



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**INSTITUT DES SCIENCES  
DE L'ENVIRONNEMENT**

# Retour d'expérience énergétique technique et social sur un ensemble d'immeubles neufs à la Fontenette (Carouge)

## La Fontenette – «les Aurea»

Rapport complet disponible en ligne : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:149374>

Séminaire énergie – environnement 15 avril 2021

Simon Callegari UNIGE – Groupe systèmes énergétiques : <https://www.unige.ch/sysener>

Raphaël Pieroni UNIGE – Département de géographie et environnement : <https://www.unige.ch/sciences-societe/geo/>

1. Projet & contexte
2. Partie énergétique technique (Simon Callegari)
3. Partie énergétique sociale (Raphaël Pieroni)
4. Questions - discussion



# 1. Projet & contexte



# Historique

2009



# Historique

2012



# Historique

2015



# Historique

2017



# Historique

2020





# Démarche de l'étude

Étude UNIGE sous mandat de :

- Fondation HBM Emma Kammacher (FEK)  
propriétaire, intérêt à connaître l'efficacité énergétique dans les dimensions technique & sociale de ces bâtiments neufs «haute performance»
  - Office cantonal de l'énergie de Genève (OCEN)  
retour d'expérience sur un système technique encore «rare» à Genève
  - Services industriels de Genève (SIG)  
enjeu de la chaleur renouvelable pour les bâtiments collectifs & CAD
- groupe de suivi régulier sur 3 ans avec l'ensemble des acteurs du projet

# Démarche de l'étude

Projet en deux volets:

- Énergétique-technique: analyse de la production & demande de chaleur en situation d'usage
- Énergétique-social: pratiques, attentes, perception des locataires en matière d'énergie

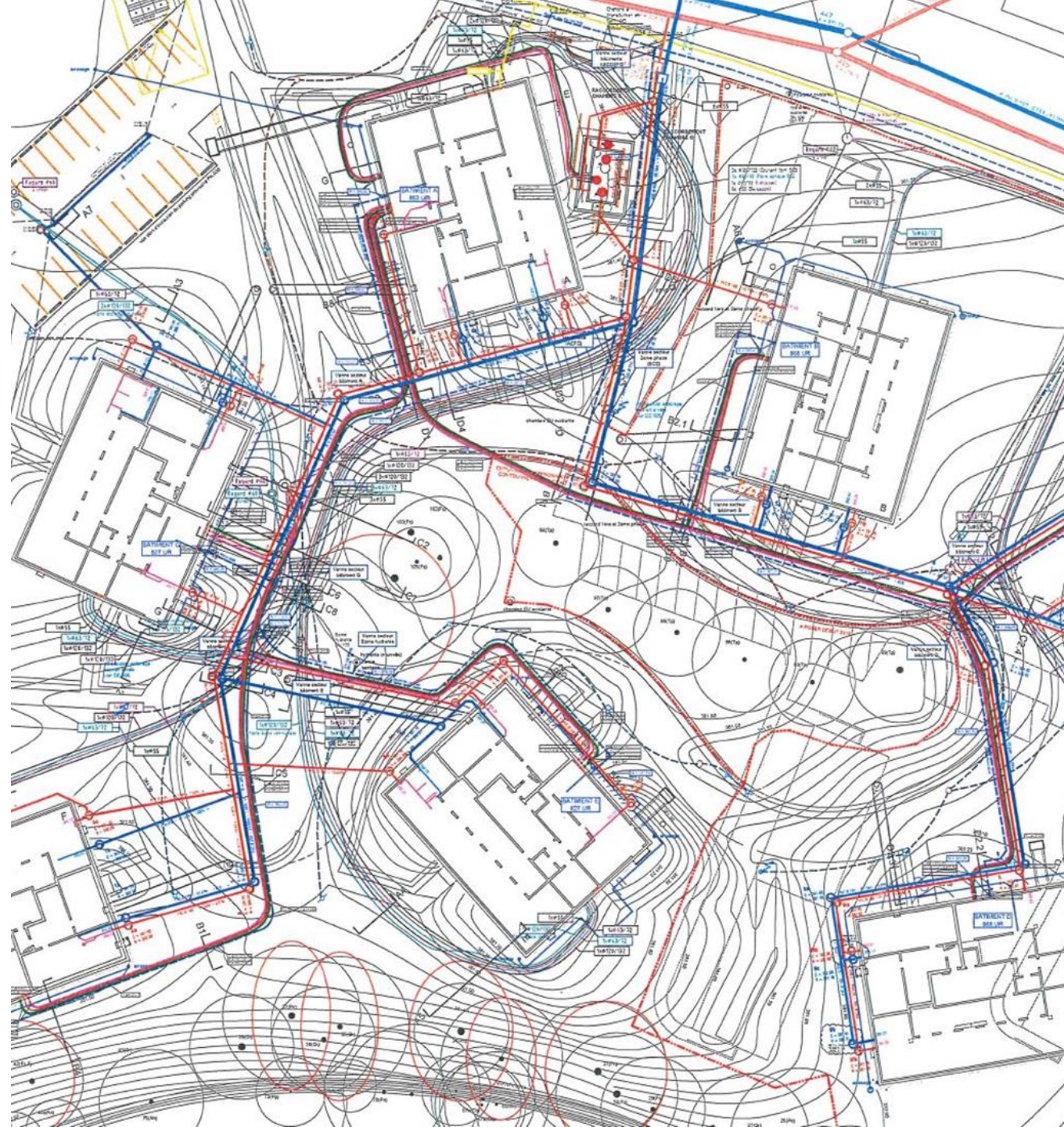
## 2. Partie énergétique technique (Simon Callegari)

# Contexte énergétique

- Stratégie énergétique 2050 – objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>
- Importance du domaine de la chaleur (fossile) des bâtiments résidentiels collectifs
- Rôle des réseaux de chaleur & pompes à chaleur (scénarios prospectifs\*)
- Récupération de chaleur sur les eaux usées : peu répandu/étudié à Genève
  - + Ressource disponible localement, différents niveaux de récupération possible
  - + Température intéressante (~20°C), stable
  - + Disponibilité en énergie similaire au besoin d'ECS
  - Difficulté principale : encrassement des échangeurs
  - Impact potentiel sur stations d'épuration si généralisation (baisse T° eaux usées)

\* Quiquerez L. et al. (2016) <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:84656>  
Quiquerez, L. (2017) <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:93380>

# Description du système



# Description du système

La Fontenette «Les Aurea»

Immeubles:

4x HPE (A-G-F-E)

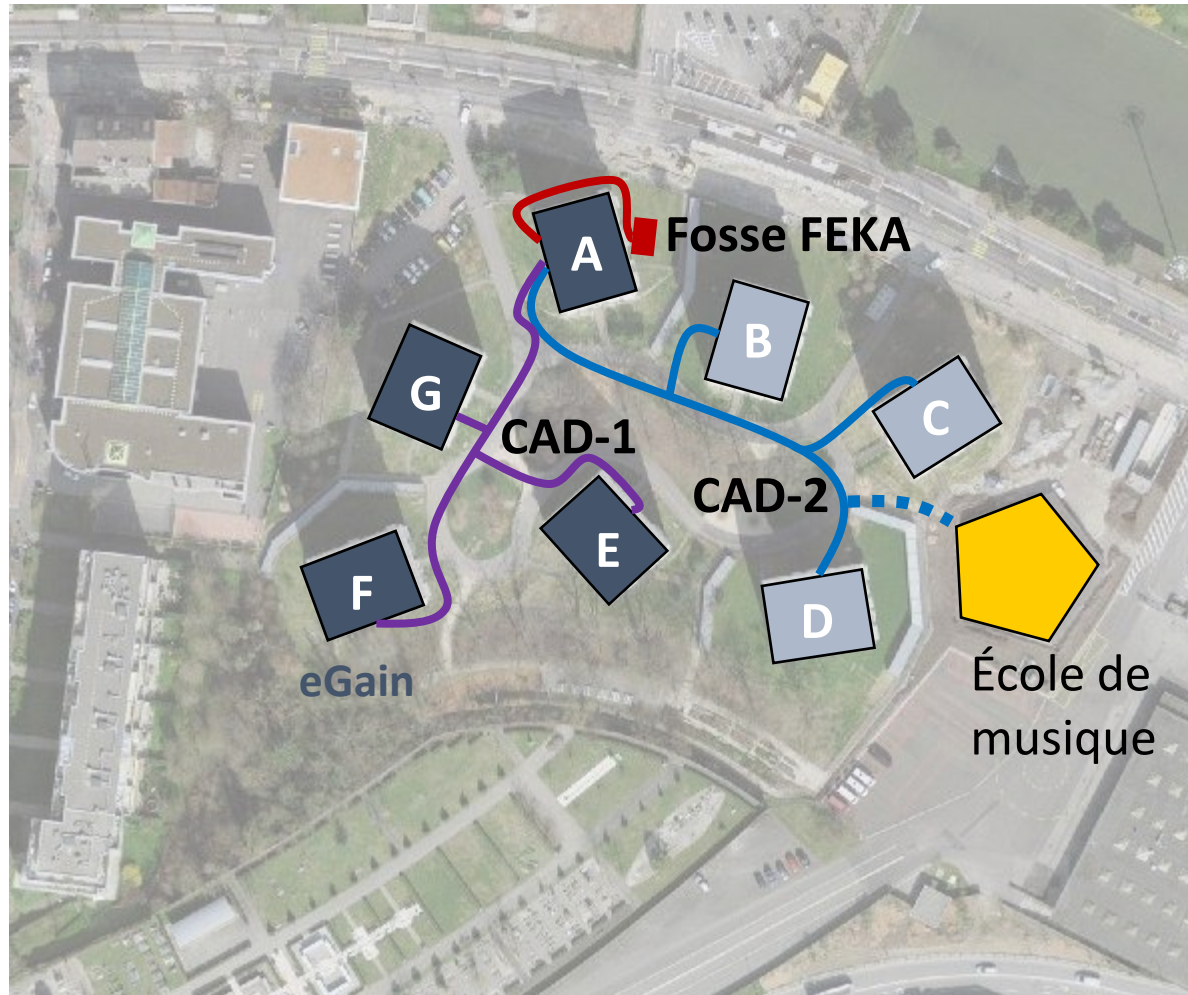
3x THPE/Minergie-P (B-C-D)

335 appartements au total

~ 30'000 m<sup>2</sup> SRE Logements

~ 1'000 m<sup>2</sup> SRE Parascolaire

1 immeuble équipé eGain  
(optimisation automatique  
des courbes de chauffe)

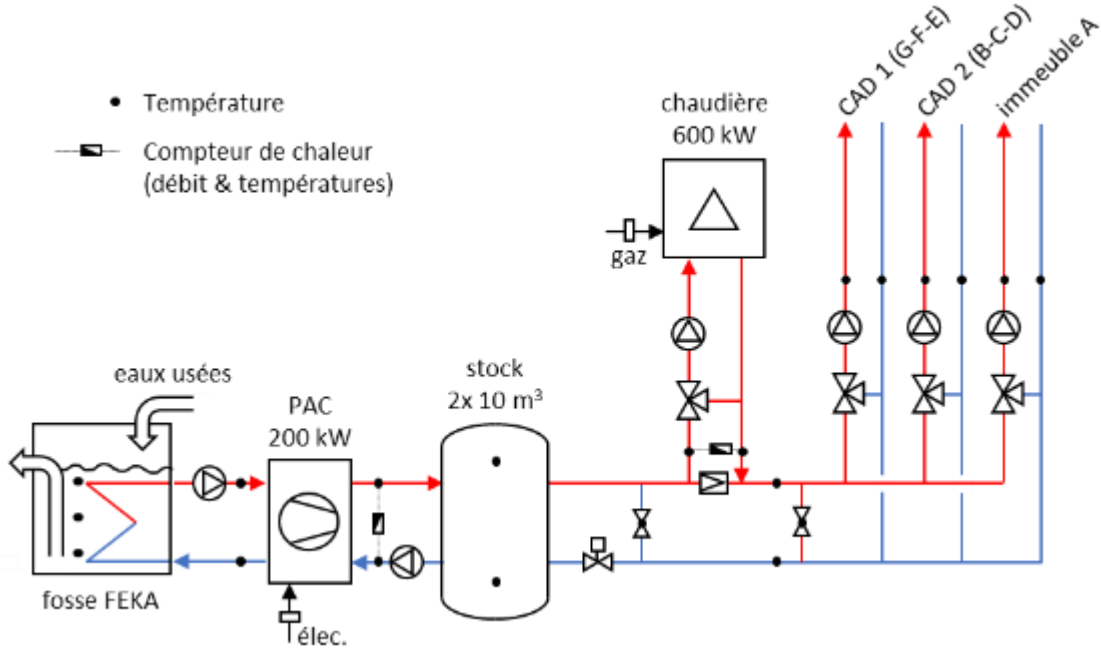


# Production de chaleur



# Schémas hydrauliques simplifiés & points de mesure

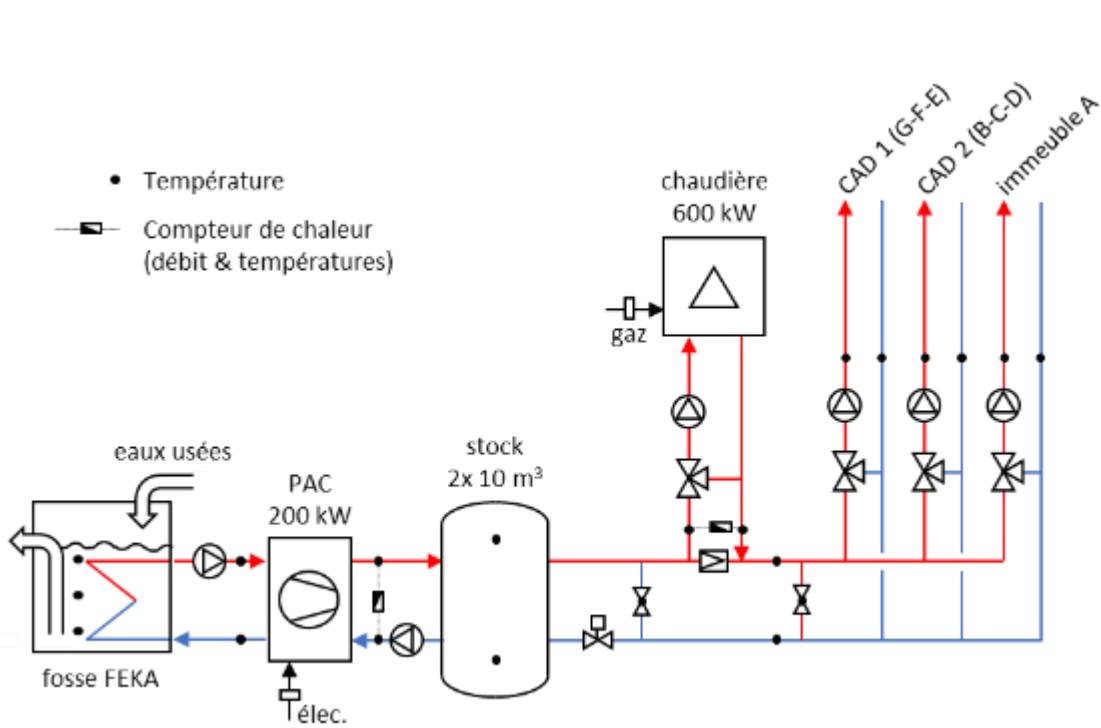
## Production



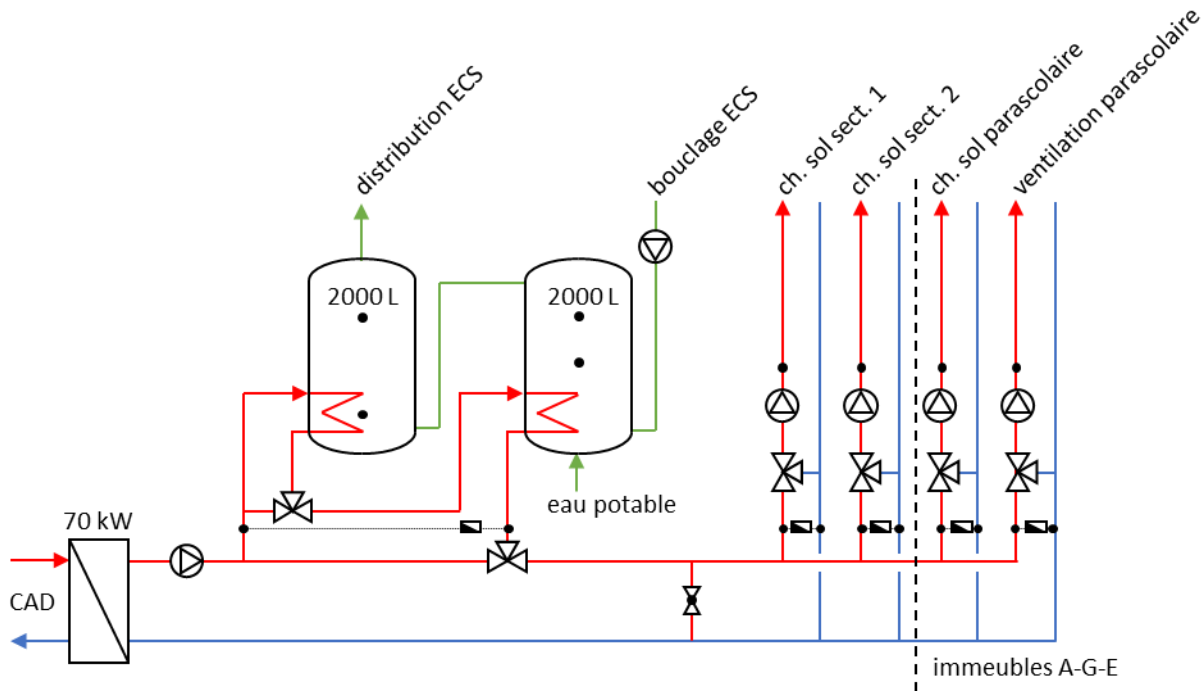


# Schémas hydrauliques simplifiés & points de mesure

## Production



## Sous-stations

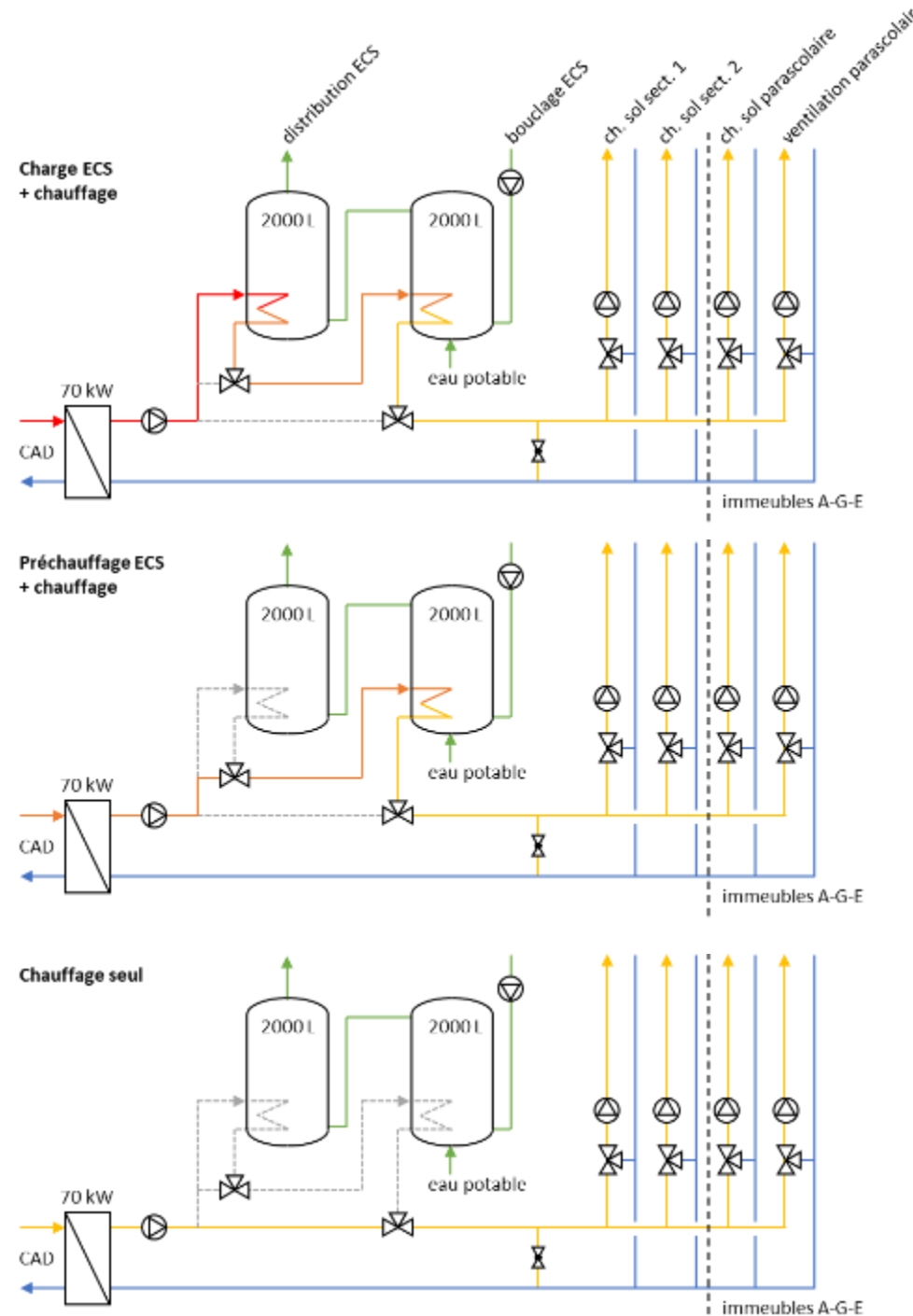


# Modes de fonctionnement

Production ECS par «batches»:  
charge ECS générale sur appel  
d'une sous-station  
→ montée en T° du CAD & charge  
de tous les stocks

Prévu:  
2x/jour (quelques heures)

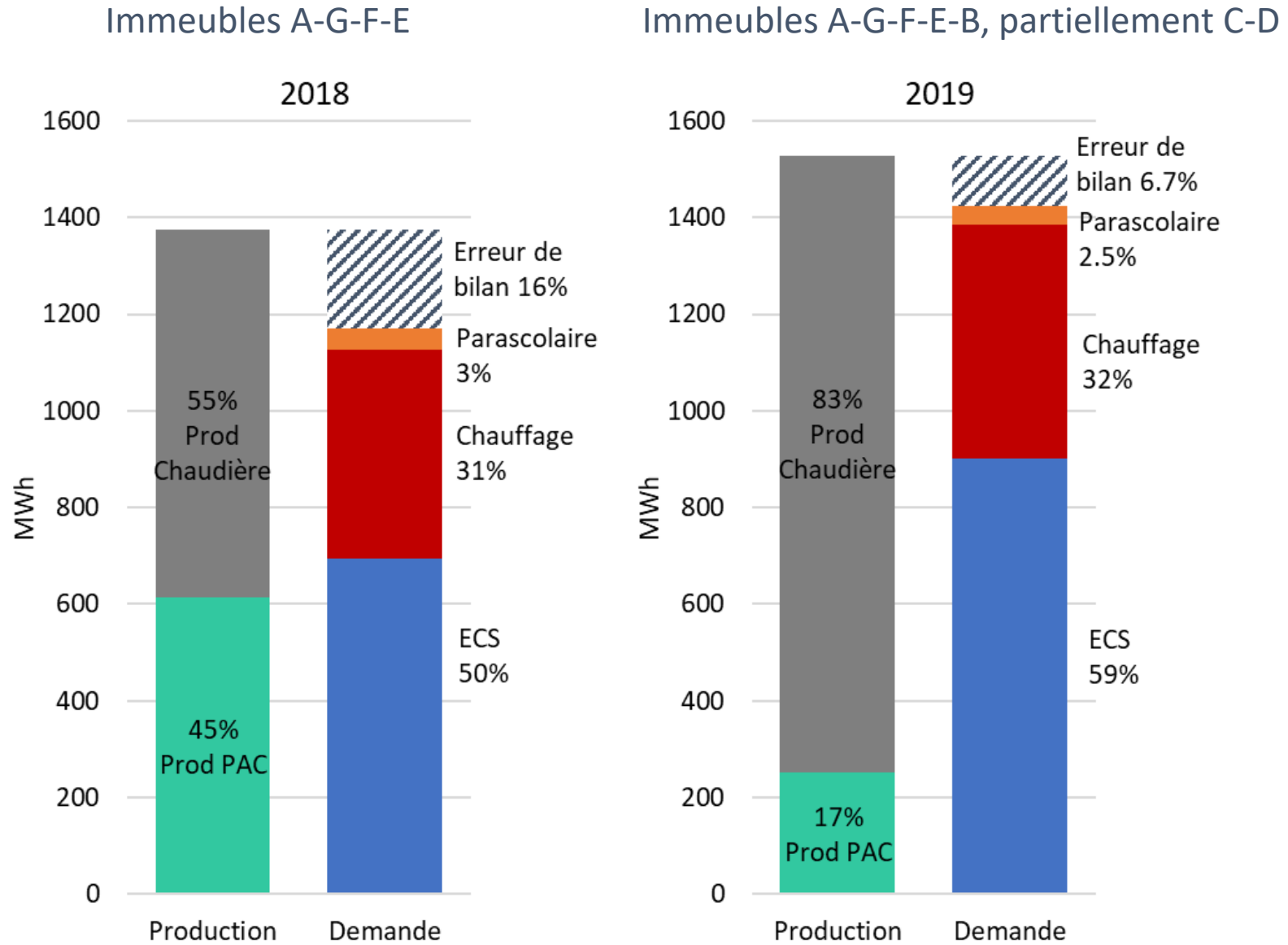
Réalité:  
CAD > 50°C + de 60% du temps



# Bilan énergétique global



# Bilan global

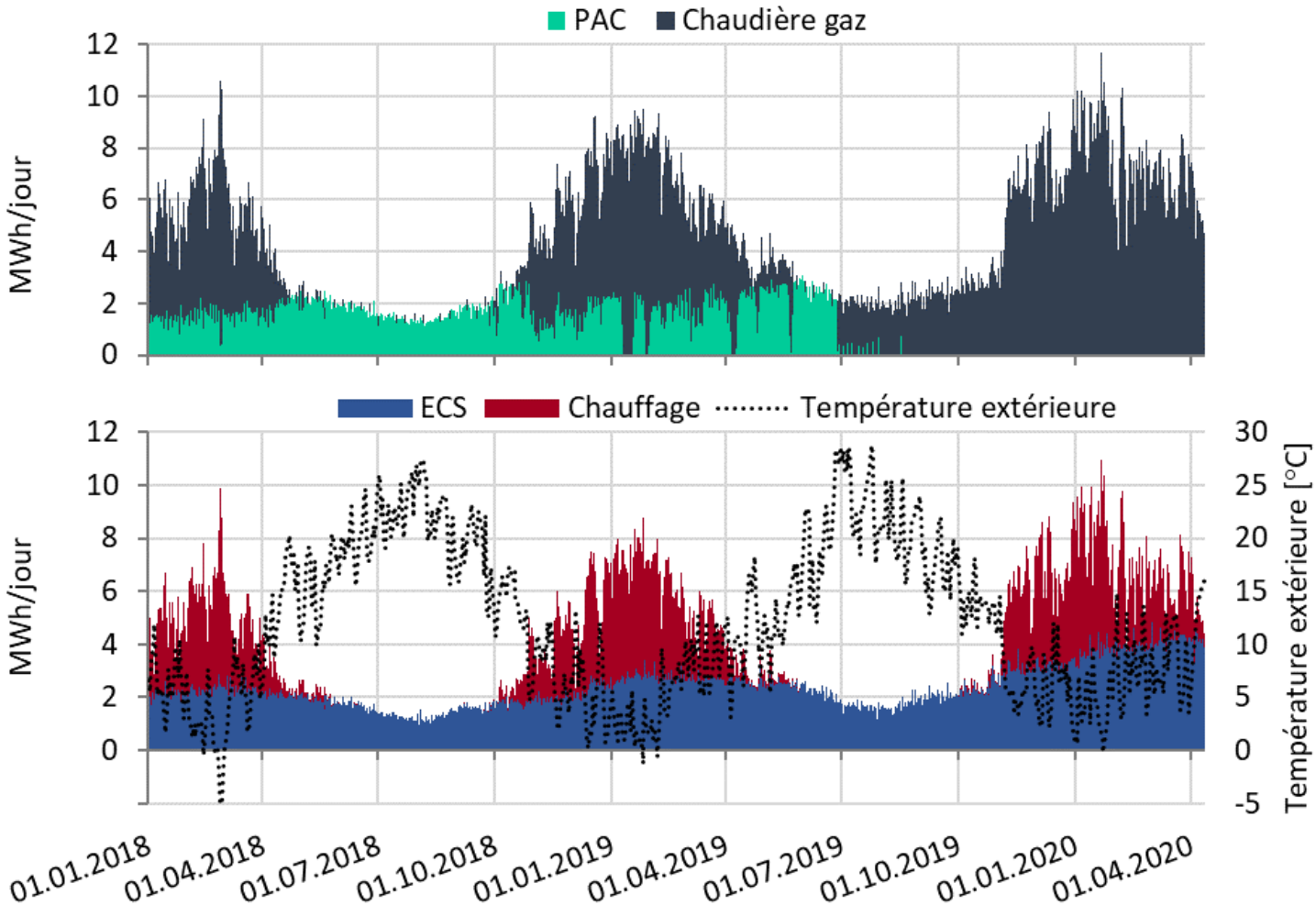


«erreur de bilan»

- pertes CAD (~5%)
- demande hors comptage (chantier)

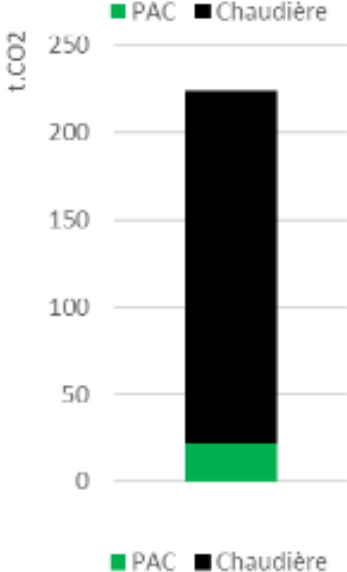
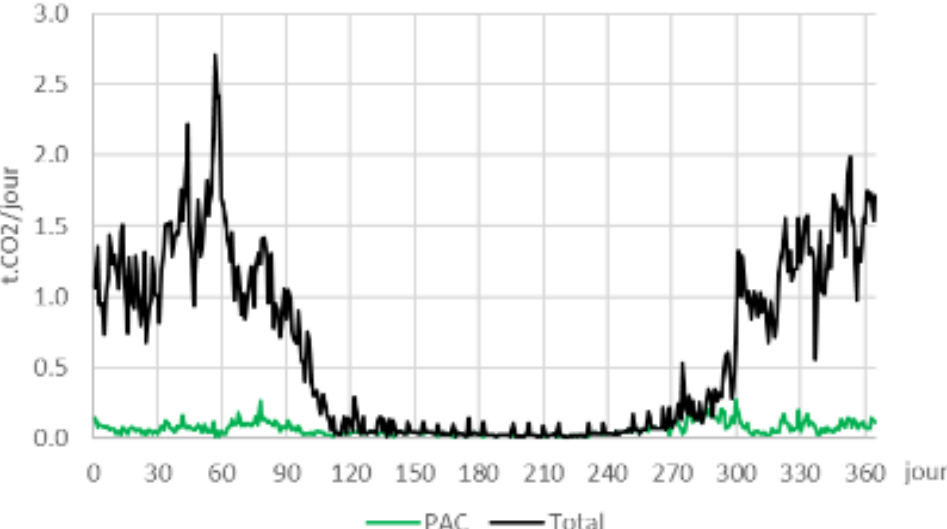
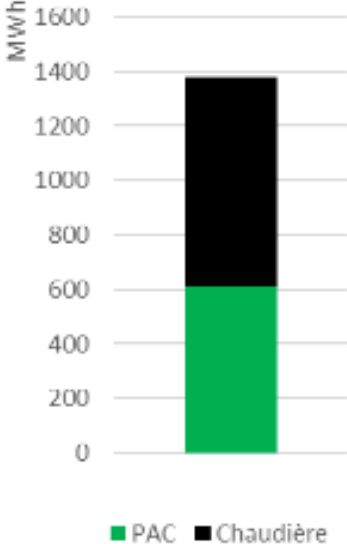
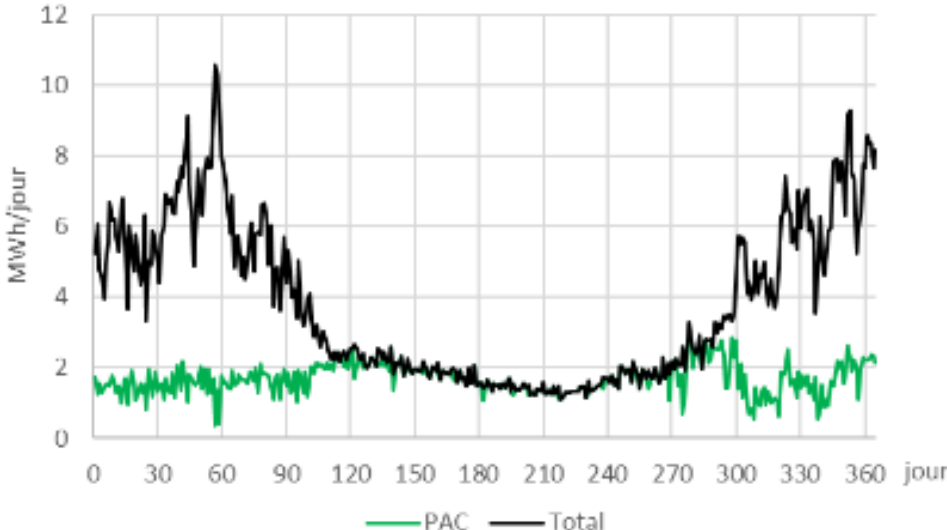
# Dynamique annuelle

(valeurs journalières)



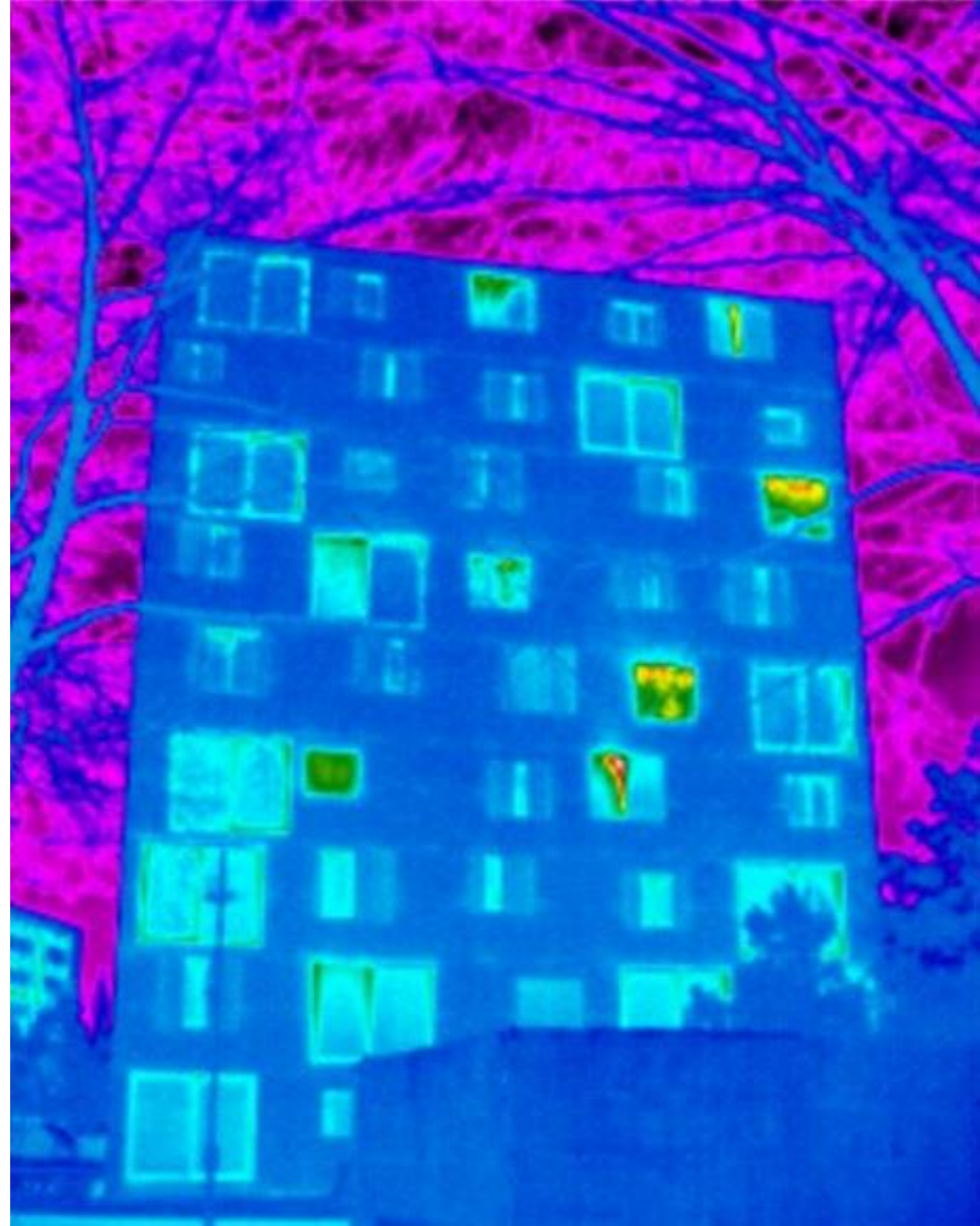
# Production de chaleur et contenu CO2

(valeurs journalières et annuelles 2018)

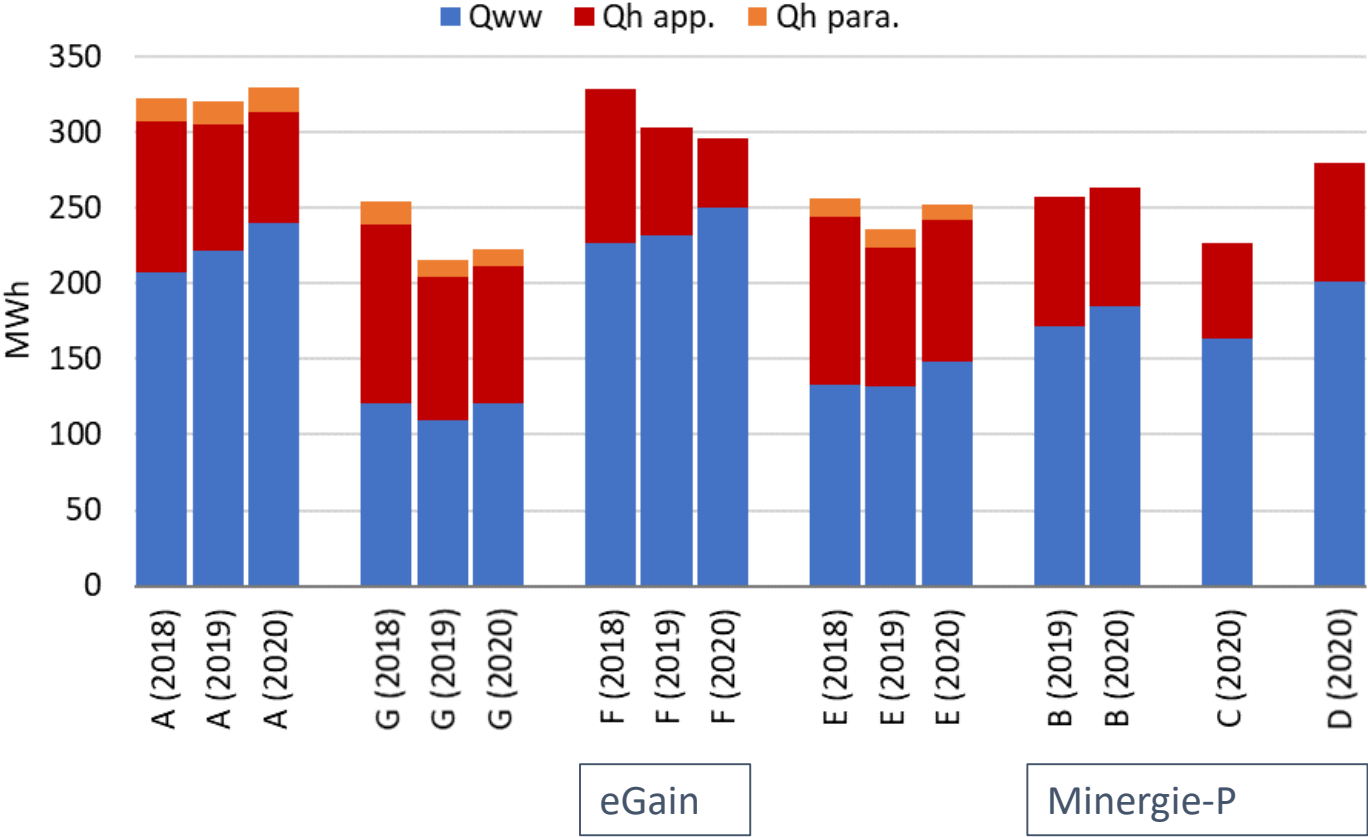


Basé sur le contenu carbone dynamique horaire de l'électricité; moyenne annuelle 107 gCO2-eq/kWh.él (Romano et al, 2018)

Demande de chaleur



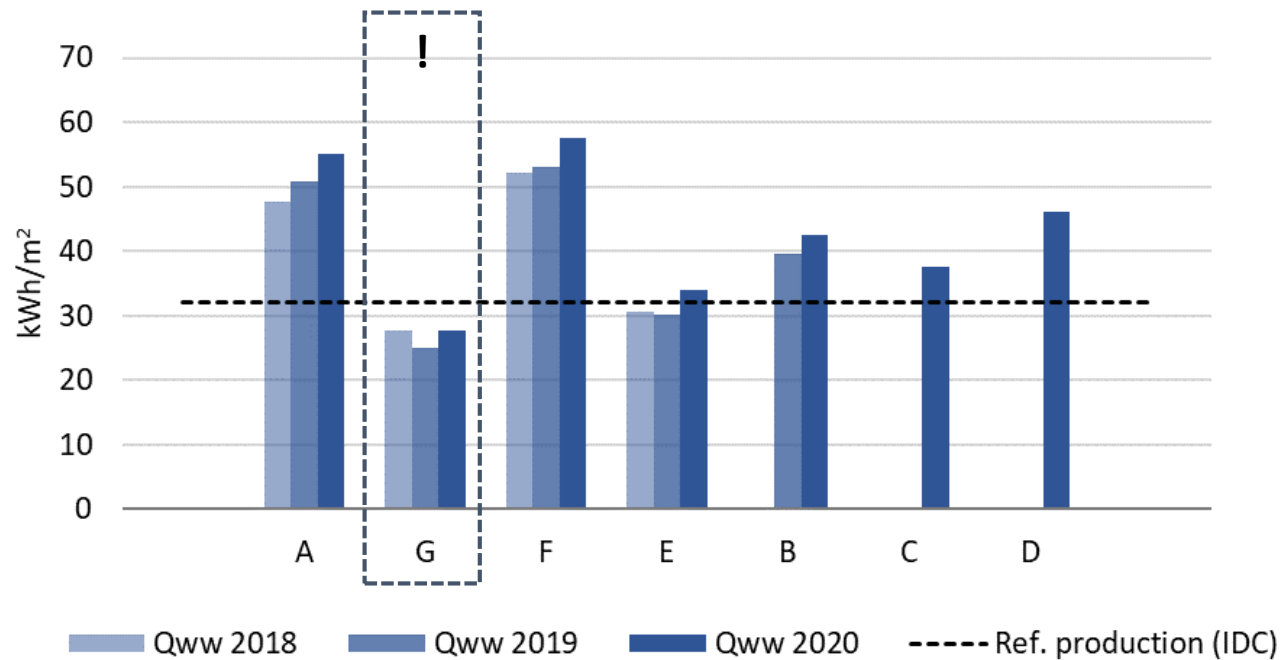
# Bilan ECS + chauffage par immeuble



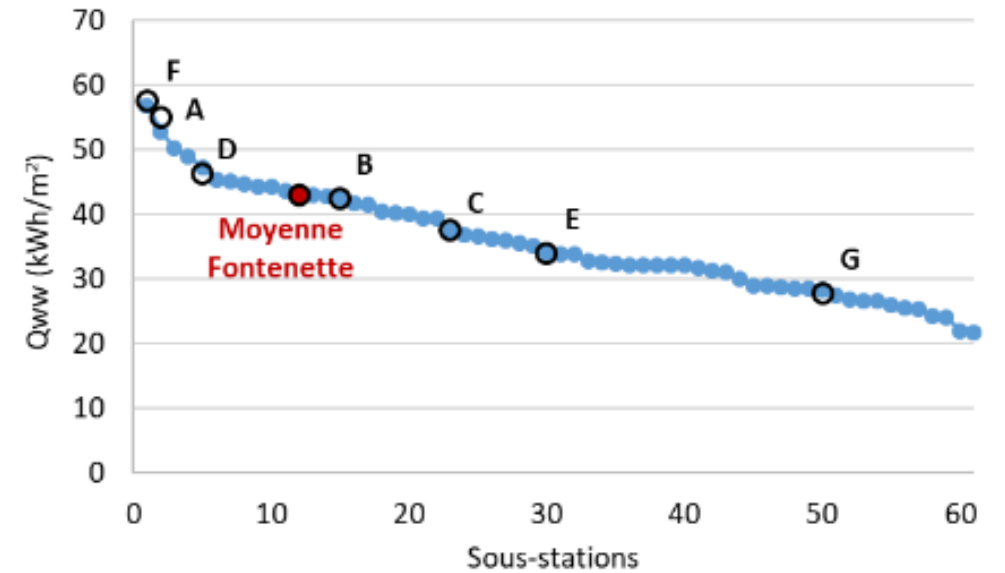


# Chaleur pour la production ECS

(benchmark pour les valeurs en 2020)



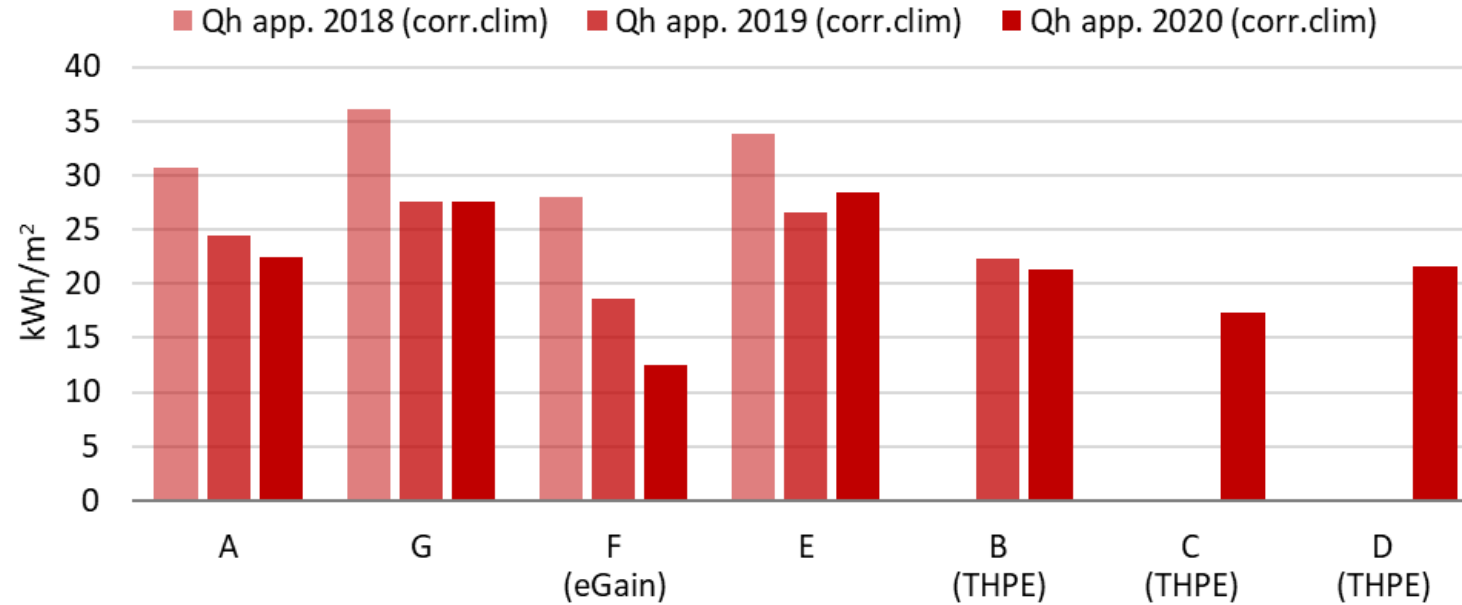
Ligne horizontale: Besoin de chaleur pour la production d'ECS selon la directive IDC de l'OCEN (32 kWh/m²)



Distribution des besoins de chaleur pour la production d'ECS par m²SRE pour 61 sous-stations du réseau de chaleur à distance CADSIG (d'après Quiquerez & SIG, 2017)

# Demande de chauffage

(corrigée climatiquement)

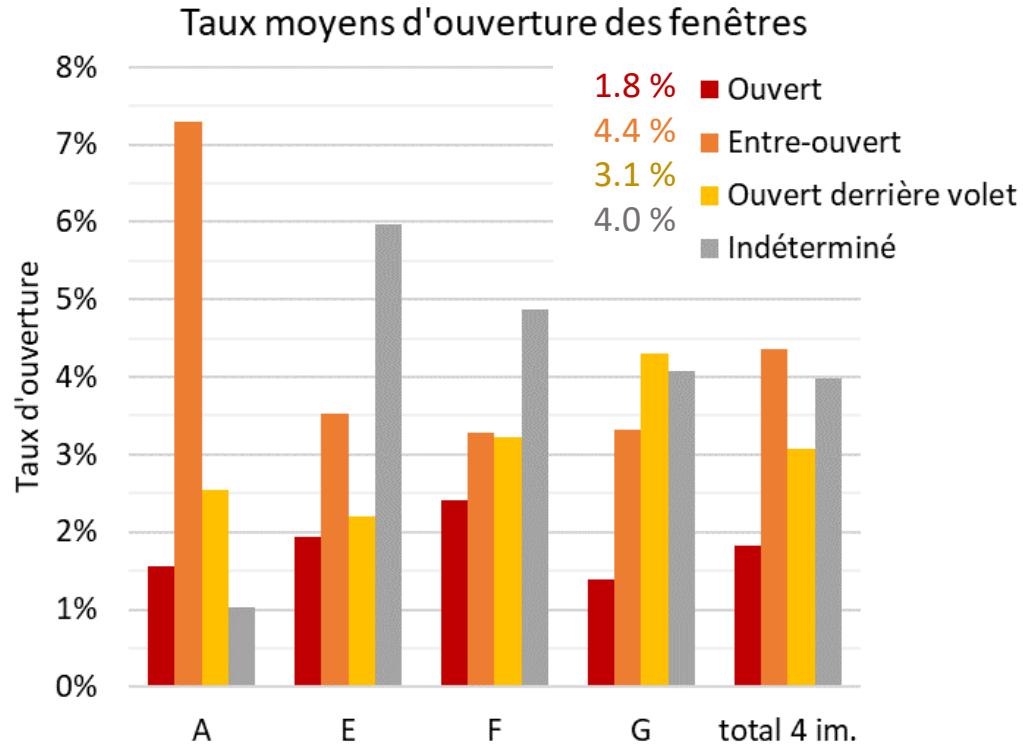


	Qh app. 2020 (kWh/m <sup>2</sup> )	Ratio
Immeubles A-G-E (standard HPE)	21.9	100 %
Immeubles B-D (standard THPE + courbe de chauffe «HPE »)	18.0	82 %
Immeuble C (standard THPE + courbe de chauffe « THPE »)	14.5	66 %
Immeuble F (standard HPE + système eGain)	10.5	48 %

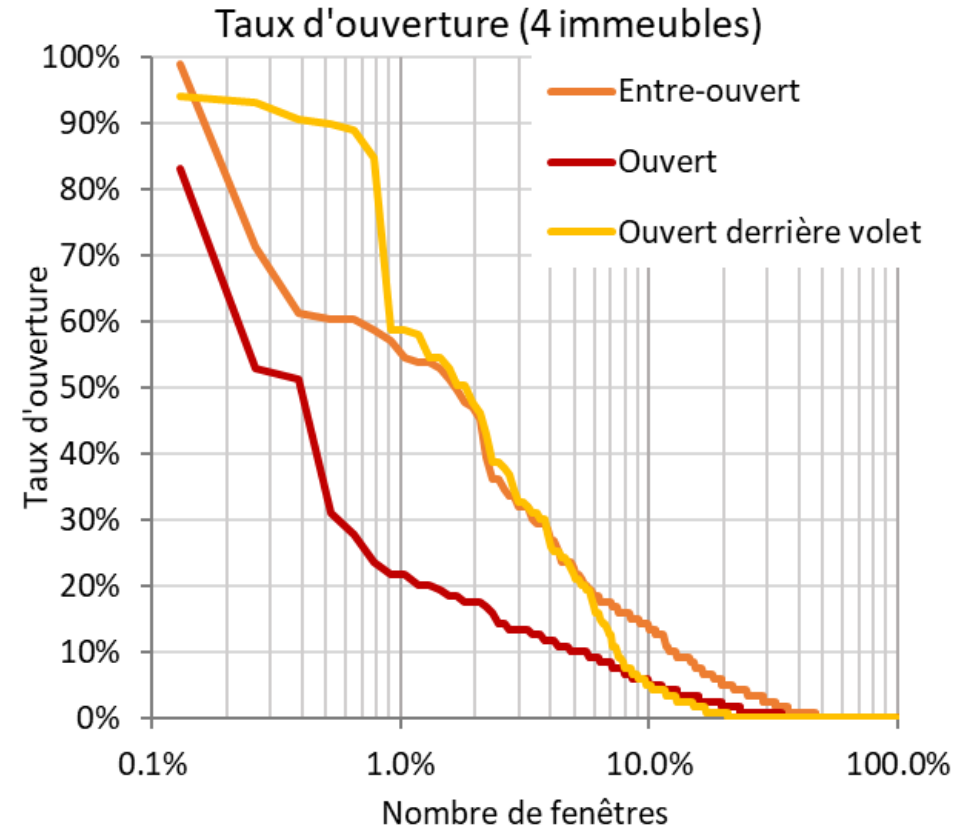
Températures d'air extrait [°C]	A	G	F (eGain)	E	B (THPE)
nov. 2018 - avr. 2019	22.5	22.5	22.0	22.2	23.1
nov. 2019 - avr. 2020	21.5	21.4	20.9	21.4	22.4

# Ouverture des fenêtres

Mesure durant une semaine d'hiver avec T° extérieure moyenne ~2°C  
(2000 thermographies...)

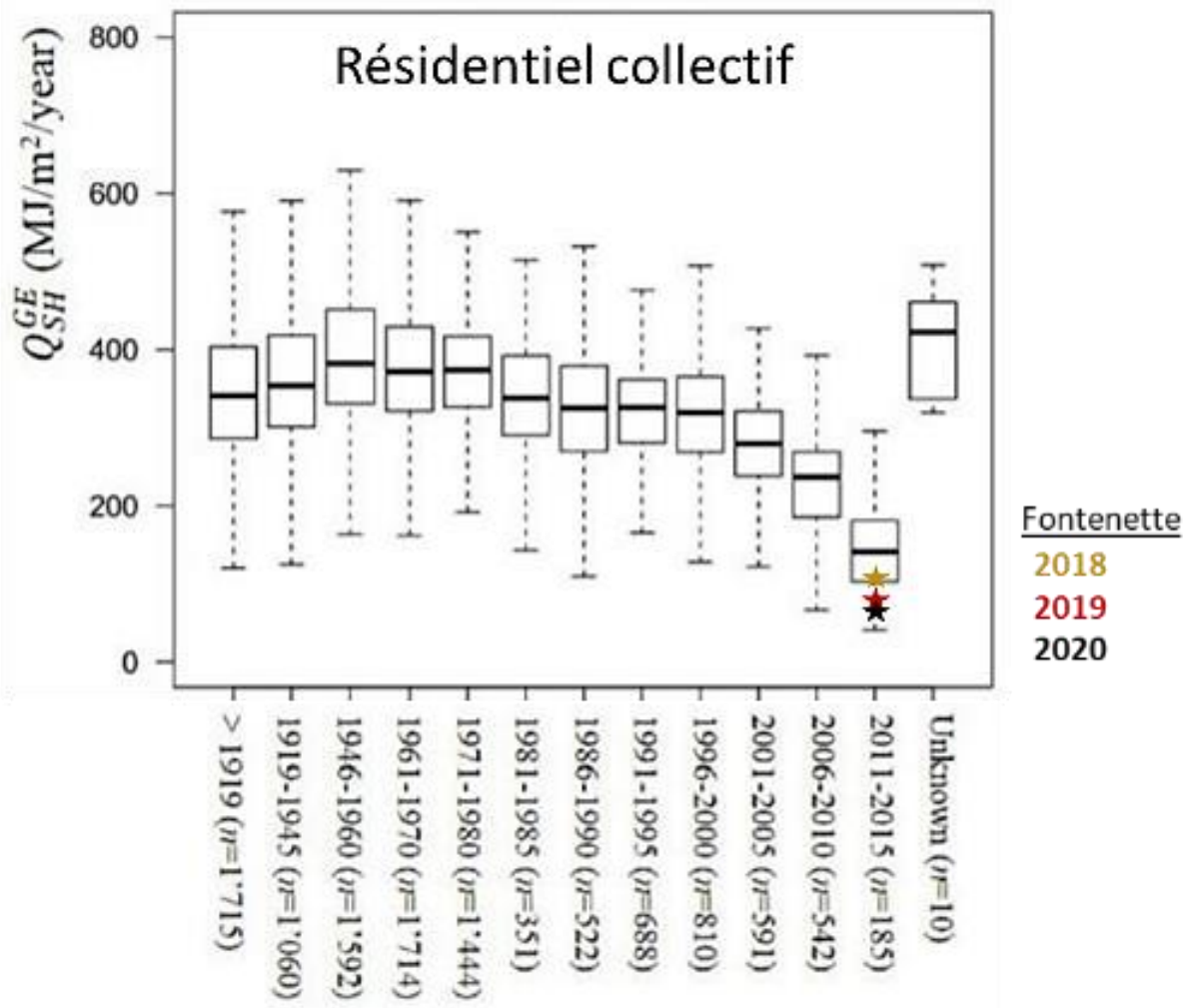


Moyenne par bâtiment:  
3.5 fenêtres ouvertes  
8.4 fenêtres partiellement ouvertes  
5.9 fenêtres ouvertes derrière les volets



10% des fenêtres ouvertes au moins 5% du temps (~1h/jour)

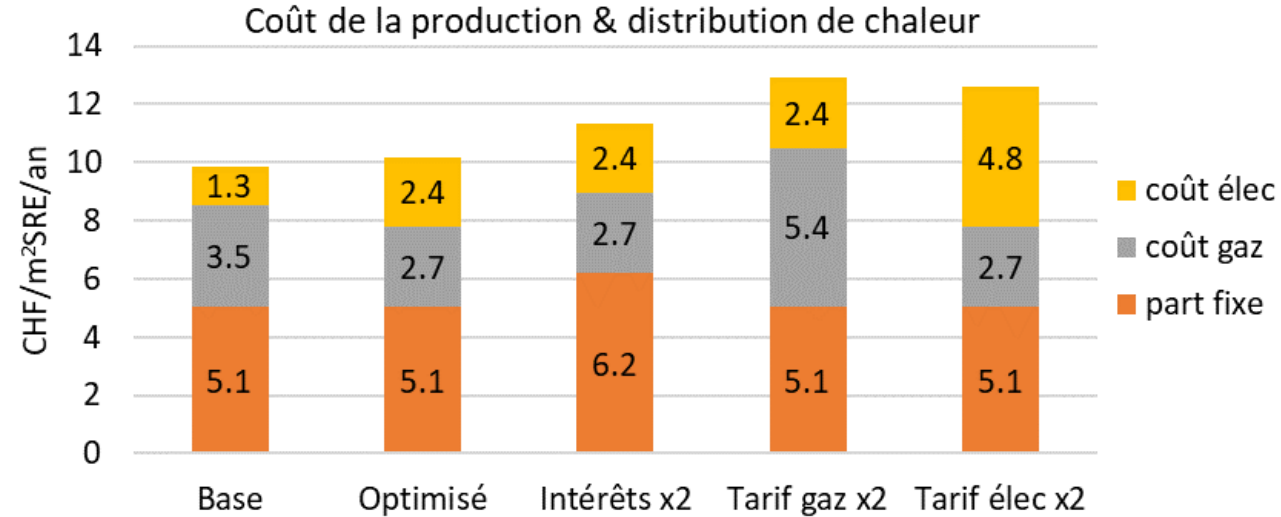
# Benchmark: chauffage



D'après SCHNEIDER, Stefan, et al : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:98199>

# Coût de la chaleur

(CHF/m<sup>2</sup>SRE/an)



→ Base: 16.7 cts/kWh  
(chaleur consommée)

	Base	Optimisé <sup>1)</sup>	Intérêts x2	Tarif gaz x2	Tarif élec x2
Taux d'intérêt (%)	2	2	<b>4</b>	2	2
Part PAC dans la production (%)	<b>32</b>	50	50	50	50
COP PAC	<b>3.19<sup>2)</sup></b>	2.75	2.75	2.75	2.75
Tarif gaz (cts/kWh TTC) <sup>4)</sup>	<b>6.8<sup>3)</sup></b>	7.3	7.3	<b>14.5</b>	7.3
Tarif électricité (cts/kWh TTC) <sup>5)</sup>	20.7	20.7	20.7	20.7	<b>41.4</b>

<sup>1)</sup> Correspond au scénario simulé *Série + CAD 60°C* dans la partie 1.5.5.

<sup>2)</sup> L'augmentation du COP par rapport au cas *Optimisé* est liée à la restriction de fonctionnement de la PAC

<sup>3)</sup> La diminution du tarif gaz est liée à l'augmentation de la consommation de gaz

<sup>4)</sup> Tarif SIG 2020 Gaz initial

<sup>5)</sup> Tarif SIG 2020 électricité PAC avec 40 % de consommation en heures douces

# Volet énergétique: Conclusions



# Liste de points non-abordés ici mais dans le rapport...

- Fonctionnement du système FEKA de récupération de chaleur sur eaux usées
- Performance PAC & chaudière
- Signatures énergétiques
- Courbes de chauffe
- Fonctionnement & rendement des monoblocs double-flux
- Températures d'air extrait des bâtiments
- Bilan production photovoltaïque, autoconsommation potentielle
- Pistes d'optimisation (régulation)
- Bilan CO<sub>2</sub> détaillé selon scénarios de fonctionnement et d'évolution

# Volet énergétique: conclusions

## Récupération de chaleur sur eaux usées:

- Fonctionnement correct hors problèmes de phasage chantier
- Ressource intéressante (proximité, température, co-variation avec demande ECS)

## Bilan énergétique:

- CO<sub>2</sub> gaz >> CO<sub>2</sub> PAC
- Potentiel d'optimisation: augmenter la part PAC
- Enjeu: régulation bivalence PAC & Gaz en lien avec CAD et production ECS/chauffage

## Demande de chaleur:

- Chauffage & ECS > projet mais écart comparable dans le résidentiel collectif neuf
- Chauffage: demande très basse vis-à-vis du parc bâti
- Point sensible: production ECS (majorité de la demande, «haute» T°)



### 3. Partie énergétique sociale (Raphaël Pieroni)



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**INSTITUT DES SCIENCES  
DE L'ENVIRONNEMENT**

# Projet Fontenette

## Volet social

Dr. Raphaël Pieroni et Dr. Patrick Naef

# Plan de présentation

- Rappel des objectifs
- Méthodologie et limites
- Présentation des principaux résultats et recommandations proposées
- Discussion, questions & réponses

# Rappel des objectifs

1. Rendre compte et analyser **les pratiques en matière d'énergie** des habitants du quartier des Auréa;
2. Identifier les éventuelles **difficultés voir des obstacles aux usages adéquats des infrastructures énergétiques** (aération, chauffage, eau chaude sanitaire);
3. Déterminer les conditions possibles voir nécessaires pour **favoriser l'adhésion des habitants aux aspects environnementaux** du projet.

# 1. Méthodologie

## **Entretiens**

semi-directifs (nb. = 21) ont été menés auprès des ménages du quartier, abordant des questions sur cinq aspects : (i) chauffage ; (ii) aération et ouverture des fenêtres ; (iii) eau chaude sanitaire ; (iv) sensibilité à l'environnement ; (v) structure de l'habitat et profil socioprofessionnel.

Entretiens complémentaires réalisés auprès de différents acteurs du quartier (un ancien administrateur de la FEK, une concierge, un assistant socio-éducatif).

**En complément : (i) Visites de terrains ; (ii) Analyses de documents officiels et articles de presses**

## Grille d’entretien (I) - Chauffage

Q1.1 En hiver, est-ce que vous portez un pull à la maison ?

Q1.2 Est-ce qu’il y a des moments où vous n’avez pas assez chaud ? (le soir, quand vous regardez la télévision ? ; le matin au réveil ? ; etc.). Que faites-vous dans ces cas-là ?

Q1.3 Comment utilisez-vous le thermostat du chauffage ? Est-ce que ça change quelque chose quand vous le réglez ?

Q1.4 Est-ce que vous avez une idée de ce que c’est une pompe à chaleur ? Et de quel type d’énergie cela consomme ?

Q1.5 En général, est-ce que vous êtes satisfait du chauffage dans votre immeuble ? Est-ce que c’est différent par rapport à où vous habitiez avant ?

Q1.6 Selon vous, réduire son chauffage, ça a un impact ..... sur l’environnement ?

1.	Pas d’impact	
2.	Un impact limité	
3.	Un impact important	
4.	Un impact décisif	

Q1.7 Selon vous pour quel domaine on produit le plus d’énergie à Genève ?

1.	Transport	
2.	Chauffage	
3.	Électricité	

### Portrait n°1

Salomé, issue d'une famille italienne, est **née à Genève** et s'est installée avec sa famille en 2015 dans le quartier des Auréas. Elle vit dans un appartement de quatre pièces avec son mari et leur fille de 4 ans. D'âge moyen (36-45 ans), tous les deux sont au bénéfice d'une formation professionnelle et exercent leur métier en tant qu'**indépendant (...)**

### Portrait n°2

Isabelle, qui dit avoir entre 46 et 55 ans, est suisse d'origine et a emménagé en 2016 aux Auréas. C'est une ancienne des « **familias** ». Aujourd'hui, elle vit seule dans un studio, situé dans **les premiers étages** de son immeuble. Employée d'une association (...)

### Portrait n°3

Ancien habitant des **familias**, Lilian a emménagé en 2015 dans le quartier des Auréas. Aujourd'hui célibataire, il vit avec sa fille âgée d'une quinzaine d'années. Lilian est **arrivé en Suisse** à l'âge adulte. Il s'est formé aux **métiers du bâtiment** et exerce depuis lors son activité de manière **indépendante**. En tant qu'ancien des Familias, il se dit avoir été **très attaché au quartier et s'y être impliqué** durant longtemps notamment à travers l'association d'habitants des Auréas (...)

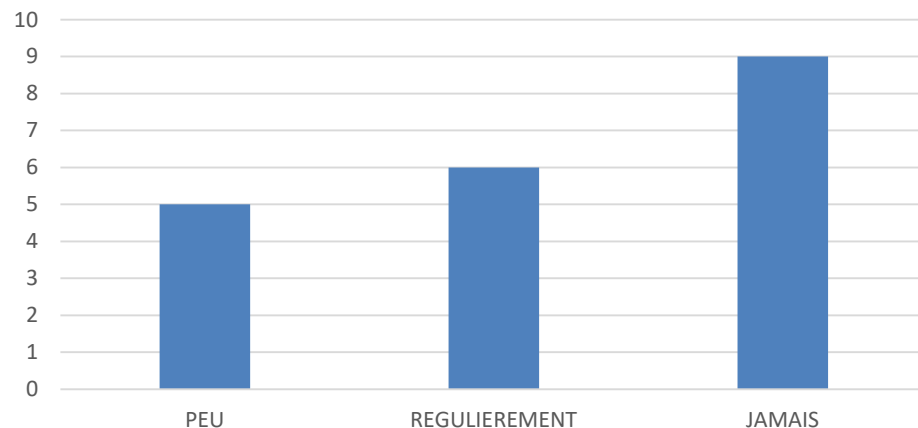
# Méthodes - Exemple : Portait n°2

## 1. Chauffage

Isabelle dit constater une amélioration du chauffage en général par rapport à son logement précédent. Mais qu'on lui demande plus de détails elle répond :

- «*Oui c'est mieux mais on touche pas les radiateurs, donc on pas de sensations, c'est impalpable*»
- «*Pour moi, ça ne veut rien dire cette roulette. J'ai un thermomètre pour avoir une idée, c'est impalpable sinon.*»

Q1.3 Comment utilisez-vous le thermostat du chauffage ?



Problématique de **la visibilité des technologies de l'énergie** qui fait écho à nombres d'autres interviewés qui disent être perturbés par le système chauffage qu'ils ne voient pas et qu'ils ne peuvent pas toucher comme le mentionne un autre participant à l'étude : « *les vieux chauffages, tu les vois, tu peux les toucher et tu sais quand ça chauffe* ».

Ce rapport avec ce qui est visible semble important pour Isabelle qui à la question de savoir pour quel domaine on produit le plus d'énergie répond :

- «*C'est le chauffage, ça se voit avec toutes ses fumées l'hiver*»



# 1. Limites des méthodes employées

- (i) Lieu de l'entretien
- (ii) Barrière de la langue
- (iii) Difficulté COVID : annulation des entretiens collectifs

## 2. Résultats

- Les pratiques en matière d'énergie des habitants
- Difficultés & obstacles aux usages adéquats des infrastructures énergétiques

## 2. Résultats

# Les pratiques en matière d'énergie des habitants

### (i) à propos du chauffage

- La majorité des habitants mettent en place des tactiques pour leur confort thermique (porter un pull en hiver, porter des pantoufles, couverture sur le canapé, etc.) **par réaction et non pas par choix.**
- Peu d'utilisation du thermostat
- Installation de chauffage électrique constaté (mais peu de cas observé).

## 2. Résultats

### Les pratiques en matière d'énergie des habitants

#### **(ii) à propos de l'aération & utilisation des fenêtres**

- Raisons invoquées pour **l'ouverture des fenêtres** : (i) réguler la température ; (ii) chasser les mauvaises odeurs (cuisine, grille double-flux ou en provenance du hall).
- Raisons invoquées pour **boucher les grilles du double-flux** : (i) les odeurs ; (ii) la peur de transmission de maladies ou bactéries ; (iii) l'emplacement des grilles.

## 2. Résultats

# Les pratiques en matière d'énergie des habitants

### (iii) à propos de l'eau chaude sanitaire

- **Pas d'utilisation «hors norme» déclarée** : La douche, le ménage et la vaisselle sont cités comme les principales activités pour lesquelles les habitants utilisent de l'eau chaude.
- La majorité des interviewés dit **prêter attention à la consommation d'eau chaude**. (20% déclarent réduire la consommation d'eau chaude pour des questions environnementales ; l'ensemble de l'échantillon invoque des questions économiques.)

## 2. Résultats

### Les pratiques en matière d'énergie des habitants

#### **(iv) À propos de l'extérieur du logement : buanderie & rapport au quartier**

- L'ensemble des personnes interviewées déclarent utiliser la buanderie en dépit des saletés qu'elles y trouvent. Peu de transgression constatée.
- Participation ou connaissance générale des activités initiées dans le quartier (potager collectif ; cinéma en plein air, festivités, etc.)

## 2. Résultats

### Difficultés & obstacles aux usages adéquats des infrastructures énergétiques

#### (i) à propos du chauffage

- Sentiment d'un **ensemble de contraintes imposées**
- **Contraste entre prise en compte des enjeux environnementaux et manque de connaissance** du système énergétique locale
- **Caractère peu visible voir invisible du système** de chauffage nuit à son appropriation

## 2. Résultats

### Difficultés & obstacles aux usages adéquats des infrastructures énergétiques

#### (ii) à propos de l'aération & utilisation des fenêtres

- **Agencement de l'appartement** comme raison majeure pour motiver l'ouverture des fenêtres toute l'année
- Manque de connaissance sur le **fonctionnement du double-flux**



## 2. Résultats

### Difficultés & obstacles aux usages adéquats des infrastructures énergétiques

#### **(iii) en dehors du logement : buanderie & rapport au quartier**

- **Buanderie, un foyer de tension important.** Les problèmes invoqués sont de différentes natures : (i) économique (le prix) ; (ii) provenance ; (iii) hygiène et santé ; (iv) pratique (famille).
- Phénomène du « **c'était mieux avant** » pour les personnes issues des Familias.

### 3. Favoriser l'adhésion des habitants aux aspects environnementaux du projet

#### (i) Court-terme

- **S'assurer du bon fonctionnement du double-flux**, s'assurer que les mauvaises odeurs (cuisine, cigarettes, etc.) ne passent pas par les grilles.
- **Visibilisation et mise à disposition et des données** qui autorisent et favorisent une forme de réflexivité énergétique.

### 3. Favoriser l'adhésion des habitants aux aspects environnementaux du projet

#### (ii) Moyen-terme

- Travailler aux aspects de **communication interne au quartier et de médiation sur les questions énergétiques et environnementales** (en collaboration avec d'autres acteurs du quartier : ex. les travailleurs sociaux hors murs ?)
- Négocier les conditions de **confort thermique** avec les habitants. Une action d'information et de sensibilisation à la question du confort thermique. (optique sobriété énergétique)

### 3. Favoriser l'adhésion des habitants aux aspects environnementaux du projet

#### Long-terme

- Mise en place d'un **projet de communication positif globale et à l'échelle du quartier** qui intègre aussi bien les questions sociales que les questions énergétiques et environnementales : ex. : label ecoquartier social et solidaire.

# Discussions

*Communication et valorisation de la recherche auprès des habitants et des acteurs du quartier : **méthodes, enjeux et perspectives ?***

## 4. Questions - discussion

