



**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

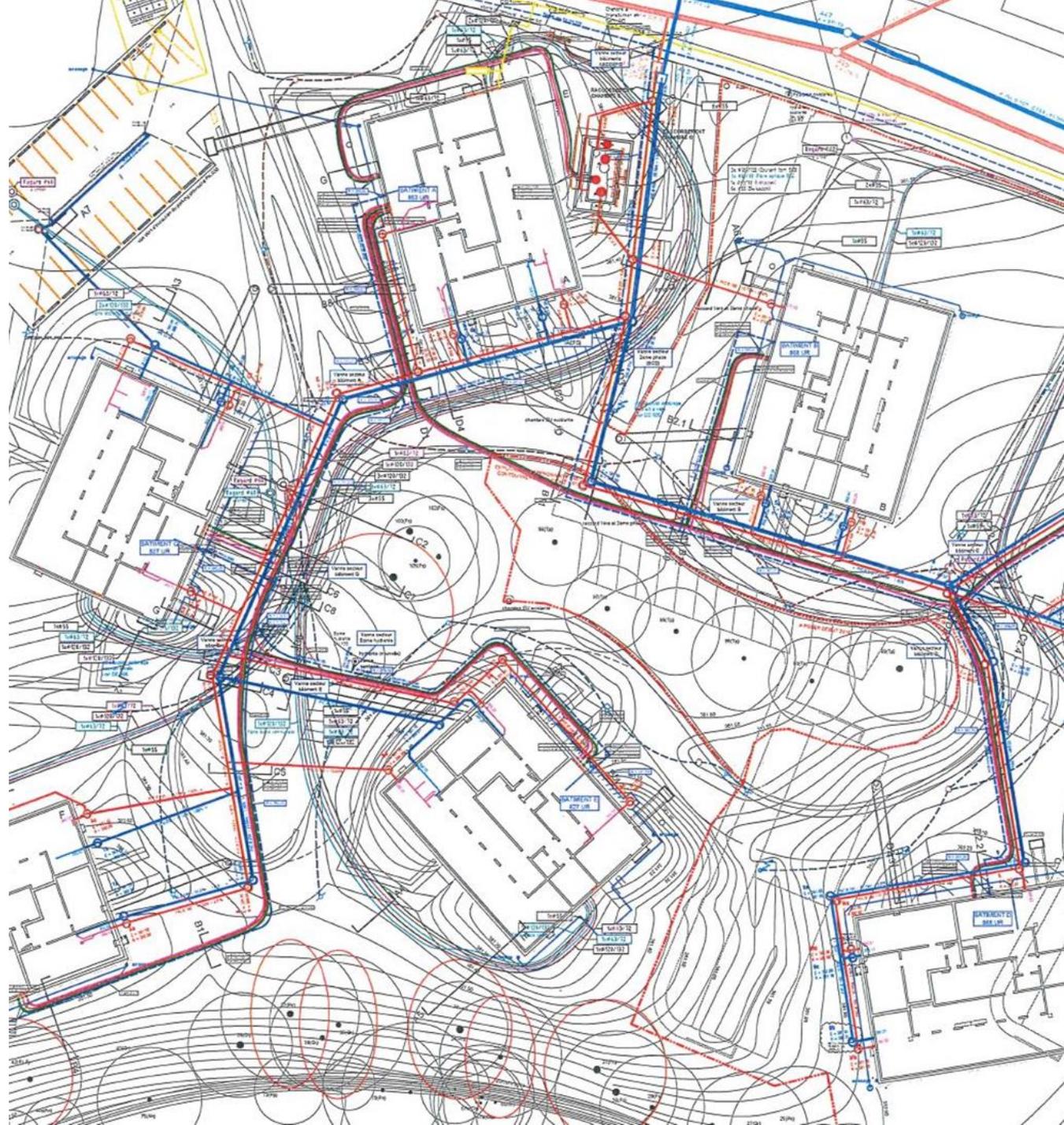
2. Partie énergétique technique (Simon Callegari)

Contexte énergétique

- Stratégie énergétique 2050 – objectif de réduction des émissions de CO₂
- 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)

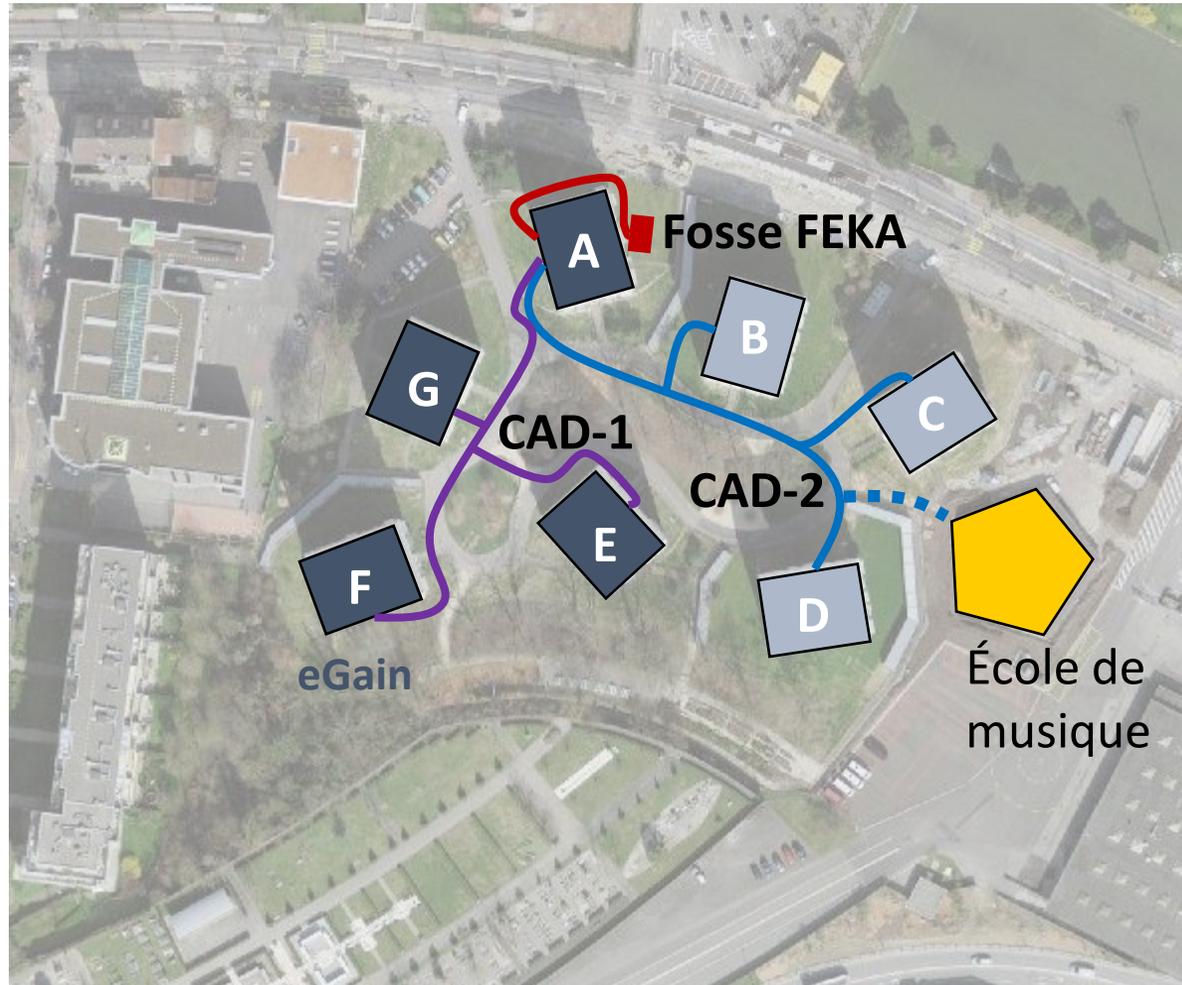
3x THPE/Minergie-P (B-C-D)

335 appartements au total

~ 30'000 m² SRE Logements

~ 1'000 m² SRE Parascolaire

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

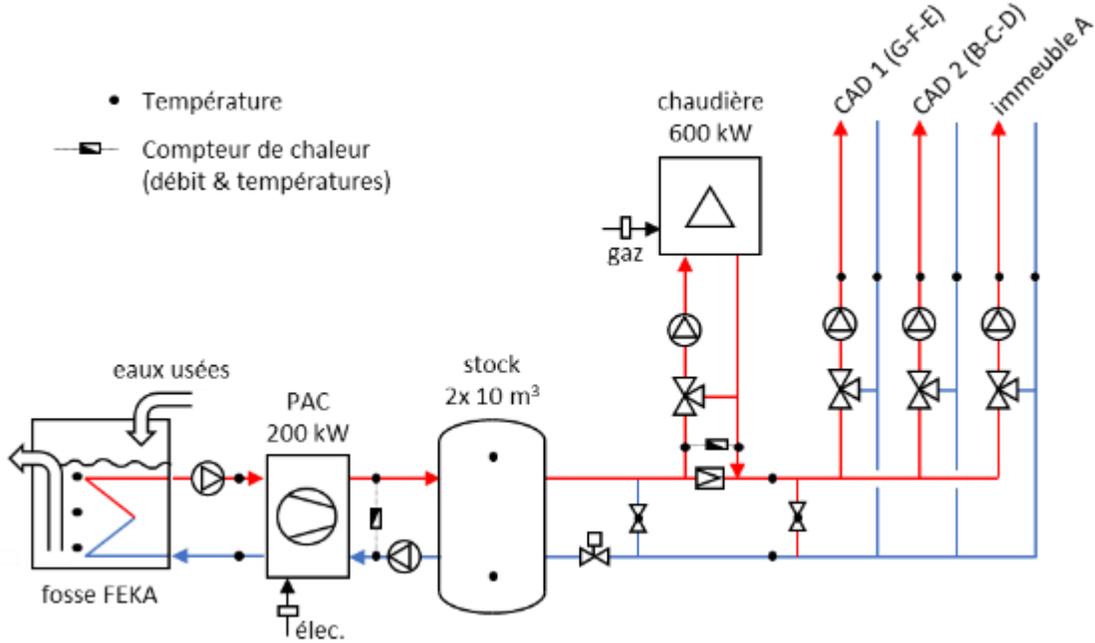


Production de chaleur



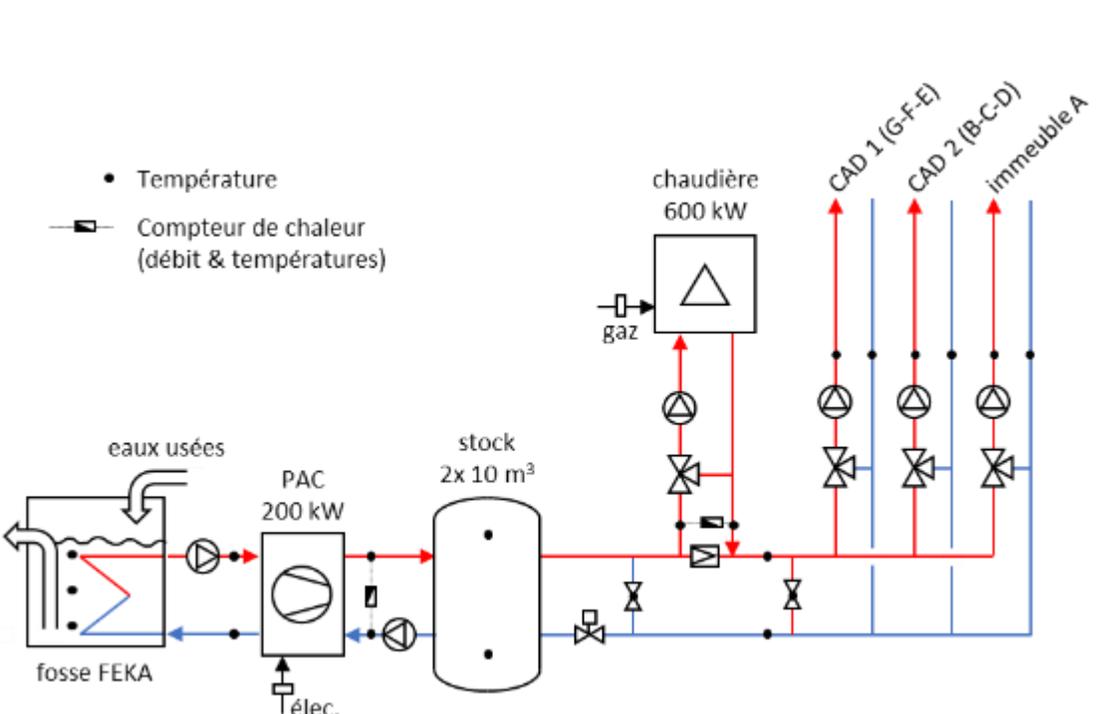
Schémas hydrauliques simplifiés & points de mesure

Production

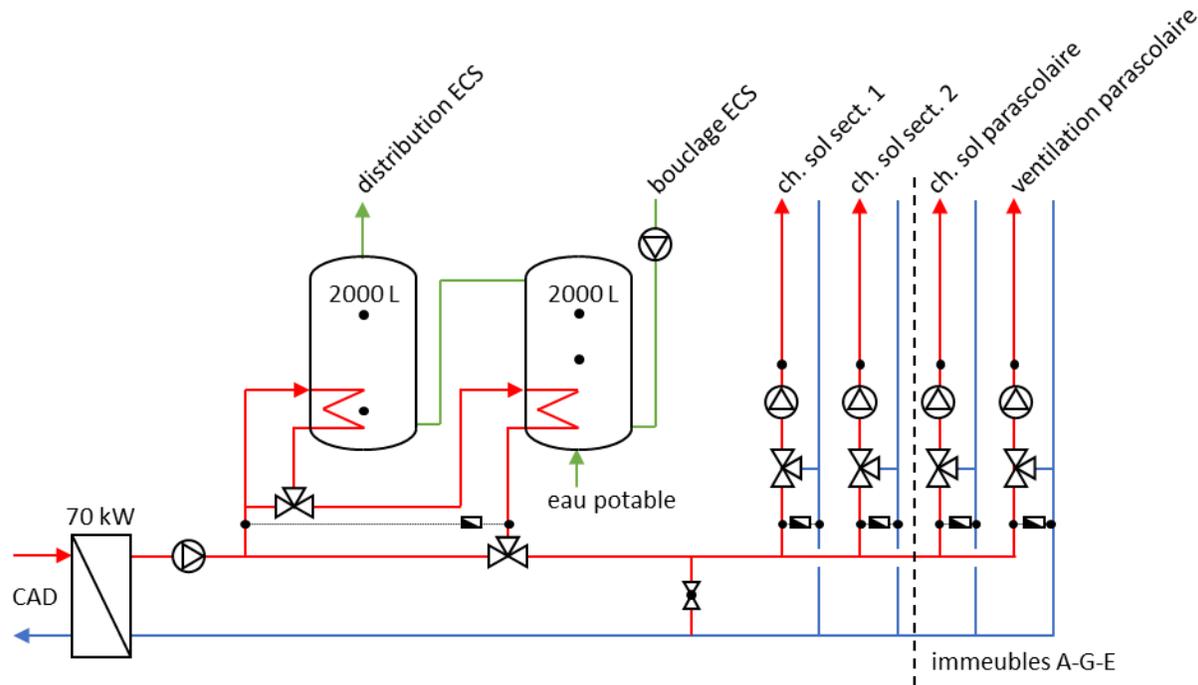


Schémas hydrauliques simplifiés & points de mesure

Production



Sous-stations

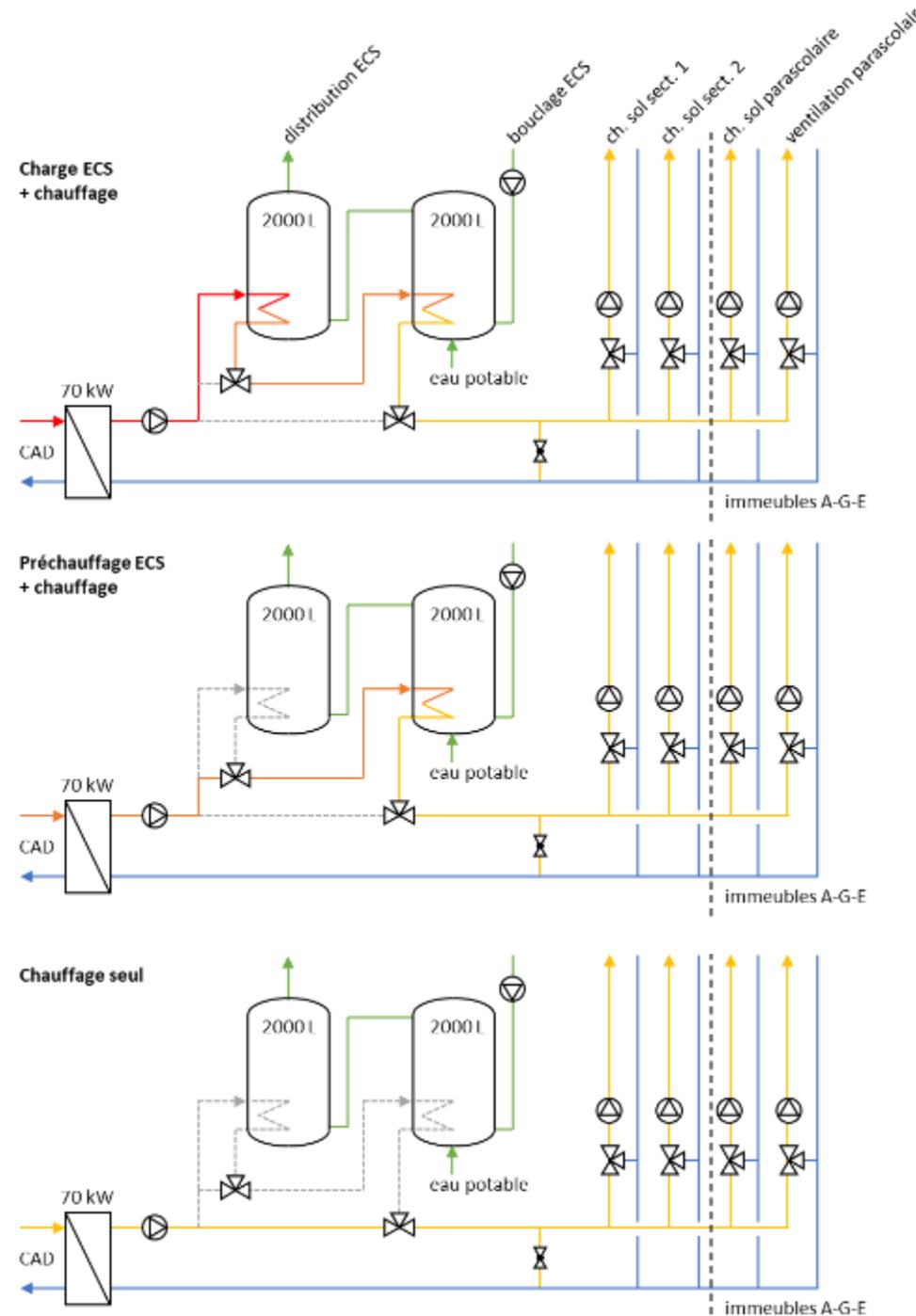


Modes de fonctionnement

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)

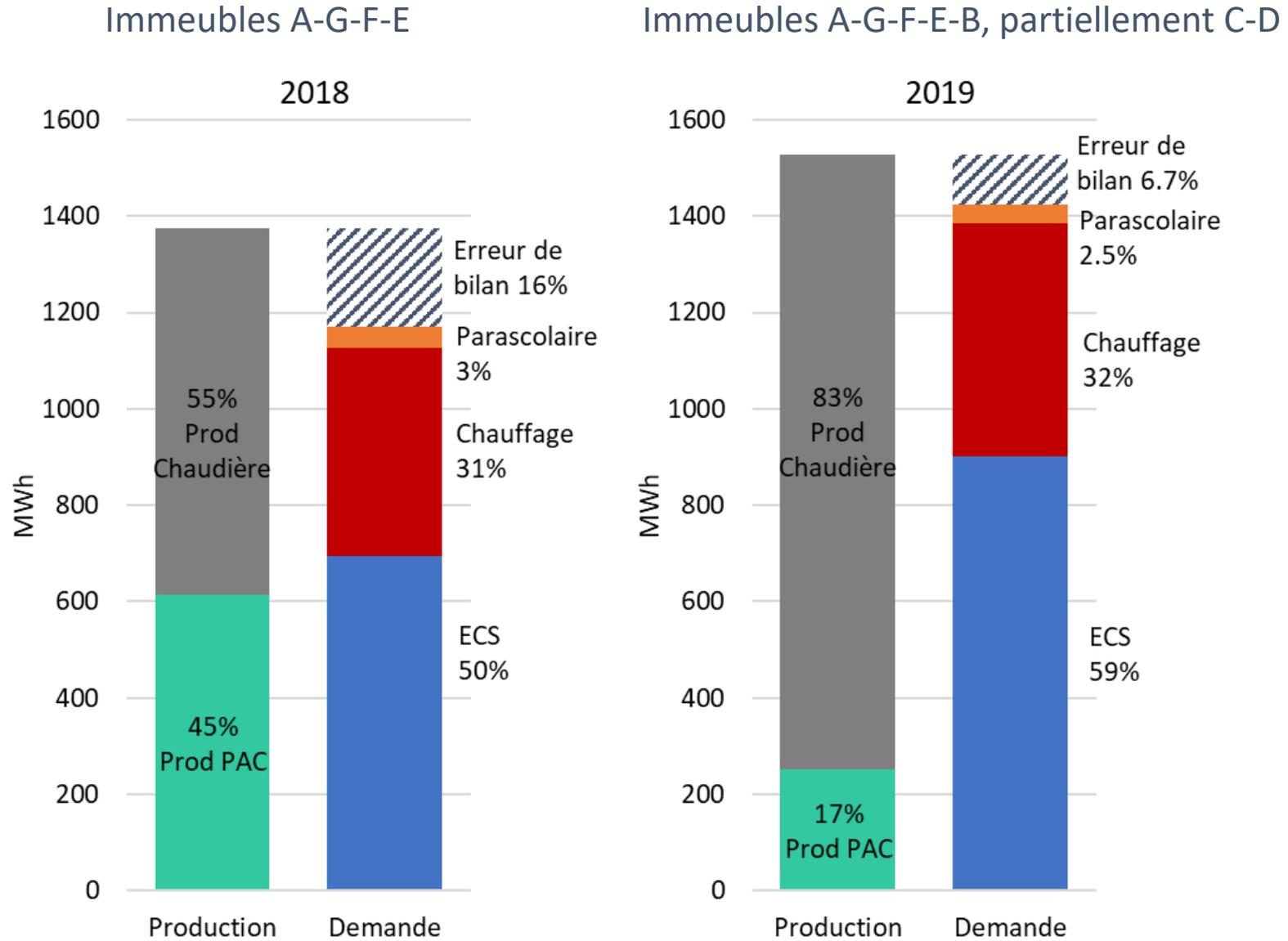
Réalité:
CAD > 50°C + de 60% du temps



Bilan énergétique global



Bilan global

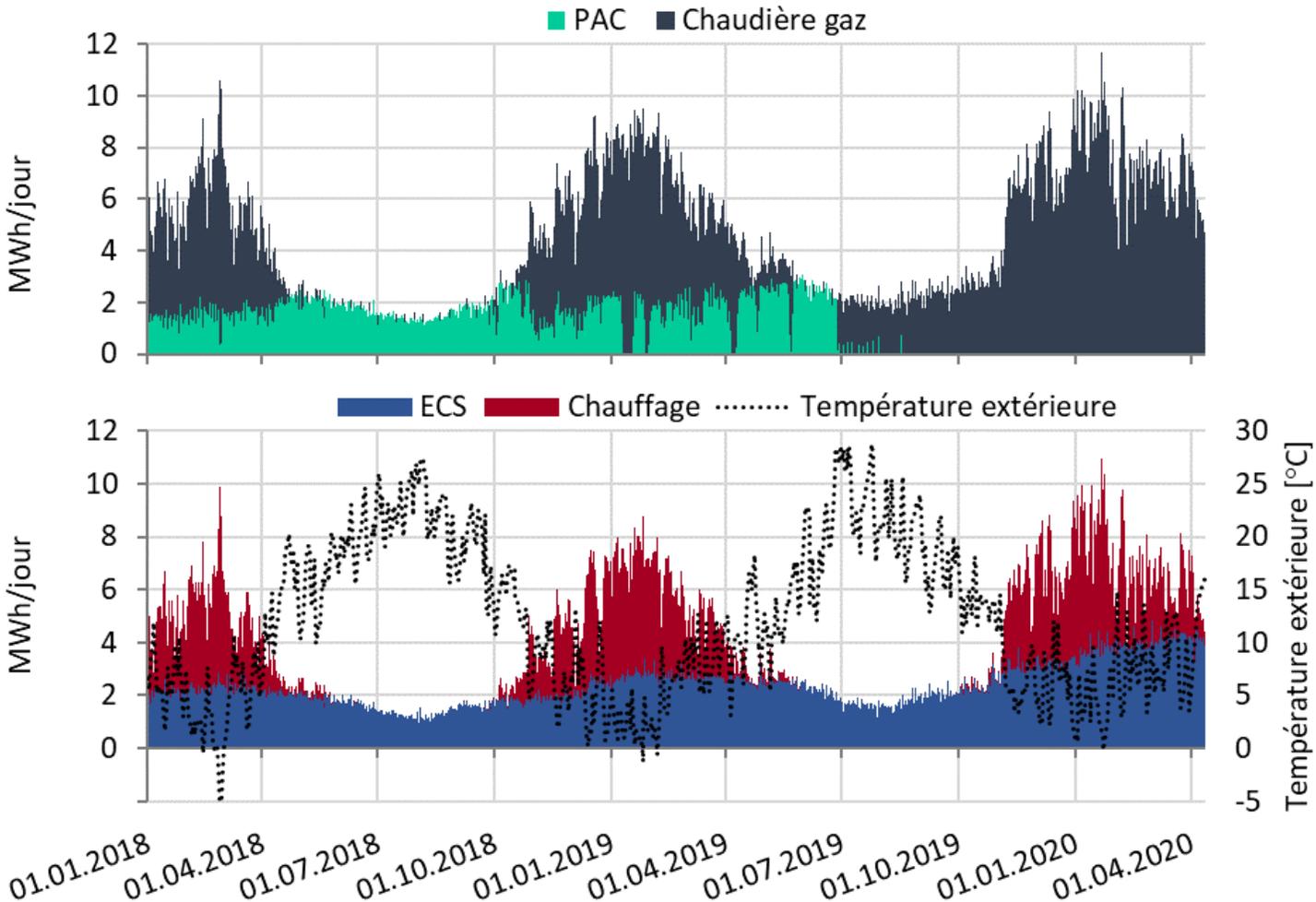


«erreur de bilan»

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

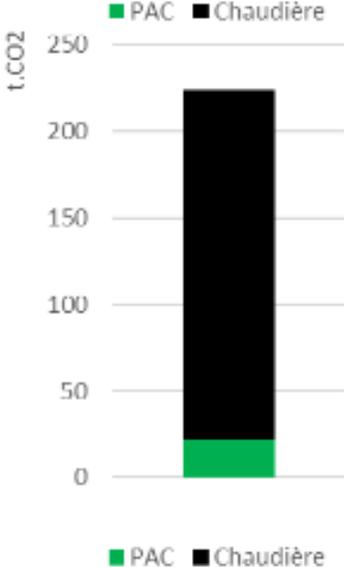
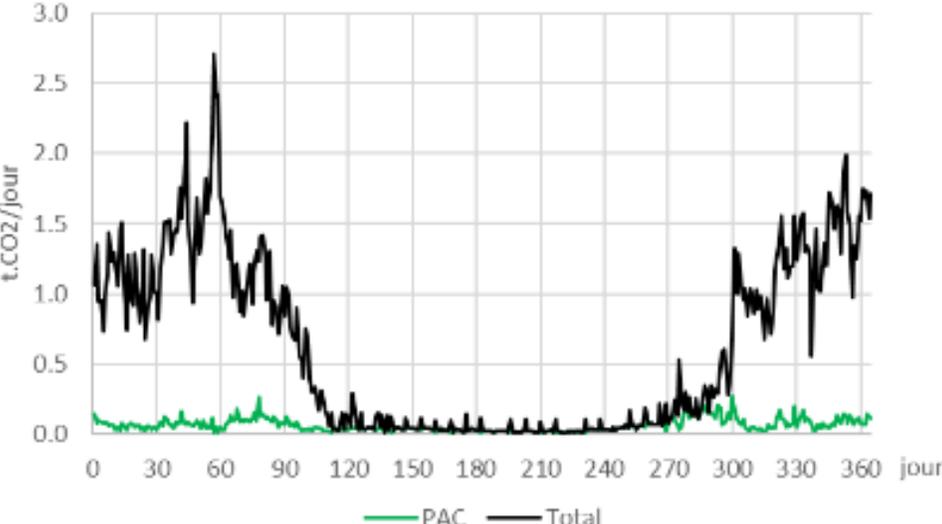
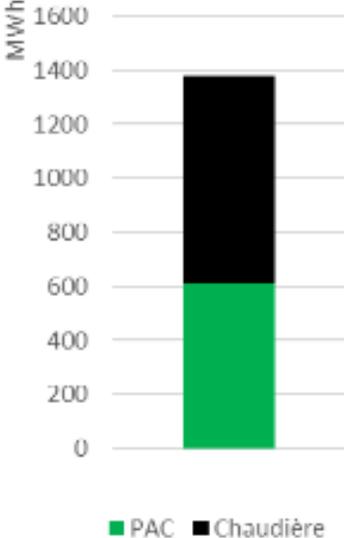
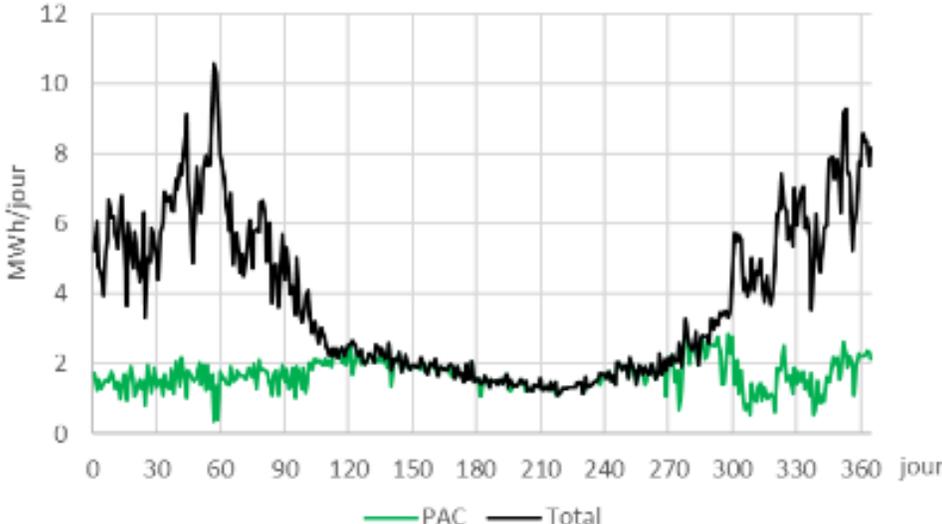
Dynamique annuelle

(valeurs journalières)



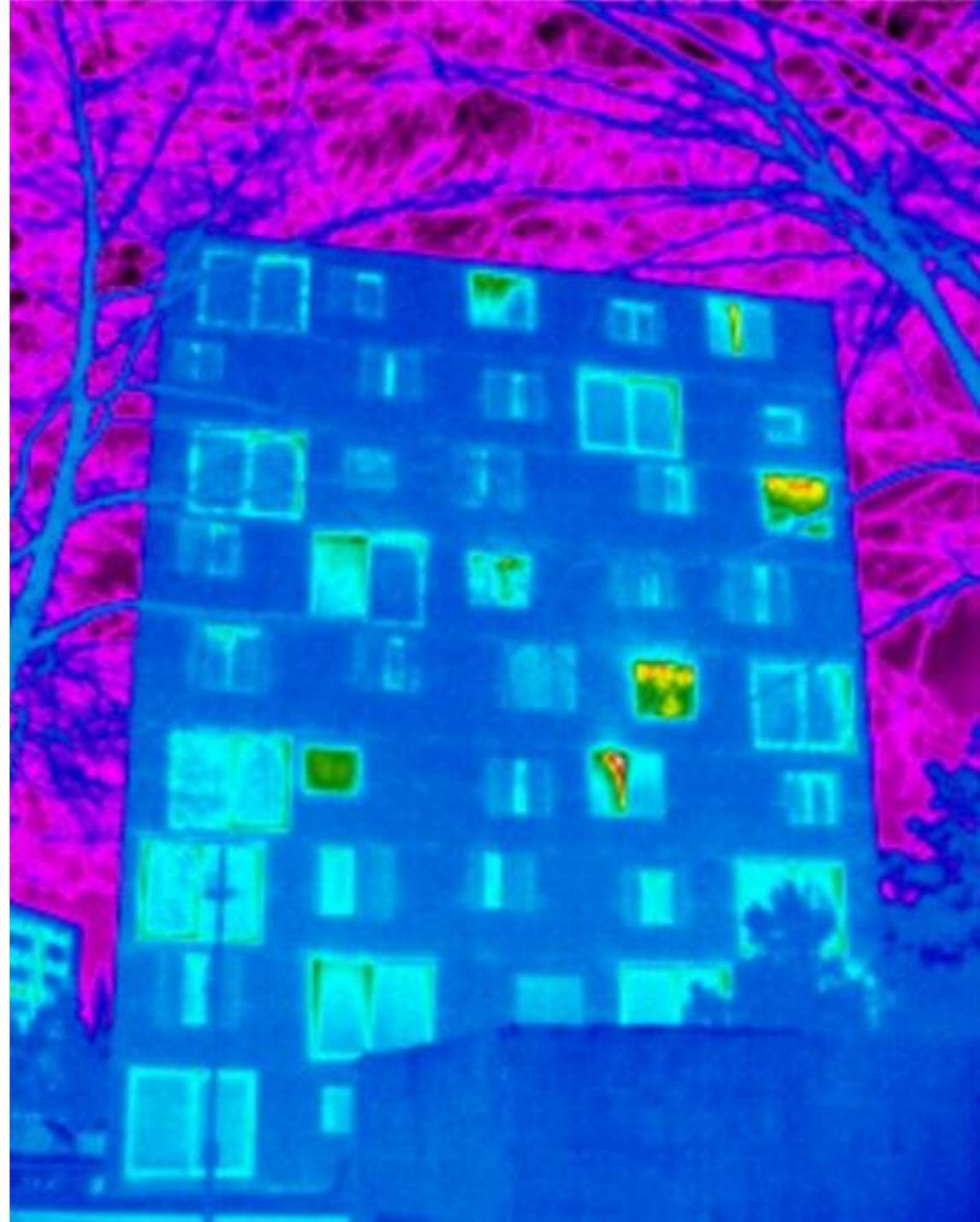
Production de chaleur et contenu CO2

(valeurs journalières et annuelles 2018)

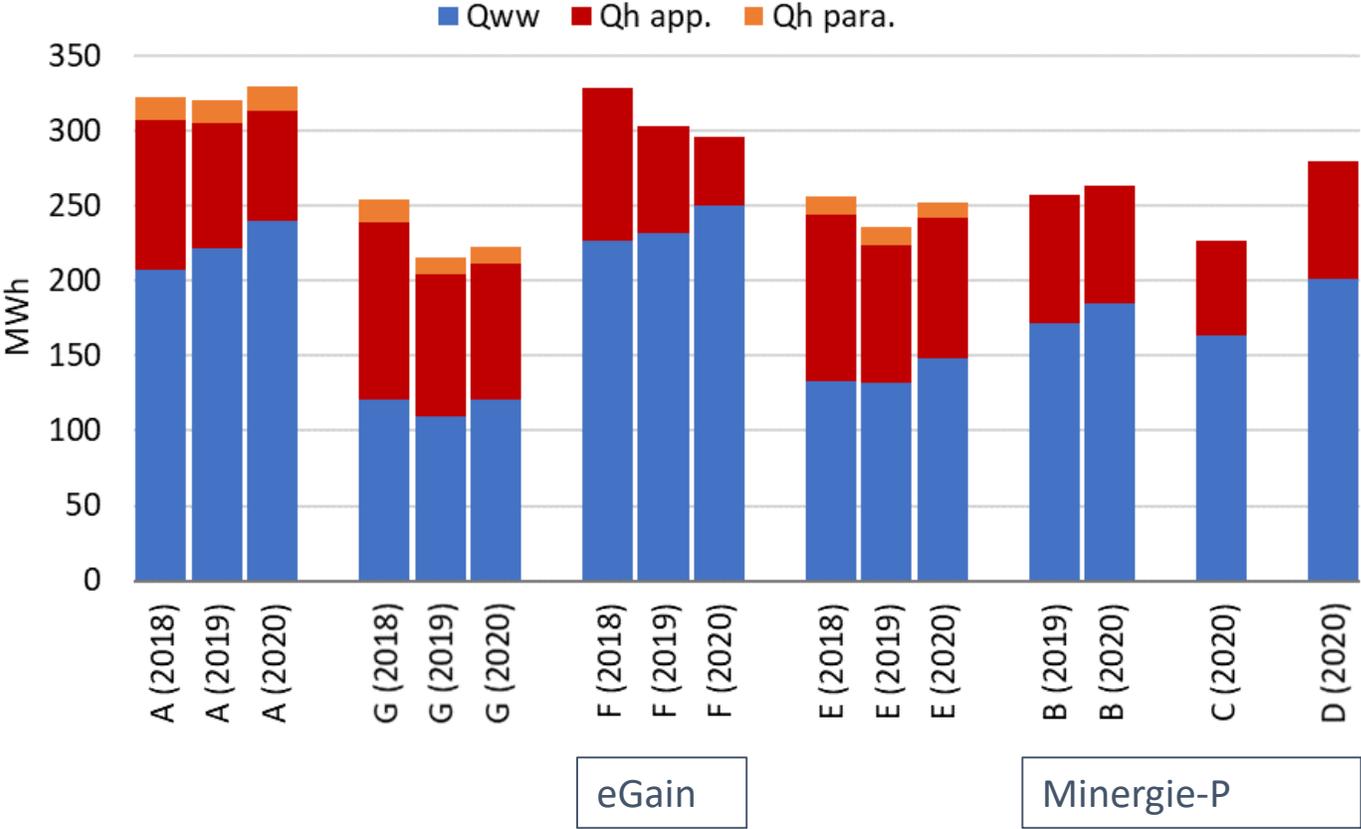


Basé sur le contenu carbone dynamique horaire de l'électricité; moyenne annuelle 107 gCO2-eq/kWh.él (Romano et al, 2018)

Demande de chaleur

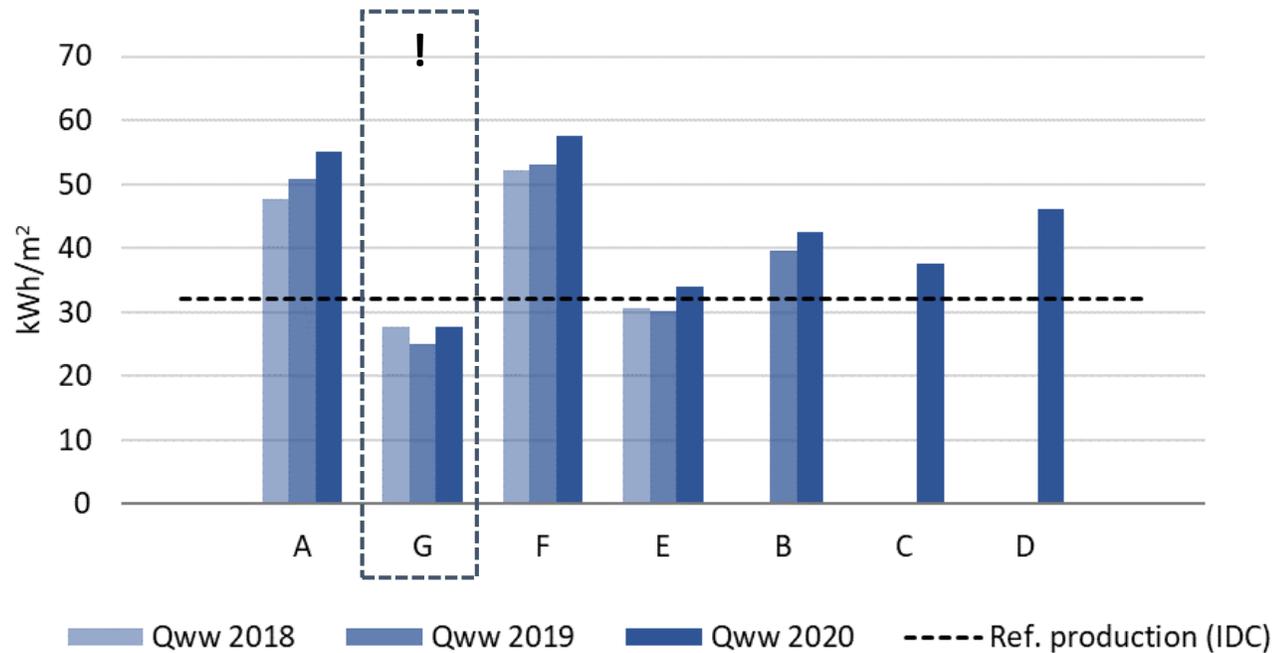


Bilan ECS + chauffage par immeuble

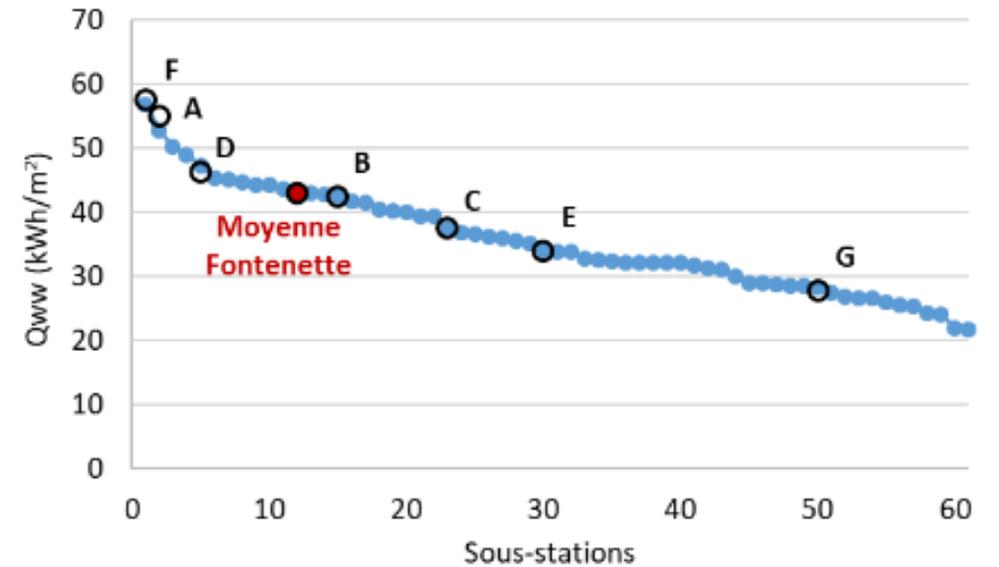


Chaleur pour la production ECS

(benchmark pour les valeurs en 2020)



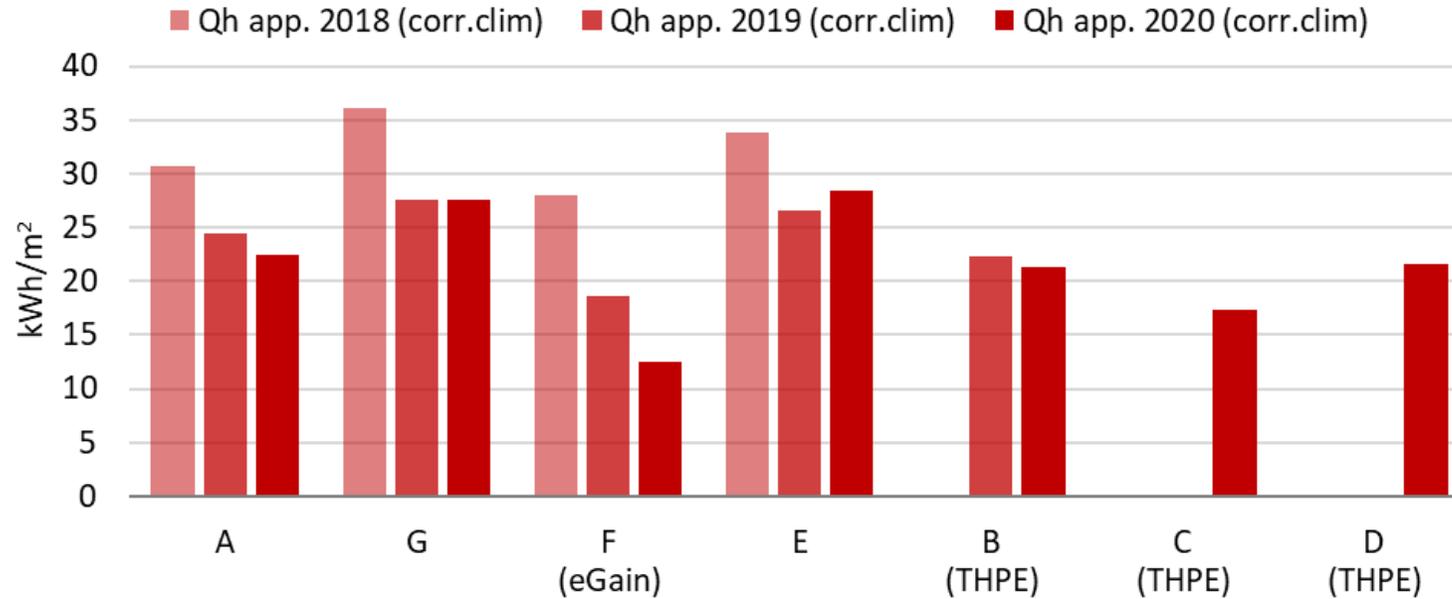
Ligne horizontale: Besoin de chaleur pour la production d'ECS selon la directive IDC de l'OCEN (32 kWh/m²)



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)

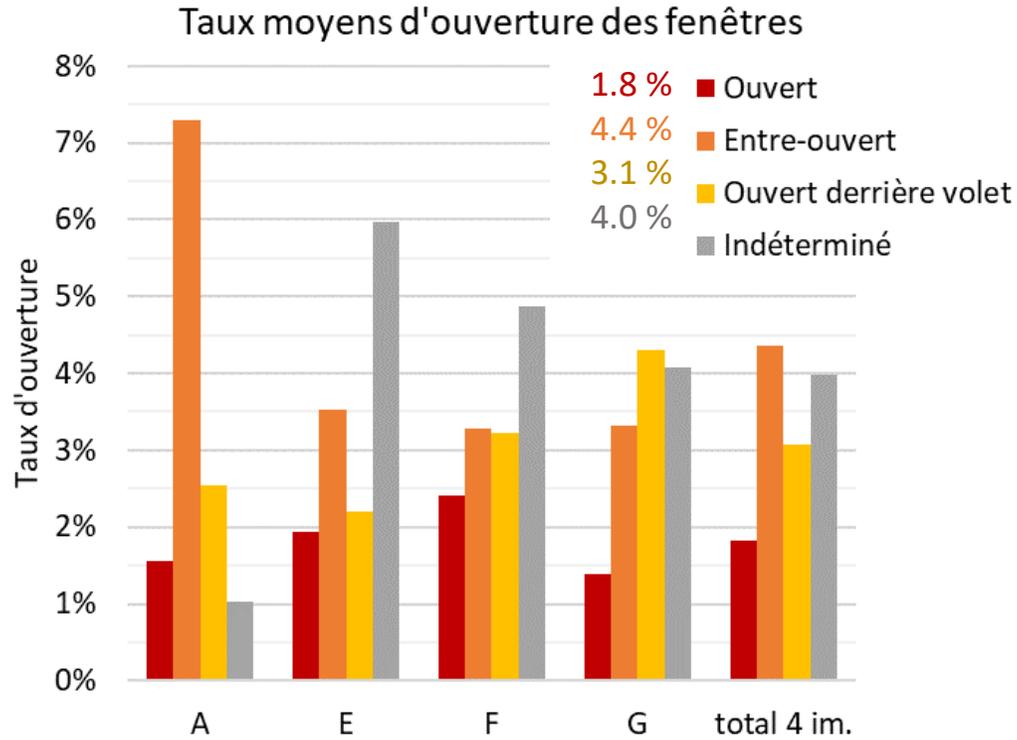


	Qh app. 2020 (kWh/m²)	Ratio
Immeubles A-G-E (standard HPE)	21.9	100 %
Immeubles B-D (standard THPE + courbe de chauffe «HPE »)	18.0	82 %
Immeuble C (standard THPE + courbe de chauffe « THPE »)	14.5	66 %
Immeuble F (standard HPE + système eGain)	10.5	48 %

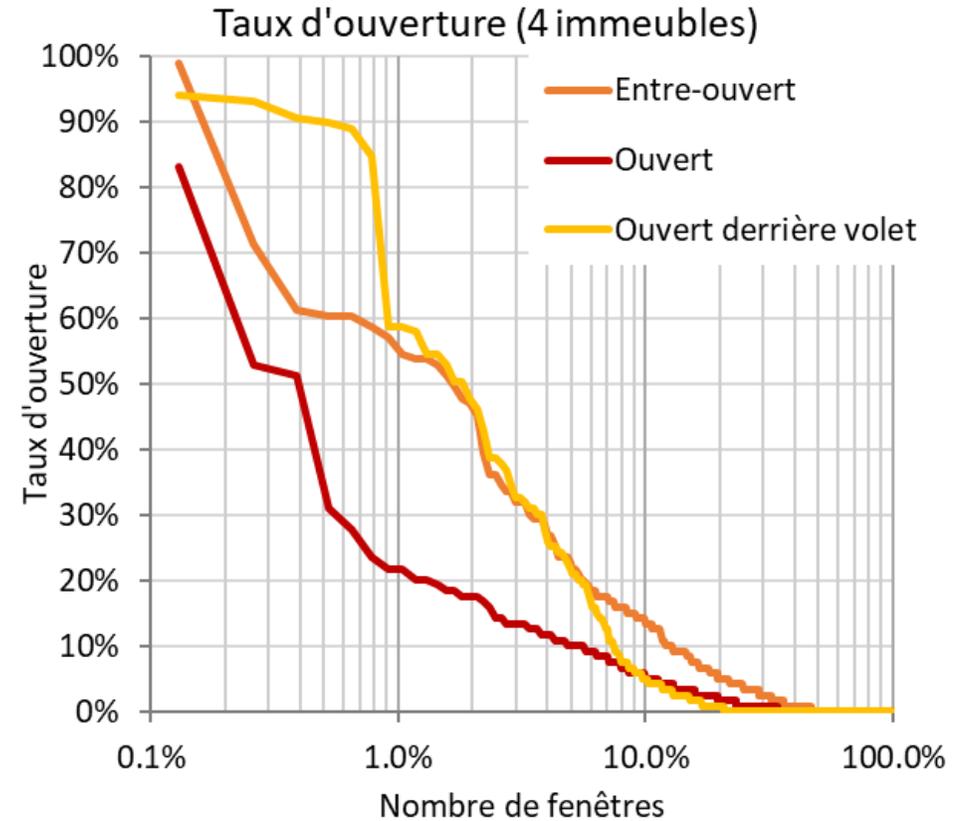
Températures d'air extrait [°C]	A	G	F (eGain)	E	B (THPE)
nov. 2018 - avr. 2019	22.5	22.5	22.0	22.2	23.1
nov. 2019 - avr. 2020	21.5	21.4	20.9	21.4	22.4

Ouverture des fenêtres

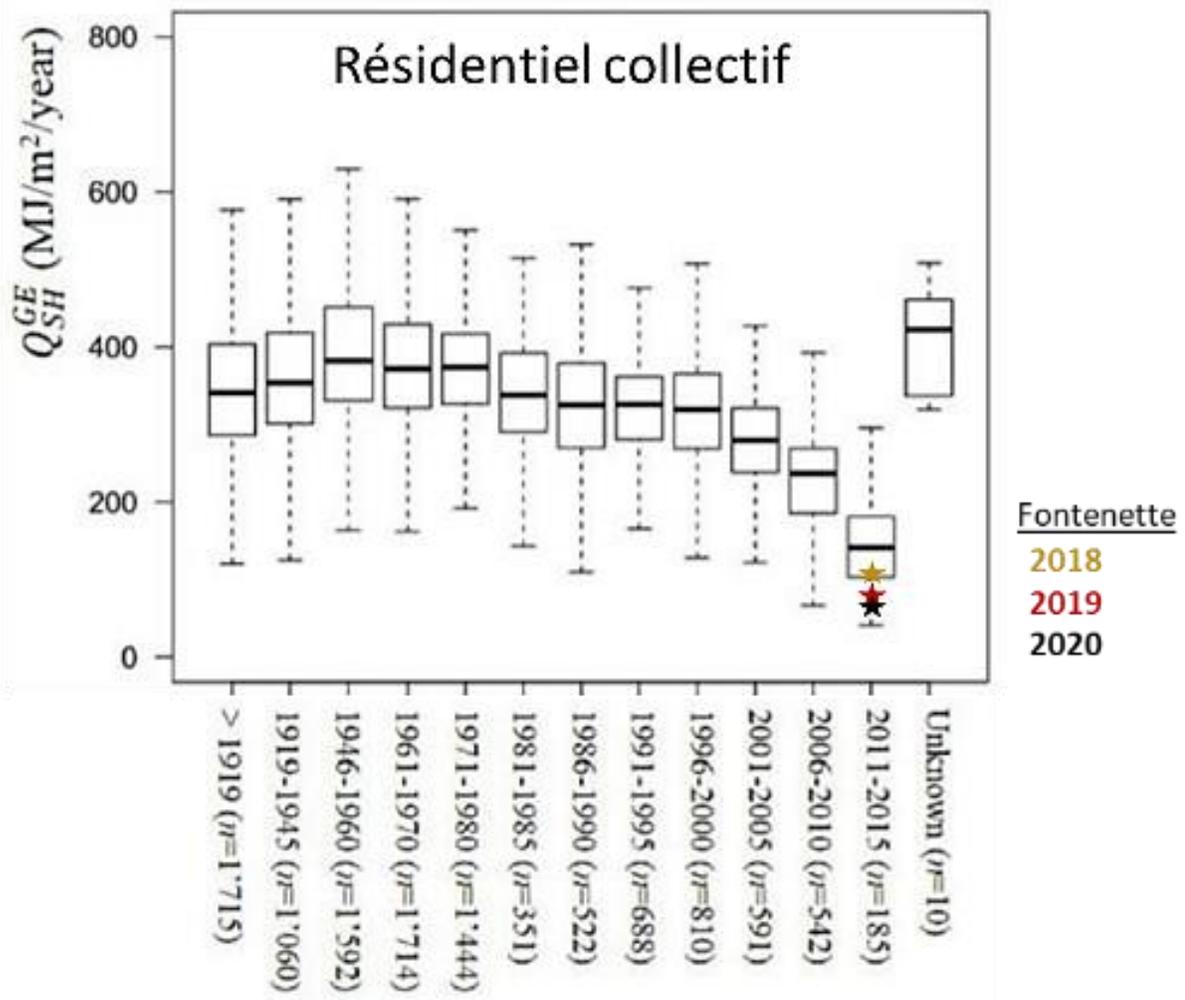
Mesure durant une semaine d'hiver avec T° extérieure moyenne ~2°C
(2000 thermographies...)



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



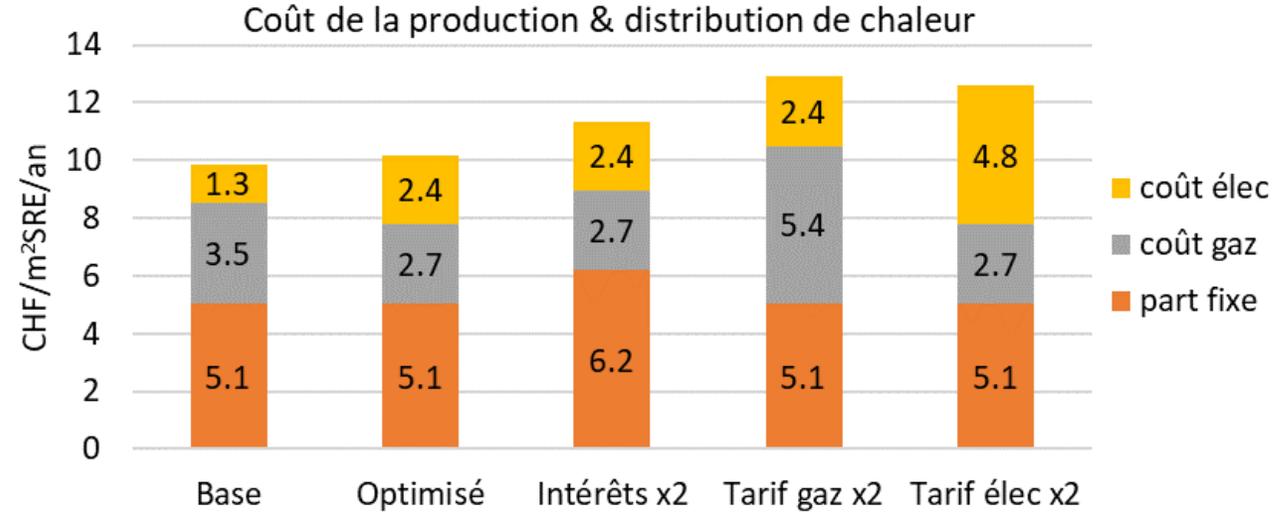
Benchmark: chauffage



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

Coût de la chaleur

(CHF/m²SRE/an)



→ Base: 16.7 cts/kWh
(chaleur consommée)

	Base	Optimisé ¹⁾	Intérêts x2	Tarif gaz x2	Tarif élec x2
Taux d'intérêt (%)	2	2	4	2	2
Part PAC dans la production (%)	32	50	50	50	50
COP PAC	3.19²⁾	2.75	2.75	2.75	2.75
Tarif gaz (cts/kWh TTC) ⁴⁾	6.8³⁾	7.3	7.3	14.5	7.3
Tarif électricité (cts/kWh TTC) ⁵⁾	20.7	20.7	20.7	20.7	41.4

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

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

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

⁴⁾ Tarif SIG 2020 Gaz initial

⁵⁾ 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 CO₂ 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:

- CO₂ gaz >> CO₂ 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 (...)

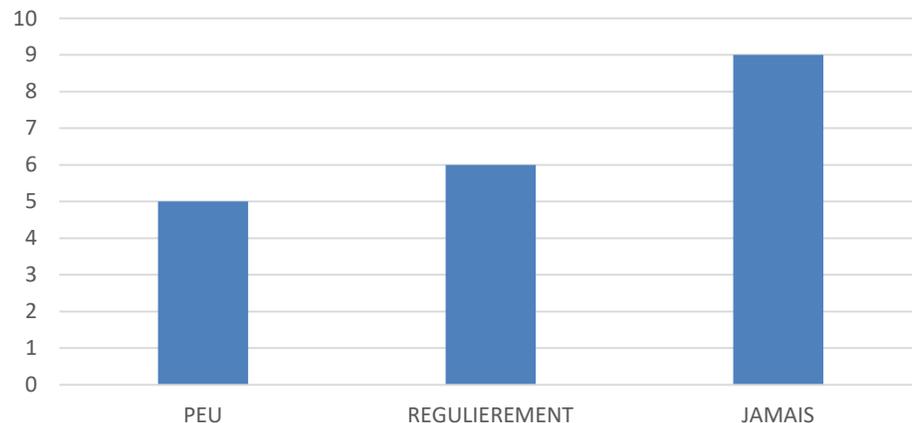
Méthodes - Exemple : Portait n°2

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

