

## Retour d'expériences du monitoring énergétique d'un réseau basse température avec un stockage géothermique

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE  
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik

**Nadège Vetterli**

Senior Wissenschaftliche Mitarbeiterin

T direkt +41 41 349 39 13  
nadege.vetterli@hslu.ch

Horw

22.03.2018

Cycle de conférences de l'Université de Genève sur les systèmes  
énergétiques

## Contenu

1. Pourquoi des réseaux à basse température ?
2. C'est quoi «Suurstoffi» ?
3. Pourquoi un monitoring?
4. Les résultats
5. Conclusions et leçons à tirer de l'exemple «Suurstoffi»

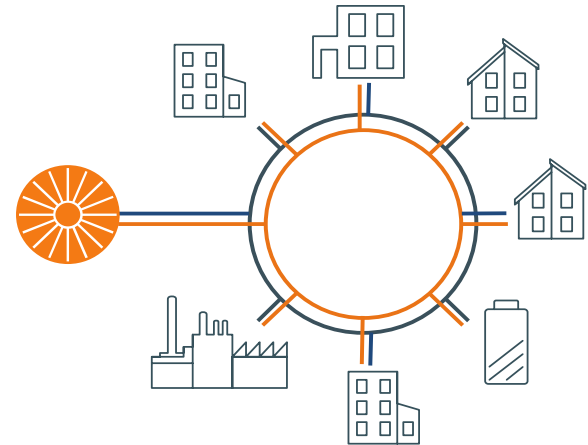
# Les réseaux thermiques aujourd'hui

Typologie standard



**Centralisé**  
**Haute température**  
**Unidirectionnel**

Nouvelle typologie



**Décentralisé**  
**Basse température**  
**bidirectionnel**

**ETH Höggerberg**  
400'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Waste heat + underground storage

**FGZ**  
185'000 m<sup>2</sup> (residential buildings)  
Waste heat + underground storage

**Richti Areal**  
200'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Waste heat + underground storage

**ARA Dübendorf**  
Mixed  
Waste water

**ARA Uster**  
131 residential buildings  
Waste water + technical storage

**Freilager Albisrieden**  
140'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Waste heat + underground storage

**Greencity**  
170'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Waste heat + underground storage

**Energieverbund Zug**  
350'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Lake and underground water

**Suurstoffi (Rotkreuz)**  
132'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Waste heat + solar panels +  
underground storage

**CAD La Tour-De-Peilz**  
300 buildings (mixed)  
Lake water

**Genève Lac Nation**  
840'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Lake water

**Anergienetz Visp-West**  
160'000 m<sup>2</sup> (residential)  
Waste heat

**Anergienetz Brig-Glis-Naters**  
Residential buildings  
Waste heat + underground storage

**Wärmeverbund AMS**  
Mixed  
Waste water

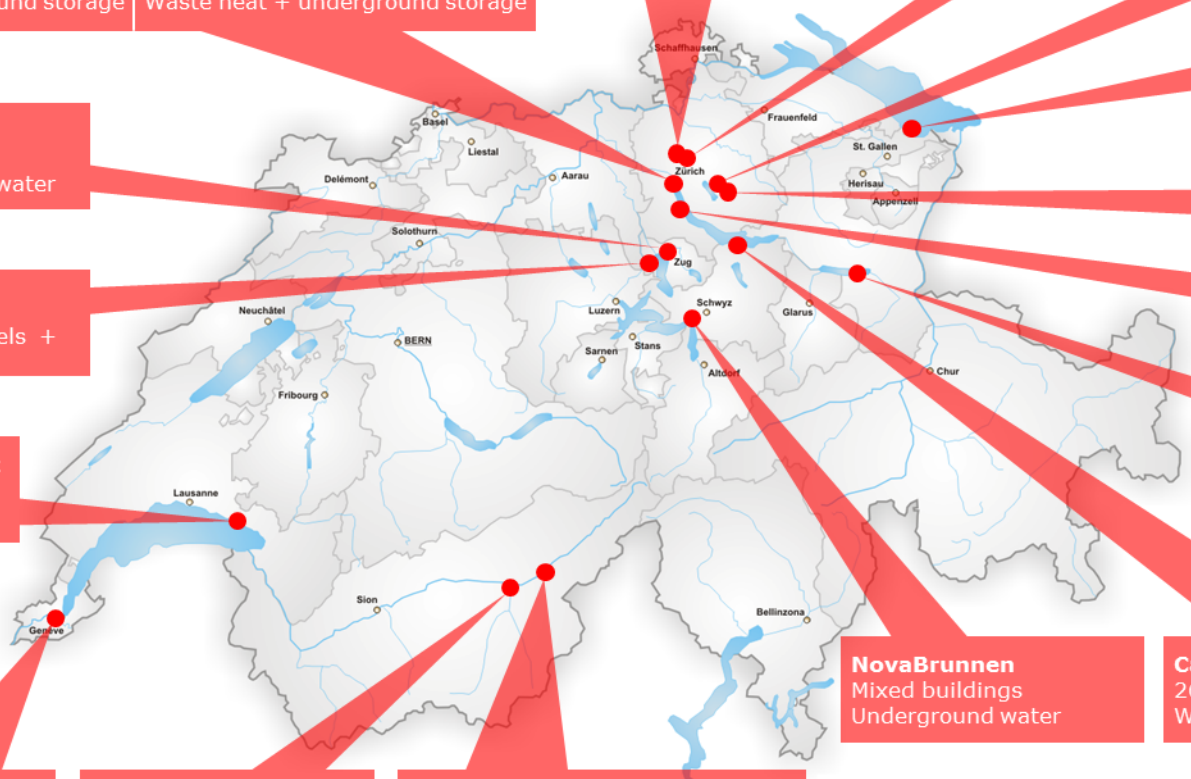
**Reichle de Massari (Wetzikon)**  
16'000 m<sup>2</sup> (mixed)  
Borehole heat exchangers

**ARA Wärmeverbund Adliswil**  
Residential buildings  
Waste water

**Resort Walensee (Unterterzen)**  
Residential buildings and hotel  
Waste heat

**NovaBrunnen**  
Mixed buildings  
Underground water

**Campus KSA – BBZP (Pfäffikon SZ)**  
26'000 m<sup>2</sup> (school)  
Waste heat + underground storage



## Réseau basse température avec stockage géothermique

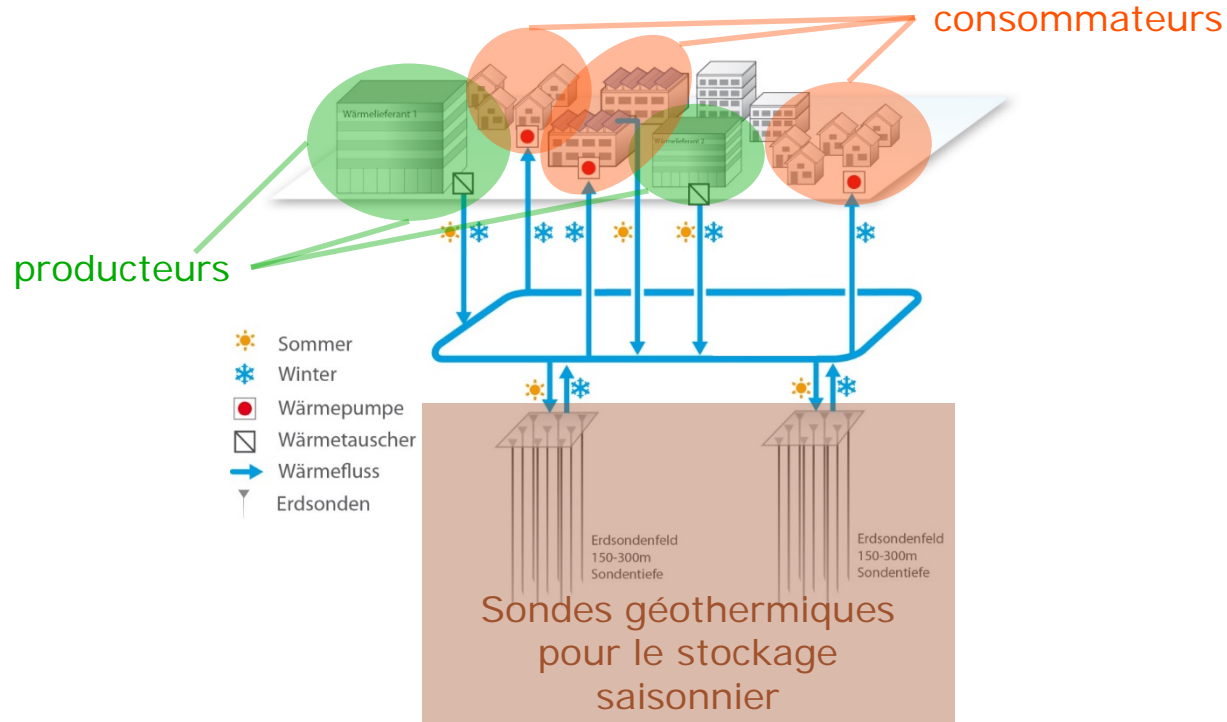


Figure source: Amstein+Walthert AG, 2014

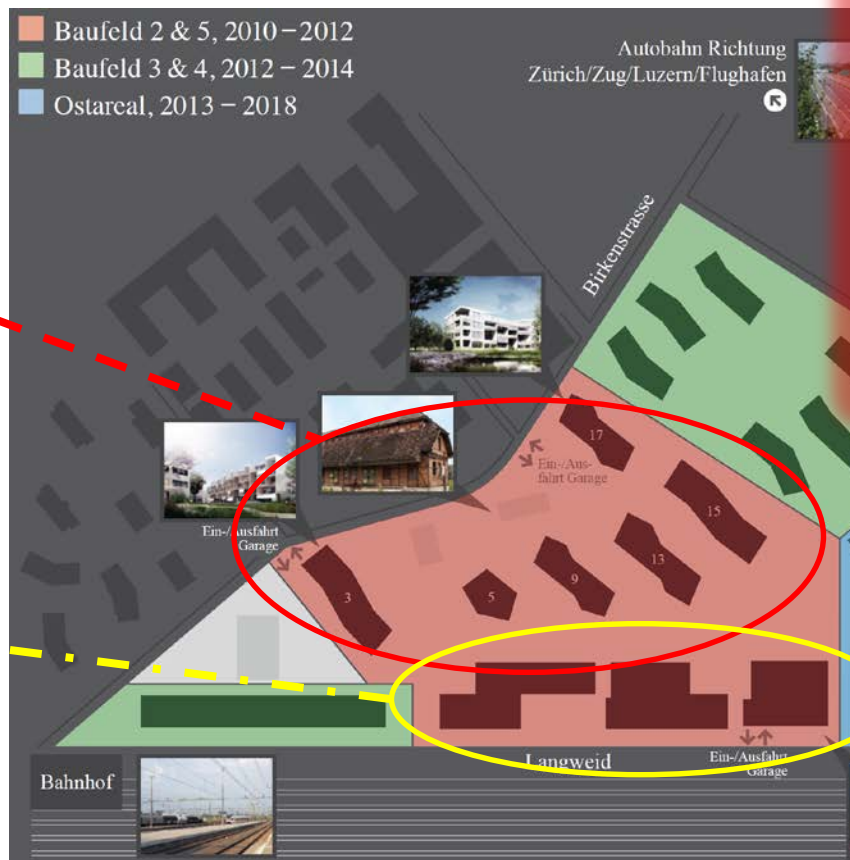
## Pourquoi «Suurstoffi» ?

Vision «Zero-Zero» de Zug Estates:

- ✓ Portfolio neutre en CO<sub>2</sub> et énergie
- ✓ Le quartier Suurstoffi comme projet pilote pour la réalisation de cette vision
- ✓ Quartier à usage mixte (logements, bureaux, fitness, restauration, école.....) selon les principes de la Société à 2000-Watt
- ✓ La voie vers l'efficacité énergétique selon la SIA 2040 comme base de calcul pour la prise en compte globale de l'énergie d'exploitation, l'énergie grise et la mobilité
- ✓ Réalisation en étapes de 2012-2020
- ✓ Etat final: 165'000 m<sup>2</sup> (1500 habitants, 2000 étudiants et plus de 2500 places de travail)



## Le quartier «Suurstoffi»



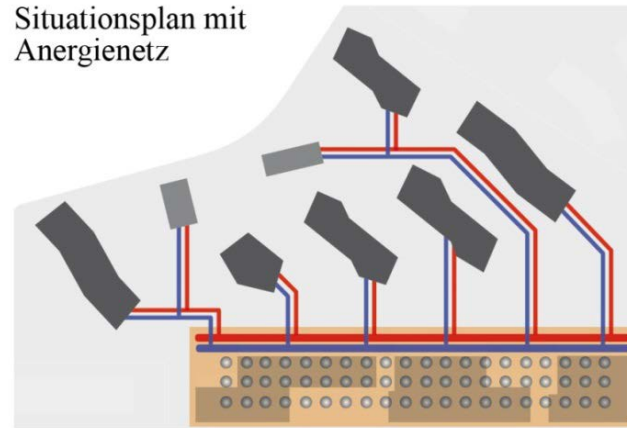
**Baufeld 2:**  
19'540 m<sup>2</sup> SRE

En exploitation depuis 2012

**Baufeld 5:**  
27'250 m<sup>2</sup> SRE

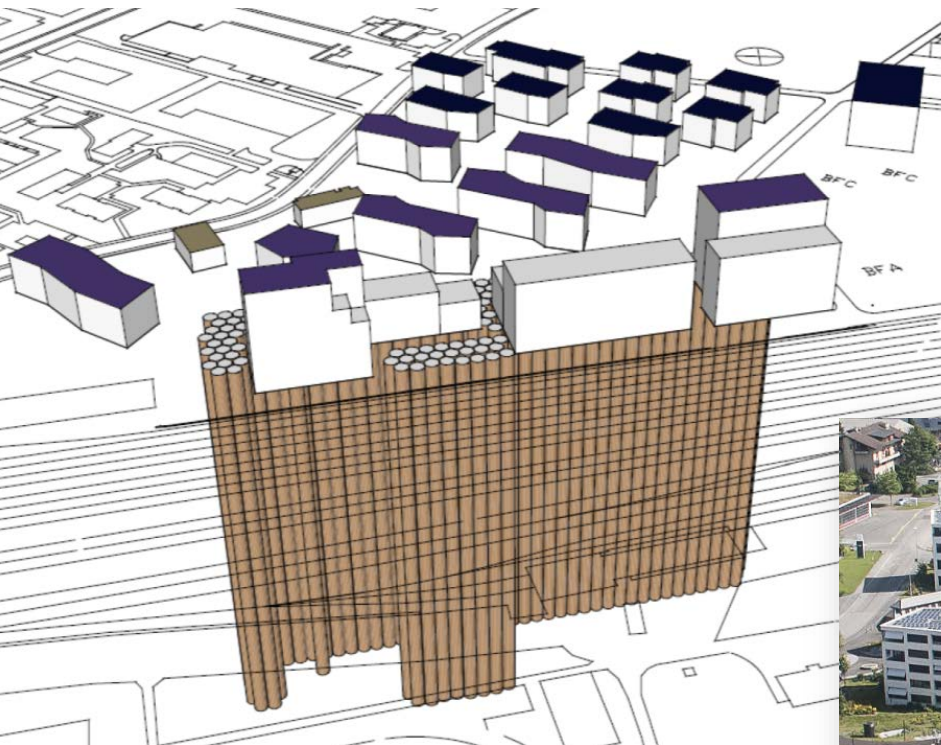
En exploitation depuis 2013

### Situationsplan mit Anergienetz



Erdsondenfeld (220 Sonden)

## Concept énergétique



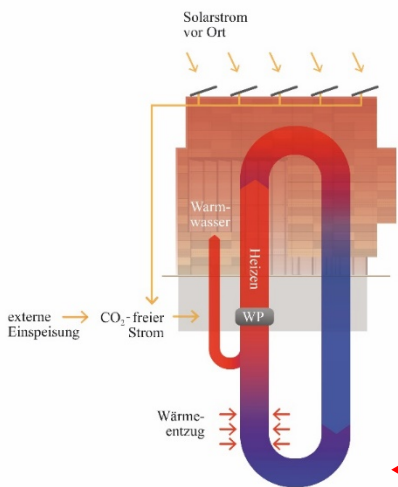
- Réseau basse température (8-18°C) avec stockage saisonnier (sondes géothermiques: 250 à 150m + 531 à 200m)
- PAC décentralisées pour le chauffage et l'ECS
- Freecooling en été et réinjection de la récupération de chaleur dans le réseau pour la régénération du stockage géothermique



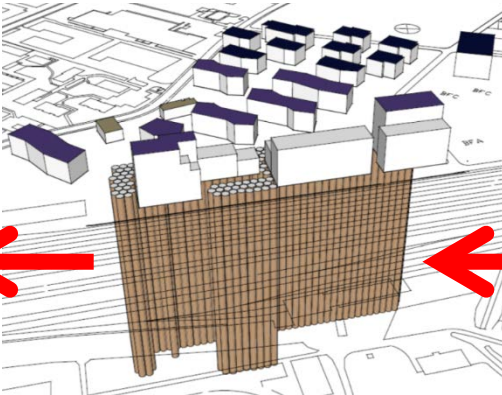


## Régénération saisonnière

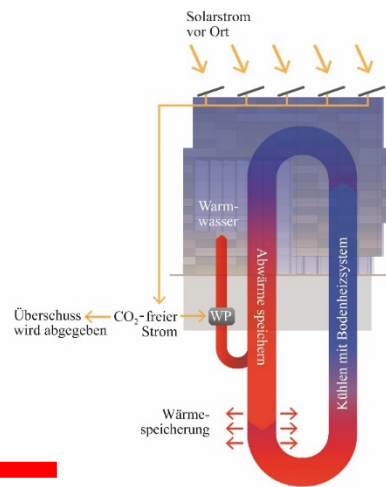
Winter



Chaleur  
soutirée par  
les PAC

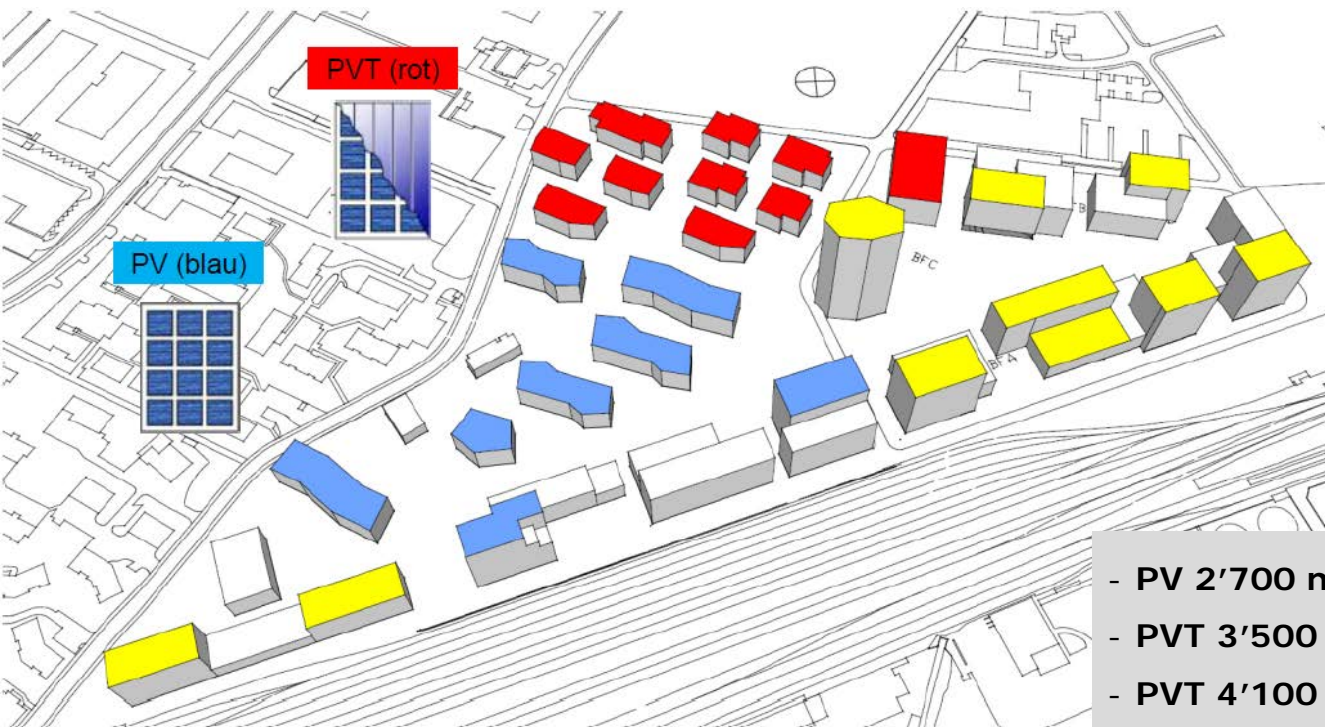


Sommer



Réinjection de  
chaleur  
récupérée du  
freecooling

## Intégration solaire



- PV pour l'électricité d'exploitation
- Ajout de panneaux solaires hybrides (PVT) depuis 2014

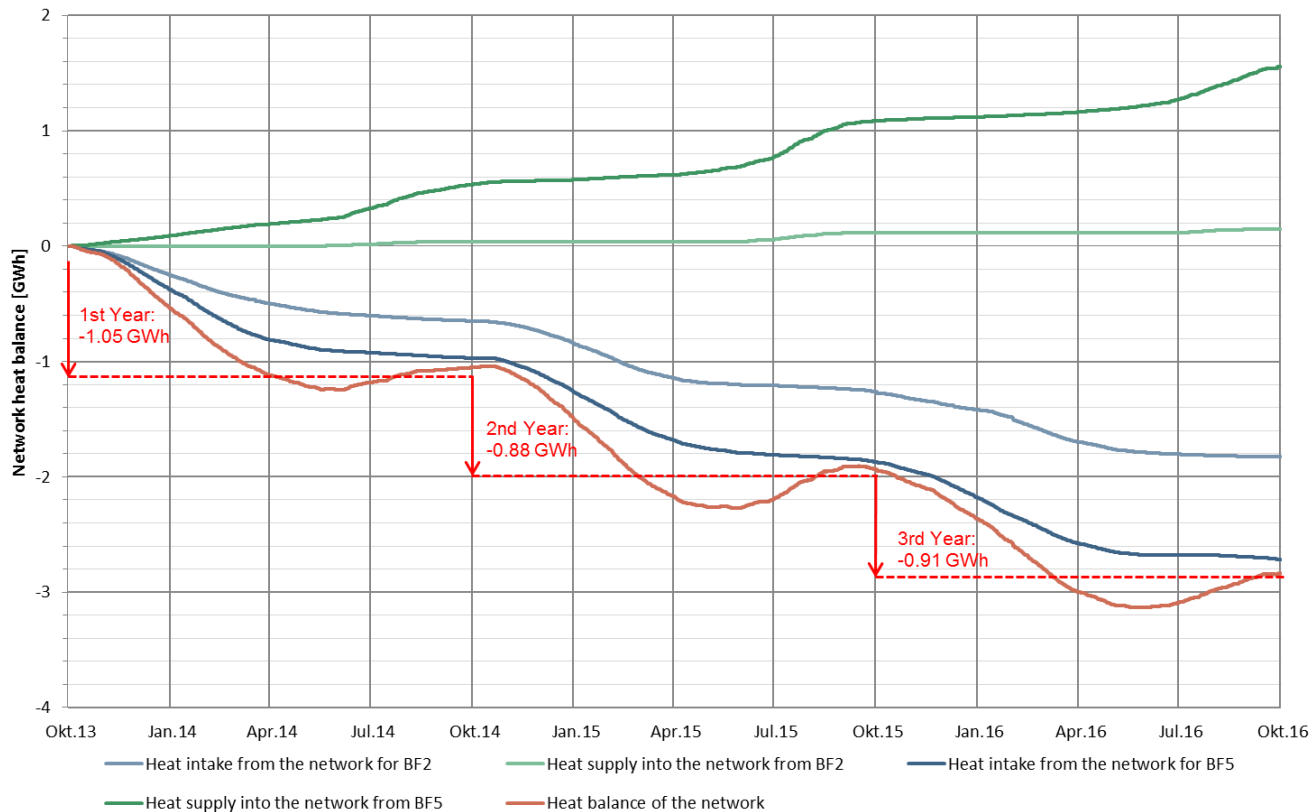
- PV 2'700 m<sup>2</sup> (bleu)
- PVT 3'500 m<sup>2</sup> (rouge)
- PVT 4'100 m<sup>2</sup> (jaune -> estimé)

## Pourquoi un monitoring?

- Mandat de 5 ans (2012-2017) financé par Zug Estates et l'OFEN (P&D) pour l'analyse du monitoring
- Plus de 300 points de mesures avec une résolution de 15 minutes
- But du monitoring:
  - ✓ Contrôle du stockage géothermique, notamment de la régénération
  - ✓ Récouter des valeurs réelles sur un réseau basse température
  - ✓ Calcul de l'efficacité globale
  - ✓ Identifier des potentiels d'optimisation énergétique
  - ✓ Quantifier le performance gap et l'influence des utilisateurs
  - ✓ Gagner de l'expérience avec le monitoring énergétique



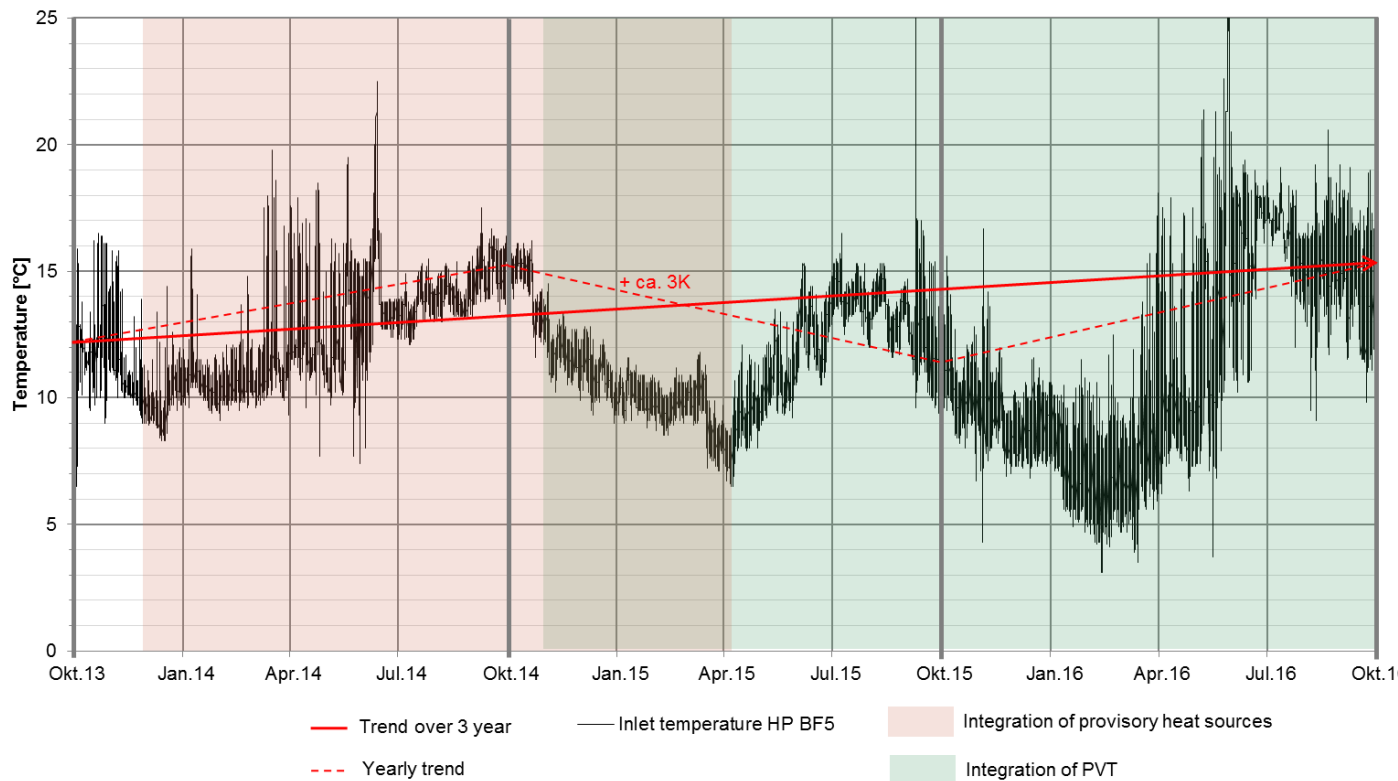
## Bilan thermique sur les 3 premières années d'exploitation du réseau (sans l'intégration des sources de chaleur provisoires et PVT)



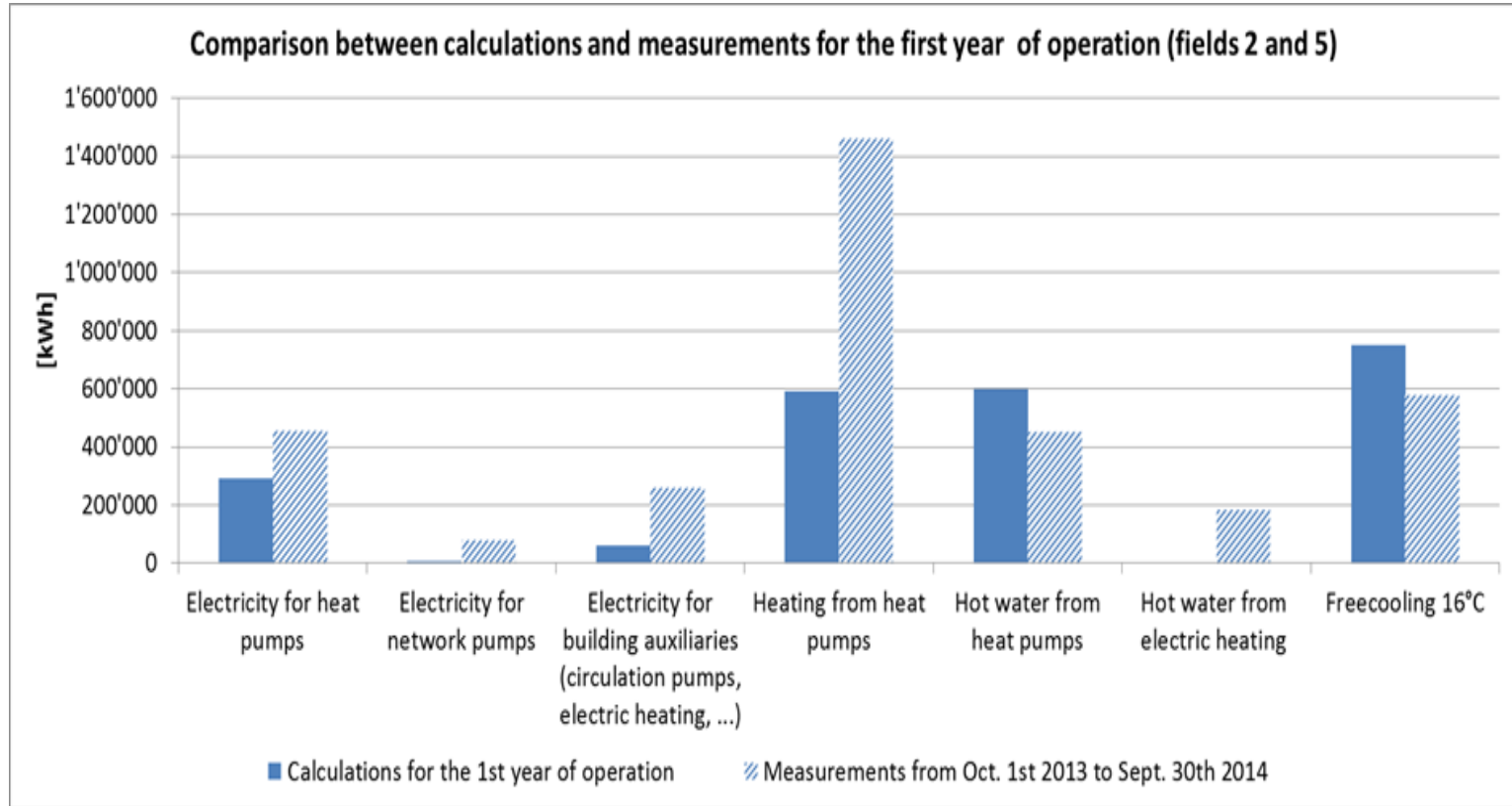
## Résultats

- Bilan thermique: Besoin de chaleur >> Récupération de chaleur du freecooling
- Le stockage géothermique n'a pas pu se régénérer complètement durant les premières années d'exploitation
- Refroidissement du stockage de environ 0.6K durant la première année
- Il manque 1 GWh/a pour équilibrer le bilan thermique entre la chaleur soutirée par les PAC et la chaleur réinjectée provenant du freecooling
- Des mesures provisoires (chauffage à pellets et résistances électriques) ont dû être mises en œuvre
- ... et ont été remplacées par des mesures définitives: PVT et PAC réversible
- Depuis lors, la température du stockage géothermique s'est stabilisée

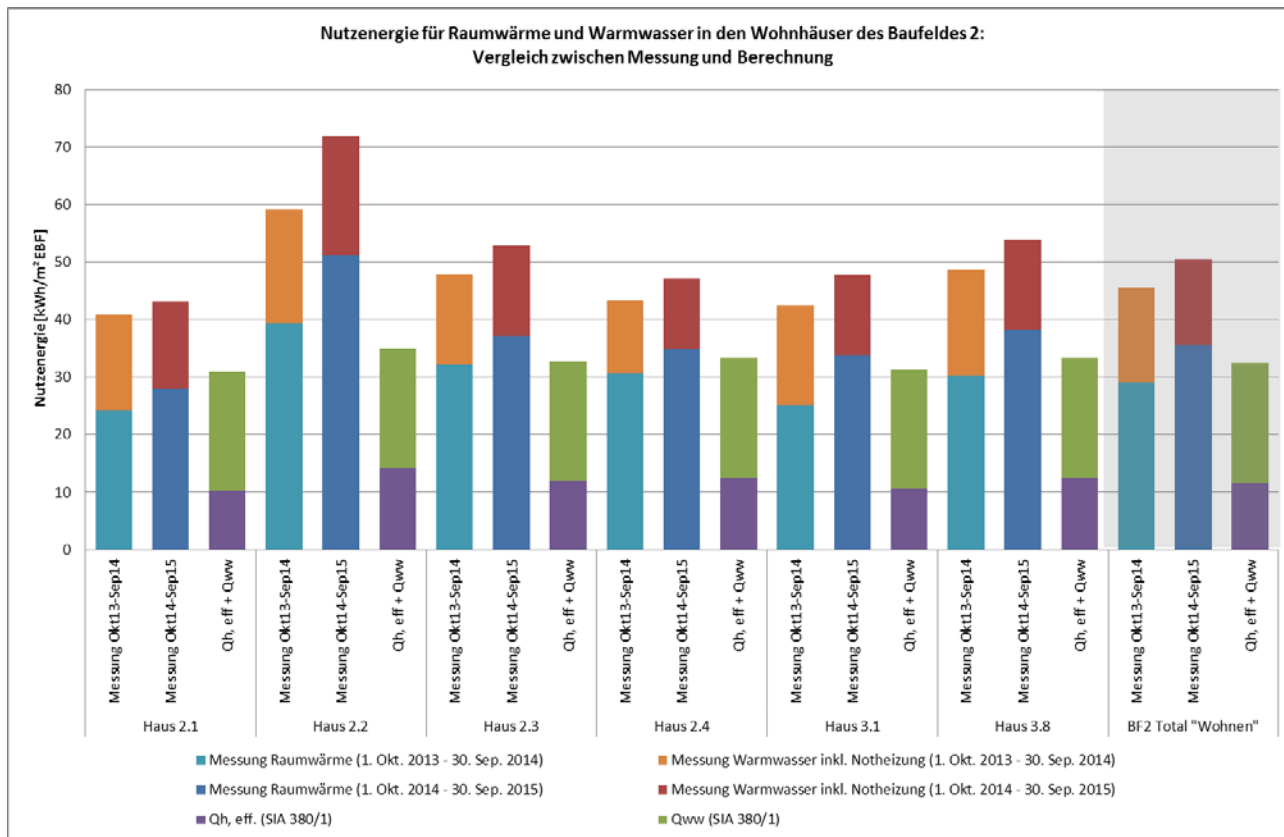
## Measured water temperature of the network over 3 years (at evaporator inlet of heat pump BF5)



## Comparaison entre les calculs et les mesures

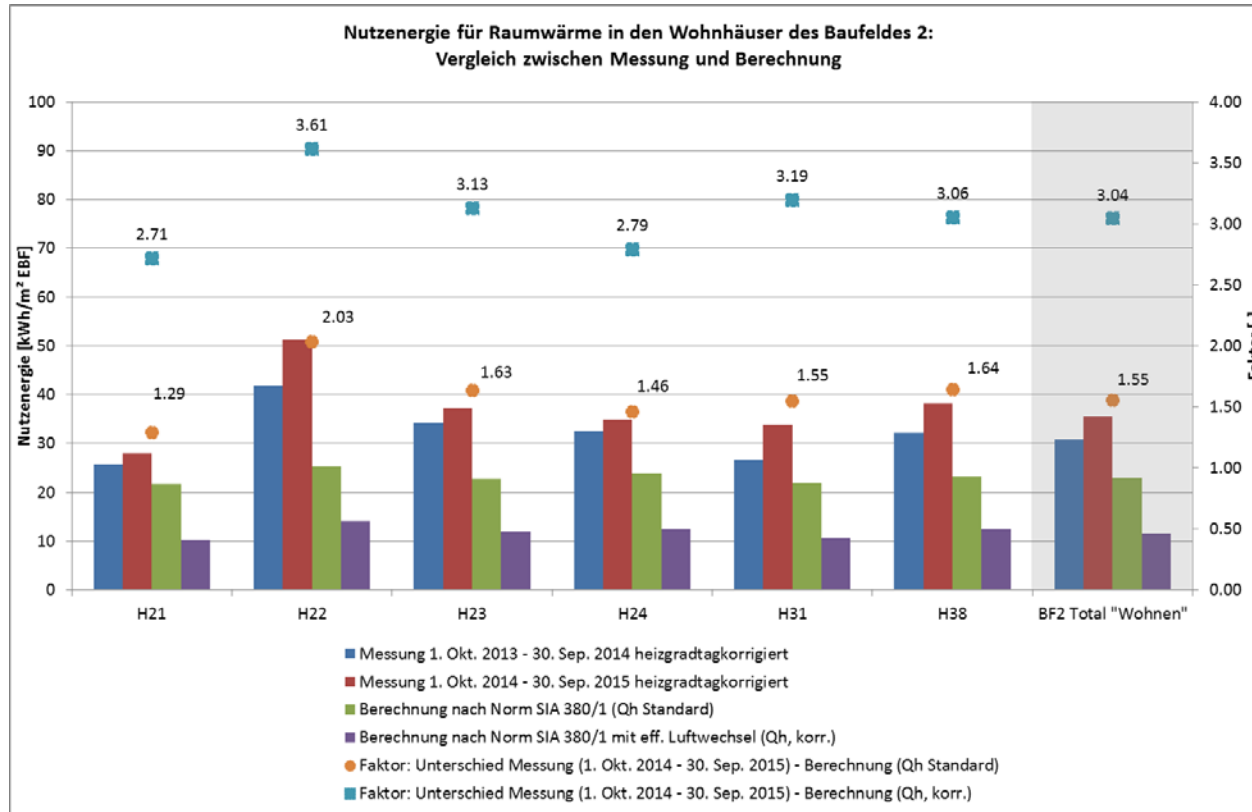


## Comparaison entre la SIA 380/1 et les mesures

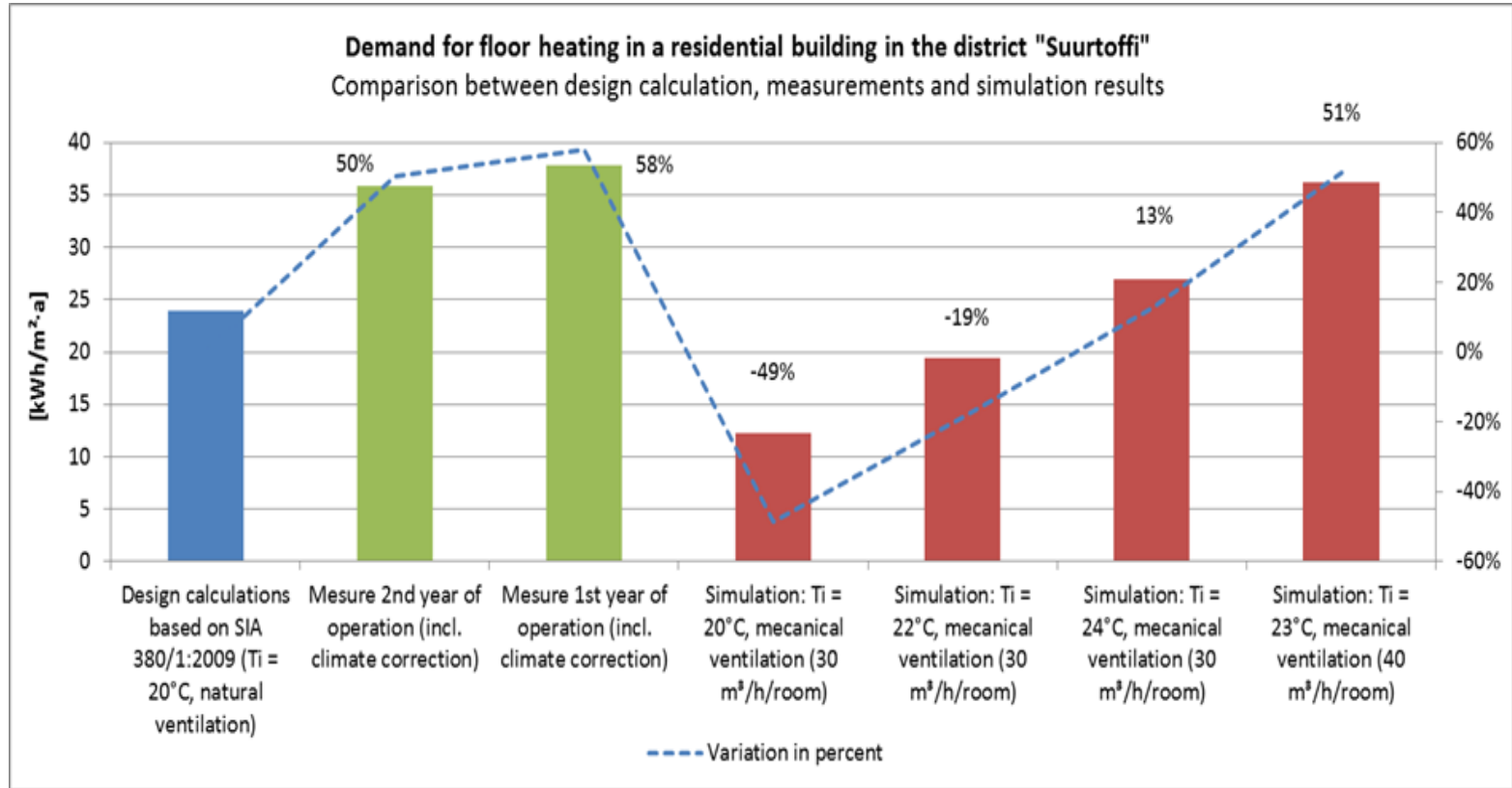




## «Performance gap»



## Reconstruction du "performance gap" avec des simulations thermiques

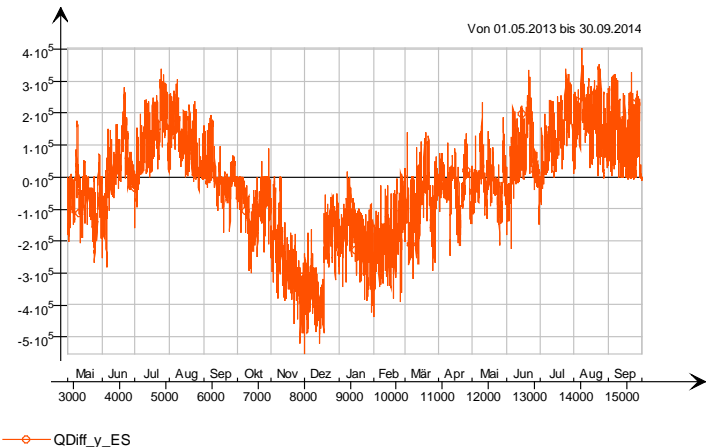
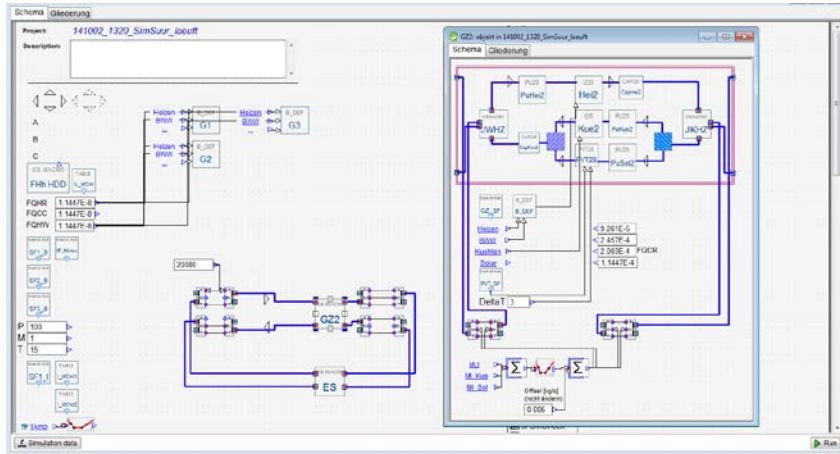


## Pourquoi un «performance gap» ?

- Température moyenne mesurée autour de 23°C (le besoin de chaleur augmente de 6-10% par °C)
- Fenêtres en imposte durant toute la période de chauffage
- Pertes à travers le système de ventilation mécanique: efficacité de la ventilation, débit d'air plus élevé que nécessaire, fonctionnement 24h/24 etc.
- Absences durant la semaine -> stores fermés malgré le beau temps -> pas de gains solaires passifs en hiver
- Appareils électroménagers modernes produisant moins de gains internes
- Logements partiellement occupés
- Manque d'informations aux utilisateurs!

## Compréhension détaillée à l'aide de simulations

- Des simulations thermiques dynamiques ont été effectuées pour reconstruire le performance gap
- Afin de vérifier si le bilan thermique sera équilibré pour les étapes de construction ultérieures, l'ensemble du quartier avec le réseau a été modélisé et simulé
- Les données du monitoring ont permis de calibrer les modèles et ont été extrapolées à l'ensemble du quartier pour servir de base pour les modèles

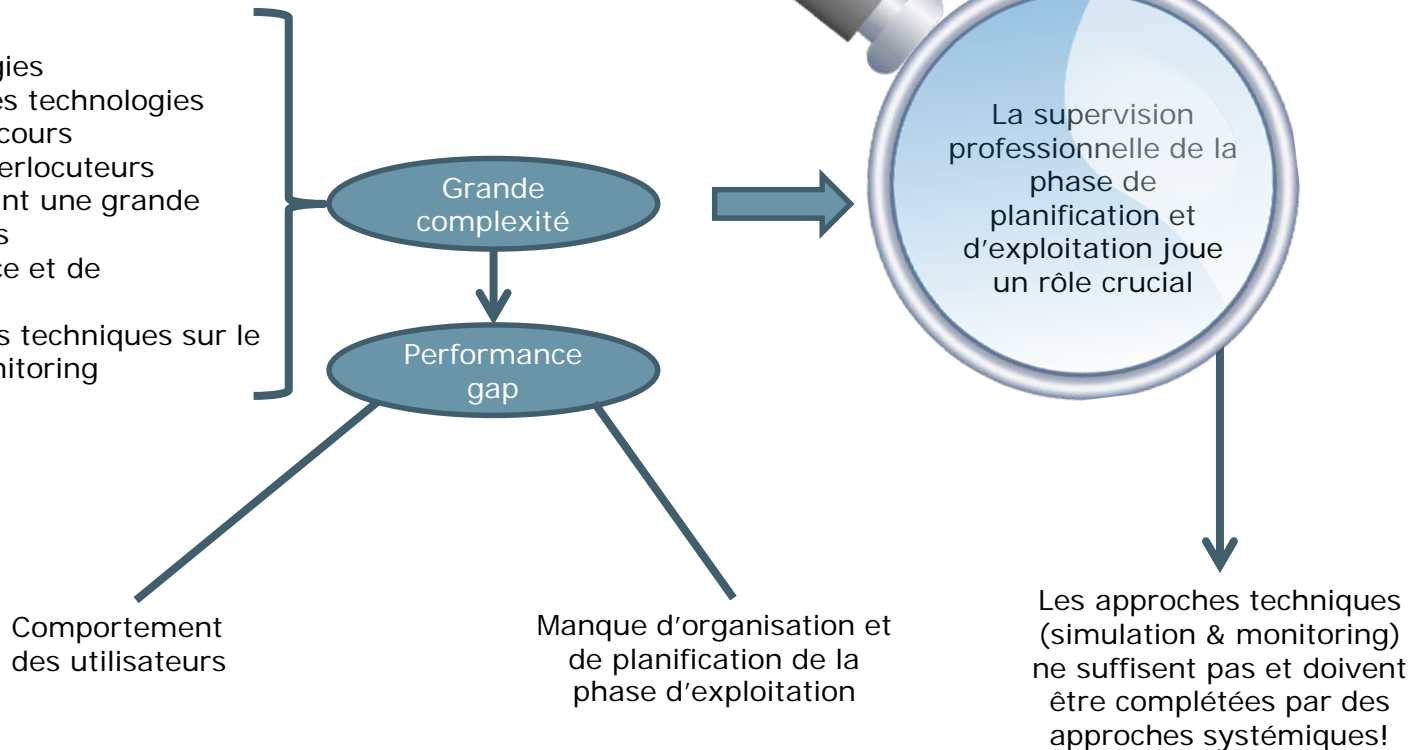


## Conclusions

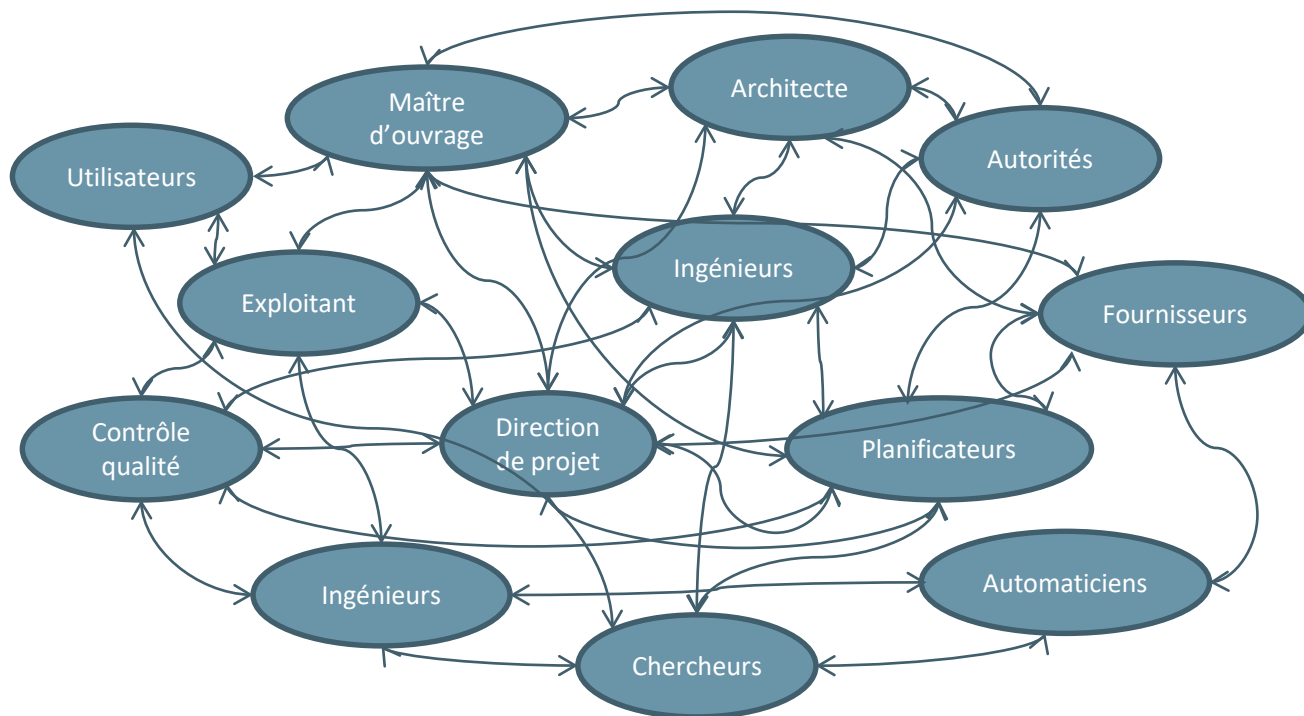
- Les avantages du monitoring énergétique dans l'exemple de «Surstoffi» ont pu être démontrés:
  - ✓ Les mesures ont pu être comparées avec les calculs de planifications pour identifier d'éventuelles «erreurs»
  - ✓ Le performance gap a pu être identifié à temps et des mesures ont pu être mises en œuvre pour le réduire
  - ✓ Les données réelles tirées des mesures ont été utilisées comme base pour la planification des étapes de construction ultérieures afin de réduire le performance gap
  - ✓ Une base de donnée et un benchmarking ont pu être établis afin d'être utilisés pour des projets futurs dans le domaine des réseaux à basse température
  - ✓ Un modèle de simulation thermique dynamique détaillé du réseau a pu être calibré avec des données réelles

## Leçons à tirer de l'exemple de "Suurstoffi"

- ❑ Grand projet
- ❑ Nouvelles technologies
- ❑ Interdépendance des technologies
- ❑ Développement en cours
- ❑ Grand nombre d'interlocuteurs
- ❑ Monitoring produisant une grande quantité de données
- ❑ Manque d'expérience et de compétences
- ❑ Manque de solutions techniques sur le marché pour le monitoring



## La communication et l'organisation en tant qu'éléments clés de l'approche systémique...



### Approche systémique:

- Définition précise des objectifs
- Définition des rôles des acteurs
- Chaîne de responsabilité
- Etablir un processus d'évaluation
- Méthode adaptable aux changements
- Garantir une bonne communication et flux d'information, en particulier jusqu'aux utilisateurs!



sccer | future energy efficient  
buildings & districts

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur



## Merci pour votre attention!

Rapport final (en allemand):

<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=33479>

*Acknowledgements:*

This research has been financially supported by Zug Estates, the Swiss Federal Office of Energy and the Energy Funding Programme of CTI within the SCCER FEEB&D.

Further information at [www.sccer-feebe.ch](http://www.sccer-feebe.ch)



ETH zürich

Luzern University of  
Applied Sciences and Arts  
**HOCHSCHULE  
LUZERN**  
Engineering and Architecture  
FH Kanton Luzern

n|w Fachhochschule  
Nordwestschweiz



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