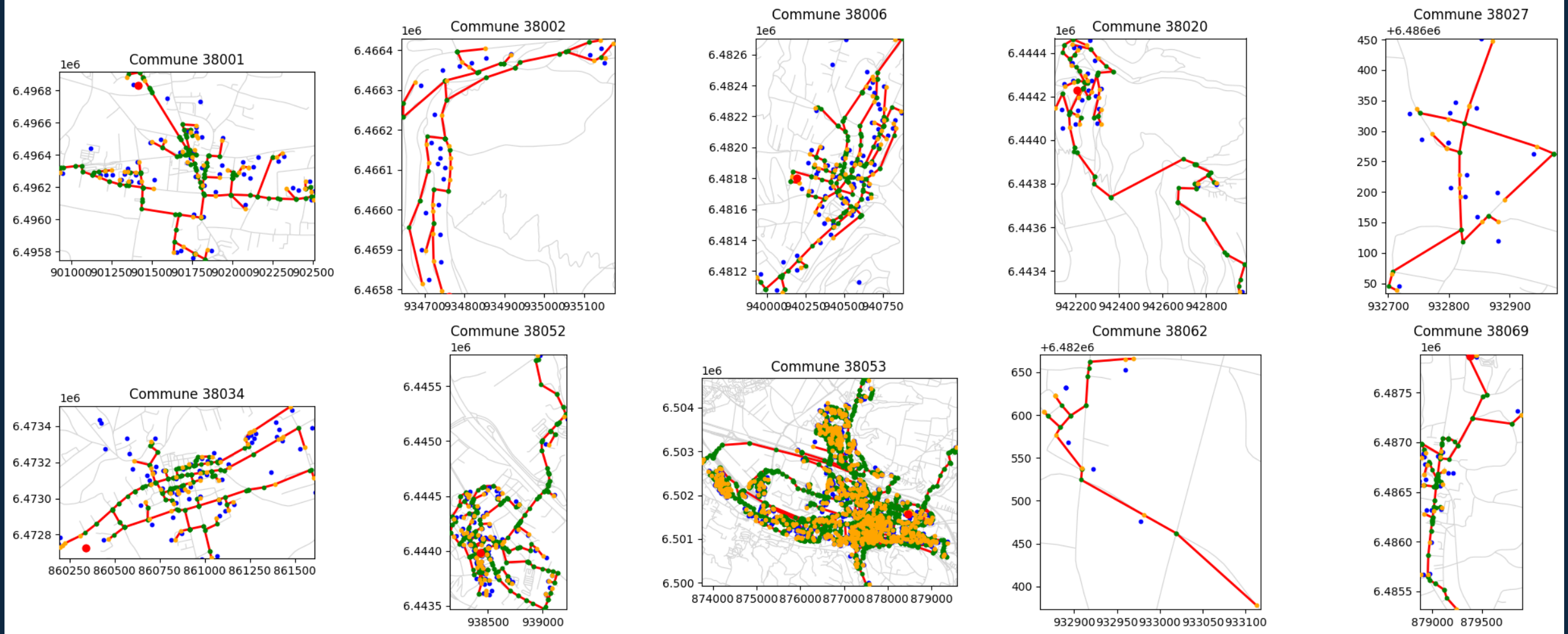


Réseau optimal pour la commune 19031 – zoom strict sur le réseau utilisé





# Résultats –Échelle départementale



# Résultats – Échelle nationale

Réseaux de chaleur :

**8295**

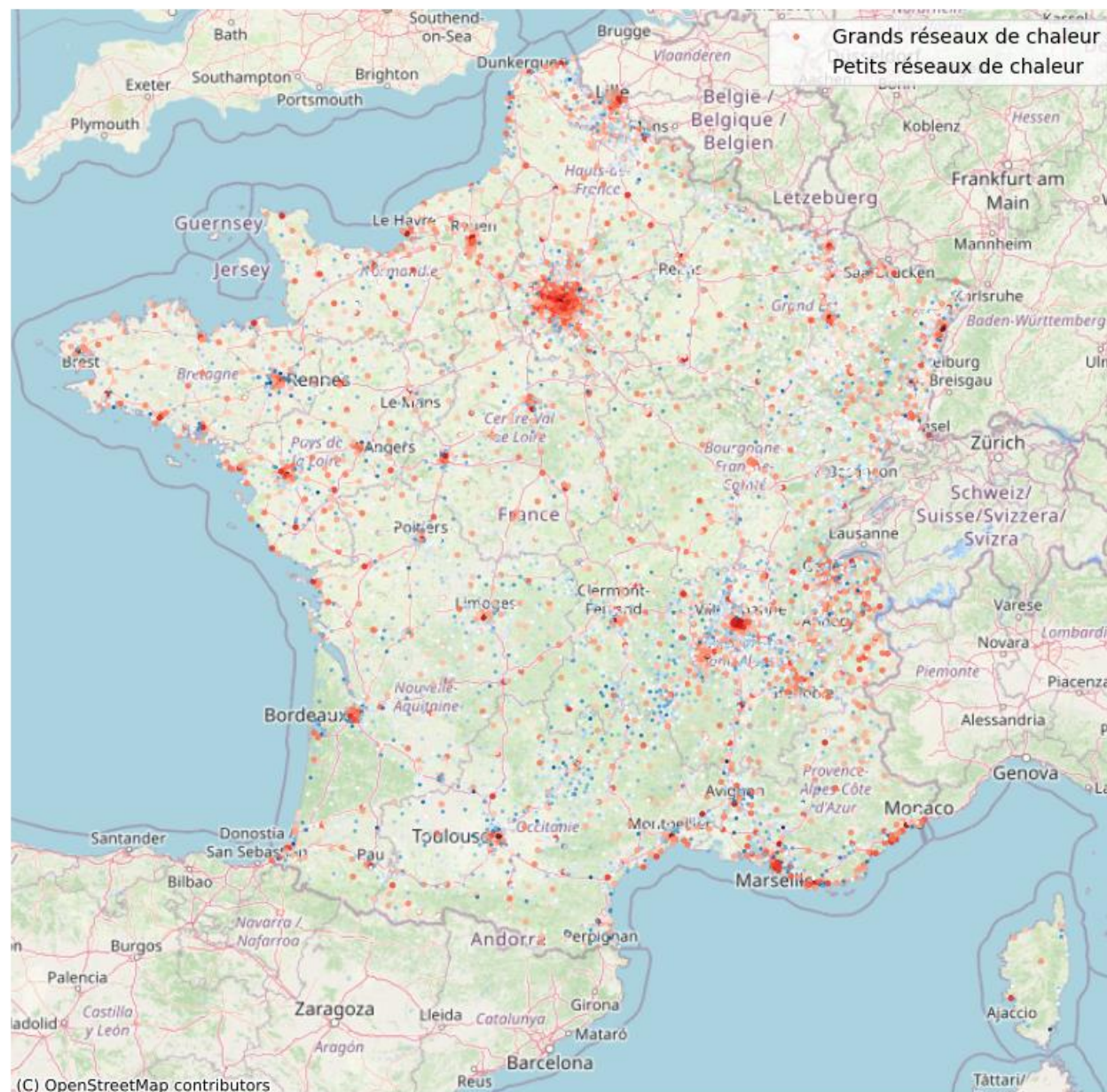
Grands réseaux :

**3220**

Petits réseaux :

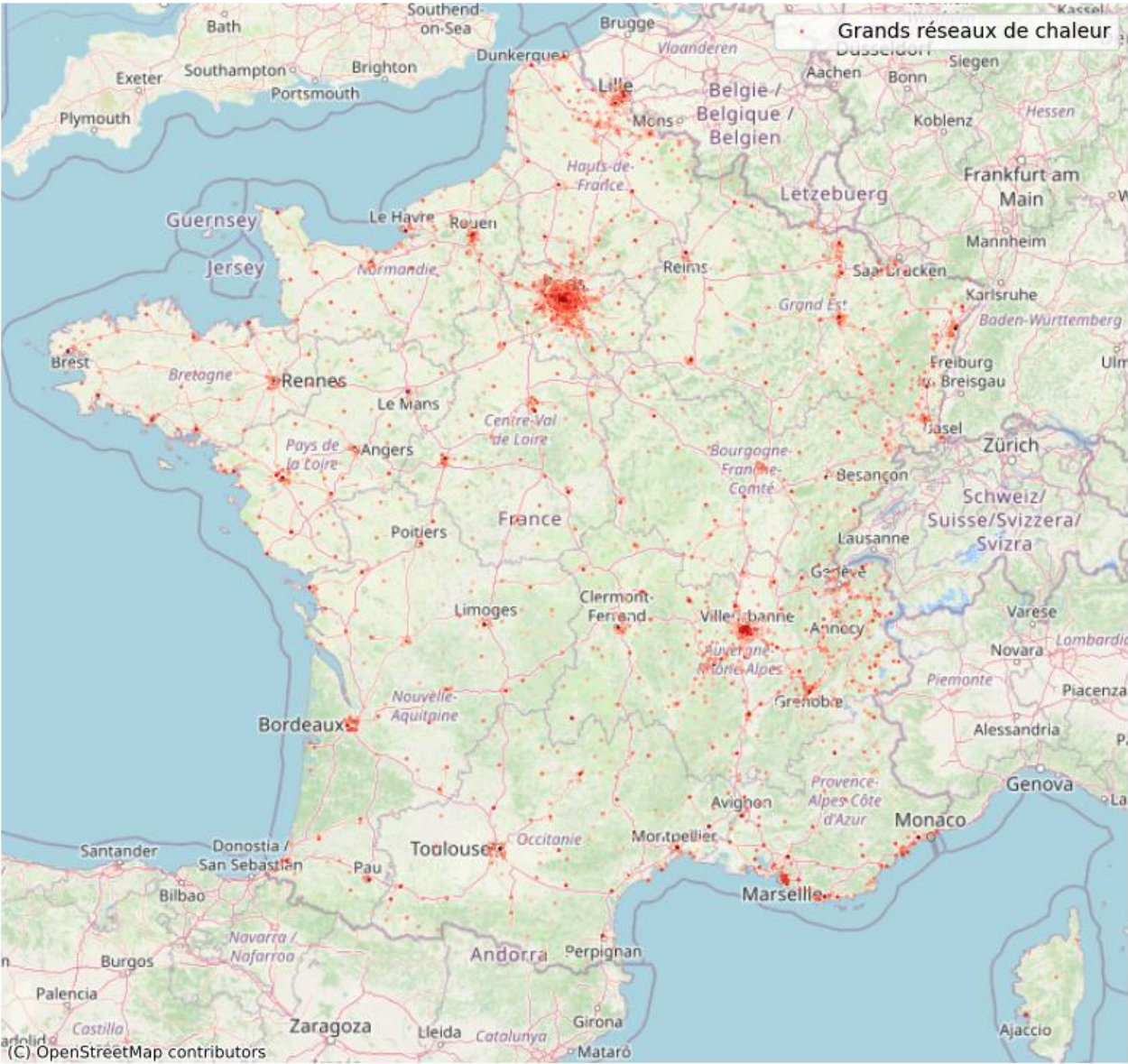
**5075**

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

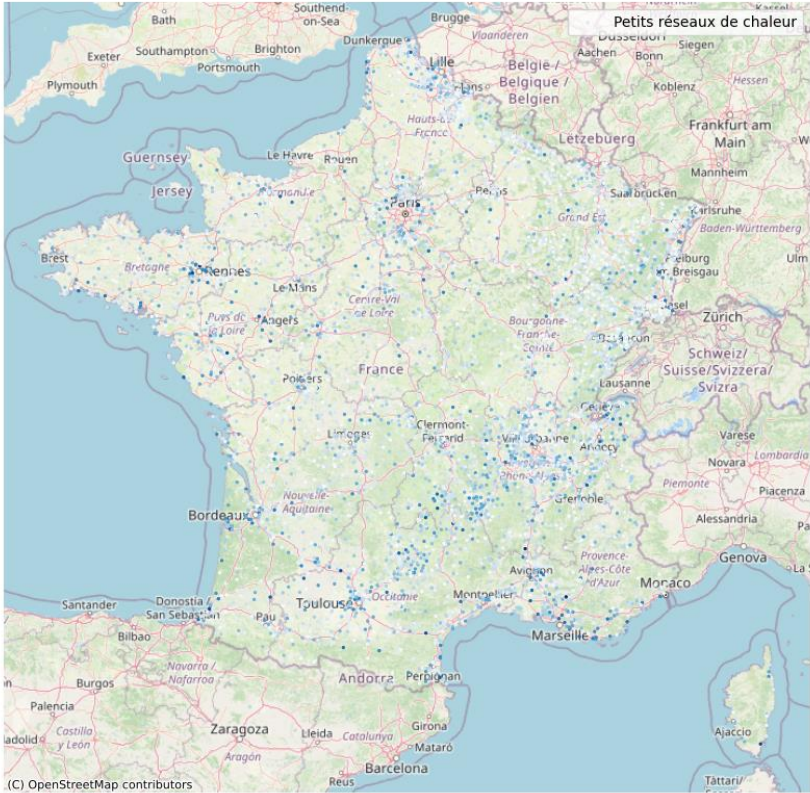




Communes porteuses d'un grand réseau de chaleur en France - Pondération par population

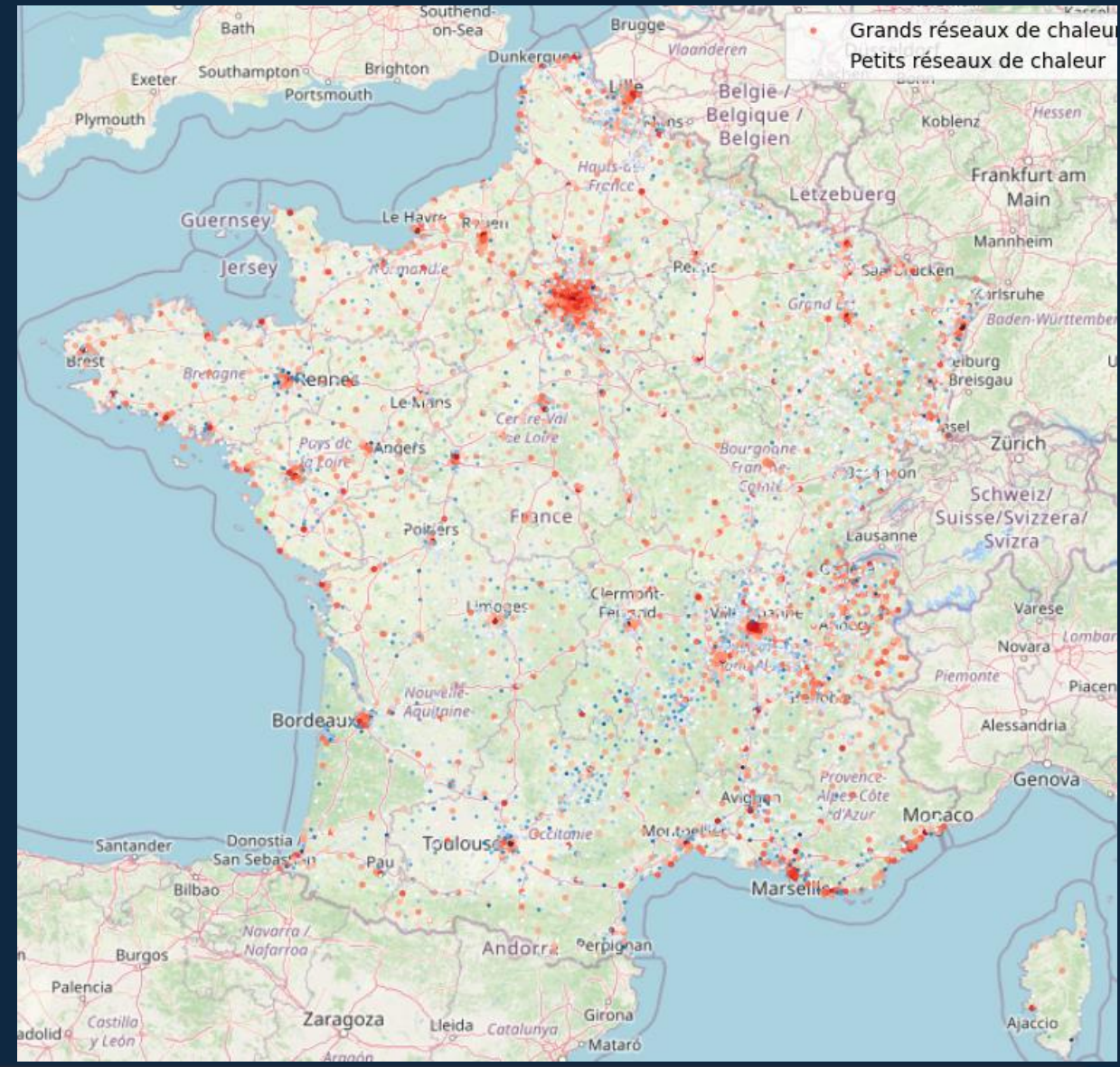


Communes porteuses d'un réseau de chaleur en France - Pondération par population



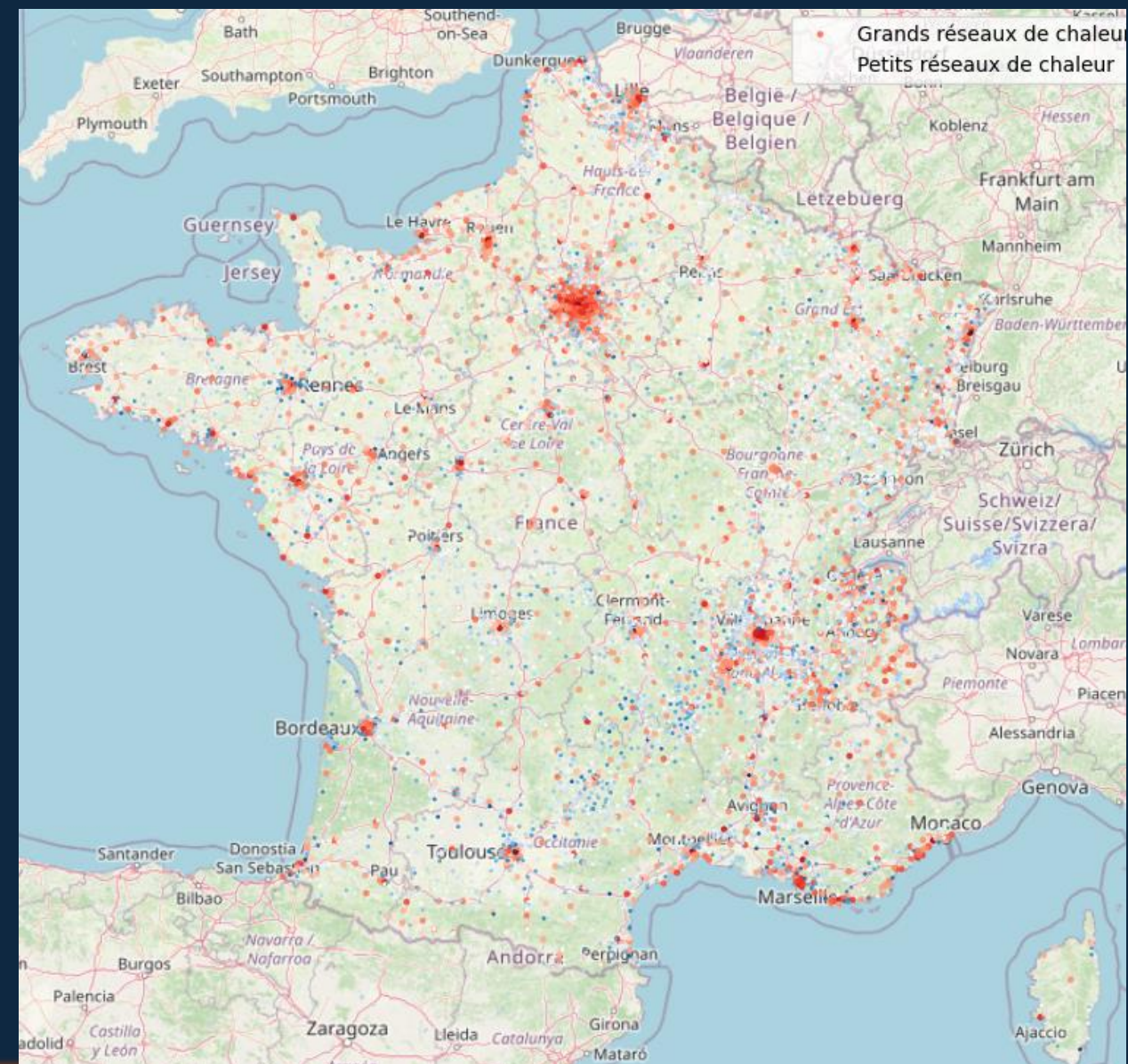


# Comparaison réel EnRezo – Potentiel Modèle





# 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.

## NATIONAL

**Besoins en chaleur : 106,9 TWh**

Nombre de bâtiments concernés : 563 300

Taux de couverture des besoins en chaleur par les zones à « potentiel » : 24%

**Fort potentiel :**  
58,5 TWh avec  
193 105 bâtiments  
concernés

→ **Total : 165,4 TWh**  
avec 756 405 bâtiments

**8,5 TWh** : estimation  
algorithmique

**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

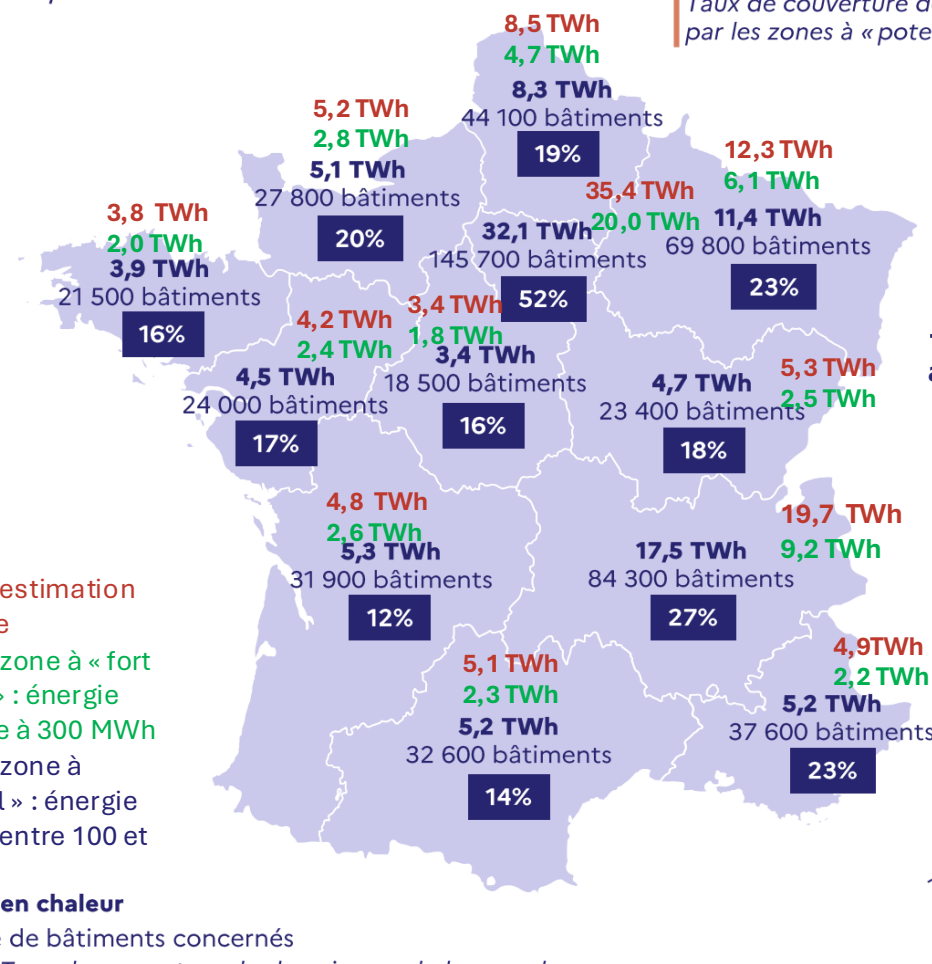
### Besoins en chaleur

Nombre de bâtiments concernés

15%

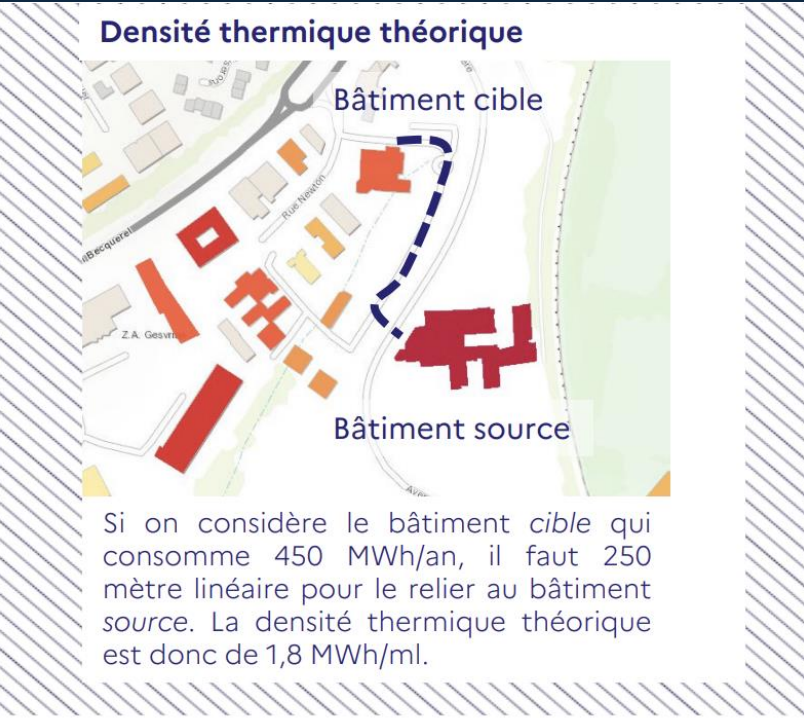
Taux de couverture des besoins en chaleur par les zones  
d'opportunité « à fort potentiel »\*

\*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

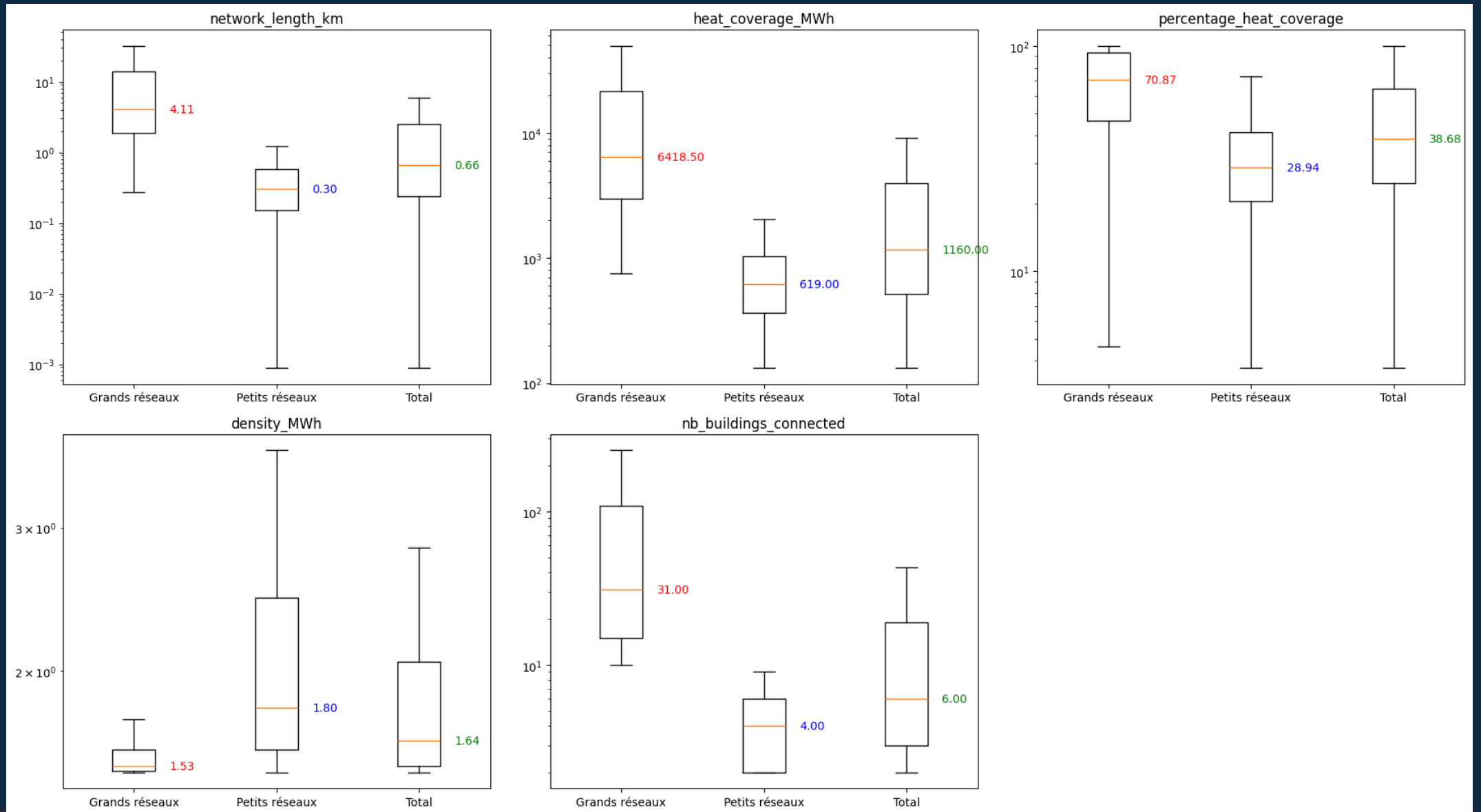
Méthodologie de construction des zones à (fort) potentiel d



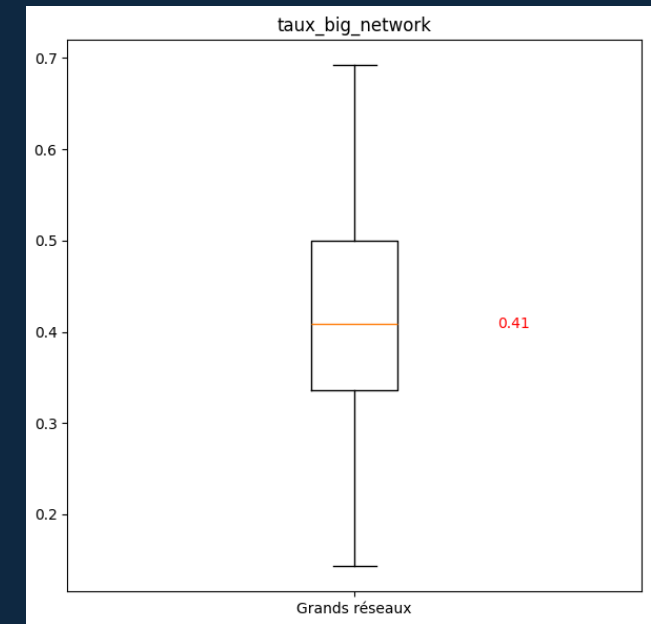
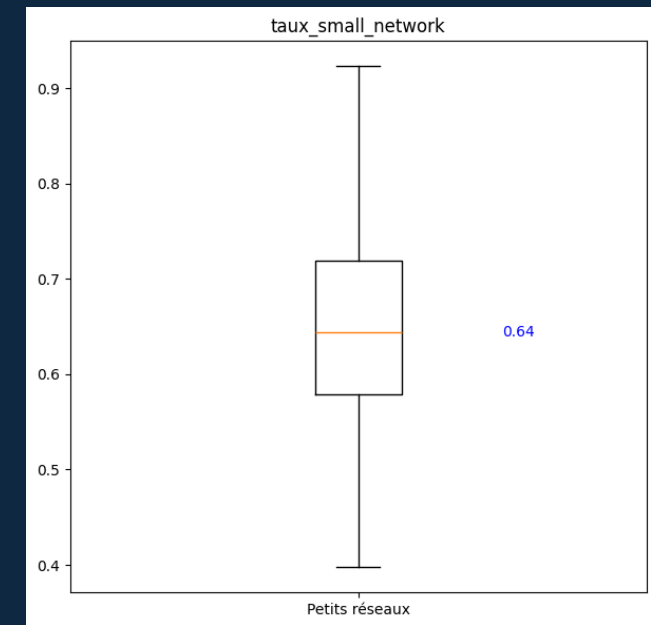
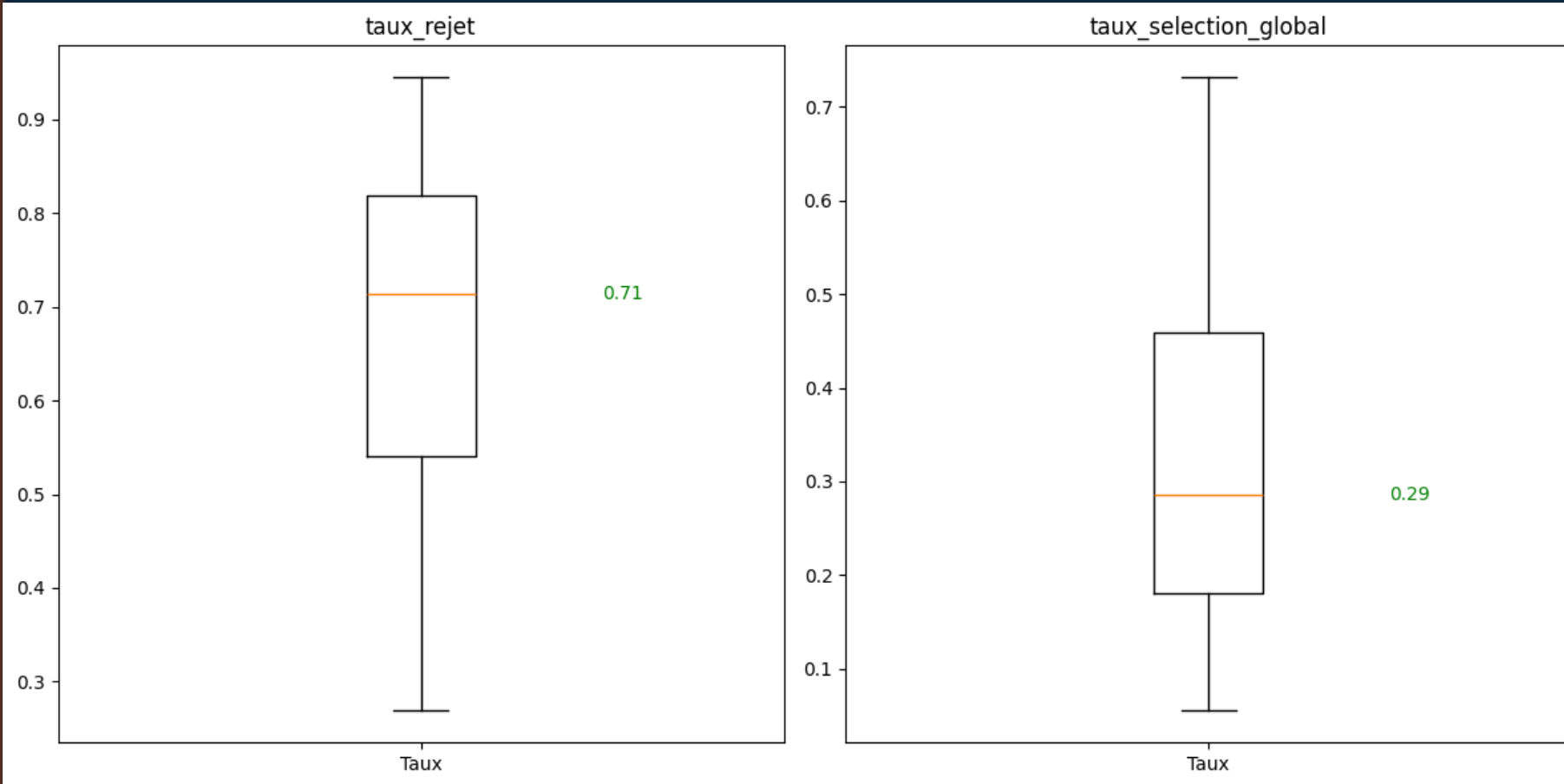
	Cerema	Modèle
Précision du tracé	Faible (vol d’oiseau)	Très élevée (routes + algorithme d’optimisation)
Contrainte sur la densité linéaire	Élevée (3MWh/ml)	Modérée (1,5 MWh/ml)
Contrainte sur la sélection des bâtiments	Élevée (demande supérieure à 100 MWh pour potentiel)	Modérée (demande supérieure à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

Densité thermique simplifiée = 
$$\frac{\text{Besoins estimés du bâtiment cible à l'année}}{\text{Distance à vol d'oiseau entre le bâtiment cible et le bâtiment source}}$$

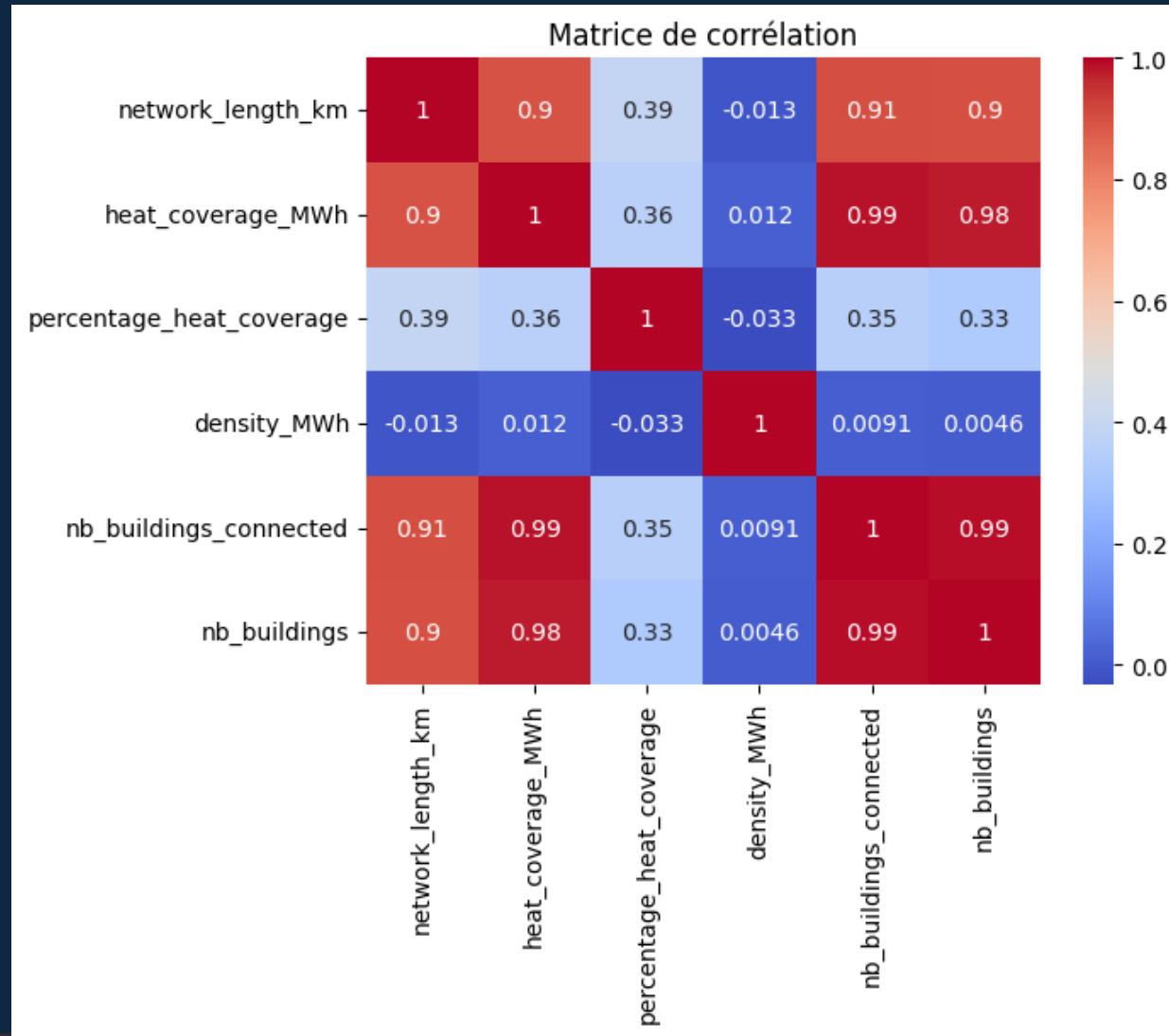
# Résultats – Échelle nationale



# Résultats – Échelle nationale



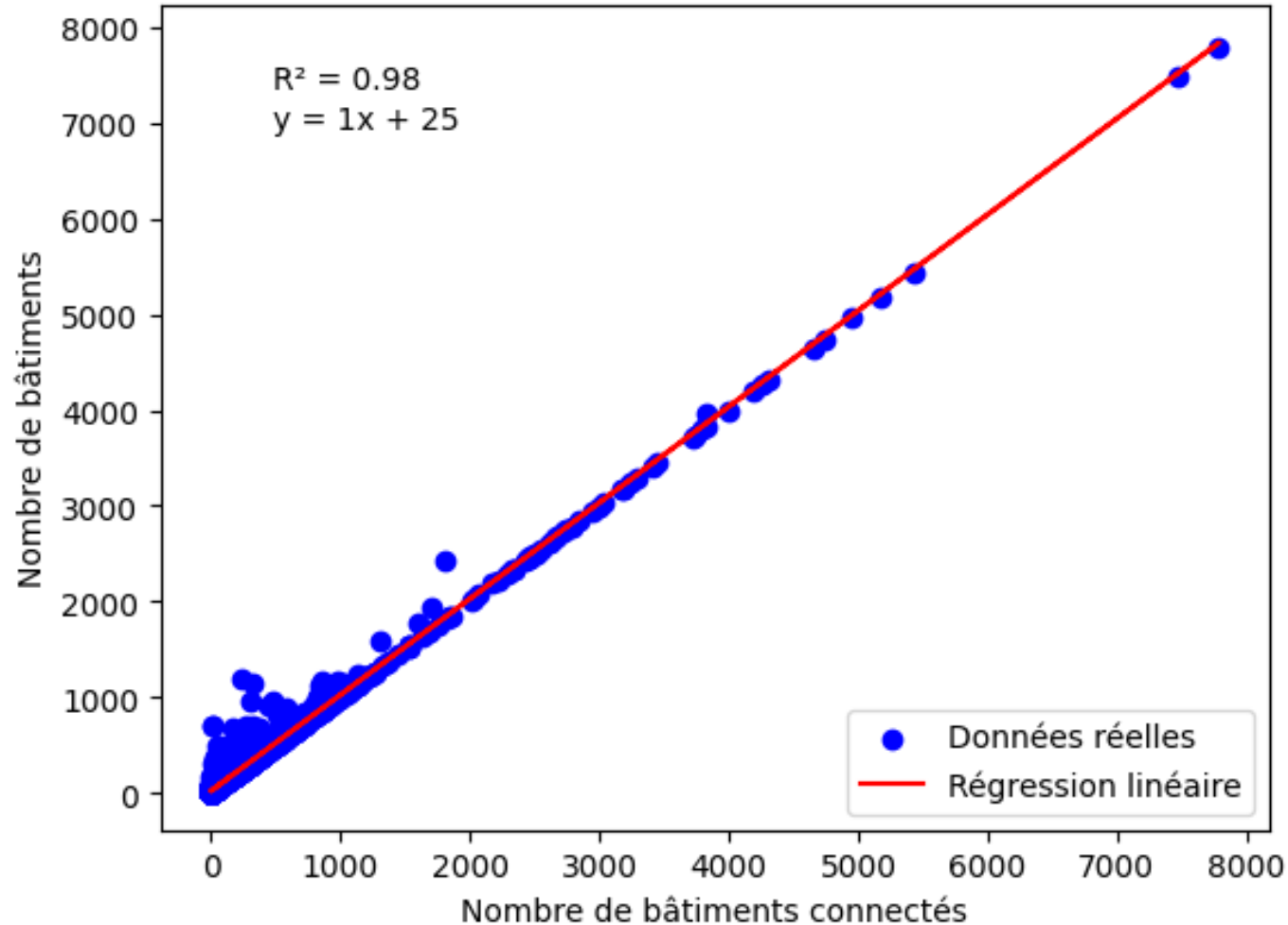
# Résultats – Échelle nationale – Corrélations



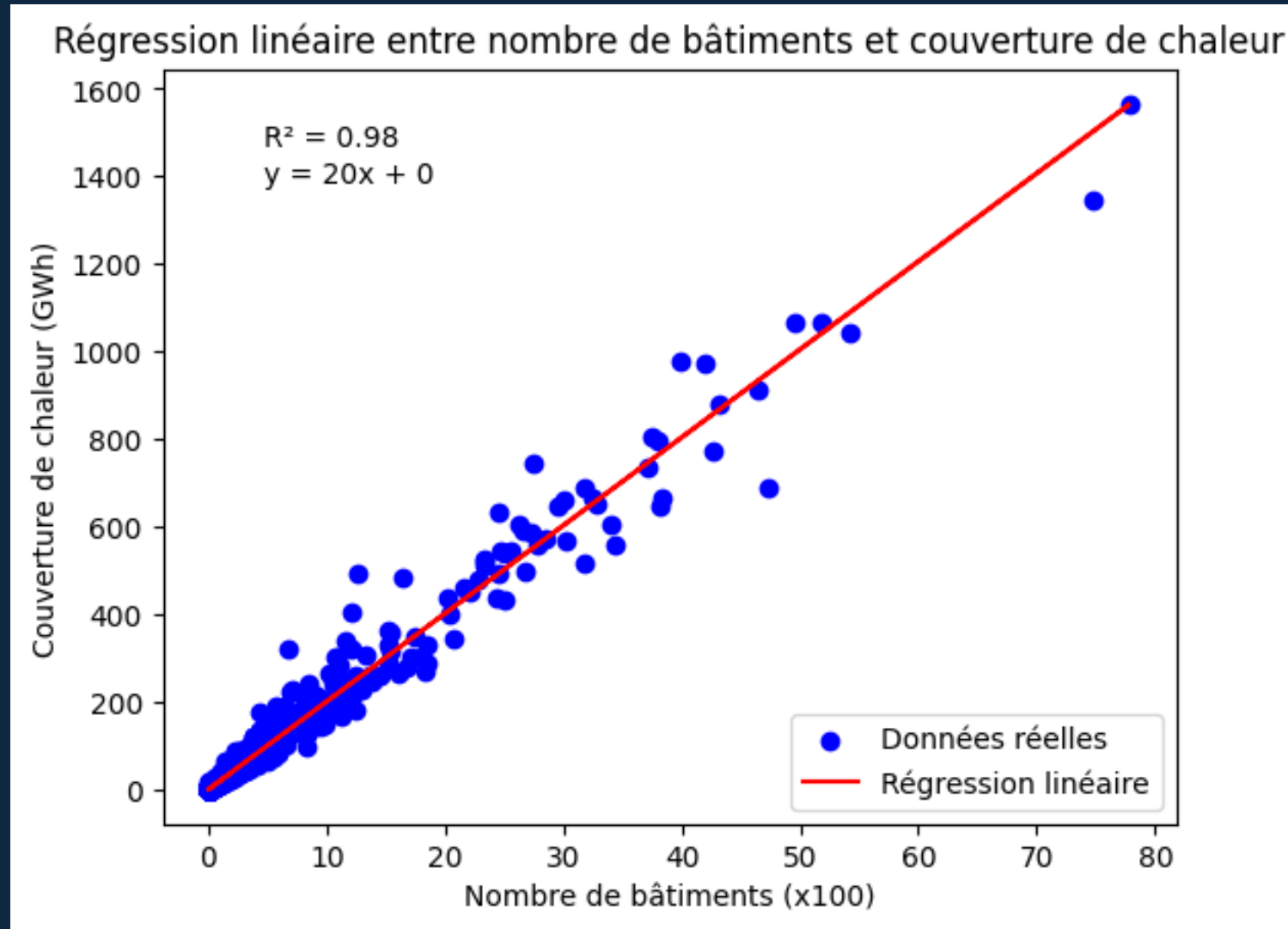


# Résultats – Échelle nationale – Corrélations

Régression linéaire entre nombre de bâtiments connectés et nombre de bâtiments total



# 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)

+ 2 685  
bâtiments  
raccordés  
par rapport  
à 2022

\*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

112,7 TWh

Chaleur livrée  
totale

56 254 km

Longueur totale  
en km

3 220

Grands réseaux

108,7 TWh

Grands réseaux

54 115 km

Grands réseaux

5 075

Petits réseaux

4,0 TWh

Petits réseaux

2 139 km

Petits réseaux

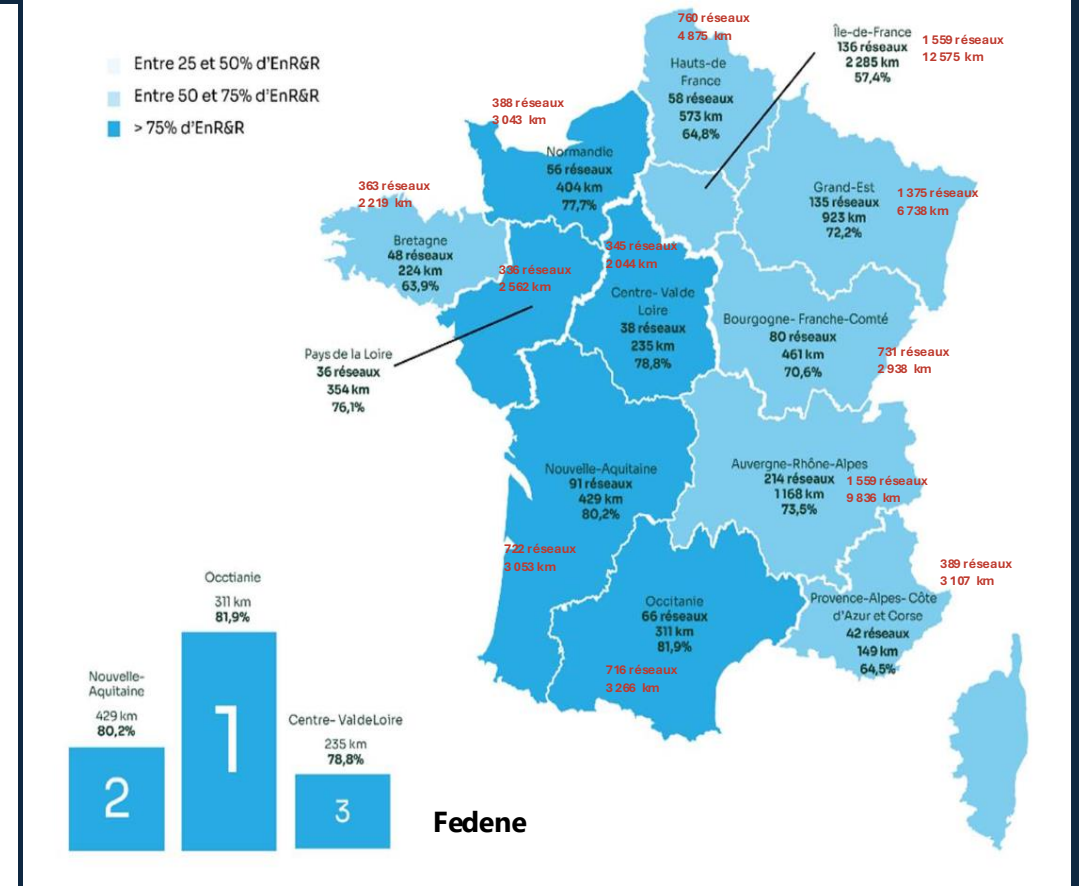
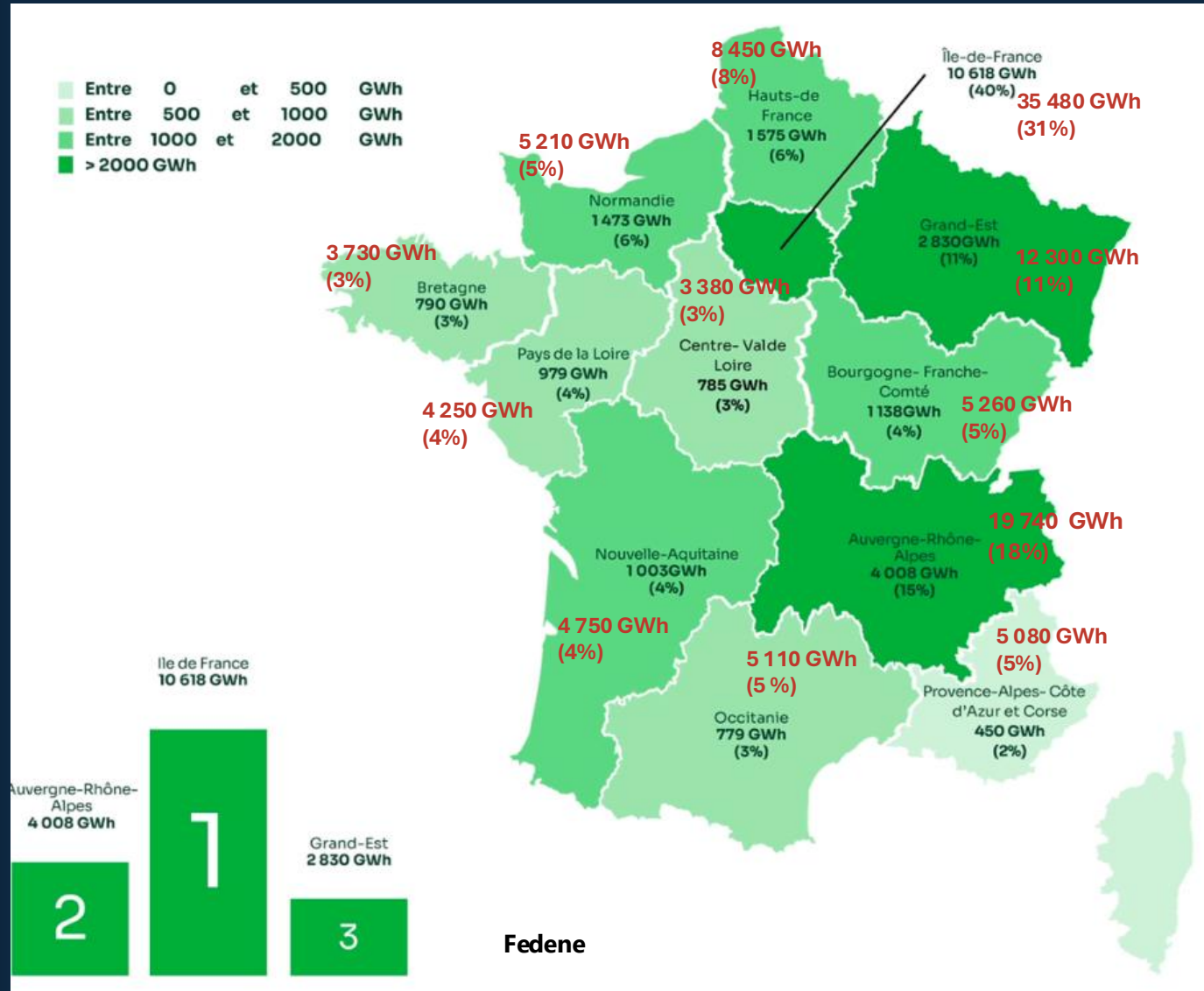
Nombre de réseaux : x 8,3

Chaleur livrée : x 3,9

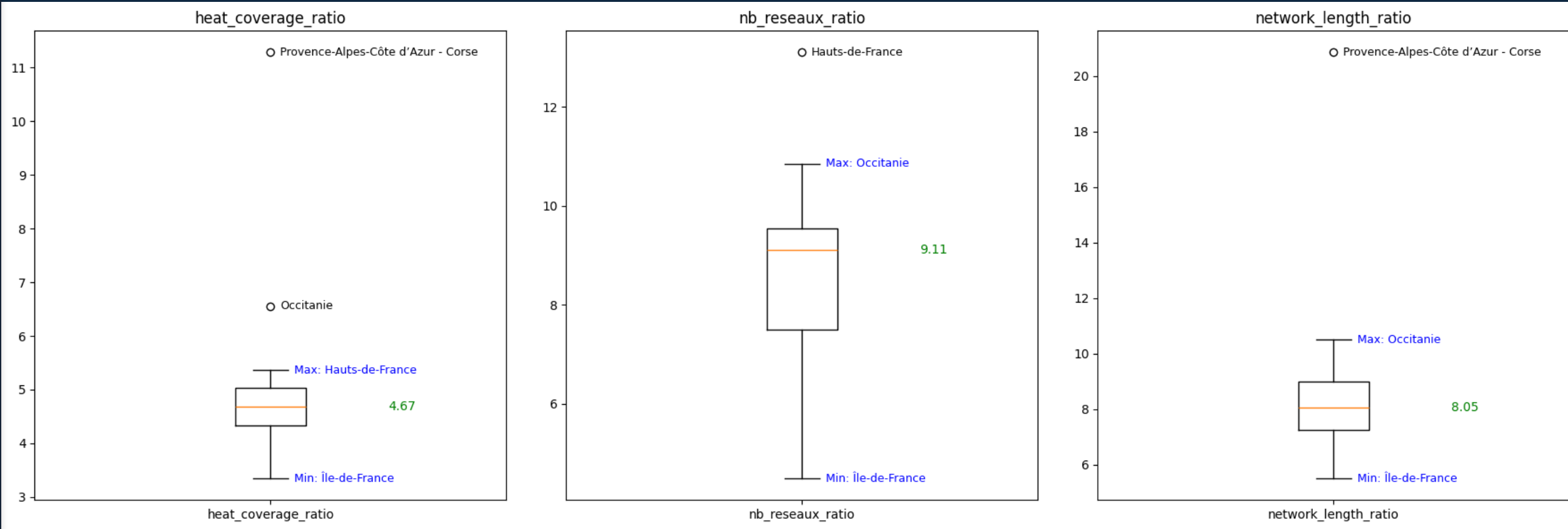
Kilométrage : x 7,5

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 !*