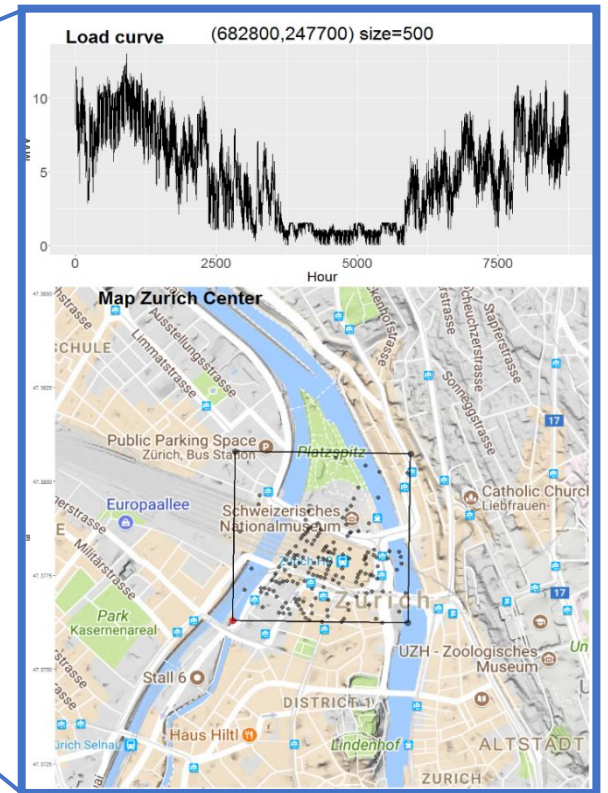
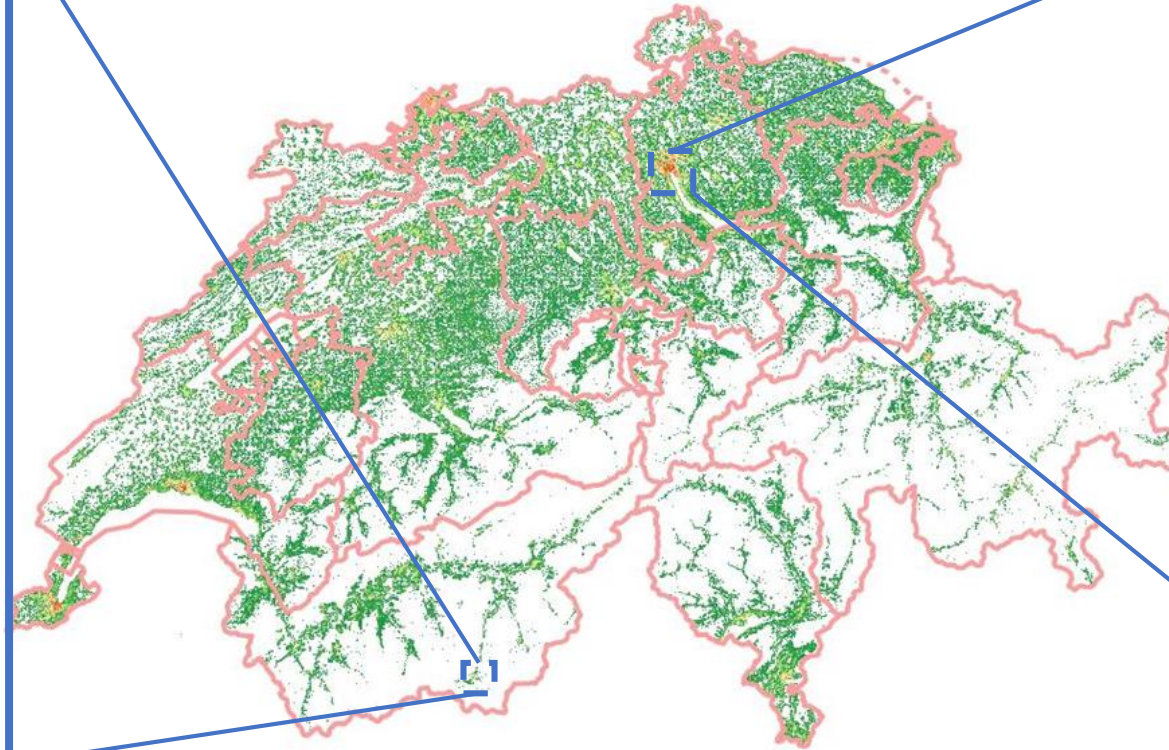
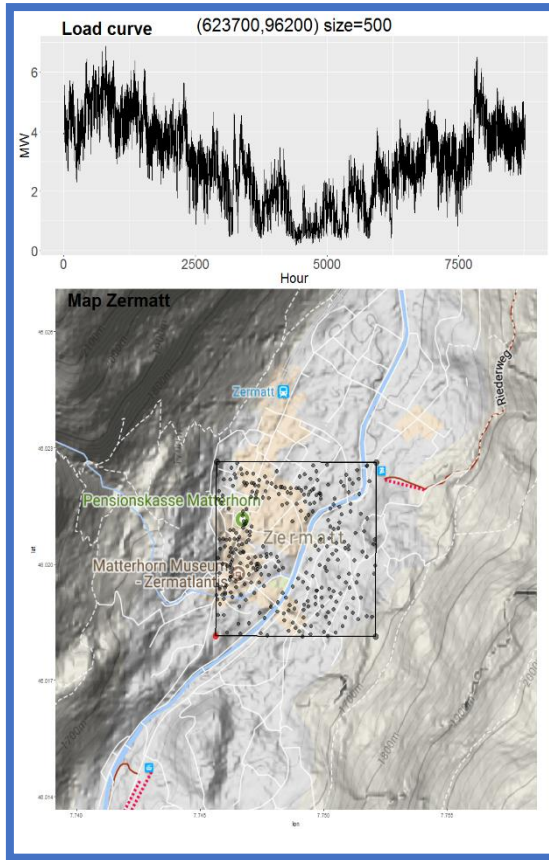


Caractérisation spatio-temporelle de la demande d'énergie en Suisse



Stefan Schneider, Université de Genève stefan.schneider@unige.ch

Equipe SCCER FEEB&D

Université de Genève

Martin Patel
Pierre Hollmuller
Bernard Lachal
Jad Khoury
Kai Streicher
Selin Yilmaz
Jonathan Chambers
Thomas Guibentif

Services industriels de Genève

Pascale Le Strat
Marcel Ruegg

Partenaires académiques Suisse

EPFL
EMPA
ETH Zürich
HSLU

The vision of the SCCER FEEB&D is to develop solutions for the Swiss building stock which will lead to a reduction of the environmental footprint of the sector by a factor of three by 2035 thanks to efficient, intelligent and interlinked buildings. (<http://www.sccer-feebd.ch/>)

Plan de l'exposé

Enjeux de la consommation d'énergie en Suisse

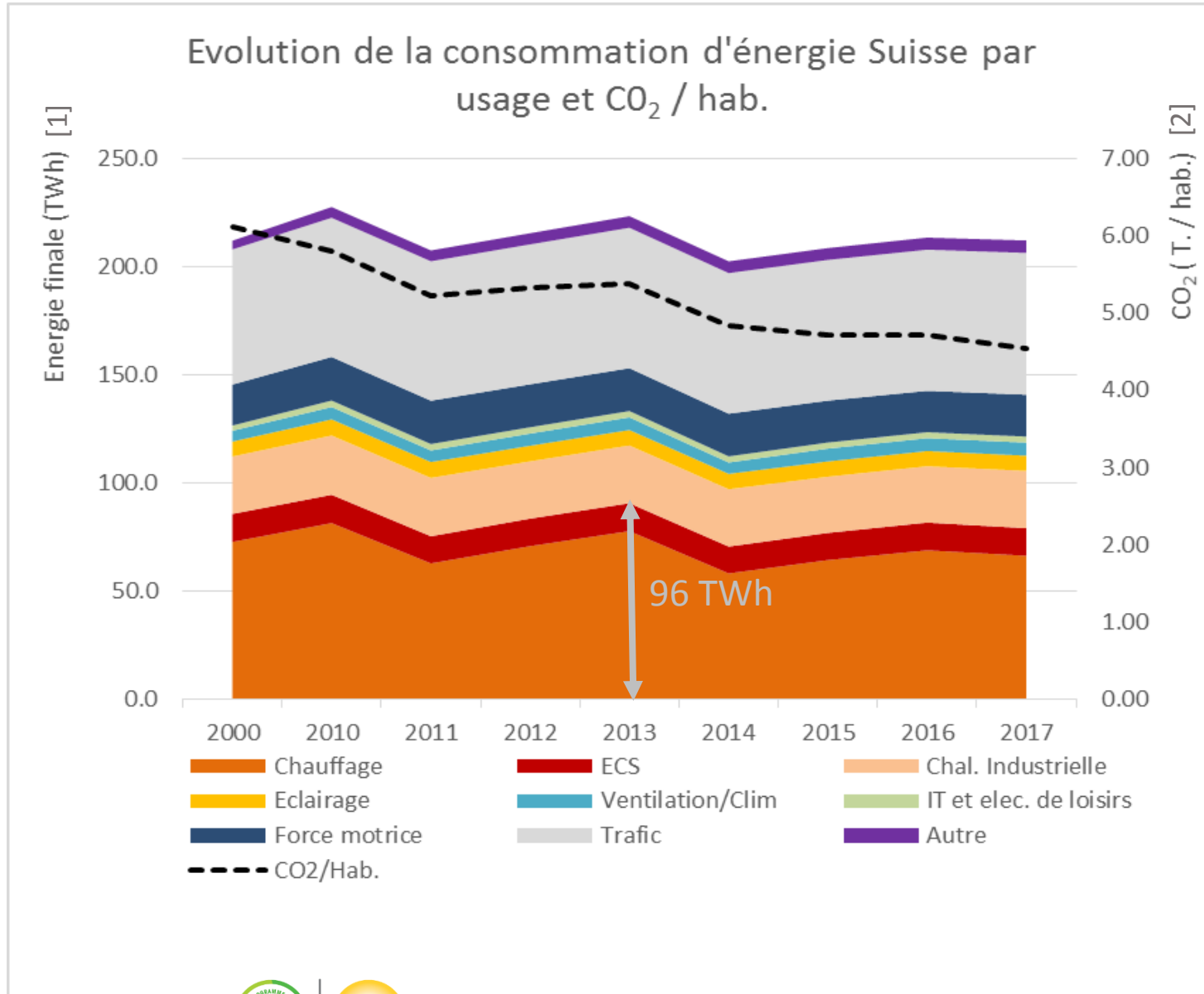
Caractérisation spatio-temporelle de la demande de chaleur

Caractérisation spatio-temporelle de la consommation d'électricité

Conclusions / discussion

Partie 1: Enjeux de la consommation d'énergie en Suisse

Enjeux de la consommation d'énergie en Suisse



Sources:

[1]: Table 0-1: Kemmler, Andreas, Sven Kreidelmeyer, Andrea Ley, Philipp Wüthrich, Mario Keller, Martin Jakob, and Giacomo Catenazzi. 2016. "Analyse Des Schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2015 Nach Verwendungszwecken." Bundesamt für Energie Bern.

[2] : OFS, OFEV

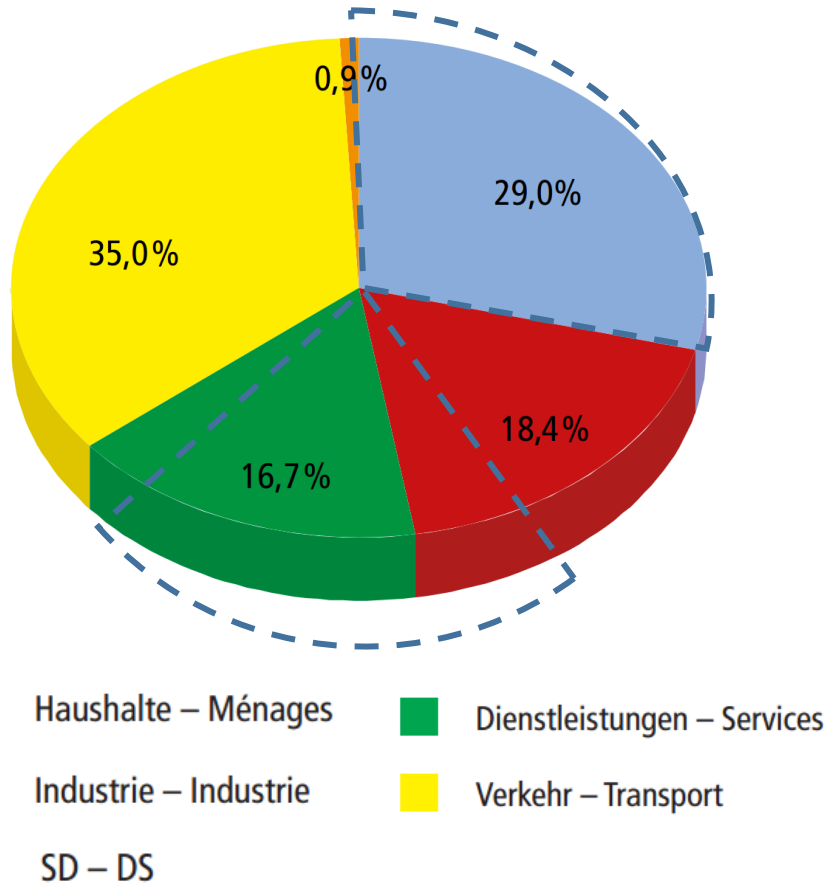
[3]: Kirchner A., Bredow D. and Ess F. (2012): "Die Energie Perspektiven für die Schweiz by 2050", Prognos AG, Basel, Switzerland

Objectifs CO₂ de la stratégie 2050 ^[3]

Enjeux de la consommation d'énergie en Suisse

→ Carburants + Mazout + Gaz (66%)

249 (TWh) [1]



→ 59 (TWh) Electricité (24%)



→ 96 (TWh) Chauffage des bâtiments + ECS (39 %)
= 1'200 litres de mazout / habitant an

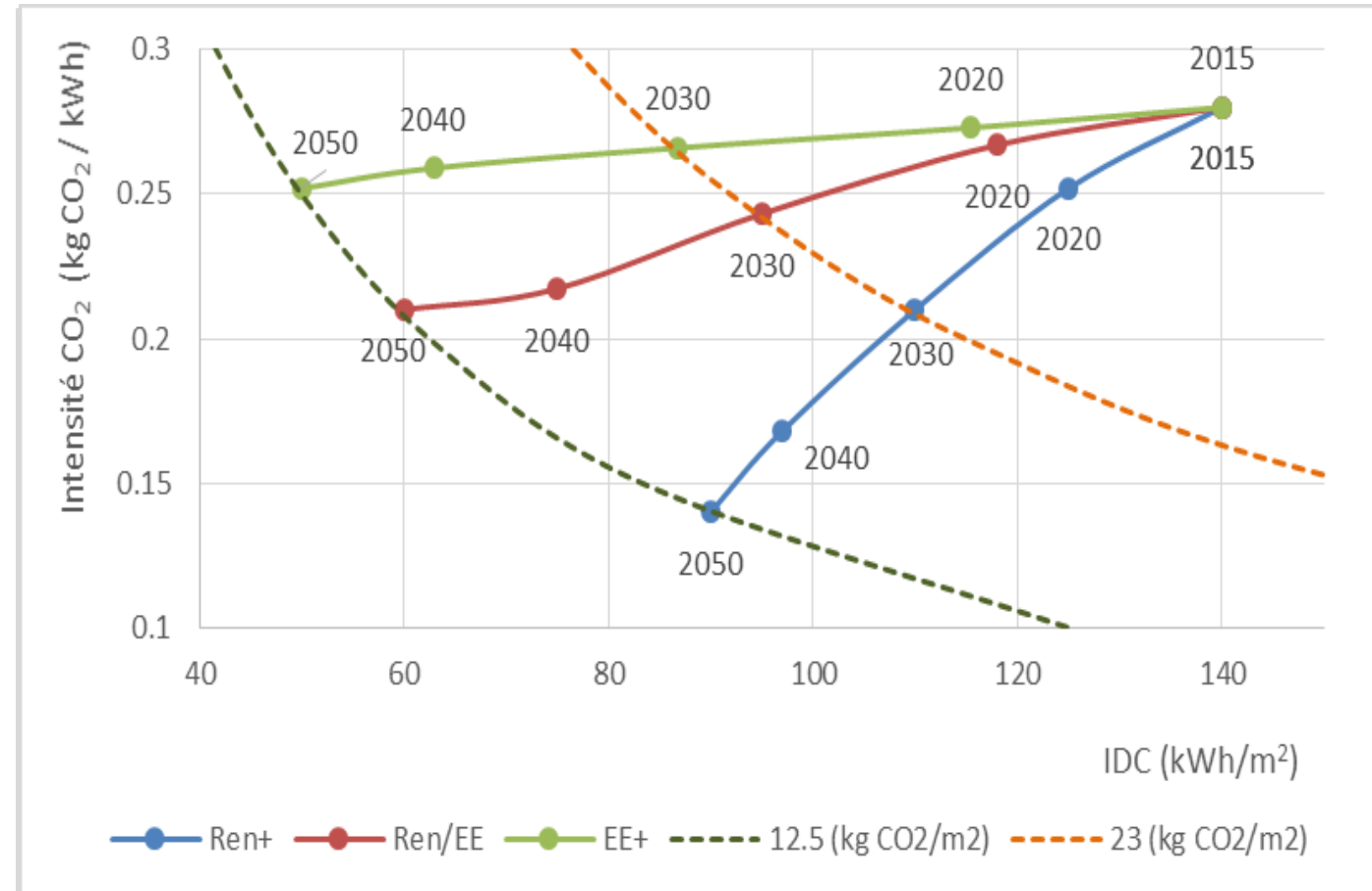
[1]: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2013

Enjeux liés au chauffage des bâtiments: réduction de l'empreinte carbone

$$kg\ CO_2 = N_{pop} * \frac{m_2}{N_{pop}} * \frac{kWh}{m_2} * \frac{kg\ CO_2}{kWh}$$

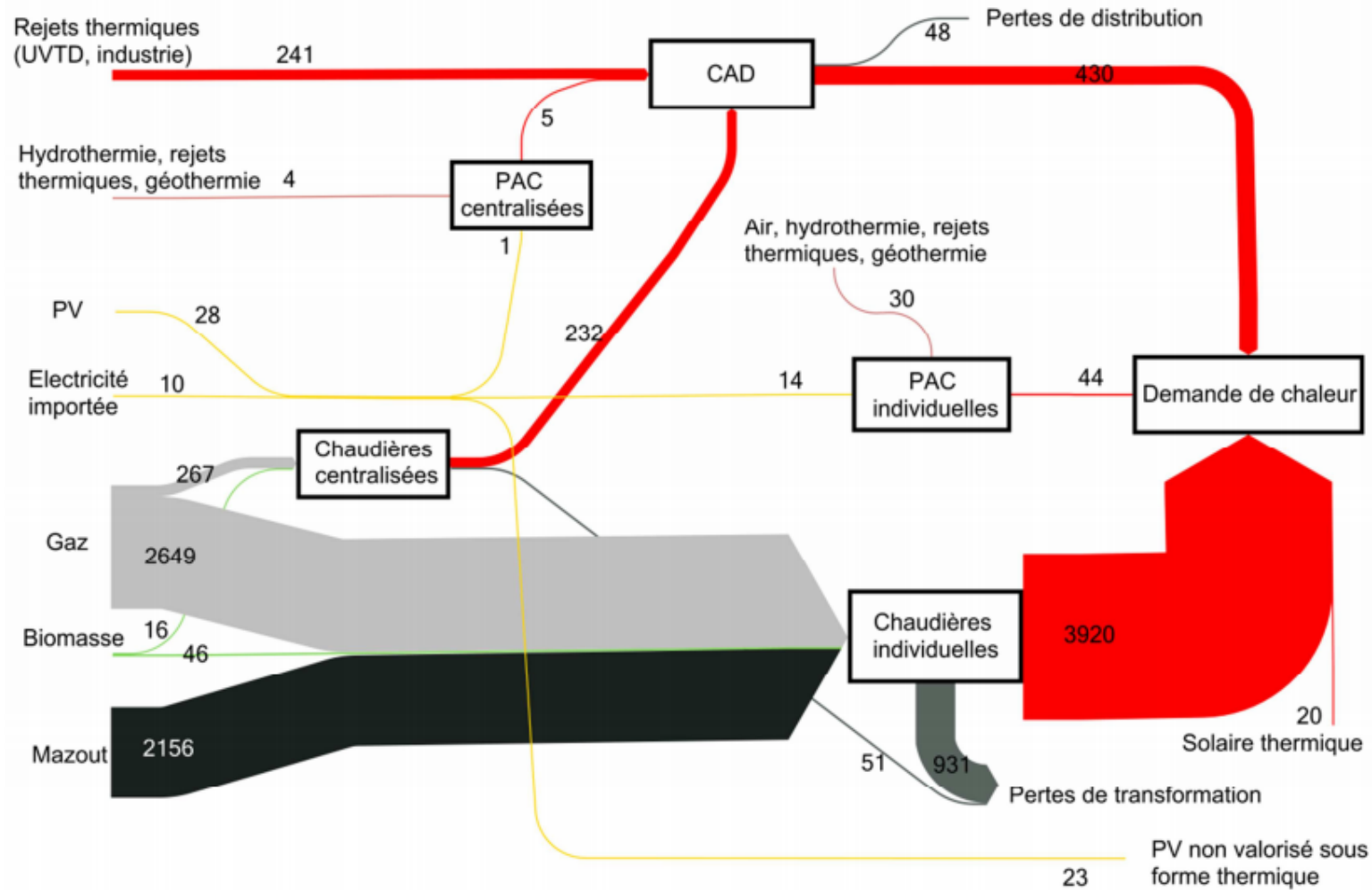
Axes de transition possibles:

- Rénovation: kWh / m^2 
- Chaleur renouvelable: $kg\ CO_2 / kWh$ 



Stratégie thermique du Canton de Genève

2014



Source:

Quiquerez, Loïc, Bernard Lachal, Michel Monnard, et Jérôme Faessler. 2016. « Evaluation quantitative de scénarios de développement du marché de la chaleur à Genève à l'horizon 2035 : Quel rôle pour les réseaux de chaleur ? » Services Industriels de Genève. <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:84656>.

Diagramme de flux énergétique du marché de la chaleur en 2014 à Genève. Unité: GWh/an

Demande spatio-temporelle

Une caractérisation spatio-temporelle de la demande d'énergie répond aux questions suivantes:

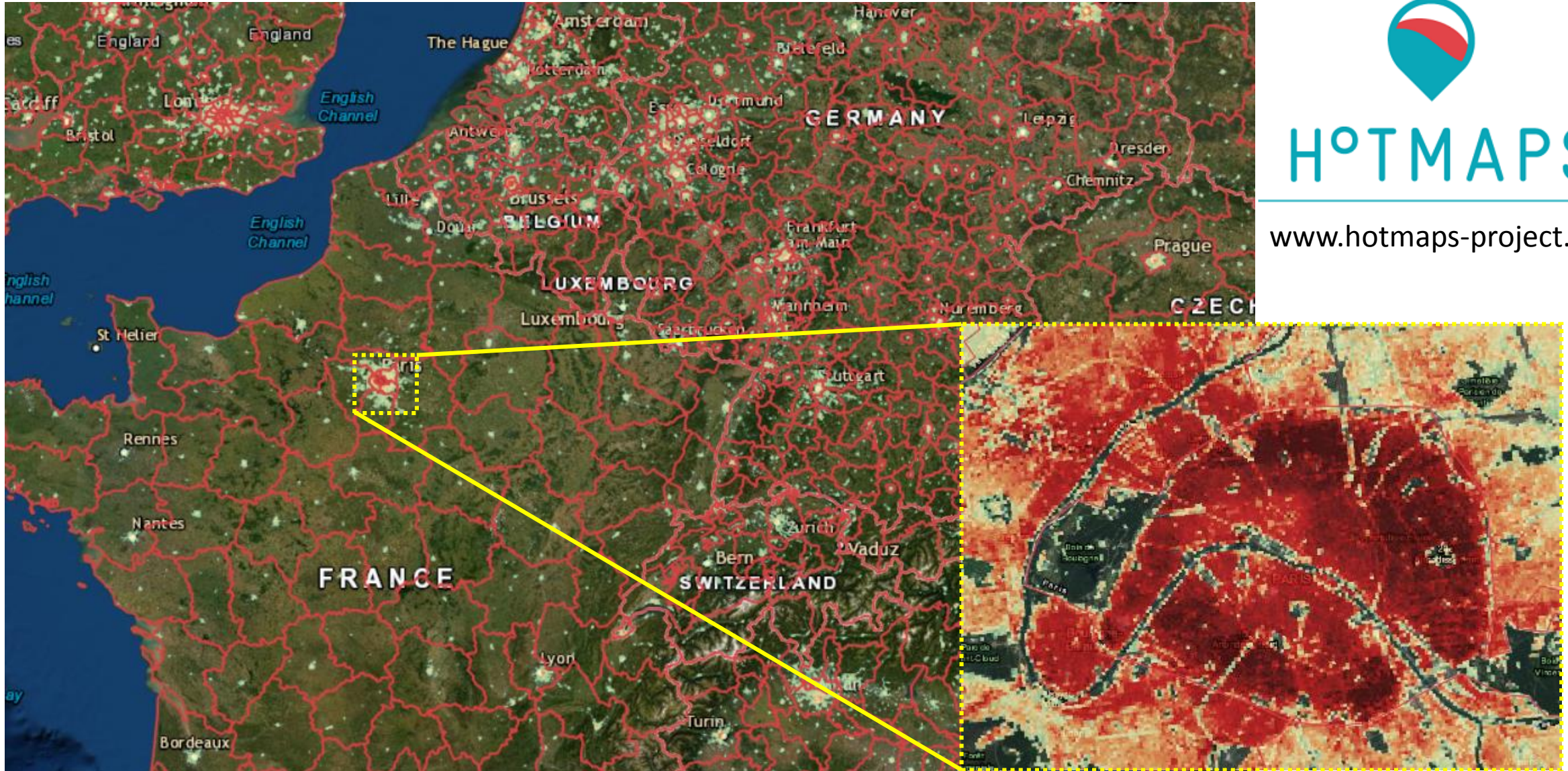
- Quelle est la consommation en fonction du lieu ?
 - Amener la bonne quantité d'énergie au bon endroit (concordance de lieu)
- Quelle est la consommation en fonction du temps ?
 - Fournir la bonne quantité d'énergie au bon moment (concordance de temps)

Développer des réseaux et des stock d'énergie pour assurer ces adéquations

La caractérisation spatio-temporelle → outil de planification

Partie 2: Caractérisation spatio-temporelle de la demande de chaleur

Un cadastre de demande de chaleur Européen



HOTMAPS

www.hotmaps-project.eu

Un premier cadastre de demande de chaleur Suisse

Un premier jet fait par Eicher&Pauli

Approche simple qui utilise une demande moyenne de 120 [kWh/m²] pour le secteur résidentiel et des valeurs spécifiques pour les secteurs de l'industrie & et des services

Plateforme WebGIS
www.fernwaerme-schweiz.ch

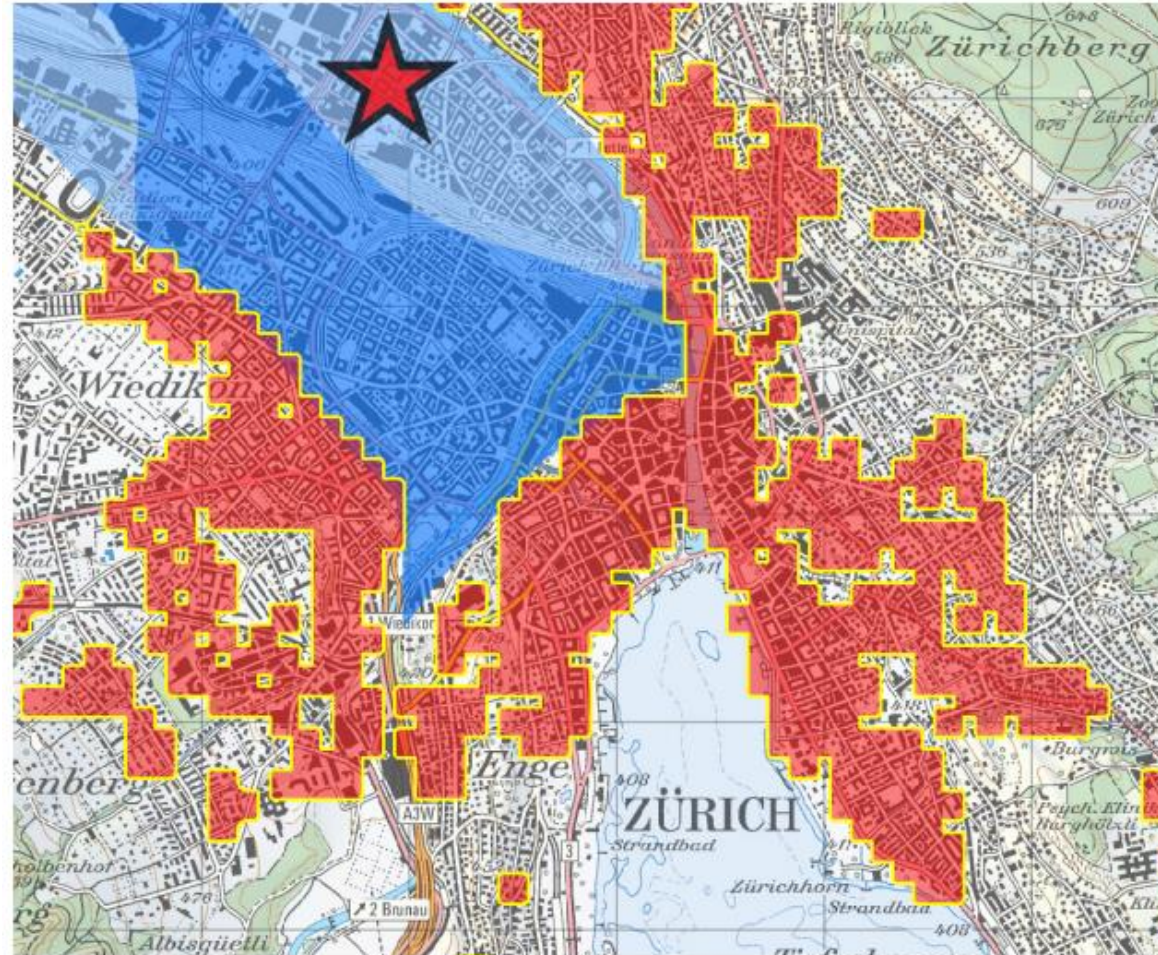


Abbildung 19: Hier zeigt sich exemplarisch, warum städtische Gebiete einen grossen Anteil an den selektierten Gebieten haben.

[1] Eicher, Hanspeter, Hans Pauli, Markus Erb, et Stephan Gutzwiller. 2011. « Ausbau von WKK in der Schweiz WKK-Standortevaluation auf Basis einer GIS-Analyse ». Liestal, Switzerland: Dr. Eicher+Pauli AG planer für Energie und Gebäude Technik.

Exemples de bases de données régionales

Quelles données disponibles: ?

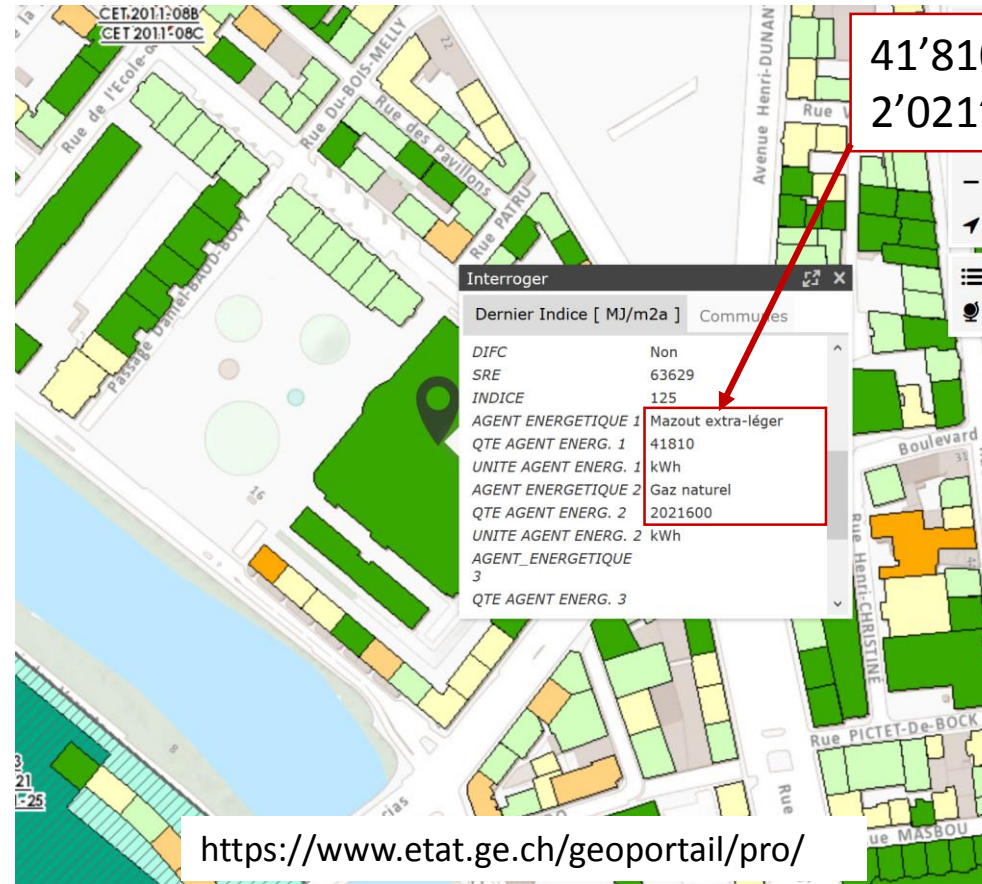
Régionale: SITG IDC

Autres exemples régionaux:

CECB

Ville de Bâle

MEU

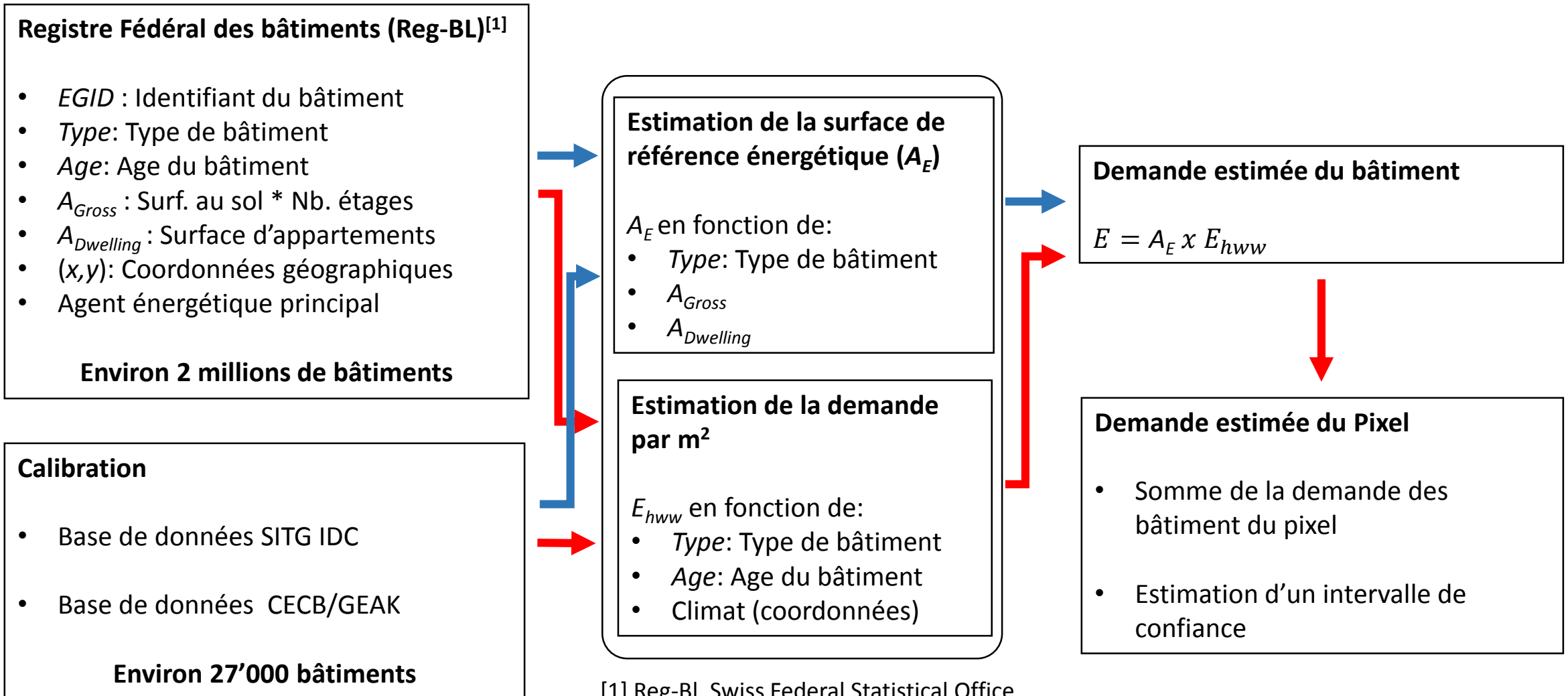


Au niveau Suisse: Pas de données mesurées disponibles → atlas basé sur un modèle

Bottom-up, physique du bâtiment
Bottom-up, extrapolation statistique

Autre cadastre de demande de chaleur Suisse

Modèle du SCCER FEED&D [2]



[1] Reg-BI, Swiss Federal Statistical Office

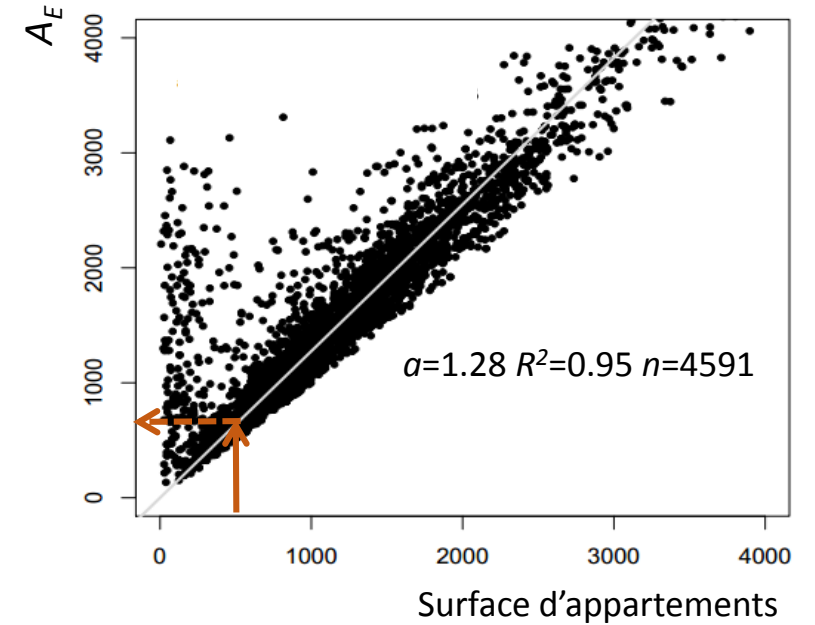
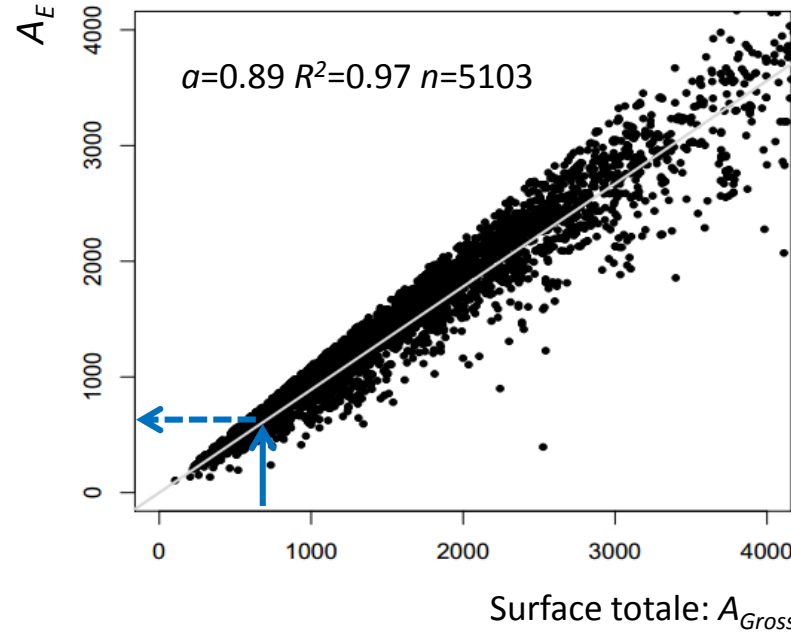
[2] Schneider, Stefan, Jad Khoury, Bernard Lachal, et Pierre Hollmuller. 2016. « Geo-dependent heat demand model of the Swiss building stock ». In Sustainable built environment regional conference. SBE 2016, Zurich, June 15-17. Zurich. doi:10.3218/3774-6.

Estimation de A_E : un exemple avec un bâtiment résidentiel collectif



Swiss national building register	
Kanton	BS
EGID	111111111
Address	Musterstr. 1
Building type	Collective residential
Building age	1919-1945
Total surface	740 ←
Dwelling surface	492 ←
GKODX	610205
GKODY	267341
Main energy carrier	District heat

Calibration SITG IDC



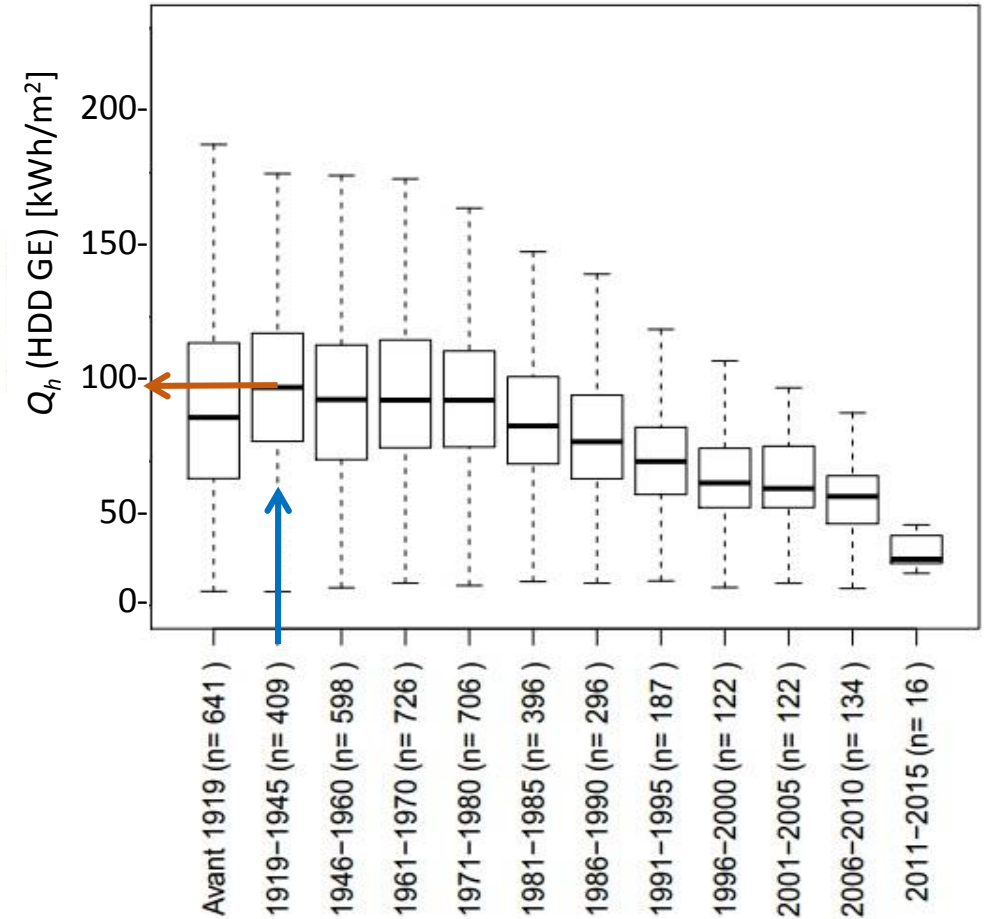
Heated surface	
Slope of linear regression 1	0.89
Slope of linear regression 2	1.28
Estimation 1 = 0.89×740	658.9 ←
Estimation 2 = 1.28×492	627.5 ←
Estimation of heated surface	658.9

Estimation de la demande de chaleur: un exemple avec un bâtiment résidentiel collectif

Swiss national building register	
GDEKT	BS
EGID	111111111
Address	Musterstr. 1
Building type	Collective residential
Building age	1919-1945 ←
Total surface	740
Dwelling surface	492
GKODX	610205
GKODY	267341
Main energy carrier	District heat

Heat demand		
Q_h (HDD GE)	97	[kWh/m ²]
Heating degree days (GE)	2863	[K Tag]
Heating degree days (BS)	2932	[K Tag]
Climate correction = 2932.3/2863	1.02	
Q_h (BS) = 348.8 x 1.024 =	99	[kWh/m ²]
Q_{ww} (SIA 380/1)	21	[kWh/m ²]
$Q_{hww} = Q_h + Q_{ww} = 357.2 + 75 =$	120	[kWh/m ²]
$E_{hww} = Q_{hww} \times 1/Nu$	126	[kWh/m ²]
E [kWh / year] = $E_{hww} \times A_E = 451.9 \times 658.9$	82'705	[kWh]

Calibration CECB



Modèles analogues pour d'autres types de bâtiments

Résidentiel collectif



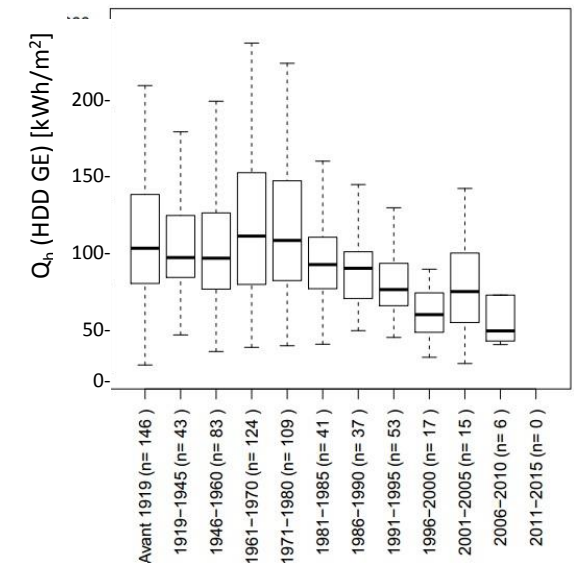
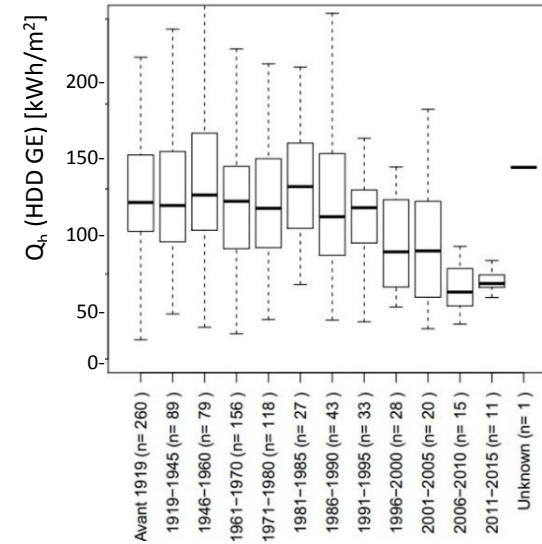
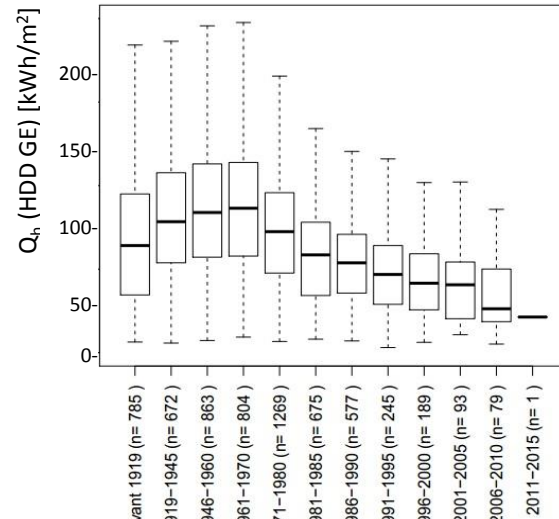
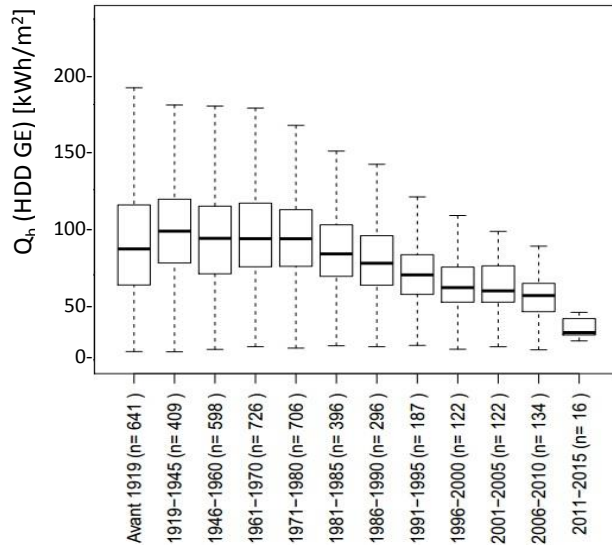
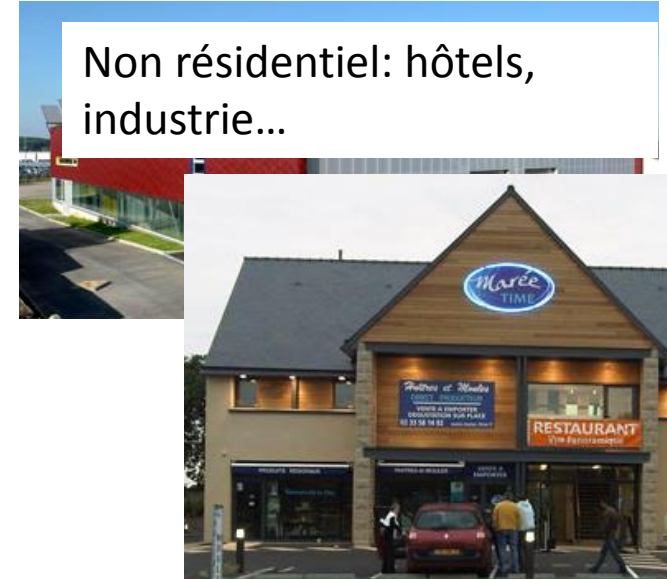
Villas



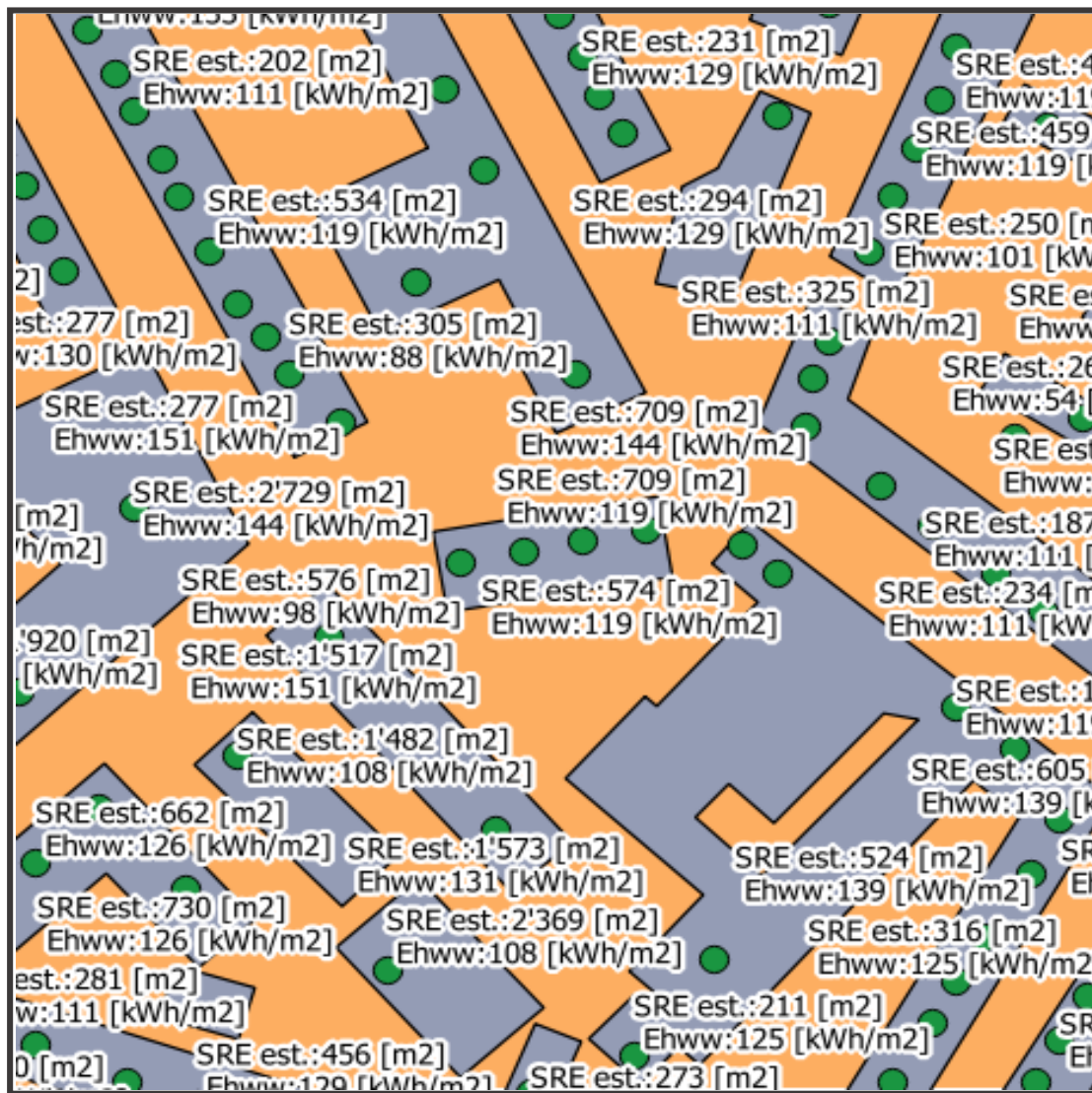
Usage mixte



Non résidentiel: hôtels, industrie...

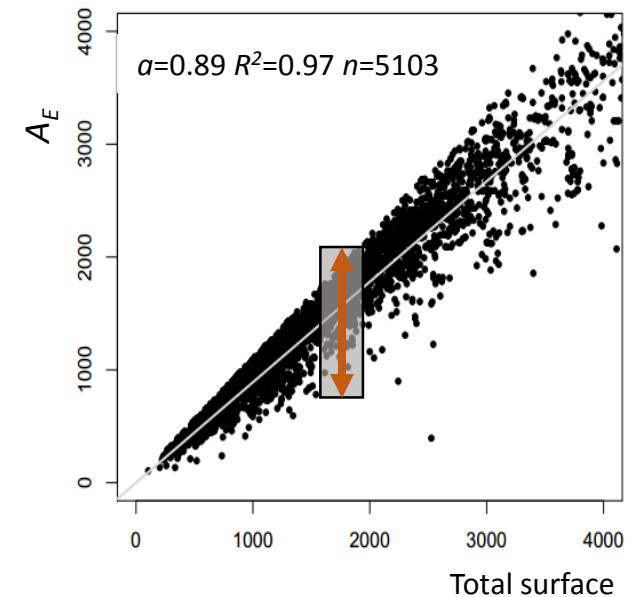
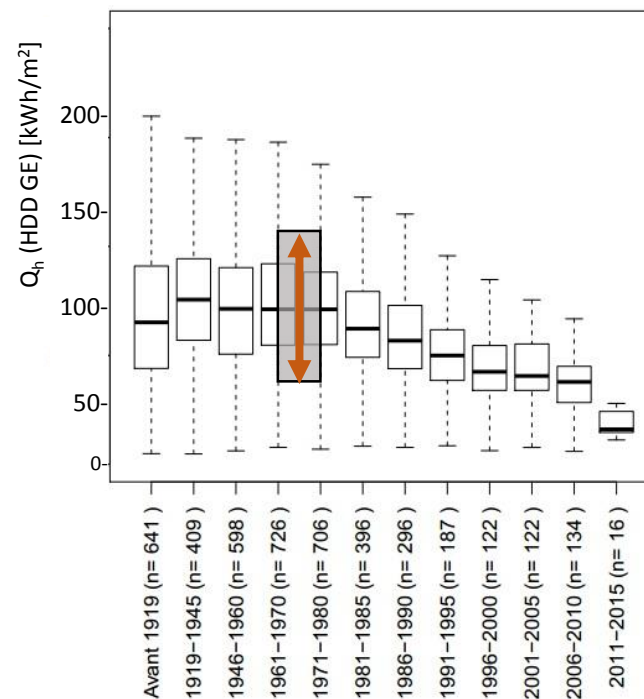


Estimation de la demande de chaleur d'un pixel

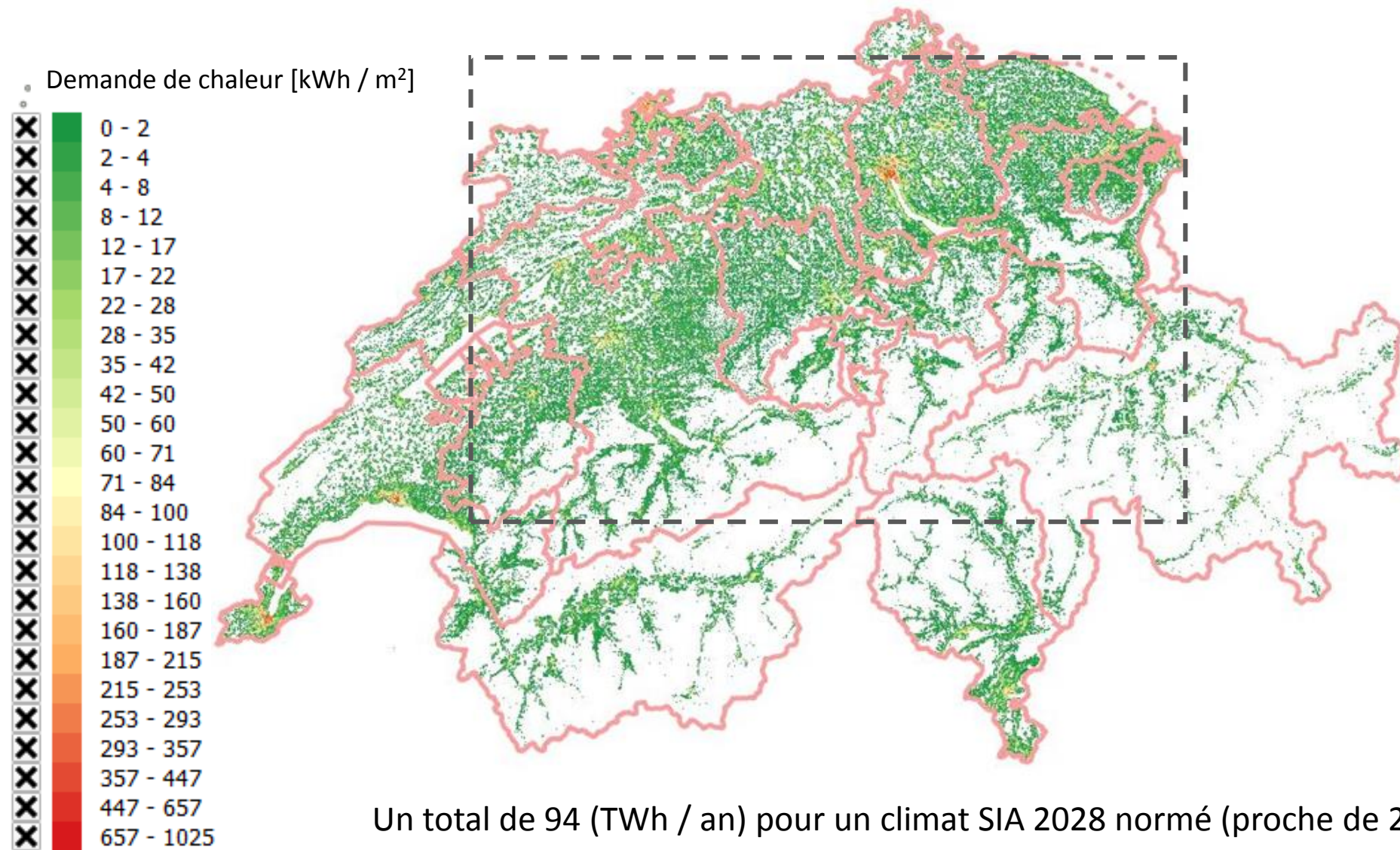


Somme des estimations sur les bâtiments du pixel

Intervalle de confiance calculé avec un algorithme de «bootstrap»

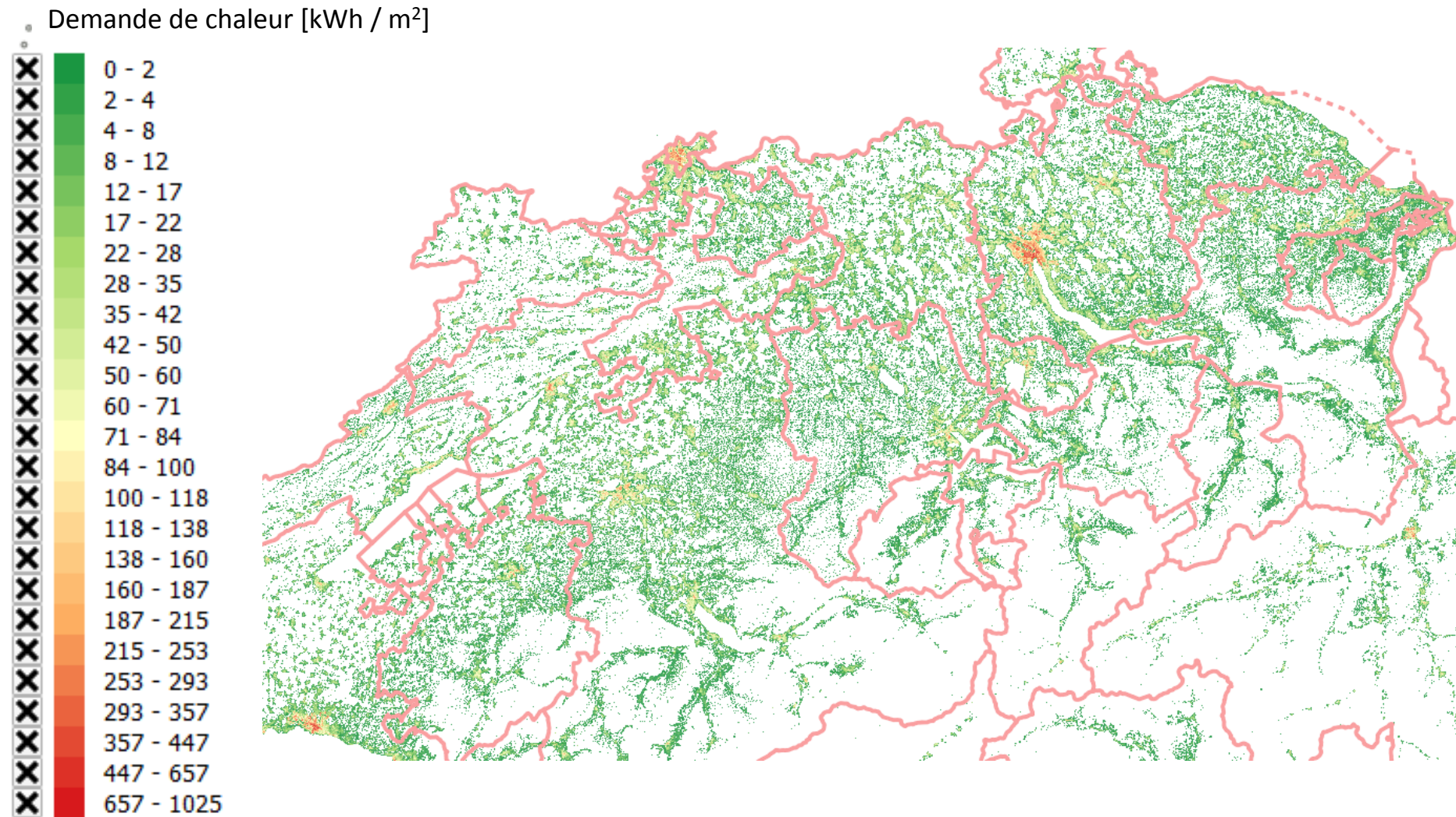


Cadastre de demande de chaleur Suisse

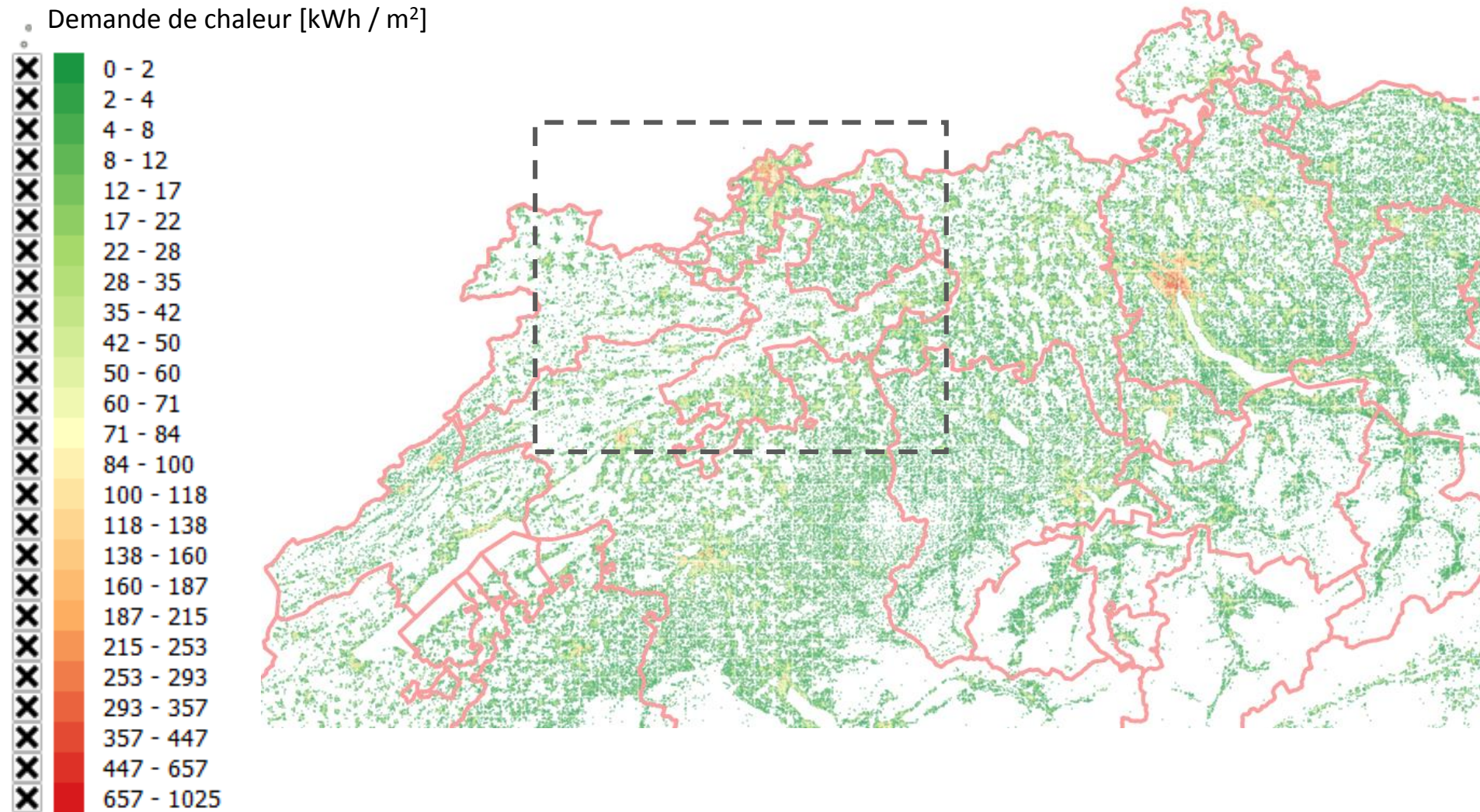


Un total de 94 (TWh / an) pour un climat SIA 2028 normé (proche de 2013)

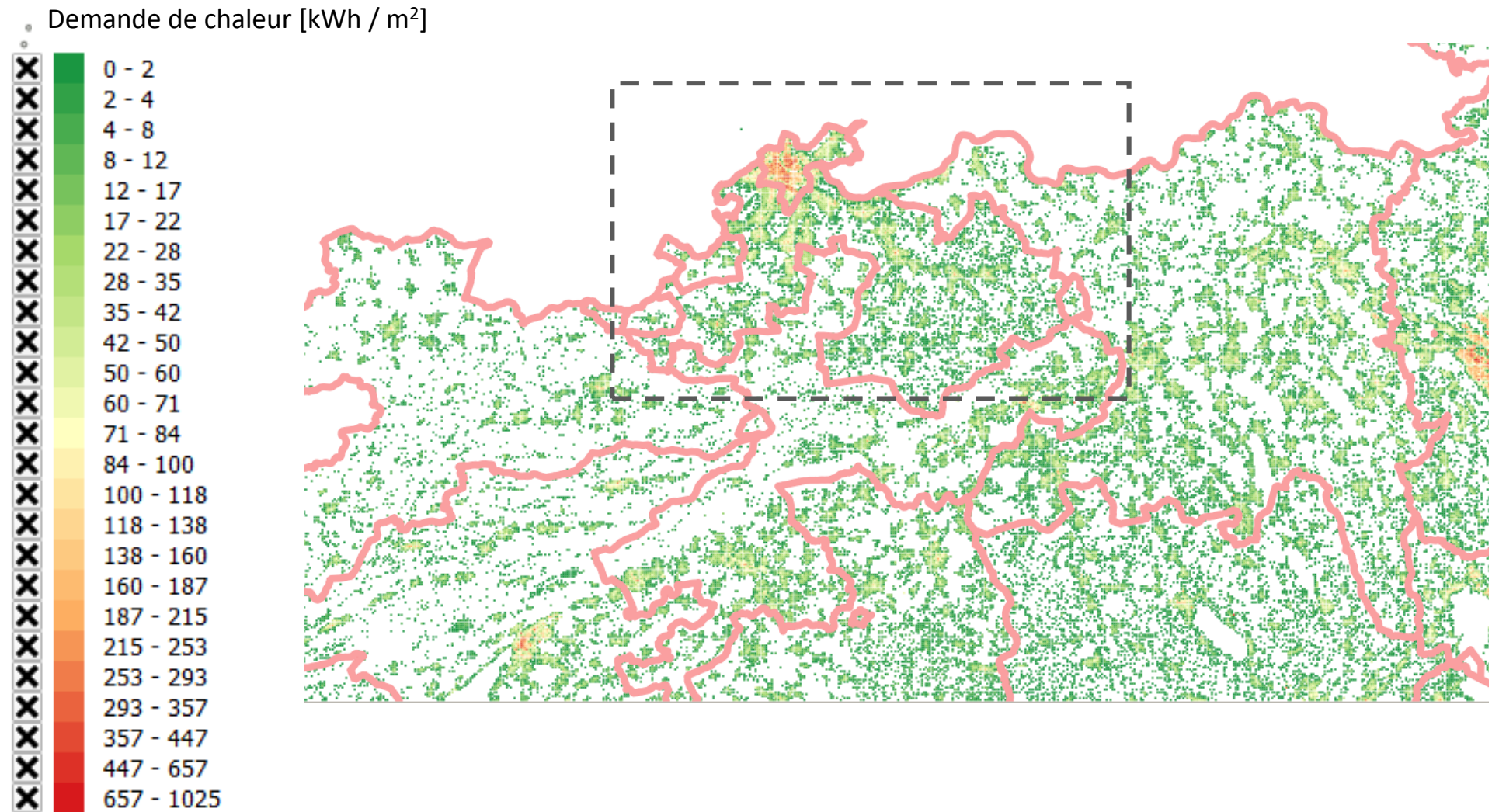
Cadastre de demande de chaleur Suisse



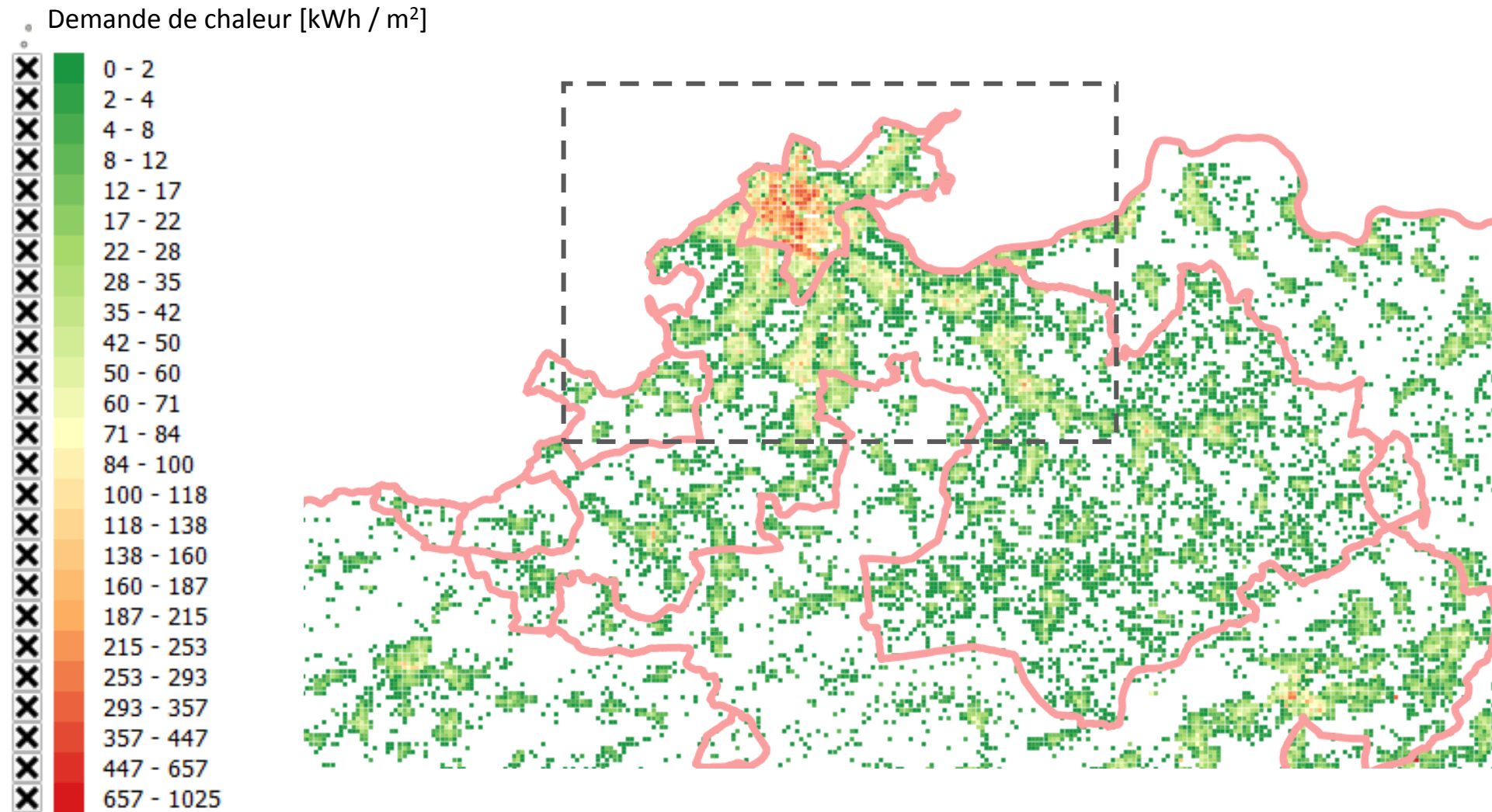
Cadastre de demande de chaleur Suisse



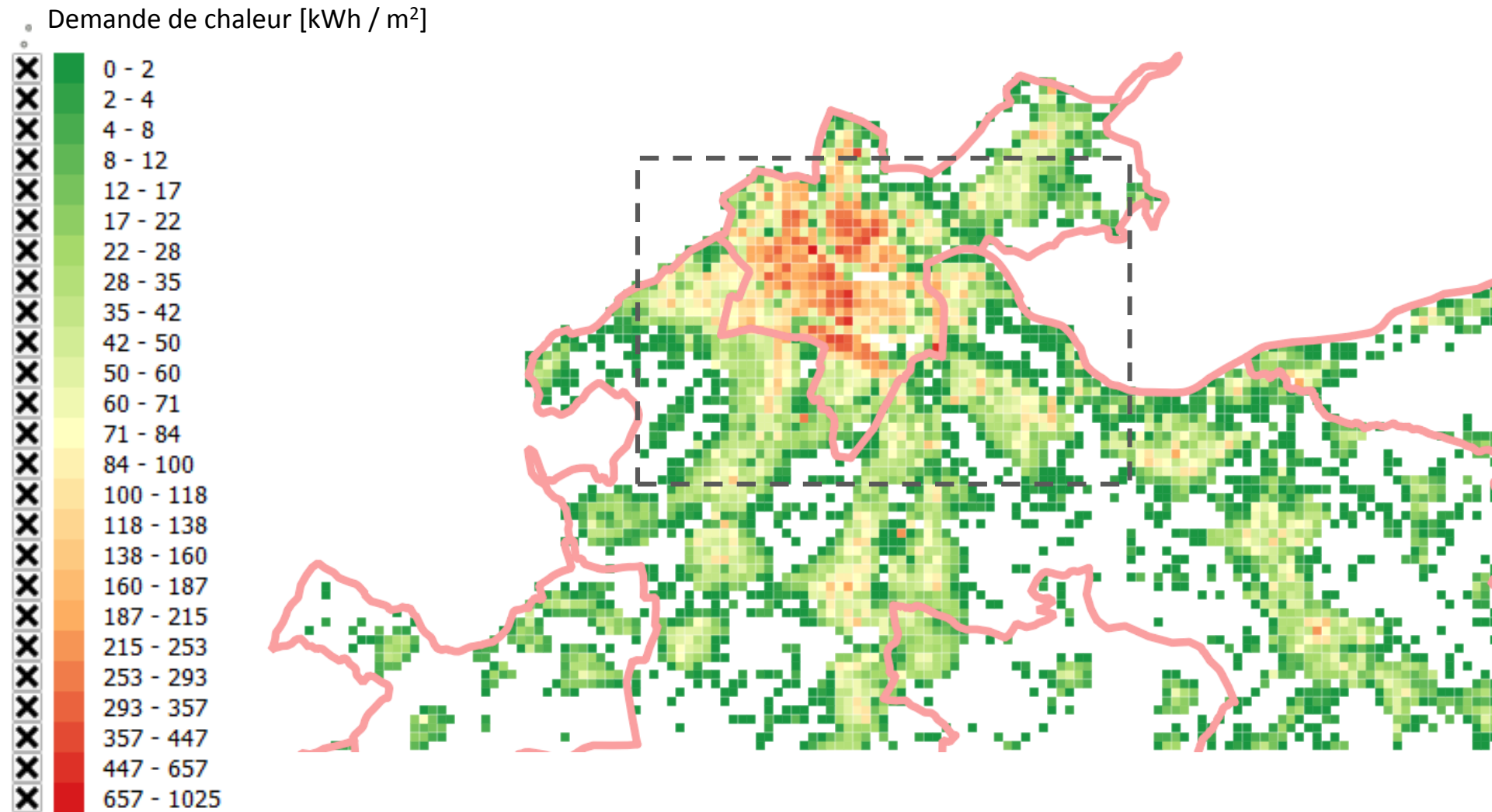
Cadastre de demande de chaleur Suisse



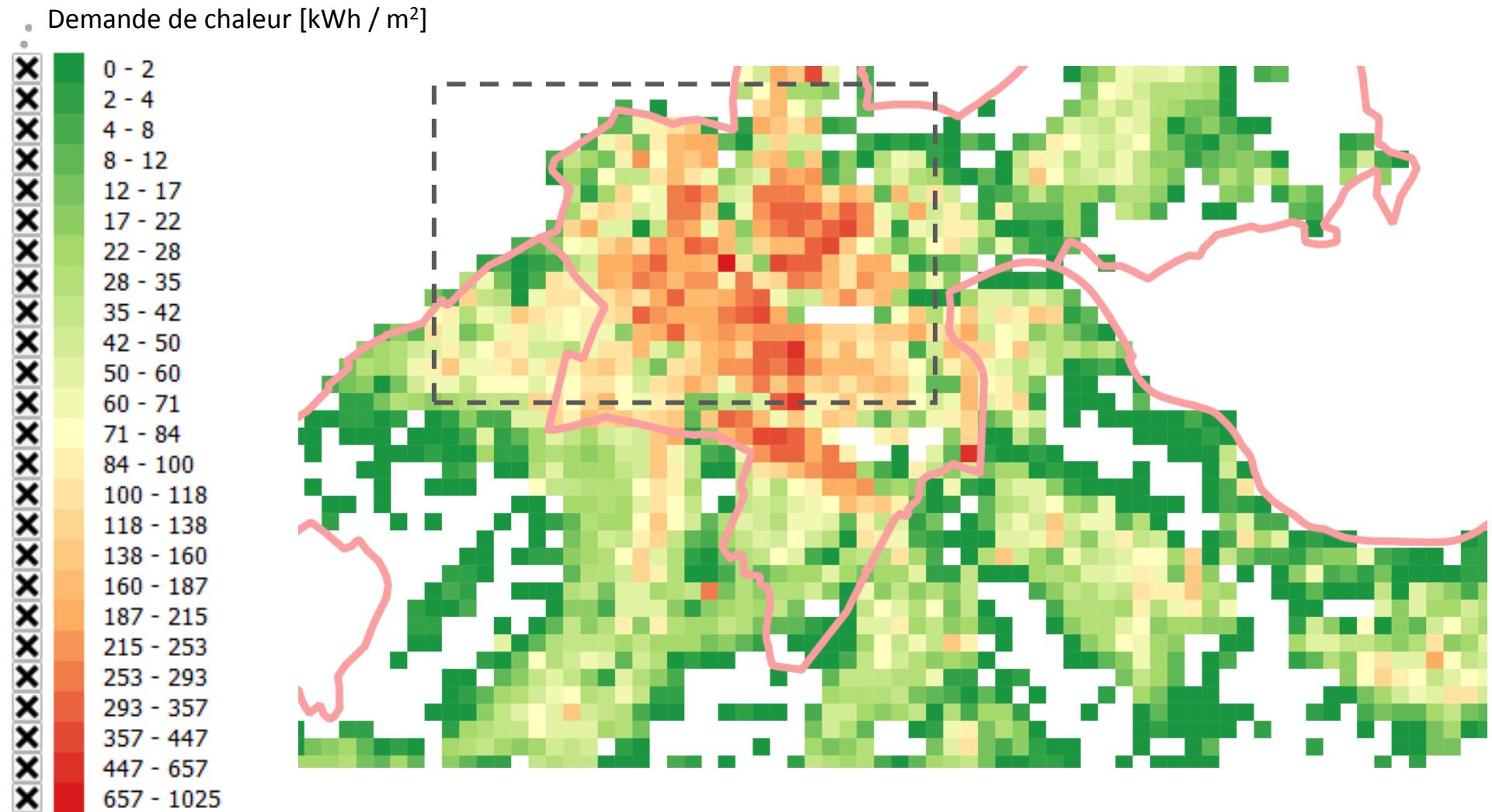
Cadastre de demande de chaleur Suisse



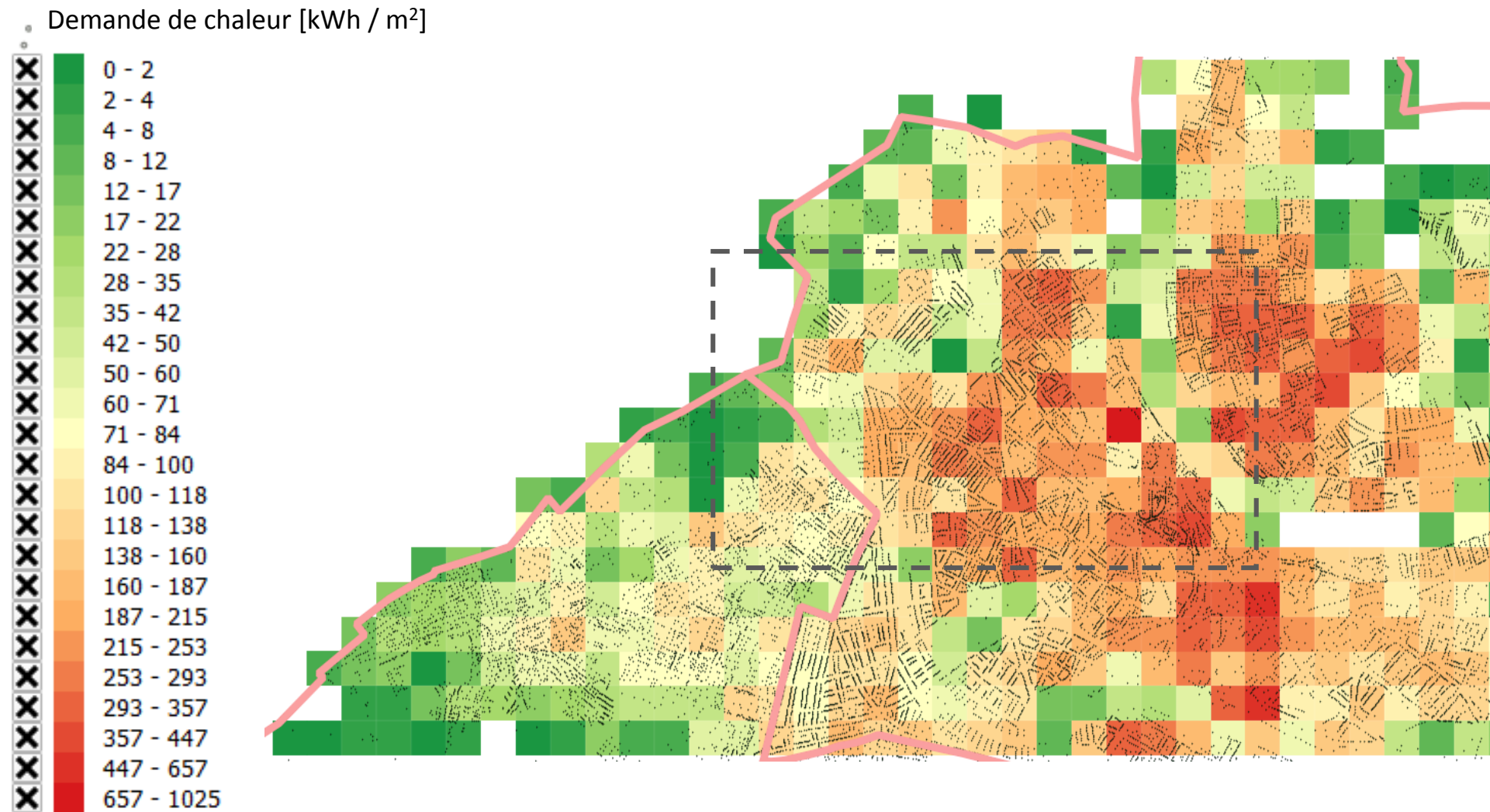
Cadastre de demande de chaleur Suisse



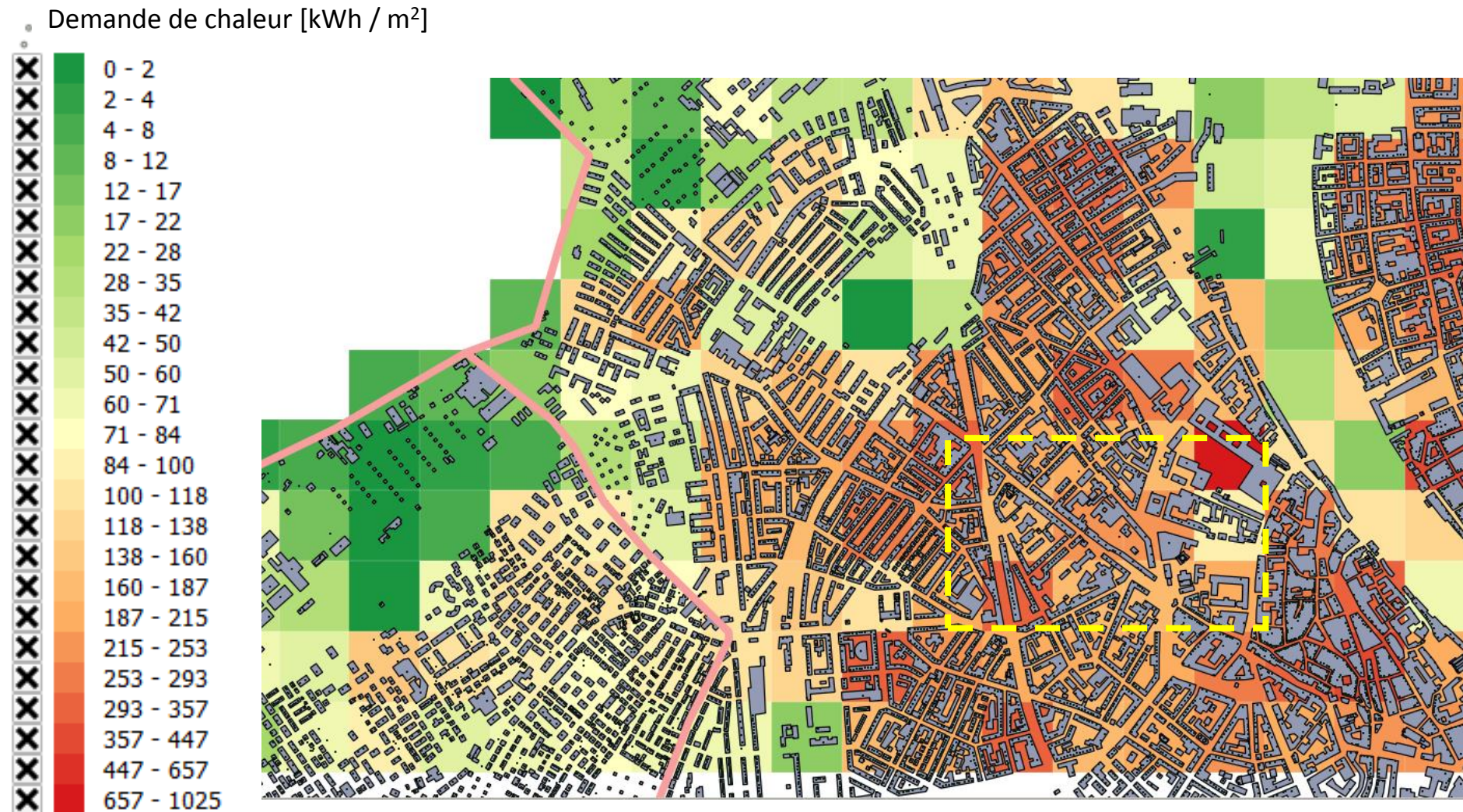
Cadastre de demande de chaleur Suisse



Cadastre de demande de chaleur Suisse



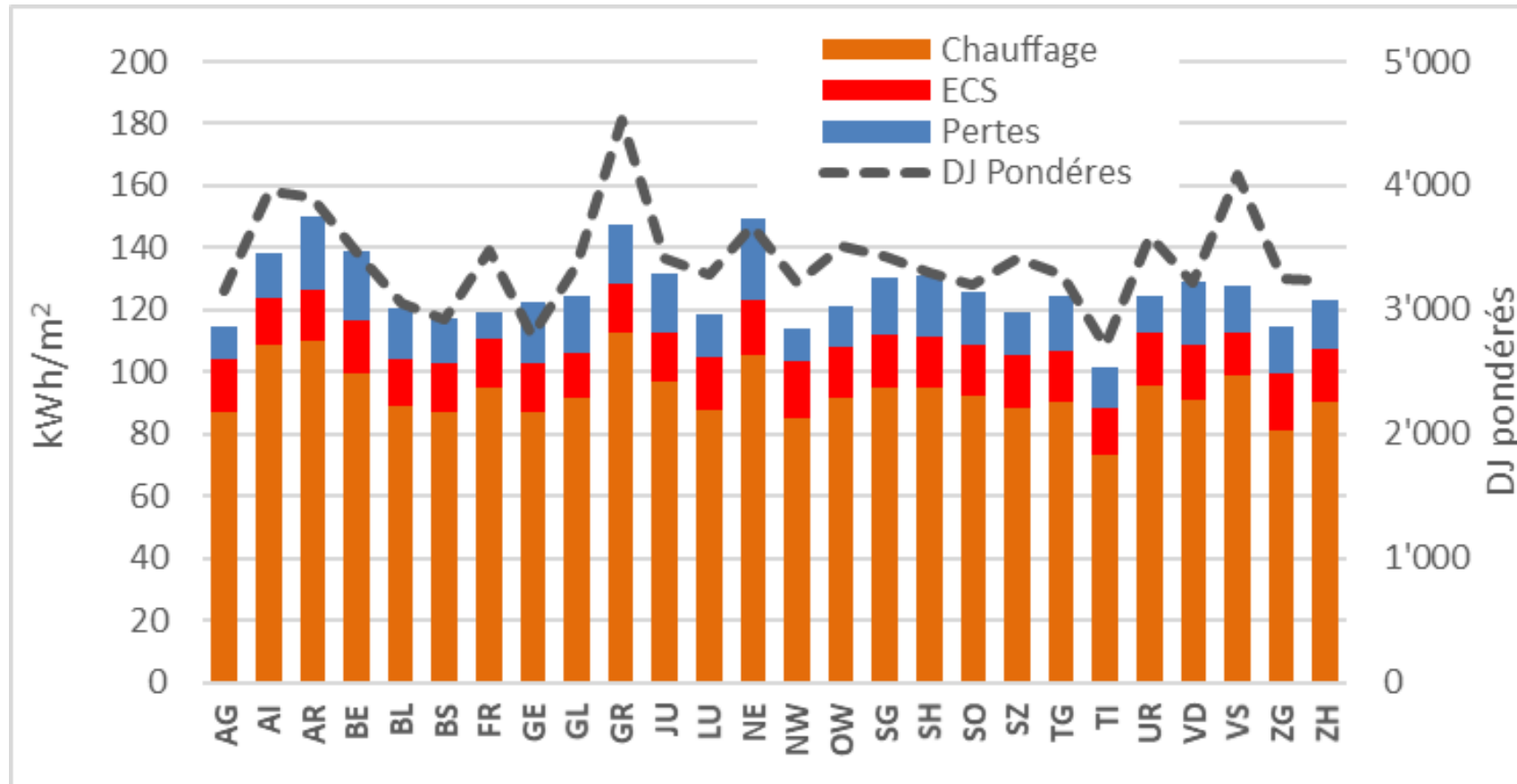
Cadastre de demande de chaleur Suisse



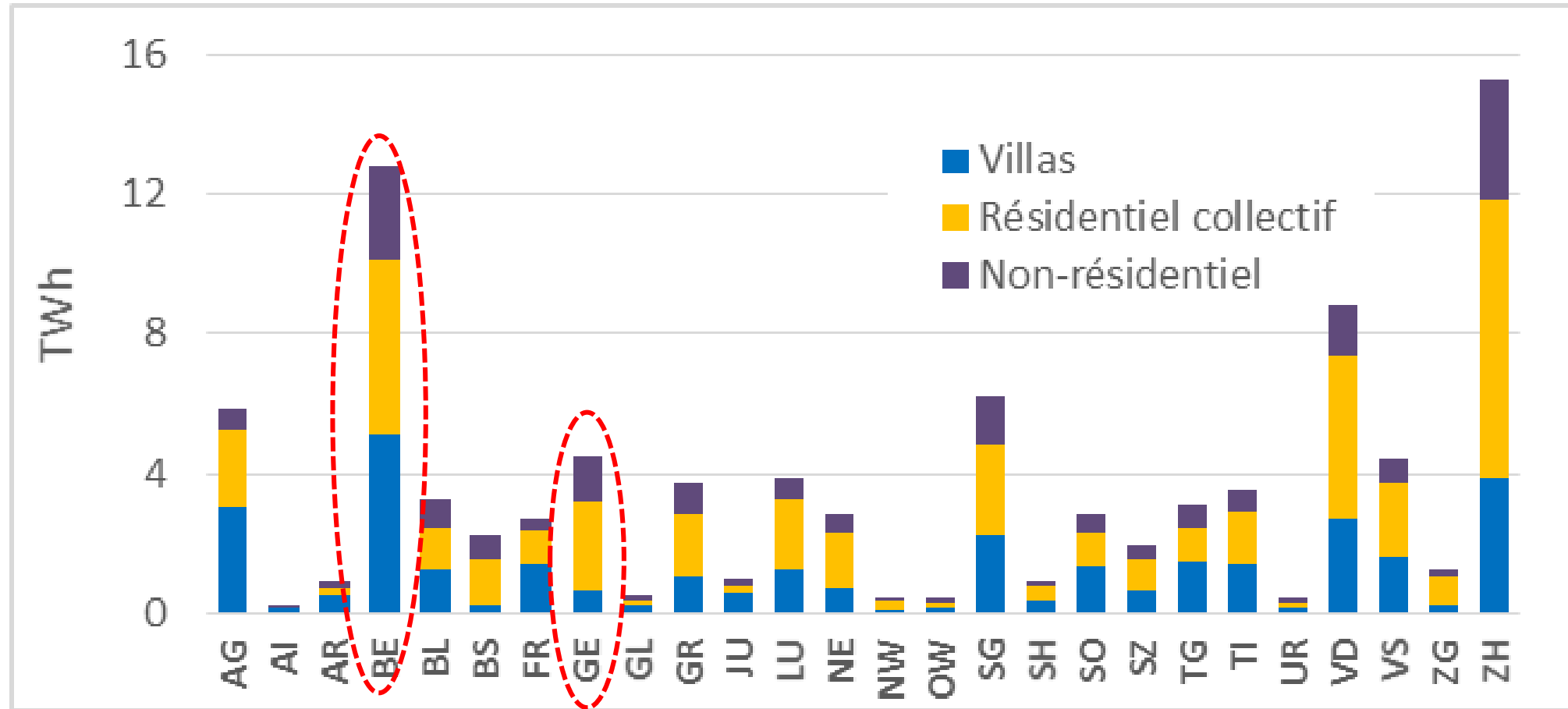
Cadastre de demande de chaleur Suisse



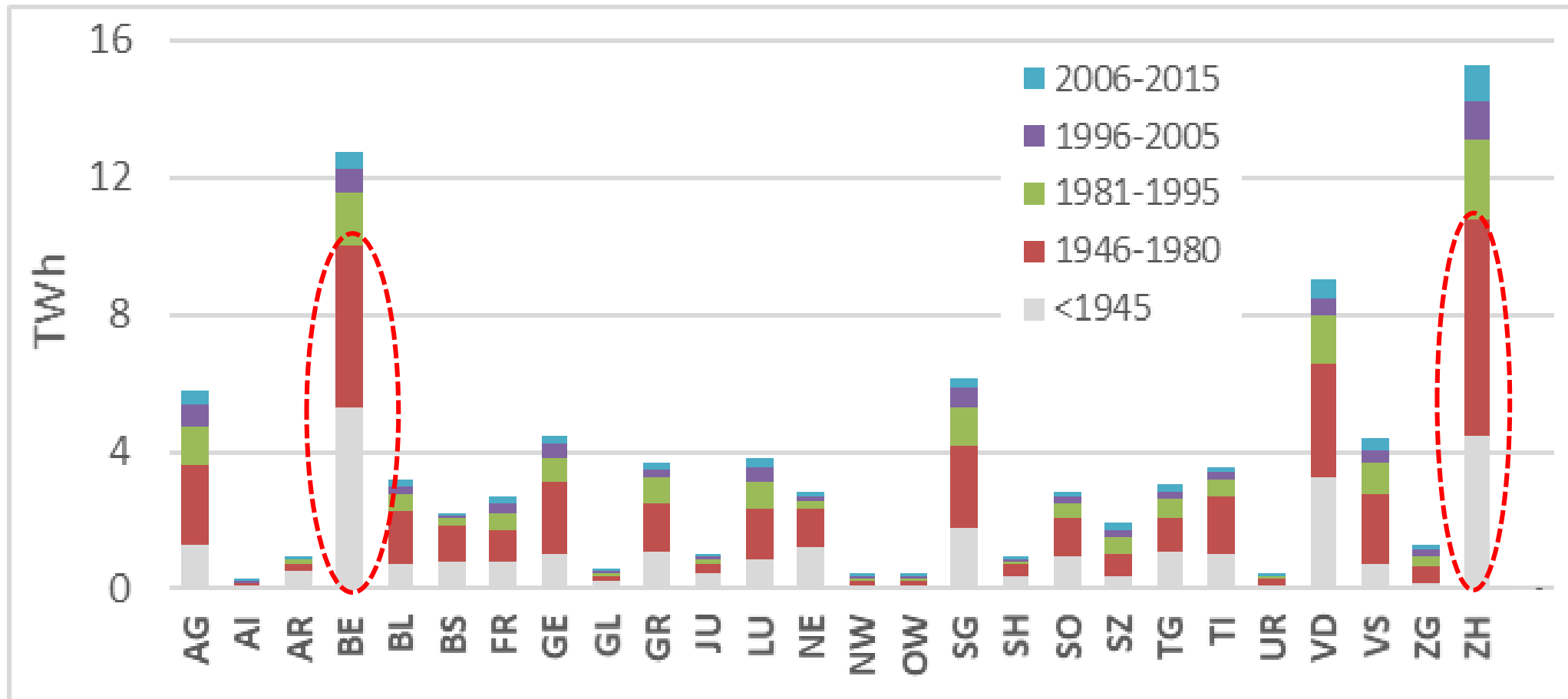
Statistiques cantonales: lien entre climat et chauffage



Statistiques cantonales: disparités des consommation par typologie de bâtiments



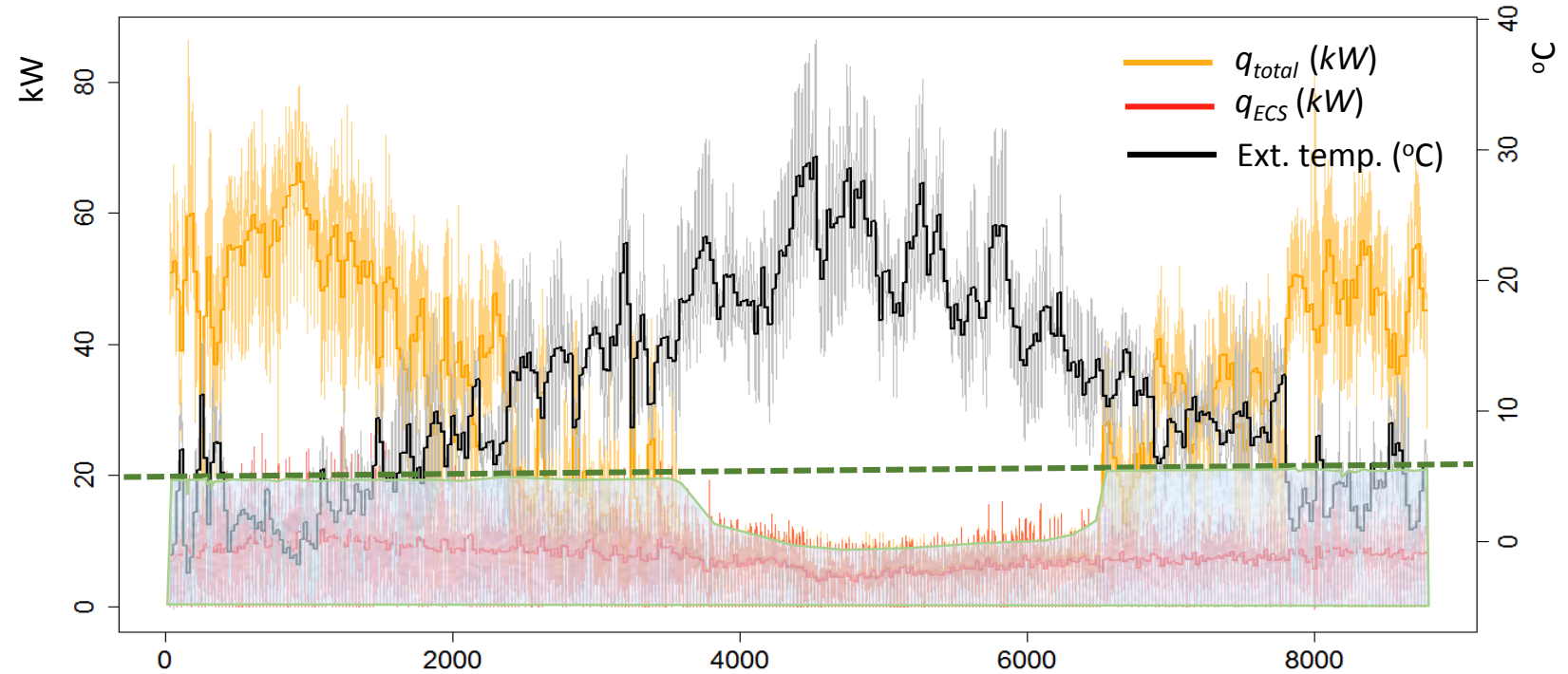
Statistiques cantonales: enjeu de la rénovation



Caractérisation temporelle?

La caractérisation temporelle ou courbe de charge: demande en fonction du temps

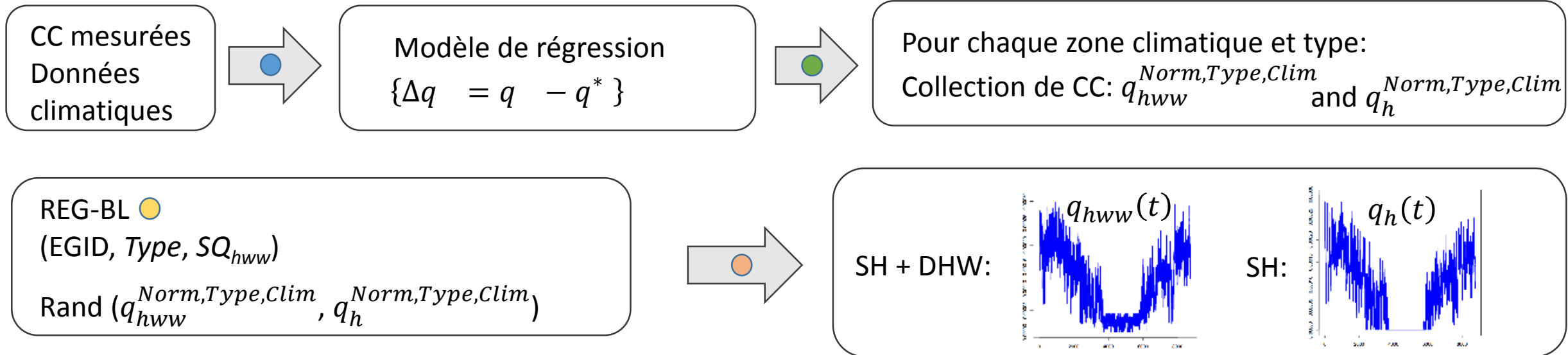
Laurana DC, demande thermique horaire et moyenne journalière^[1]



[1]: Faessler, Jérôme, Pierre Hollmuller, Floriane Mermoud, et Loïc Quiquerez. 2016. « REMUER: Retour d'expérience sur la rénovation de la chaufferie de quartier de Laurana-Parc à Thônex (GE) ». Genève: Université de Genève.
<https://archive-ouverte.unige.ch/unige:93169>.

Pour estimer le potentiel renouvelable utilisable, le taux de couverture et estimer la rentabilité de l'investissement il faut une estimation de la courbe de charge

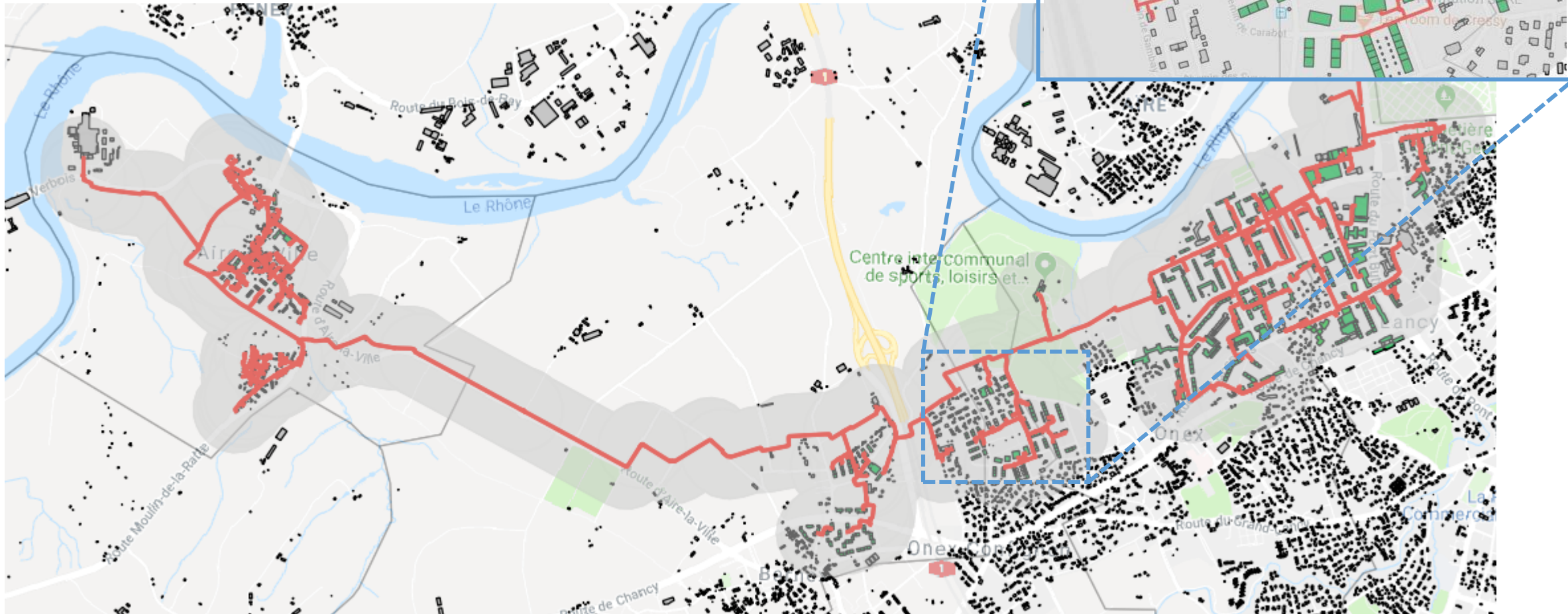
Caractérisation temporelle, estimation de la demande horaire



- A l'aide de courbes de charges mesurées pour différents types de bâtiments, on calibre un modèle de régression qui prédit la demande en fonction de la température extérieure et l'irradiance solaire (pour chaque type de bâtiment).
- On utilise le modèle de régression pour générer une collection de courbes de charge pour chaque zone climatique et chaque type de bâtiment
- On associe chaque bâtiment à une zone climatique et on utilise une courbe de charge choisie aléatoirement dans la collection correspondant à la zone climatique et au type de bâtiment.
- On construit une base de donnée géo-référée contenant environ 1.8 mio. de courbes de charges permettant de calculer une demande horaire agrégée pour n'importe quelle portion du territoire.

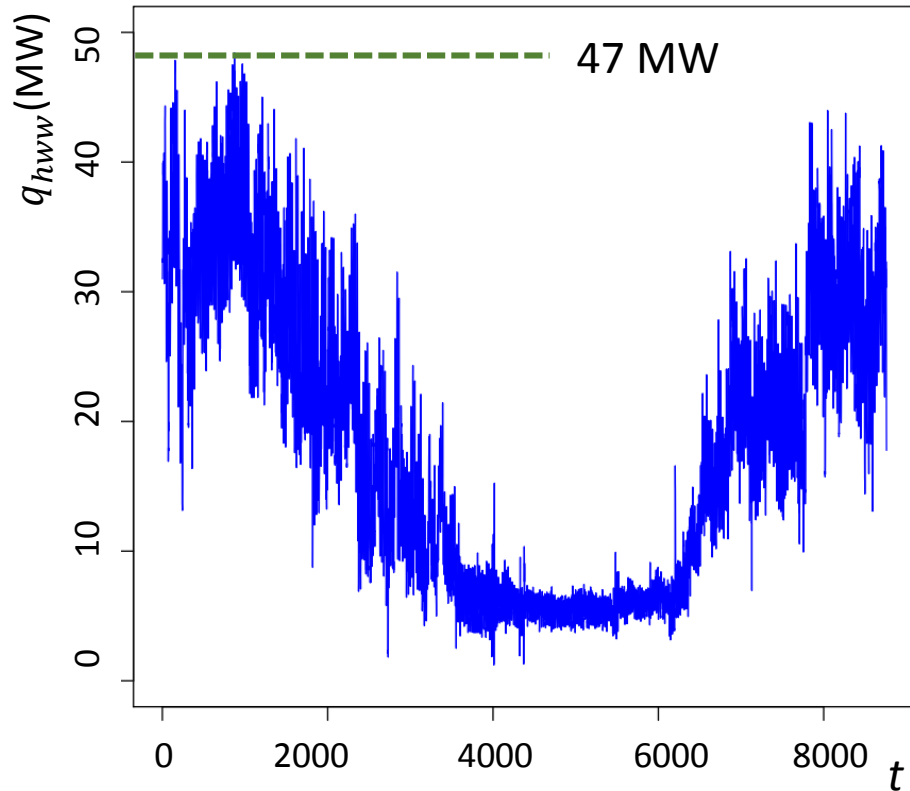
Application du modèle (CADIOM)

- Valorisation de la chaleur de l'usine des Cheneviers
- 531 bâtiments identifiés comme connectés (156.5 GWh)



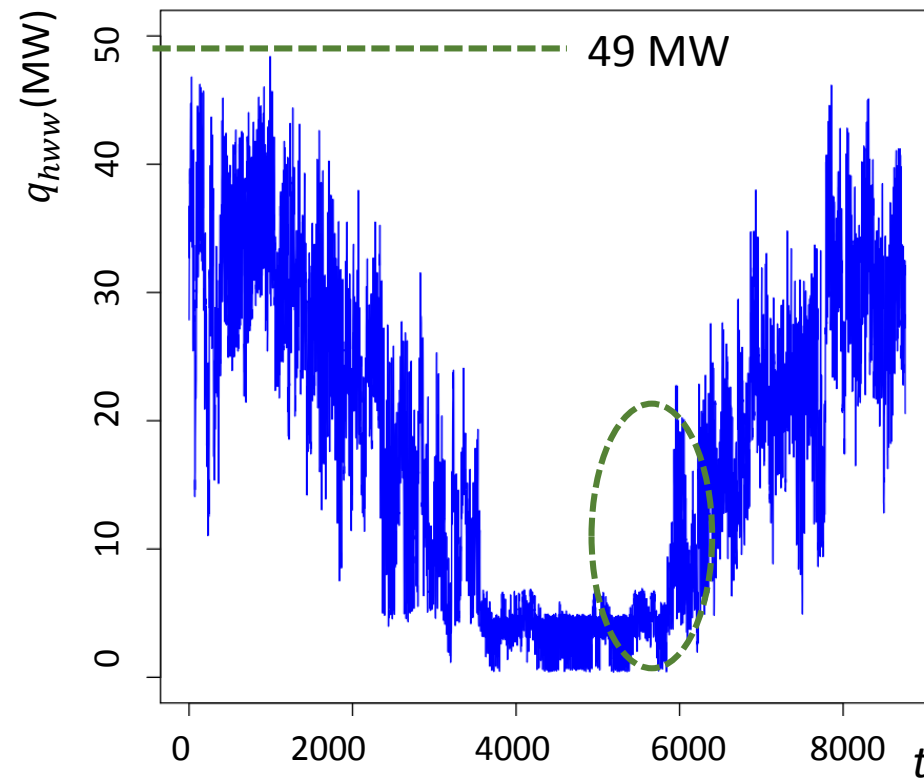
Application du modèle (CADIOM)

Courbe de charge mesurée 2015



158.6 [GWh]

Courbe de charge simulée 2015

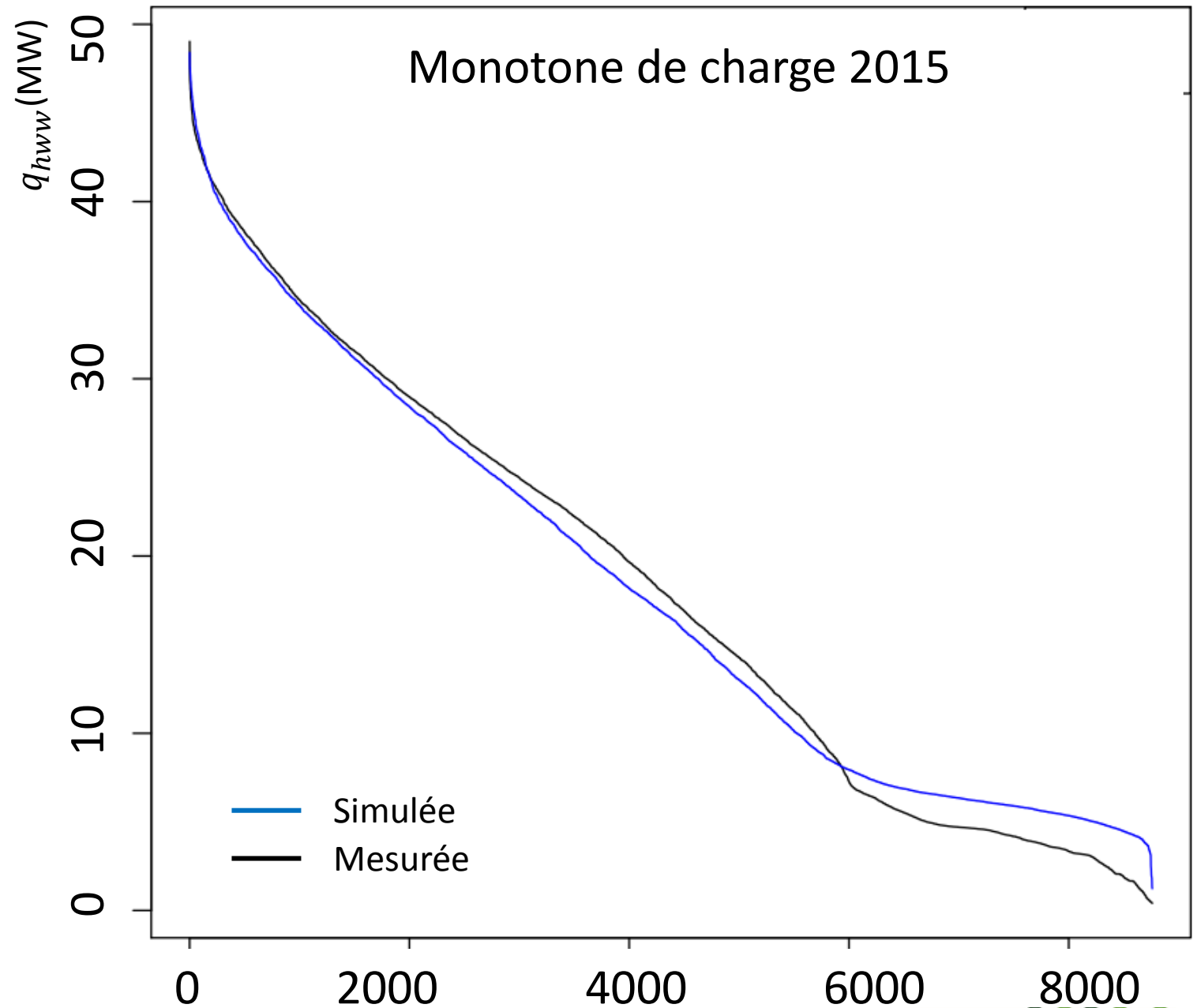


156.5 [GWh]

Modèle: la saison de chauffe démarre quand la température moyenne sur 5 jours est plus basse que la température de non chauffage estimée T_0 (entre 16 et 19 °C)

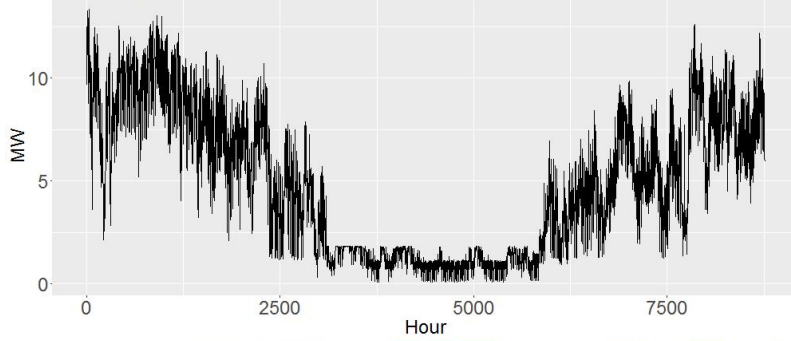
Application du modèle (CADIOM)

- Monotones de charge et puissances de crête proches
- Courbe de charge simulée appropriée comme input d'une simulation d'un système énergétique

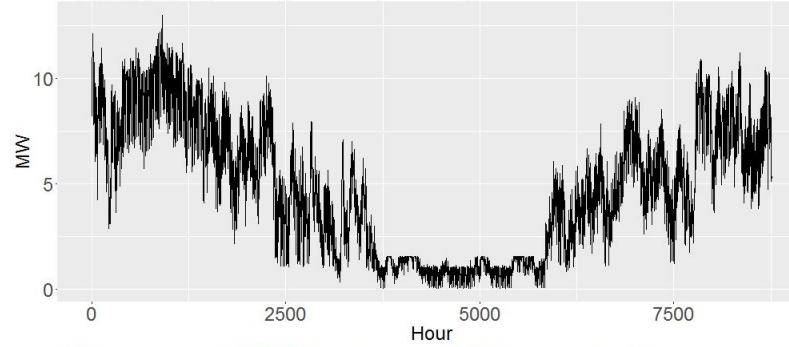


Web-service and démo

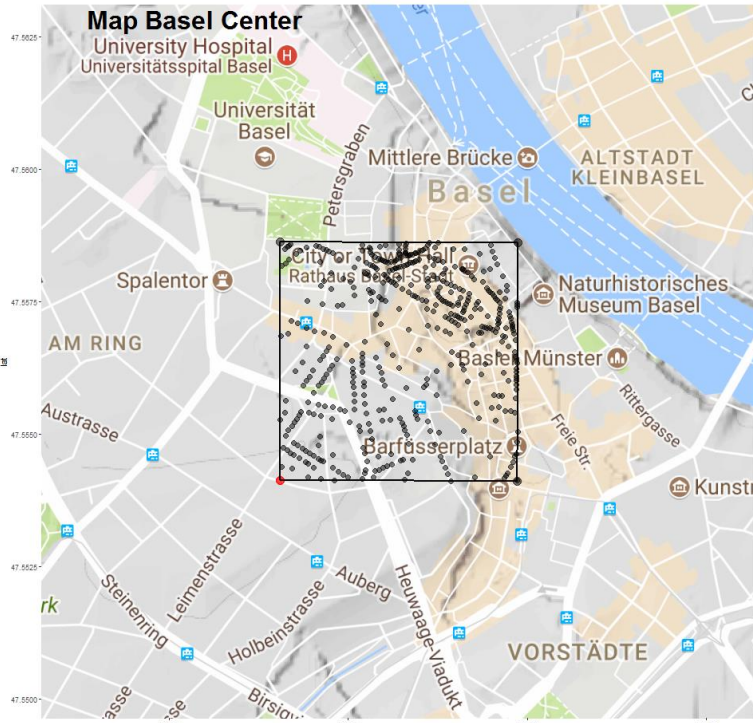
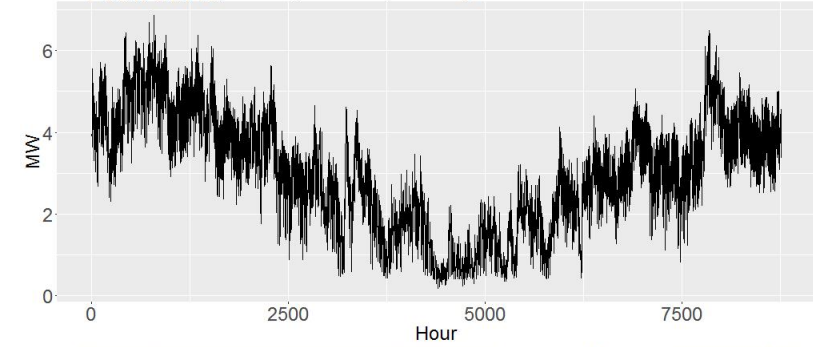
Load curve (610800,266900) size=500



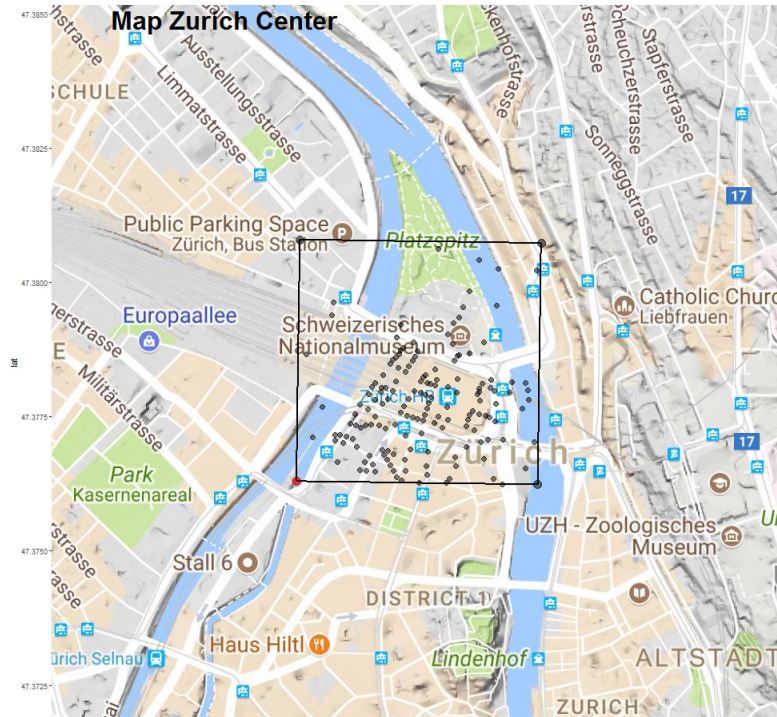
Load curve (682800,247700) size=500



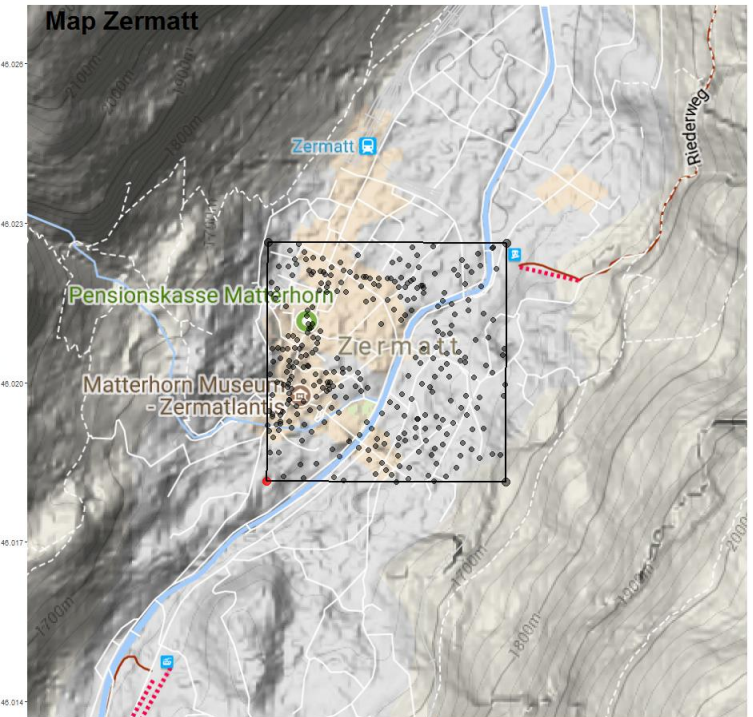
Load curve (623700,96200) size=500



Centre de Bâle

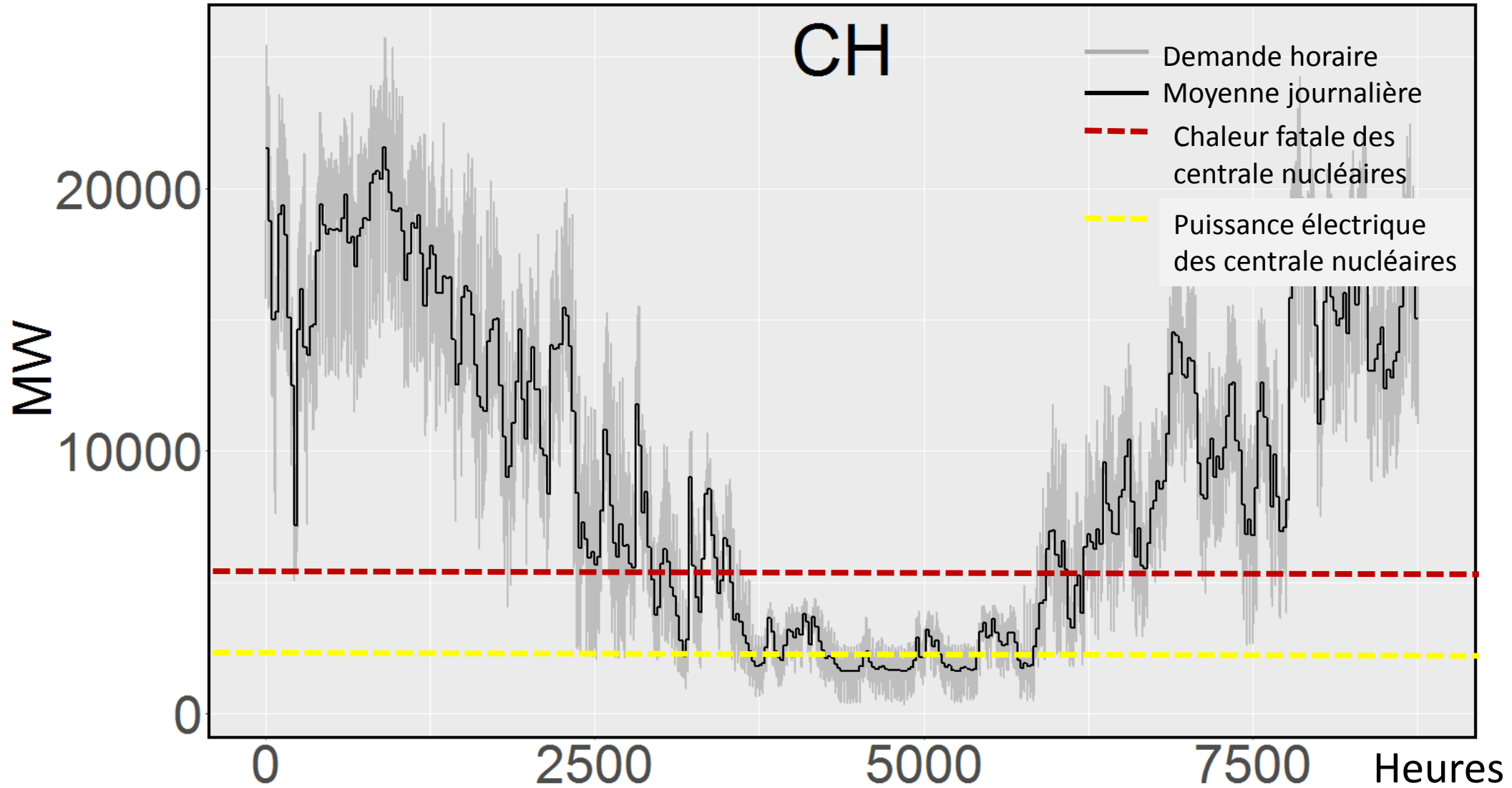


Centre de Zurich



Zermatt

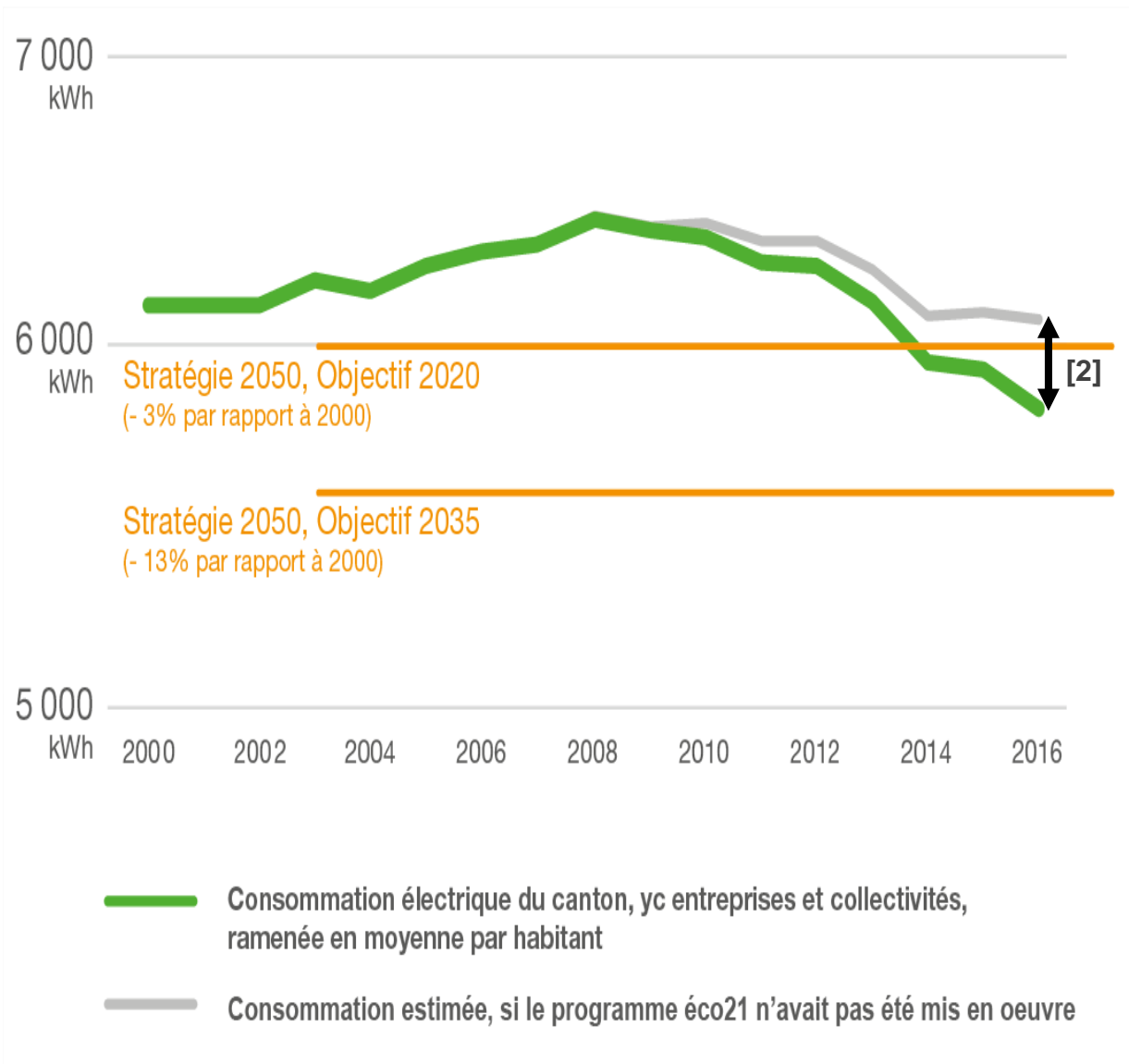
Courbe de charge thermique de la Suisse.



Avec a COP de 3, une crête à 24 GW thermique provoque une charge de 8 GW électrique!

Partie 3: Caractérisation spatio-temporelle de la consommation d'électricité

Éco21, d'une bonne planification vers un succès



Fin 2016 :

- 7%

RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION
PAR HABITANT PAR RAPPORT À 2000

135 GWh^[1]

ÉCONOMIES D'ÉLECTRICITÉ FINANCÉES
DEPUIS LA CRÉATION DU PROGRAMME
ÉCO21 EN 2007

23 MCHF / an

ÉCONOMIES SUR LES FACTURES
D'ÉLECTRICITÉ DES GENEVOIS,
GRÂCE À ÉCO21

- 20 GWh / an

OBJECTIF DU PROGRAMME ÉCO21

[1] l'équivalent de la consommation moyenne
de **45'000** ménages genevois

Source: P. Le Strat

[2] Travaux de MM. Bertholet et Cabrera, UNIGE

Projet ElectroWhat

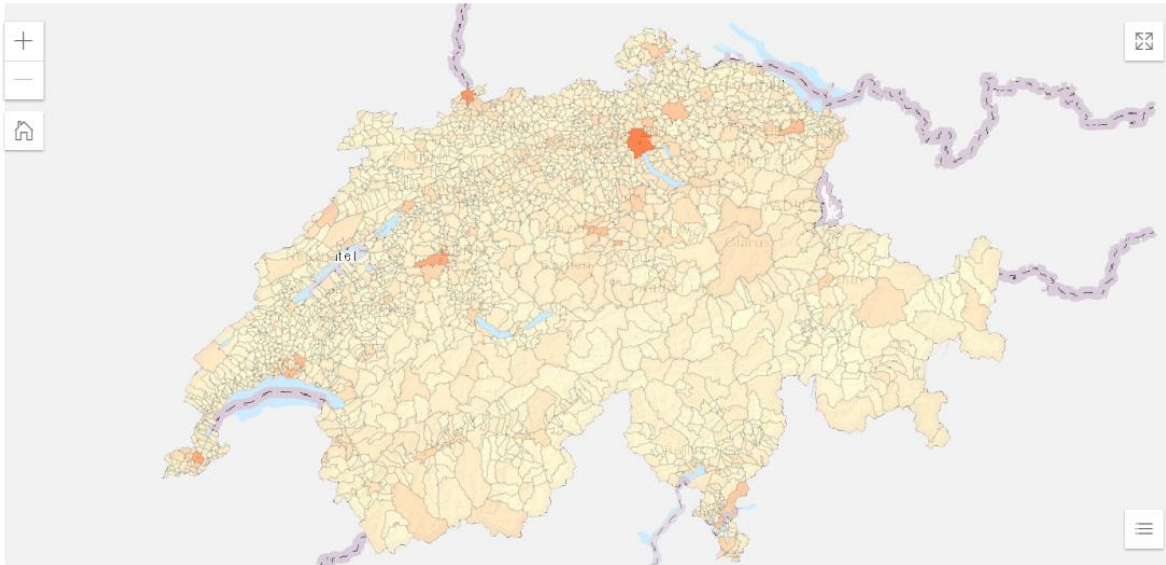
ELECTROWHAT

Administration

Français

Schneider Stefan

Représentation géographique - Suisse



Niveau d'agrégation: Commune
Usages: Tous (+51 autres)
Domaines: Tous (+39 autres)

Données macro-économiques - Suisse

Nombre d'habitants
8 237 666

Consommation totale
57 925 941 MWh/an

Nombre de places de travail
5 015 968

Nombre de résidences principales
3 646 492

Nombre de résidences secondaires
612 274

Surface résidentiel collectif

Données de base

Télécharger les données de base

Charger mes données

Qui consomme où, quand et pour quel usage?



UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Cadre général du projet



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



Pascale Le Strat

- 2002-2008: Modèle de décomposition de demande électrique (Genève, Territoire EOSh) et d'évaluation des potentiels d'économie d'électricité
- Pilotage du programme éco21 et contribution à sa mise en œuvre

Stefan Schneider

Selin Yilmaz

Thomas Guibentif

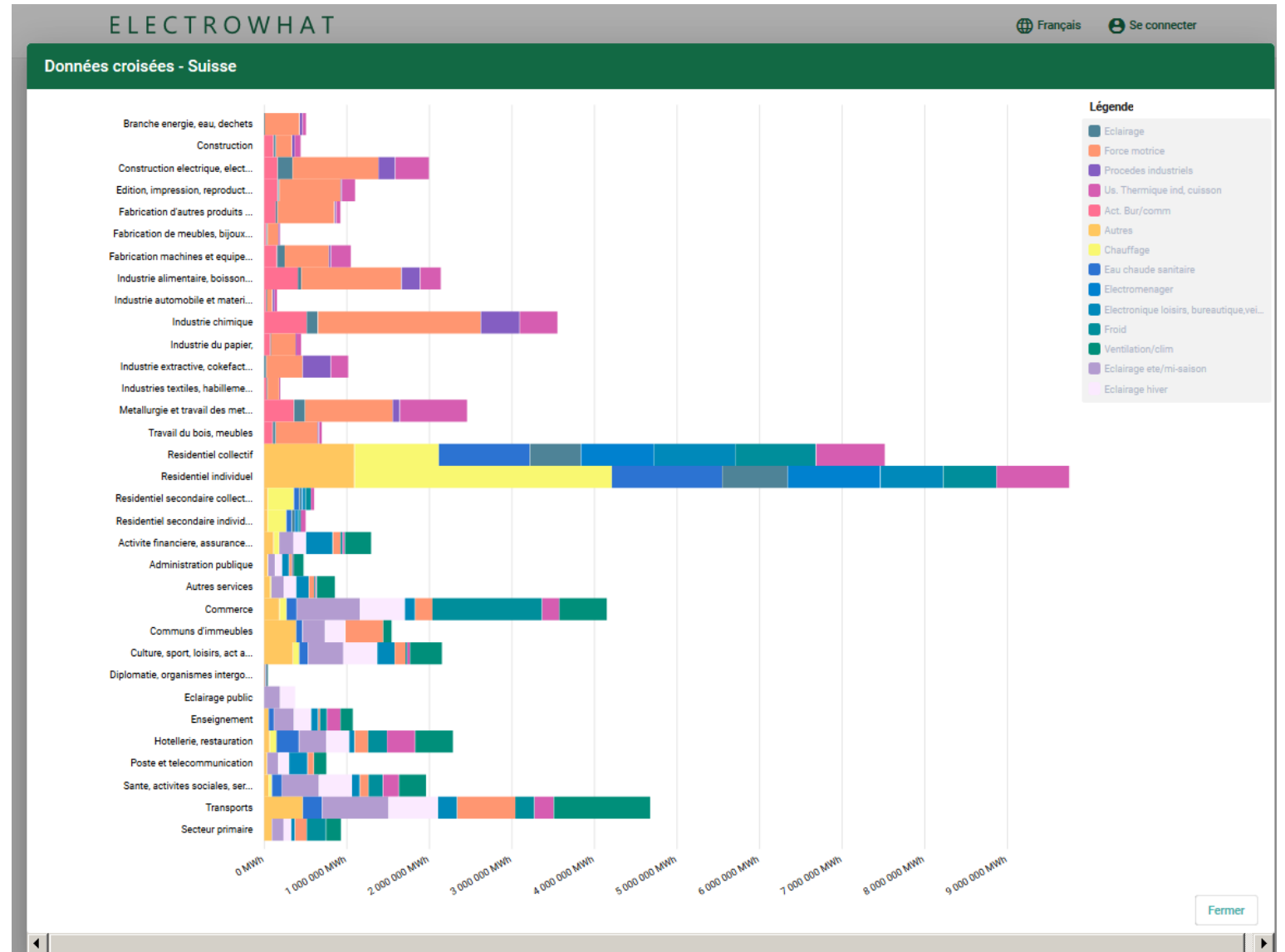
- 2015-2016: Début des travaux sur la tâche «GIS Energy demand» du SCCER FEEB&D
- Calage du modèle sur 2015
- Estimation des potentiels MDE

Synergie entre recherche académique et industrie pour :

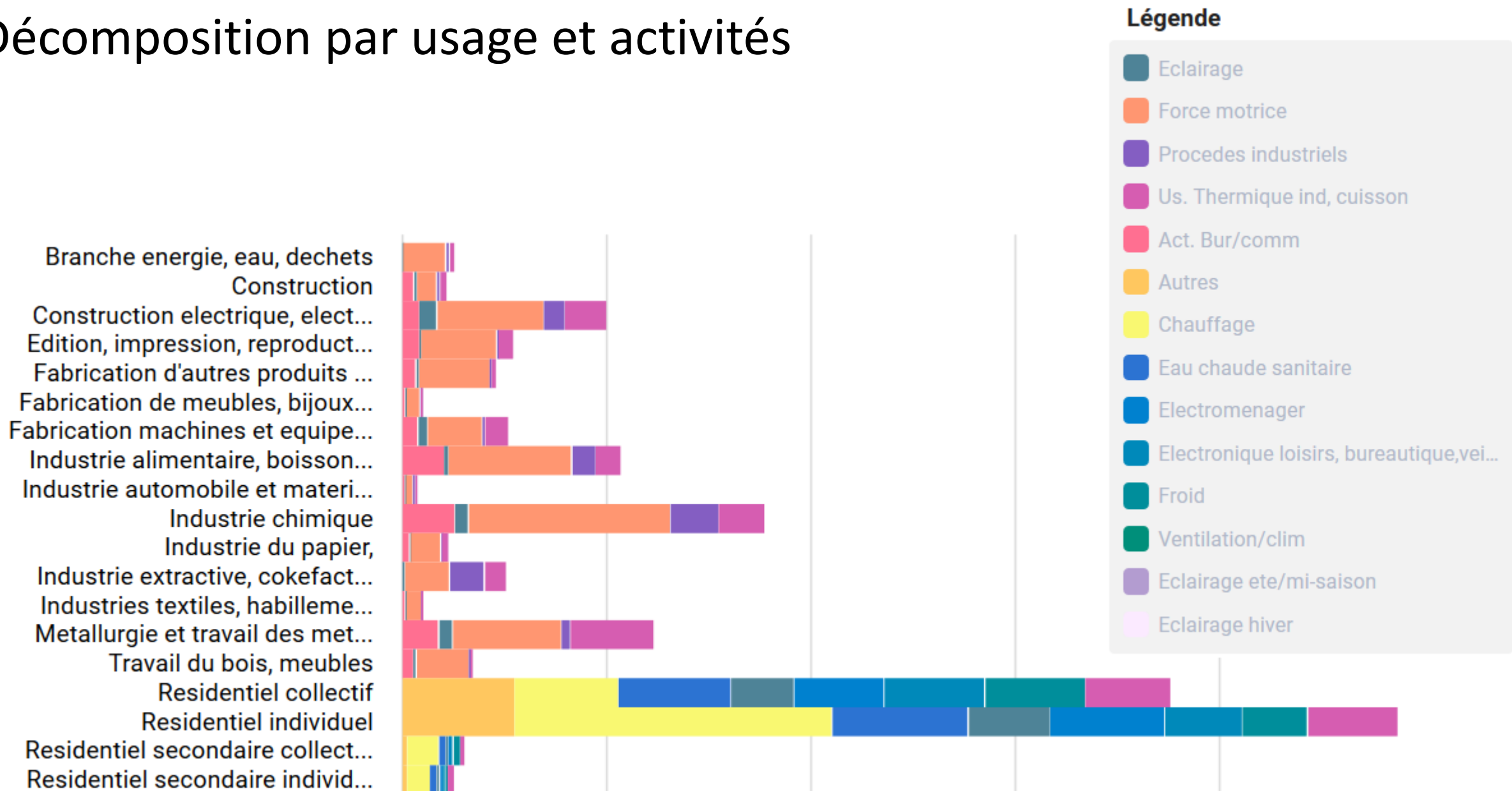
- Modélisation à l'échelle de la Suisse
- Diffusion de l'expérience d'un programme d'efficience

Décomposition par usage et activités

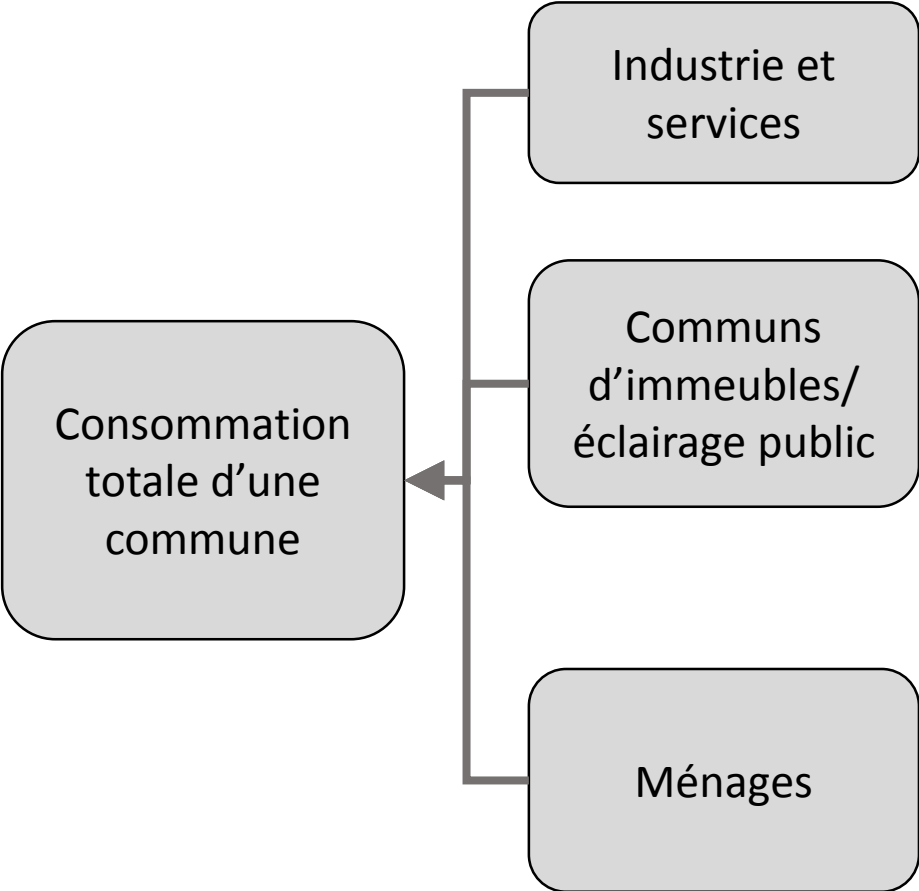
- **58 TWh** de demande électrique annuelle décomposée en 36 activités et 18 usages
- Décomposition disponible à l'échelle de chaque commune ou groupe de communes
- Estimation de courbes de charge par usage et activité



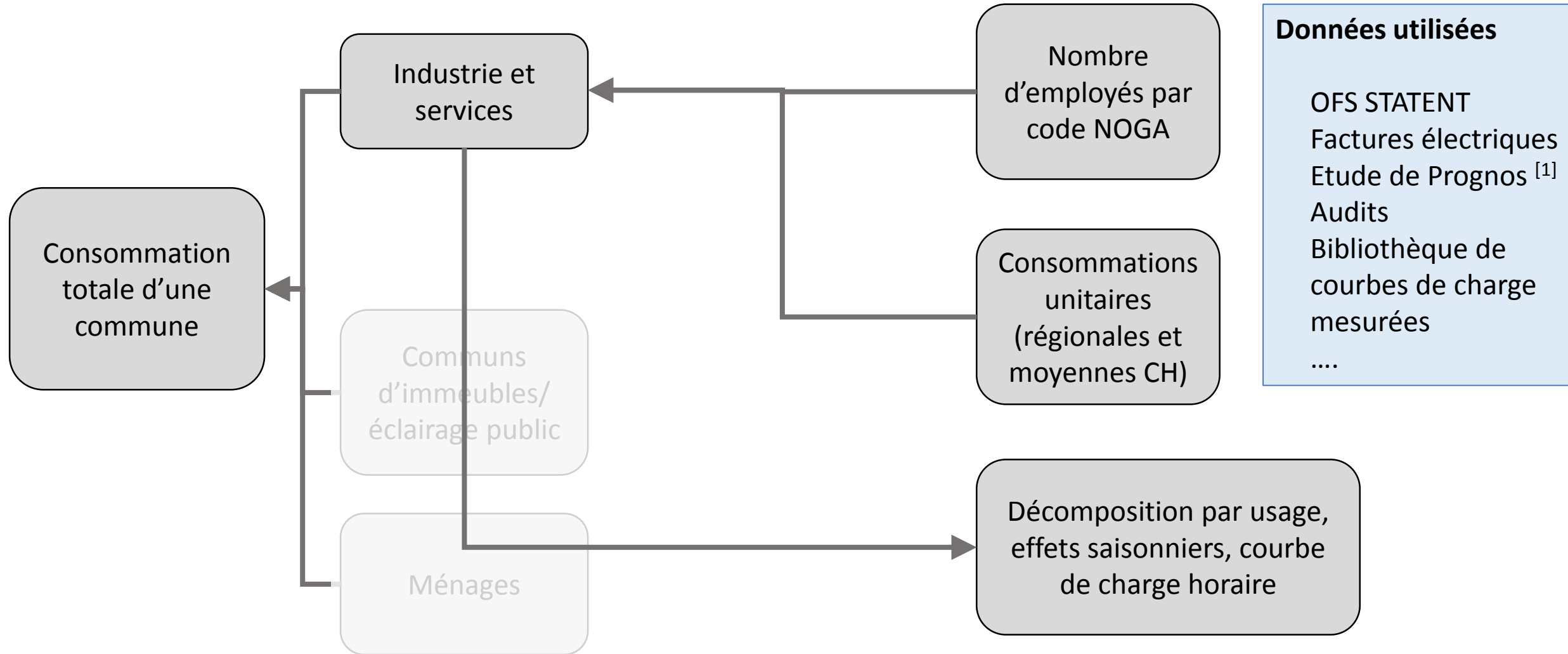
Décomposition par usage et activités



Fonctionnement du modèle



Fonctionnement du modèle



[1] Kemmler, Andreas, Sven Kreidelmeyer, Andrea Ley, Philipp Wüthrich, Mario Keller, Martin Jakob, et Giacomo Catenazzi. 2016. « Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2015 nach Verwendungszwecken ». Bundesamt für Energie Bern.

Consommations unitaires

Source de donnée pour les consommations annuelles moyennes par équivalent plein temps

Basé sur un questionnaire envoyé à 12'000 entreprises

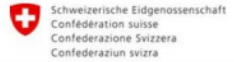
Consommation estimée par groupe d'activités: tables de chapitre 5.2 of ^[1]

5.2.1. Branchengruppe 1: Nahrungsmittel

Grundgesamtheiten für Hochrechnung	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 alt	2013 neu	2014	2015
Anzahl Arbeitsstätten	2'408	2'417	2'247	2'426	2'419	2'434	2'521	3'387	3'669	3'669	3'911
Energieverbrauch in TJ											
Elektrizität	5'669	5'810	6'008	6'647	6'930	6'956	7'001	7'542	7'952	7'925	7'858

[1] : Sauvin, Laurent, Roman Scherer, Monika Ferster, Jasmin Gülden Sterzl, et Stephanie Muff. 2016. « Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor, Resultate 2015 ». Bundesamt für Energie Bern.

N° entreprise: «FIRMNR»
ID entreprise: «FIRMID» (pour remplir le questionnaire en ligne sur www.estatistik.ch)



Office fédéral de l'énergie OFEN

Relevé fédéral de la consommation finale d'énergie en 2016

Lieu de travail/Adresse du bâtiment:

Entreprise «OFIRMA»
Entreprise 2 «OFIRMA2»
Entreprise 3 «OFIRMA3»
Rue «OSTRASSE»
NPA/Lieu «OPLZ» «OORT»

QUESTIONNAIRE

Délai de réponse: vendredi, le 17 février 2017 - prière de consulter les directives avant de remplir.

A DONNÉES CONCERNANT L'ENTREPRISE BUR.-Ref. «bumr» «Groupe16» «VERBAND»



Nombre d'employés à temps complet (dès 90%) à temps partiel (moins de 90%)

Surface brute de plancher: m² Secteur d'activité: fabrication/production commerce service

Part de la consommation d'énergie consacrée au bâtiment (sans les processus de production): % (Estimation)

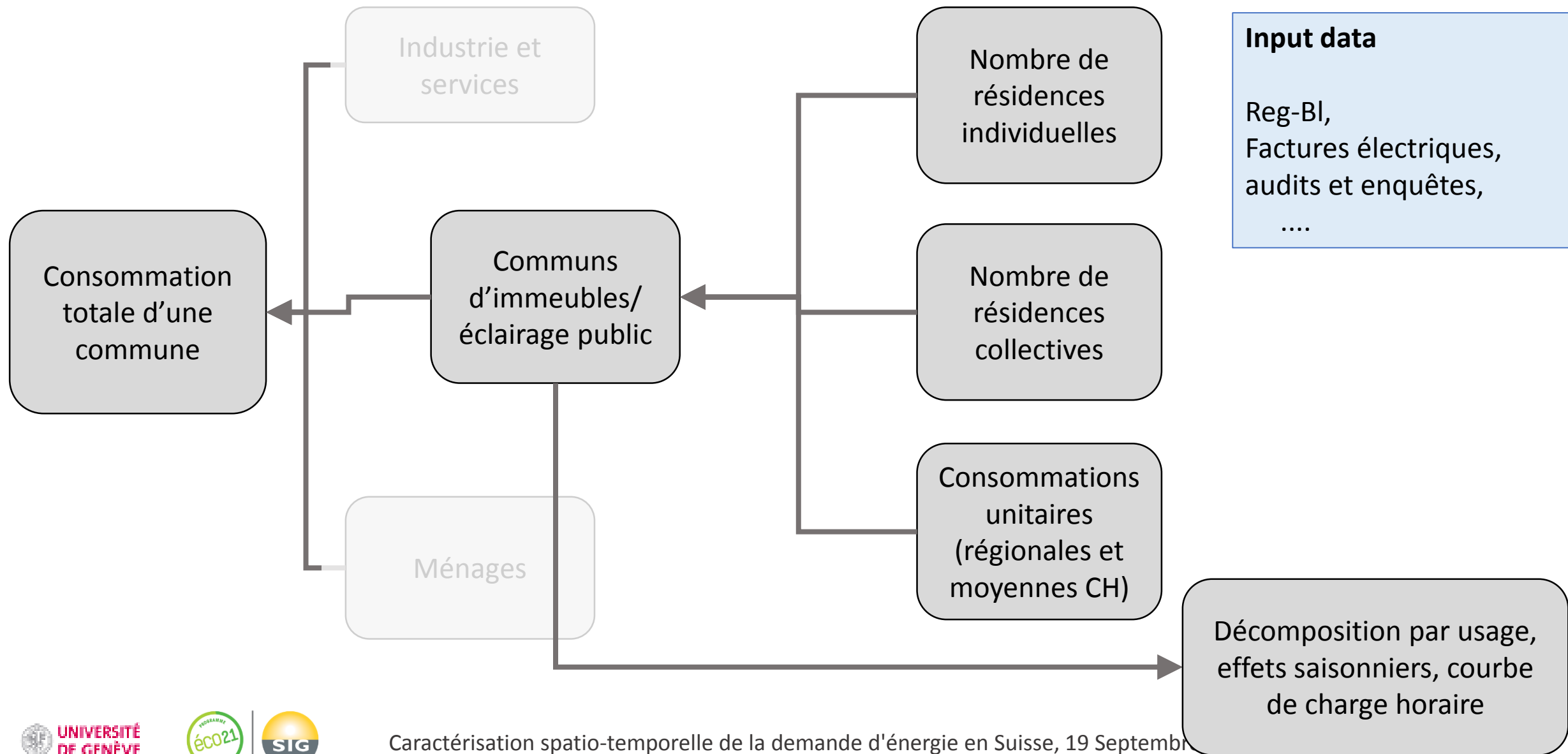
Utilisez vous un chauffage électrique ou un chauffage alimenté par des rejets de chaleur?
 ni l'un ni l'autre pompe à chaleur chauffage électrique rejets de chaleur

A combien de sites de travail se réfèrent vos données énergétiques?: **PRIÈRE DE CONSULTER LES DIRECTIVES!**

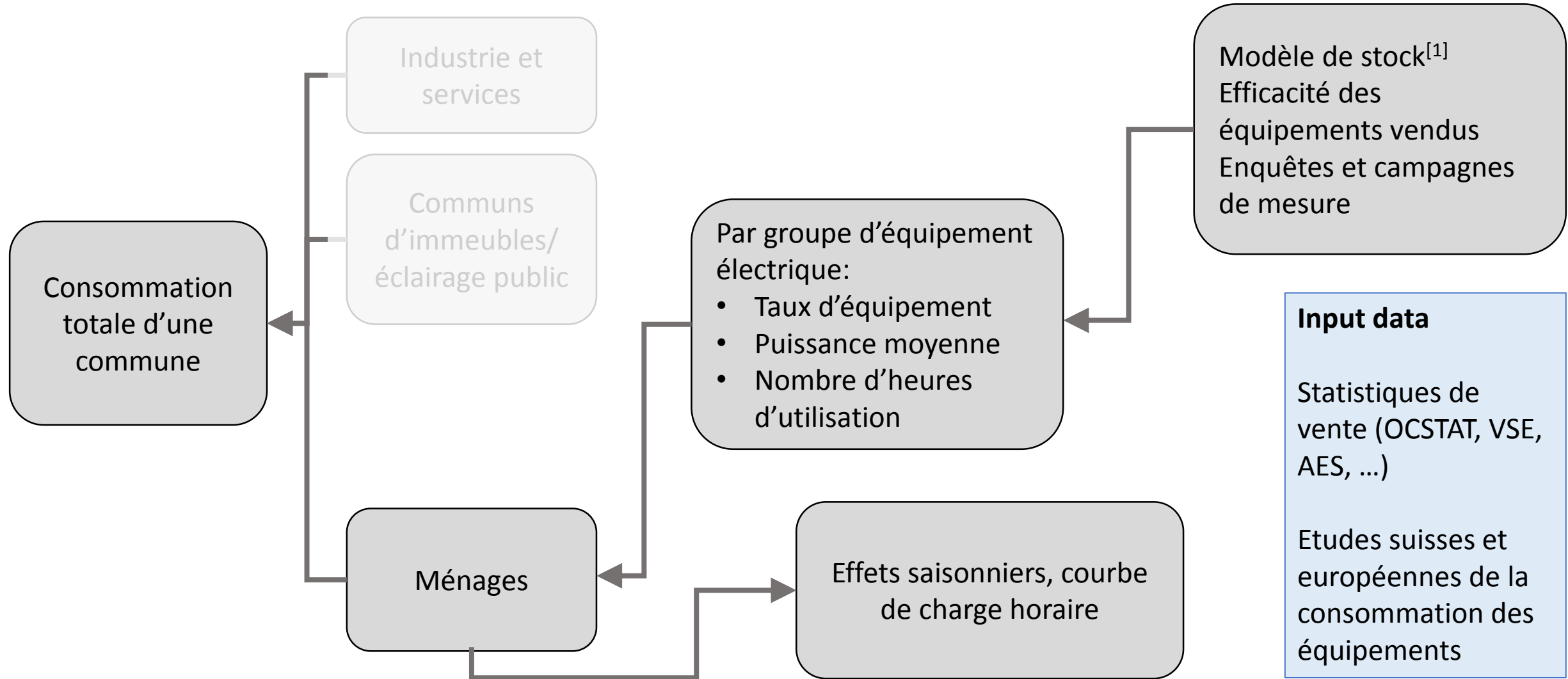
Vecteurs énergétiques mis en œuvre par votre entreprise en 2016 PRIÈRE DE COCHER ET D'INSCRIRE LES QUANTITÉS		QUANTITÉS, DANS LES UNITÉS INDIQUÉES pour la période du 1.1. - 31.12. ou derniers 12 mois disponibles		Pouvoir calorifique inférieur PCI (MJ/kg)
B Électricité 	<input type="checkbox"/> Acquisition à partir du réseau/des tiers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kWh
	<input type="checkbox"/> Propre production, hydraulique et photovoltaïque	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kWh
	<input type="checkbox"/> Propre production, thermique (y comp. CCF)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kWh
	<input type="checkbox"/> Fourniture au réseau, à des tiers (y comp. injection dans le réseau à partir d'installations photovoltaïques)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kWh
C Combustibles liquides 	<input type="checkbox"/> Huile de chauffage extra-légère, mazout	<input type="text"/>	<input type="text"/>	litres
	<input type="checkbox"/> Huile de chauffage moyenne/lourde	<input type="text"/>	<input type="text"/>	litres
	<input type="checkbox"/> autres:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	t

Pouvoir cal.

Fonctionnement du modèle



Fonctionnement du modèle

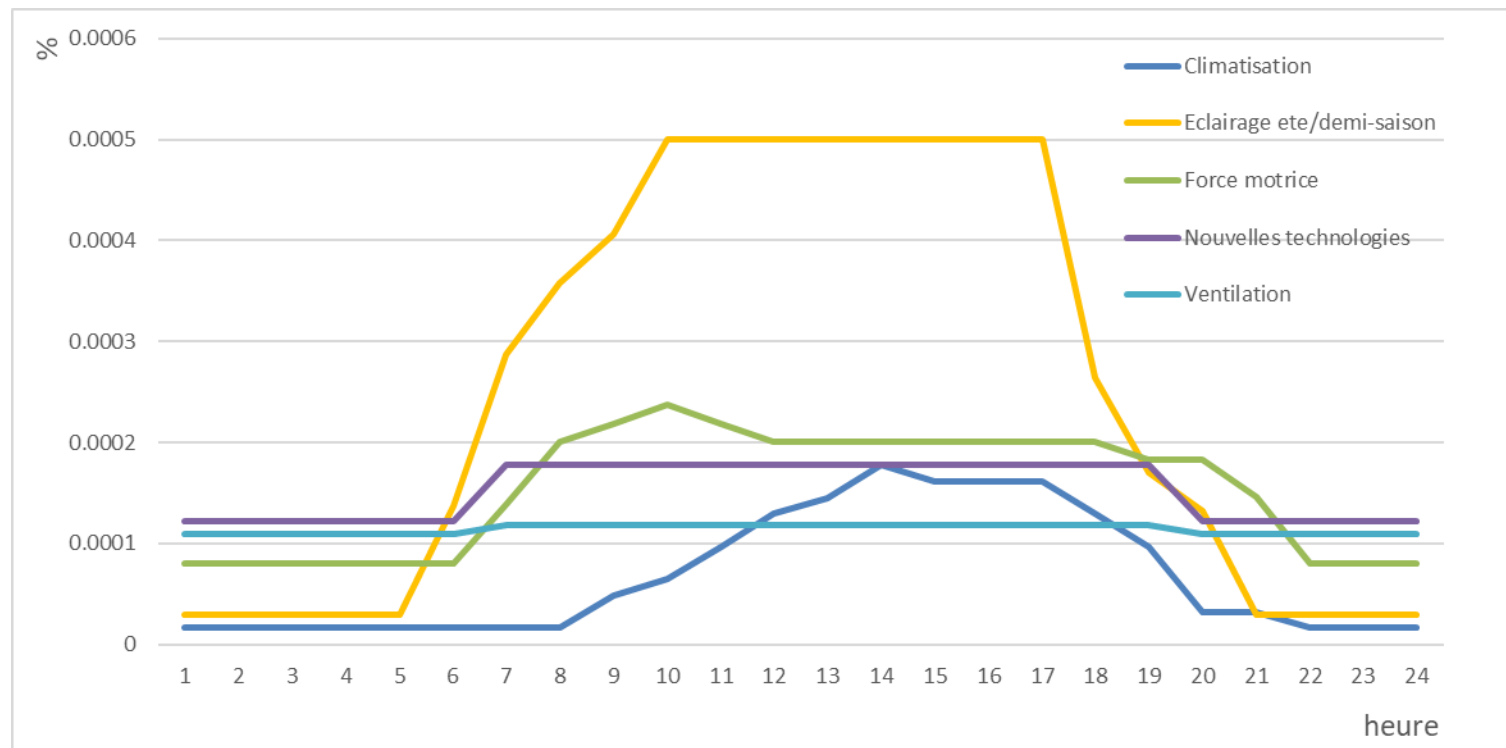


[1]: YILMAZ, Selin *et al.* Analysis of the impact of energy efficiency labelling and potential changes on electricity demand reduction of white goods using a stock model: The case of Switzerland. In: *Applied Energy*, 2019, vol. 239, p. 117-132.

Fonctionnement du modèle, estimation de courbes de charge

Par activité, appareil électrique il y a une courbe de charge type qui représente le % de la consommation annuelle pour un jour type (ouvrable / férié) par mois.

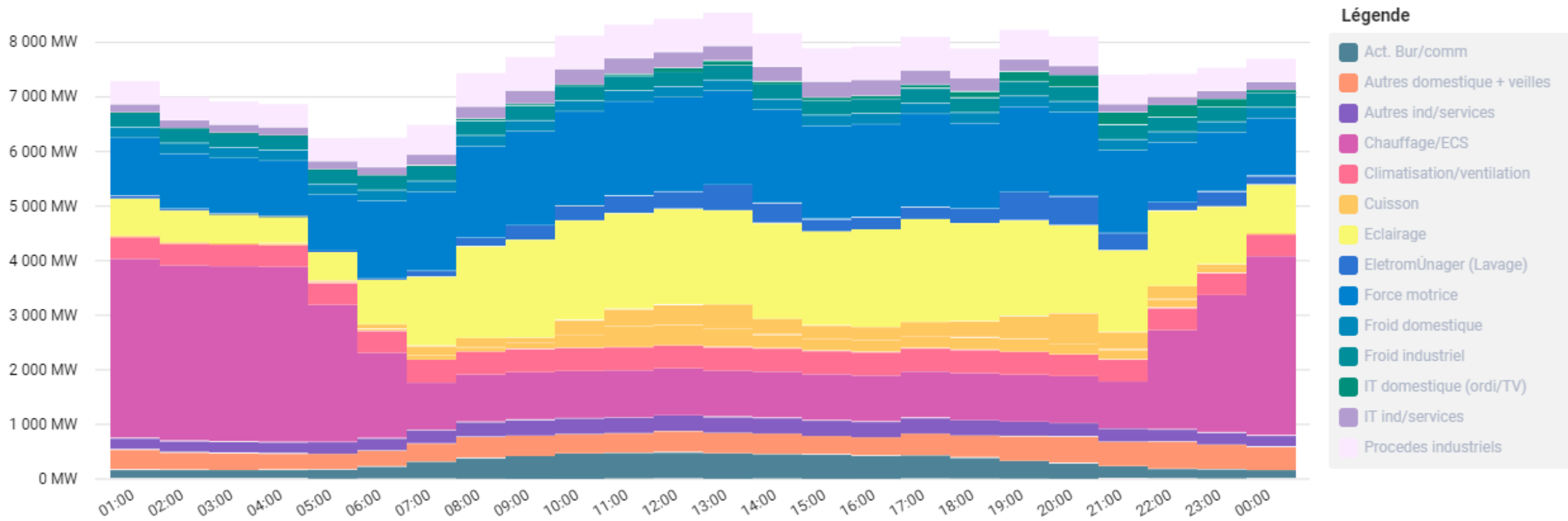
Exemples de courbe de charge «type» pour le mois de mai, jours ouvrables^[1]



[1]: Pascale Le Strat, modèle de base bibliothèque de courbes de charges

Empilement de courbes de charge

Courbe de charge - Suisse



Affichage:

Annuel

Jour type

Janvier

Type de jours:

Ouvré

Férié

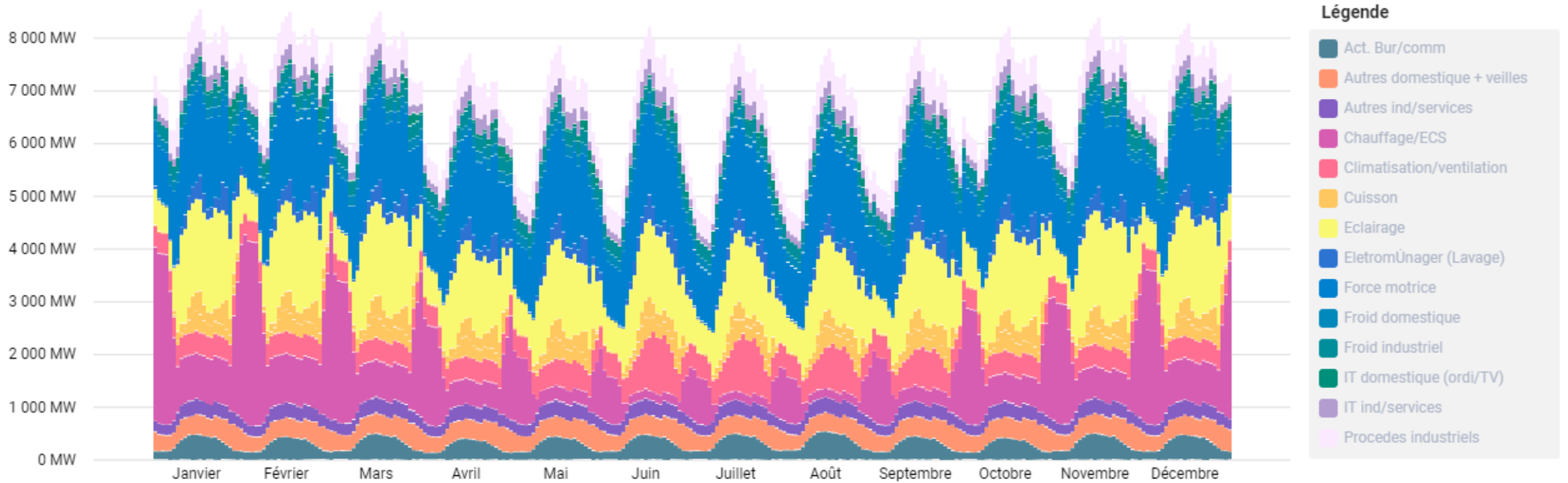
Niveau d'agrégation:

Usage

Domaine d'activité

Empilement de courbes de charge

Courbe de charge - Suisse



Affichage:

Annuel

Jour type

Type de jours:

Ouvré

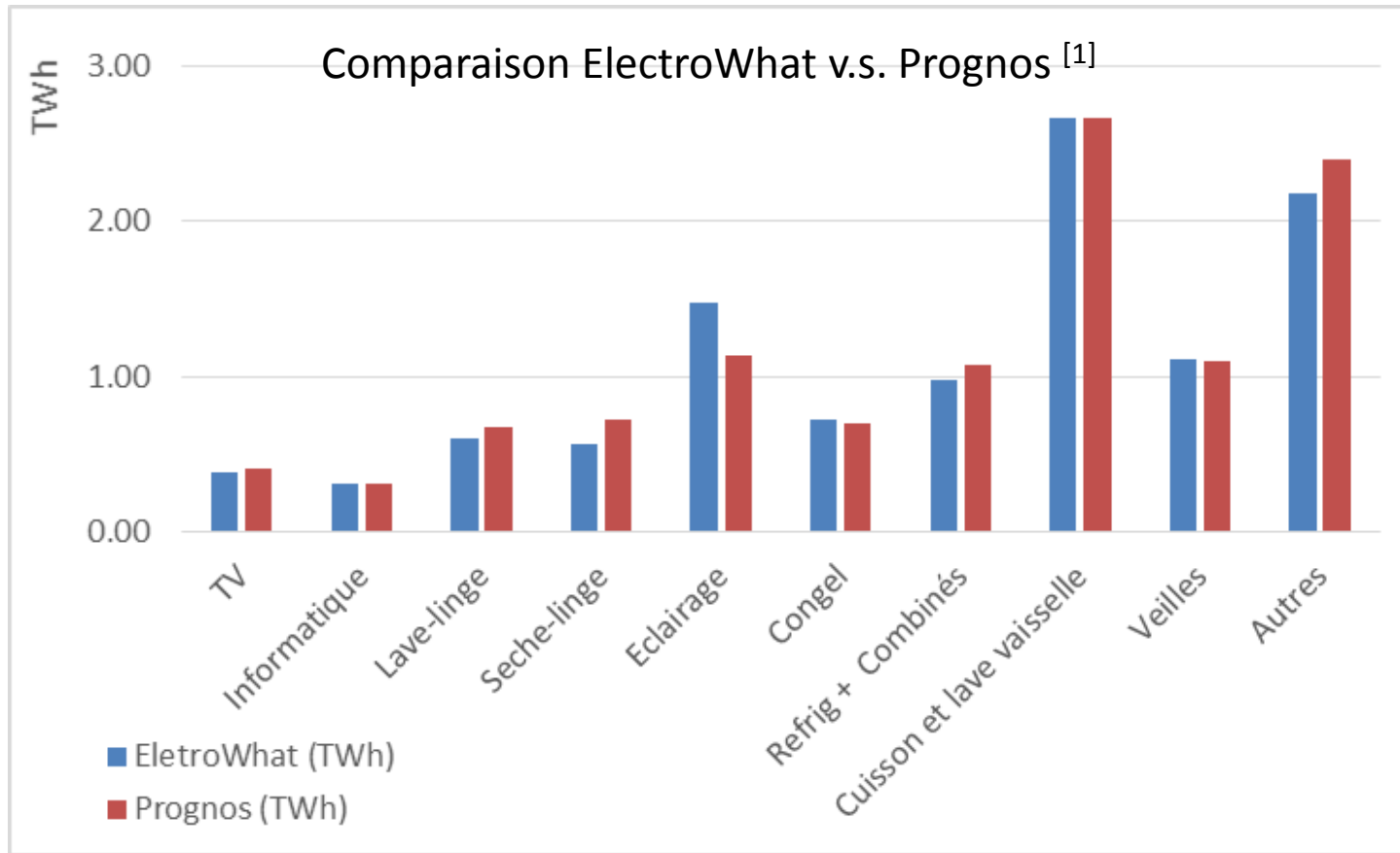
Férié

Niveau d'agrégation:

Usage

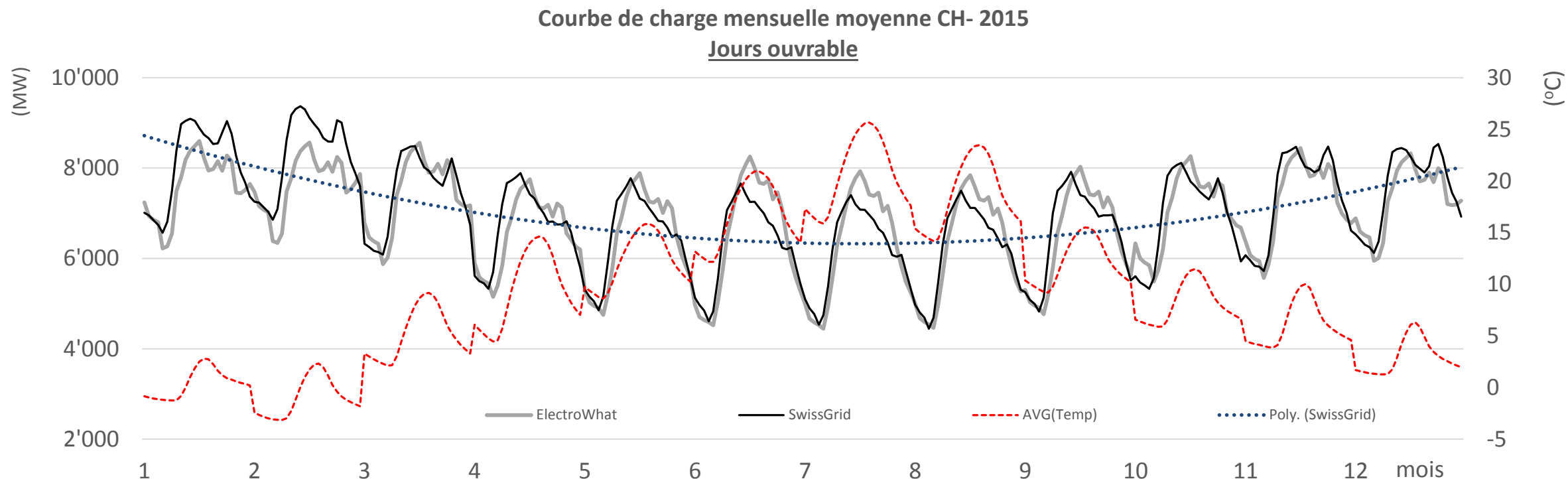
Domaine d'activité

Validation du modèle: appareils électroménagers (2015)



[1]: Kemmler, Andreas. 2016. « Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000 - 2015: Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen ». Prognos AG.

Validation du modèle: comparaison courbes de charge



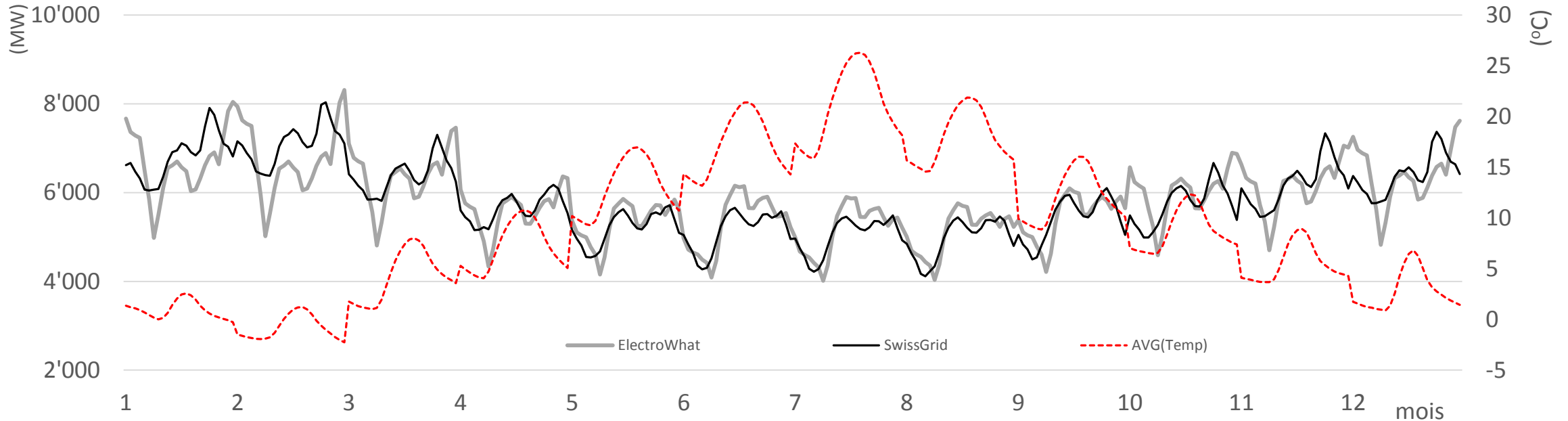
Courbe de charge mesurée^[1] et simulée de Janvier(1) à décembre (12) 2015 (moyenne mensuelle)

[1]: Courbe de charge fournie par Swissgrid (moyennée). Energieübersicht Schweiz 2015:
https://www.swissgrid.ch/dam/dataimport/energy_data/de/EnergieUebersichtCH_2015.xls

Validation du modèle: comparaison courbes de charge

Courbe de charge mensuelle moyenne CH- 2015

Jours fériés



Courbe de charge mesurée^[1] et simulée de Janvier(1) à décembre (12) 2015 (moyenne mensuelle)

[1]: Courbe de charge fournie par Swissgrid (moyennée). Energieübersicht Schweiz 2015:

https://www.swissgrid.ch/dam/dataimport/energy_data/de/EnergieUebersichtCH_2015.xls

Démo ElectroWhat

Zone d'analyse = Suisse

Sélection de données

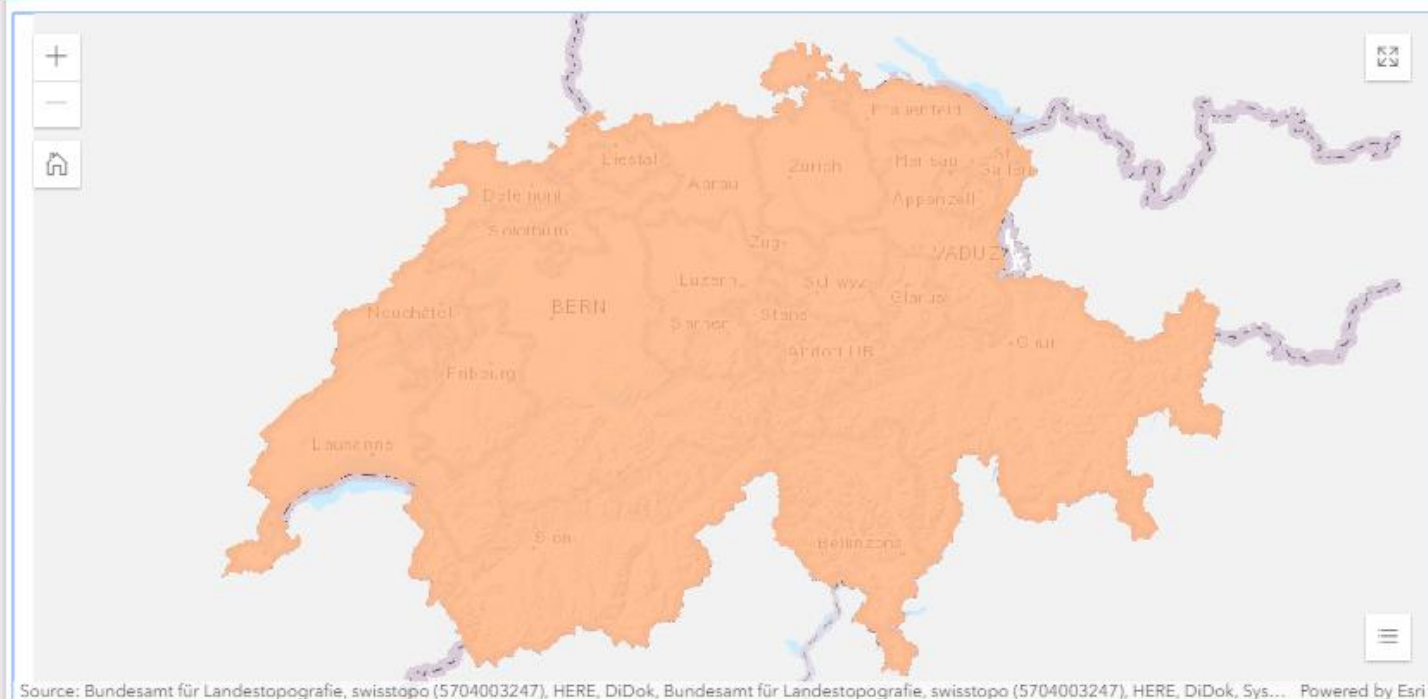
Zone / Commune

Suisse

Données affichées

Données ElectroWhat

Représentation géographique - Suisse



Niveau d'agrégation

National

Usages

Tous (+51 autres)

Domaines

Tous (+39 autres)

Données macro-économiques - Suisse

Nombre d'habitants
8 237 666

Consommation totale
57 925 941 MWh/an

Nombre de places de travail
5 015 968

Nombre de résidences principales
3 646 492

Nombre de résidences secondaires
612 274

Surface résidentiel collectif

Données de base

Télécharger les données de base

Charger mes données

Zone d'analyse = Ensemble de communes

Sélection de données

Zone / Commune
Canton de Genève

Données affichées
Données ElectroWhat

Représentation géographique - Canton de Genève

Source: Bundesamt für Landestopografie, swisstopo (5704003247), HERE, DiDok, Bundesamt für Landestopografie, swisstopo (5704003247), HERE, DiDok, Sys... Powered by Esri

Niveau d'agrégation
Zone

Usages
Tous (+51 autres)

Domaines
Tous (+39 autres)

Données macro-économiques - Canton de Genève

Nombre d'habitants
477 385

Consommation totale
2 809 688 MWh/an

Nombre de places de travail
339 679

Nombre de résidences principales
192 075

Nombre de résidences secondaires
33 548

Surface résidentiel collectif

Données de base

[Télécharger les données de base](#)

[Charger mes données](#)

Zone d'analyse = Communes

Sélection de données

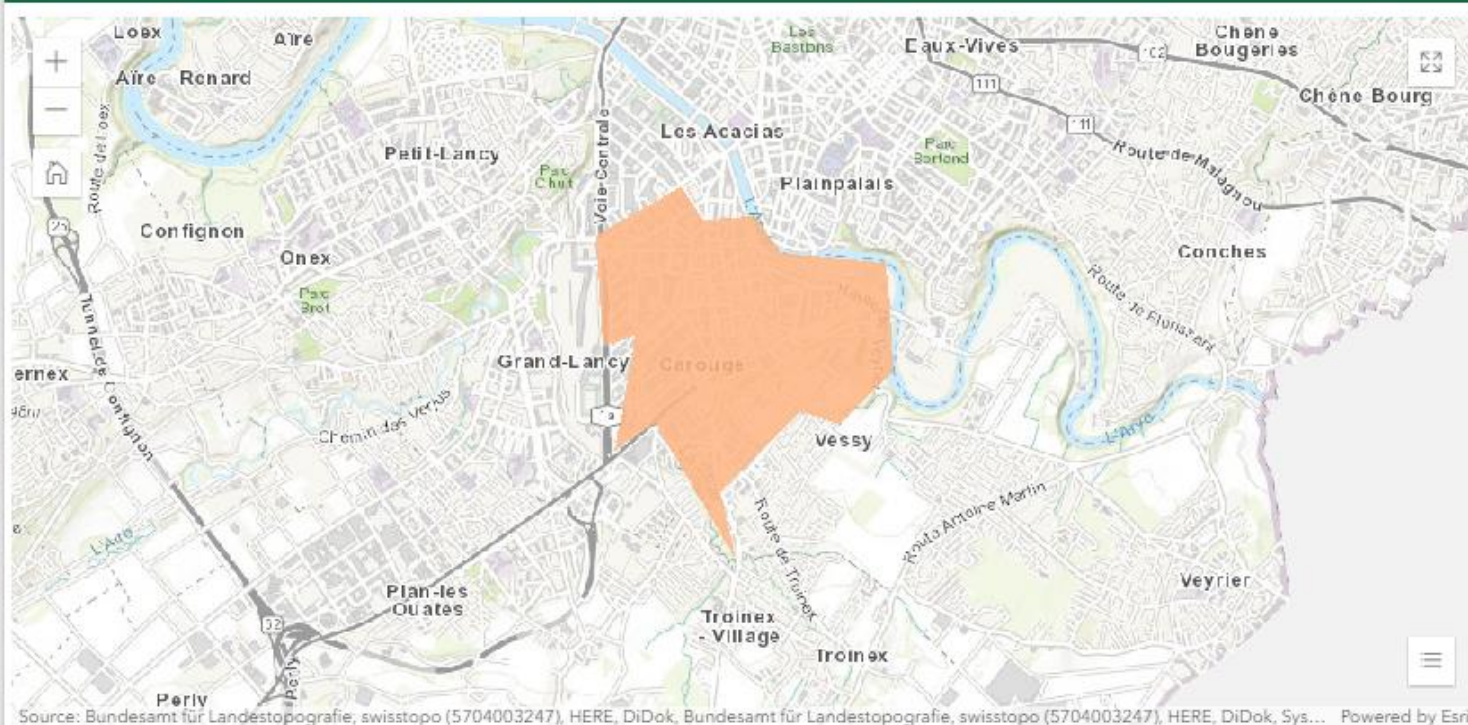
Zone / Commune

Carouge (GE)

Données affichées

Données ElectroWhat

Représentation géographique - Carouge (GE)



Données macro-économiques - Carouge (GE)

Nombre d'habitants

41 820

Consommation totale

305 606 MWh/an

Nombre de places de travail

55 392

Nombre de résidences principales

17 216

Nombre de résidences secondaires

3 138

Surface résidentiel collectif

1 240 157 m²

Surface villas

85 434 m²

Niveau d'agrégation

Commune

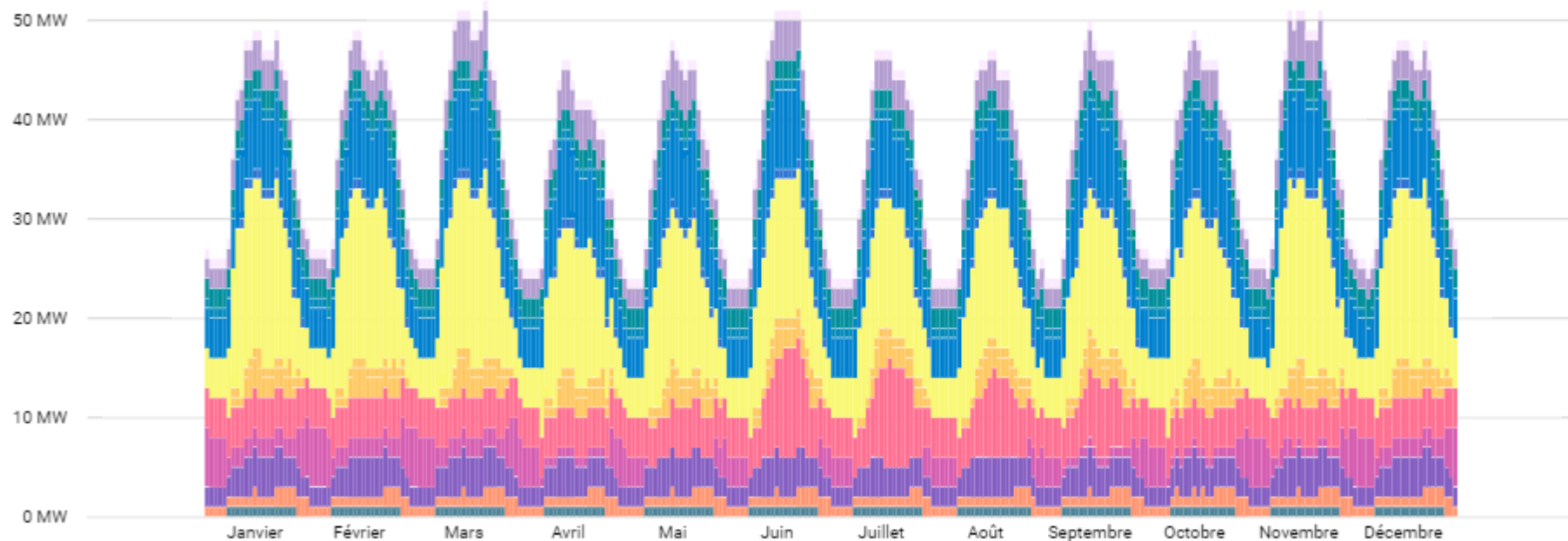
Usages

Tous (+51 autres)

Domaines

Tous (+39 autres)

Courbe de charge - Carouge (GE)



LŰgende

- Act. Bur/comm
- Autres domestique + veilles
- Autres ind/services
- Chauffage/ECS
- Climatisation/ventilation
- Cuisson
- Eclairage
- EletromŰnager (Lavage)
- Force motrice
- Froid domestique
- Froid industriel
- IT domestique (ordi/TV)
- IT ind/services
- ProcŰdes industriels

Affichage:

Annuel Jour type

Type de jours:

OuvrŰ FŰriŰ

Niveau d'agrŰgation:

Usage Domaine d'activitŰ

Conclusions / discussion

Demande géo-référée de chaleur: avantages et désavantages du modèle statistique bottom-up?

- + Le modèle utilise comme input des consommations mesurées (on tient compte de l'usage)
- + Adéquat pour la demande agrégée de bâtiments (quartiers)
- + Permet l'estimation d'un intervalle de confiance
- + Peut fonctionner avec peu d'information sur les bâtiments
- Ne permet pas une analyse technico-économique de la rénovation (→ SwissRes, SCCER CREST)
- La diffusion du modèle est plus difficile
- Manque de précision si appliquée à un bâtiment

Conclusions / discussion

Demande d'électricité, en quelle mesure le problème diffère t'il avec la demande de chaleur?

- Beaucoup plus de données disponibles: [factures Si](#), www.stromkennzeichnung.ch, www.swissgrid.ch
- Contraintes spatio-temporelles différentes:
 - La chaleur est difficile à transporter → résolution spatiale élevée
 - L'électricité est difficile à stocker → résolution temporelle élevée
- Elaborer un modèle de consommation électrique est plus complexe, car l'électricité à de nombreux usages
- Le type de modèle dépend de la question:
 - Modèle déterministe (*ElectroWhat*) → estimation des potentiels d'économies
 - Modèle stochastique → planification et simulation de réseaux

Références

Classification des modèles de demande d'énergie dans le bâtiment:

Swan, Lukas G., et V. Ismet Ugursal. 2009. « Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (8): 1819-35. doi:10.1016/j.rser.2008.09.033.

Revue des modèles de simulation de demande d'énergie pour bâtiments et quartiers:

Allegrini, Jonas, Kristina Orehounig, Georgios Mavromatidis, Florian Ruesch, Viktor Dorer, et Ralph Evins. 2015. « A review of modelling approaches and tools for the simulation of district-scale energy systems ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52 (décembre): 1391-1404. doi:10.1016/j.rser.2015.07.123.

Demande géo-référée d'énergie en Suisse. Détails méthodologiques liés à cette présentation:

Schneider, Stefan, Jad Houry, Bernard Lachal, et Pierre Hollmuller. 2016. « Geo-dependent heat demand model of the Swiss building stock ». In *Sustainable built environment regional conference. SBE 2016, Zurich, June 15-17. Zurich*. doi:10.3218/3774-6.

Schneider, Stefan, Pierre Hollmuller, Pascale Le Strat, Jad Houry, Martin Patel, and Bernard Lachal. 2017. "Spatial–Temporal Analysis of the Heat and Electricity Demand of the Swiss Building Stock." *Frontiers in Built Environment* 3 (August). <https://doi.org/10.3389/fbuil.2017.00053>.

Schneider, Stefan, Pascale Le Strat, et Martin Patel. 2017. « ElectroWhat: A platform for territorial analysis of the electricity consumption ». In . EPFL Lausanne, Switzerland: EPFL. doi:10.1016/j.egypro.2017.07.376.

Schneider, S, P Hollmuller, J Chambers, et M Patel. 2019. « A Heat Demand Load Curve Model of the Swiss National Territory ». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 290 (juin): 012107. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012107>.

Merci pour votre attention!

Données géo-référées disponible sur <http://wisescer1.unige.ch/> et <http://hues.empa.ch>



Cette recherche a été financée par le «Energy Funding» Program de la CTI au travers du SCCER FEEB&D.

Plus d'information sur: www.sccer-feebd.ch

In cooperation with the CTI



Energy funding programme
Swiss Competence Centers for Energy Research



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Commission for Technology and Innovation CTI

