

FORMATION BATIMENT DURABLE

RÉGULATION DES BÂTIMENTS

PRINTEMPS 2025

Audit énergétique et régulation des bâtiments
Un chemin vers l'optimisation des systèmes existants

Christophe HICK



- ▶ Sensibiliser sur l'importance d'analyser et d'optimiser le fonctionnement des installations existantes :
 - Analyses lors de visites sur site
 - Fonctionnement **à un instant T**
 - Analyses via les GTC
 - Fonctionnement **continu historique**
- ▶ Donner quelques exemples de dysfonctionnements identifiés et **de travaux possibles** ⇔ **Retour d'expérience**
 - Les travaux identifiés ne sont pas nécessairement ceux permettant d'atteindre un fonctionnement optimal. **Plusieurs solutions sont possibles !**
- ▶ Illustrer les économies générées avec ces différents travaux - suivi énergétique

INTRODUCTION

- ▶ **Présentation du bureau Greisch**

- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R

INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ **Contexte réglementaire**

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R

La nouvelle directive PEB sur la performance énergétique des bâtiments (24/04/2024) ... obligations prévues entre 2025...2030

En cas de nouvelle installation, remplacement et/ou modernisation d'un Système Technique de Bâtiment

Nouvelles obligations :

- ▶ 2026 : équilibrage hydraulique ;
- ▶ 2028..2030 : automatisation du contrôle de l'éclairage ;
- ▶ La mise en place d'un système « d'automation et de contrôle » sera obligatoire pour les STB :
 - À partir de 2025, pour les grands bâtiments tertiaires (> 270kW) ;
 - À partir de 2030, pour les autres (>70kWthermique).

Commissioning

Système « d'automation et de contrôle »

- ▶ Contrôle automatique ;
- ▶ Suivre, enregistrer, analyser et ajuster,
- ▶ Les consommations et de la qualité de l'ambiance intérieure
- ▶ Détecter et avertir

Monitoring & Commissioning

Pourquoi réguler une installation ?

Gains potentiels en **HVAC** en fonction du type de bâtiment.

- Source : NBN EN 15 232

Types de bâtiments non résidentiels	Facteurs d'efficacité de BAC globaux $f_{BAC,th}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible efficacité énergétique	Standard	Avancée	Performance énergétique élevée
Bureaux	1,51	1	0,80	0,70
Amphithéâtres	1,24	1	0,75	0,5 ^a
Bâtiments réservés à l'enseignement (écoles)	1,20	1	0,88	0,80
Hôpitaux	1,31	1	0,91	0,86
Hôtels	1,31	1	0,85	0,68
Restaurants	1,23	1	0,77	0,68
Bâtiments abritant des services de vente en grandes et petites surfaces	1,56	1	0,73	0,6 ^a
Autres types: - installations sportives; - stockage; - bâtiments industriels; - etc.		1		

^a Ces valeurs dépendent fortement de la demande de chauffe

Tableau 9 — Facteurs d'efficacité du système de GTB $f_{BAC,HC}$ – Bâtiments résidentiels

Types de bâtiments résidentiels	Facteurs d'efficacité de la GTB $f_{BAC,HC}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible efficacité énergétique	Normaux	Améliorés	Performance énergétique élevée
Habitations individuelles Immeubles d'appartements Autres bâtiments résidentiels	1,10	1	0,88	0,81



Pourquoi réguler une installation ?

Gains potentiels en **électricité** en fonction du type de bâtiment.

- Source : NBN EN 15 232

Tableau 10 — Facteurs d'efficacité du système de GTB $f_{BAC,el}$ – Bâtiments non résidentiels

Types de bâtiments non résidentiels	Facteurs d'efficacité de la GTB $f_{BAC,el}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible performance énergétique	Normaux	Améliorés	Performance énergétique élevée
Bureaux	1,10	1	0,93	0,87
Amphithéâtre	1,06	1	0,94	0,89
Bâtiments réservés à l'enseignement (écoles)	1,07	1	0,93	0,86
Hôpitaux	1,05	1	0,98	0,96
Hôtels	1,07	1	0,95	0,90
Restaurants	1,04	1	0,96	0,92
Bâtiments abritant des services de vente en grandes et en petites surfaces	1,08	1	0,95	0,91
Autres : - installations sportives - stockage - bâtiments industriels - etc.				

Tableau 11 — Facteurs d'efficacité du système de GTB $f_{BAC,el}$ – Bâtiments résidentiels

Types de bâtiments résidentiels	Facteurs d'efficacité de la GTB $f_{BAC,el}$			
	D	C (Référence)	B	A
	Faible performance énergétique	Normaux	Améliorés	Performance énergétique élevée
Habitations individuelles Immeubles d'appartements Autres bâtiments résidentiels	1,08	1	0,93	0,92



INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ **Présentation générale**
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

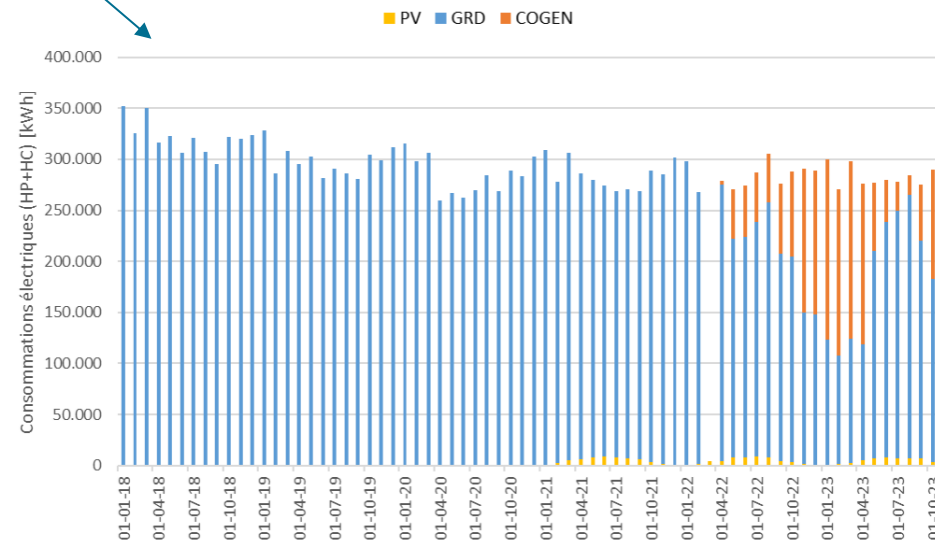
CONCLUSION ET Q&R

Site n°1 – Hôpital

Caractéristiques du bâtiment :

- ▶ 26 000 m² chauffés, 96 000 m³
- ▶ Affectation du bâtiment – Hôpital et Bureau

	Besoins	Consommations (GRD)
Gaz	2700 MWh	5000 MWh
Mazout	43 MWh	43 MWh
Électricité	3400 MWh	2100 MWh



Mission :

- ▶ Audit énergétique dans le cadre d'un plan de rénovation

Caractéristiques du site étudié

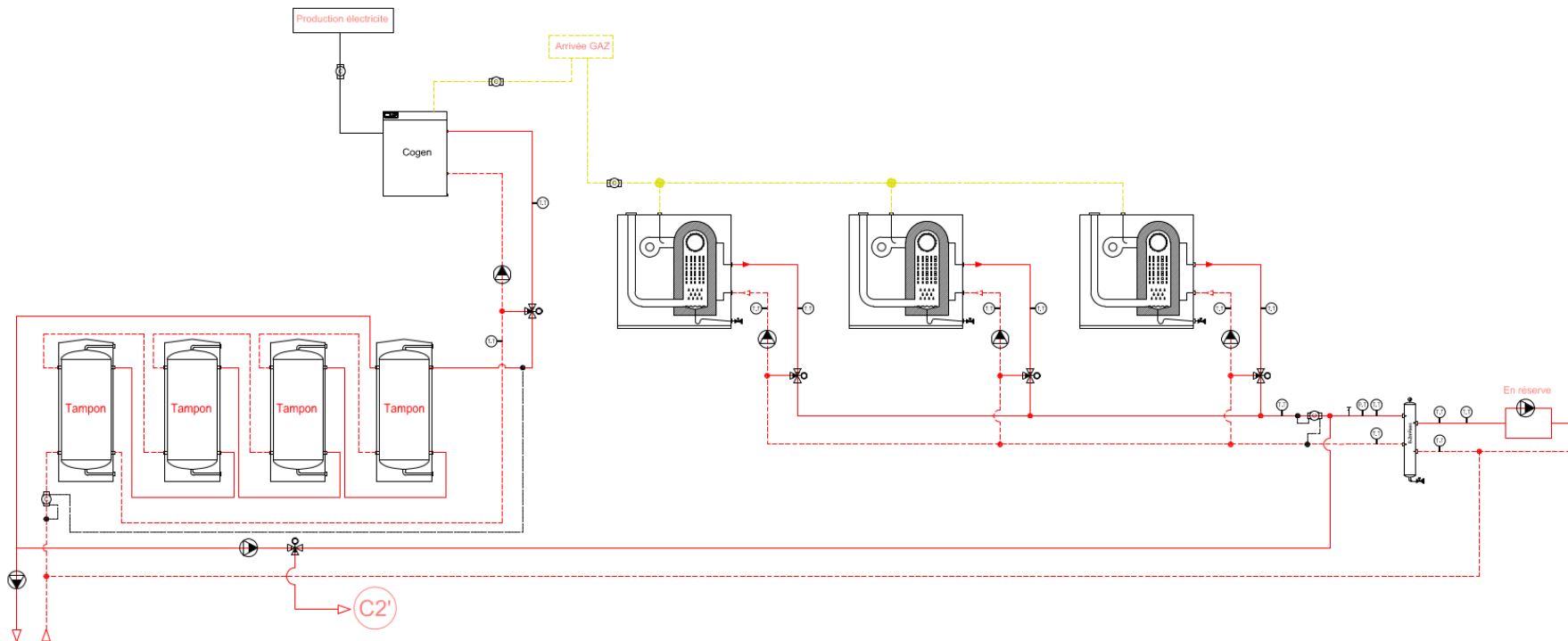
- ▶ Période de construction s'étalant de la fin du XIXe au début du XXe ⇔ mix de plusieurs technologies de production & d'émission.

⇒ **Ces systèmes doivent pouvoir fonctionner ensemble !**

Techniques du bâtiment :

- ▶ Production centralisée pour le chauffage & ECS :
 - Une cogénération **gaz** 390 kW_{th} & 260 kW_{el} (stockage de 4 * 5 000 L)
 - 3 chaudières **gaz** à condensation - Total de 3450 kW
- ▶ Production décentralisée pour une partie de l'ECS :
 - Une chaudière **mazout** (ECS uniquement)
- ▶ Froid - Plusieurs groupes frigorifiques
- ▶ Ventilation – CTA avec/sans batterie chaude/froide
- ▶ Fluides médicaux

NDB – Schémas de principe



Particularité :

- Le stockage COGEN alimente le collecteur principal, mais aussi directement le départ ECS

INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ Présentation générale
- ▶ **Analyse et propositions**

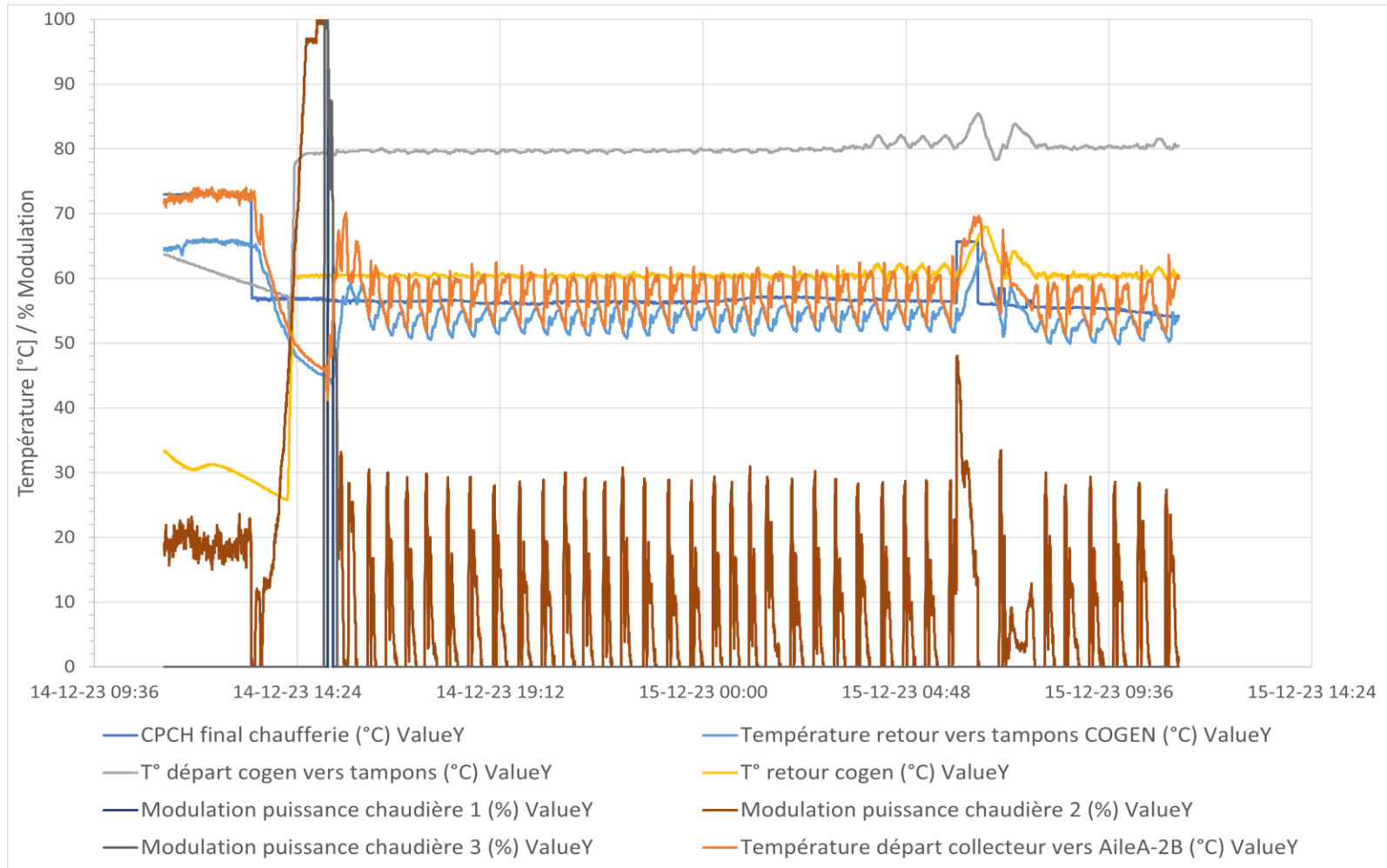
RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R

Fonctionnement de la cogénération et des chaudières gaz

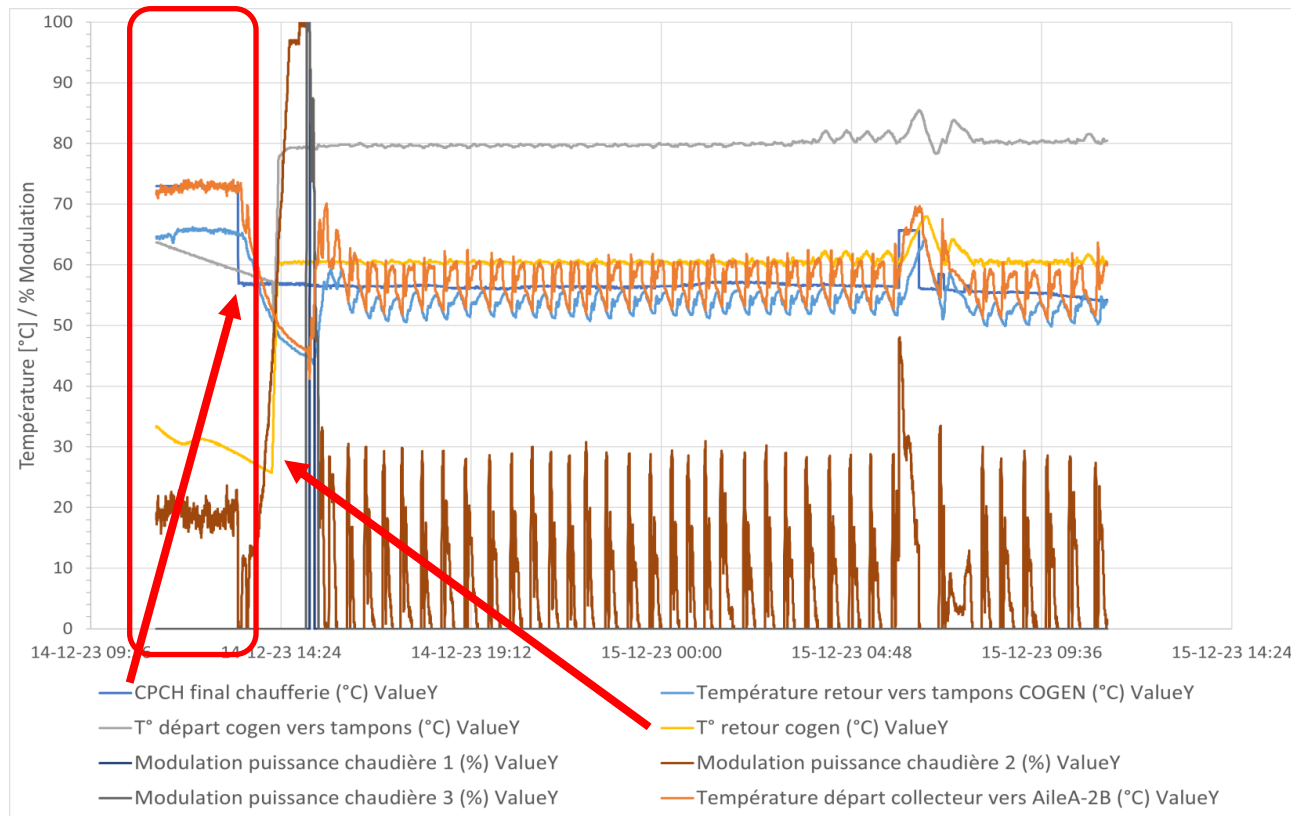
- Ci-dessous un fonctionnement récurrent constaté :



Fonctionnement de la cogénération et des chaudières gaz

- Priorité chaudière/cogénération non respectée

⇒ Analyser la régulation pour identifier les raisons de l'arrêt de la cogénération



Fonctionnement de la cogénération et des chaudières gaz

- Les trois chaudières s'enclenchent à la relance... pour ne fonctionner que quelques minutes !!

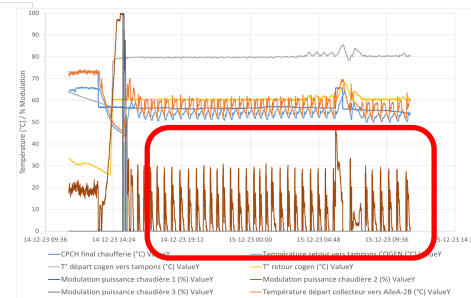
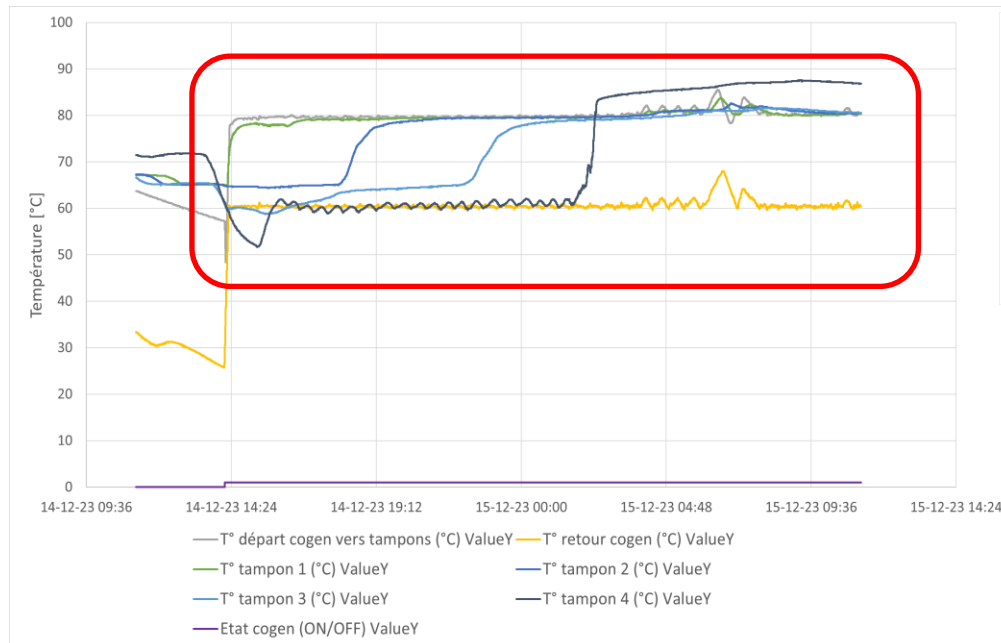
⇒ Pistes d'amélioration – Régulation à adapter



Fonctionnement de la cogénération et des chaudières gaz

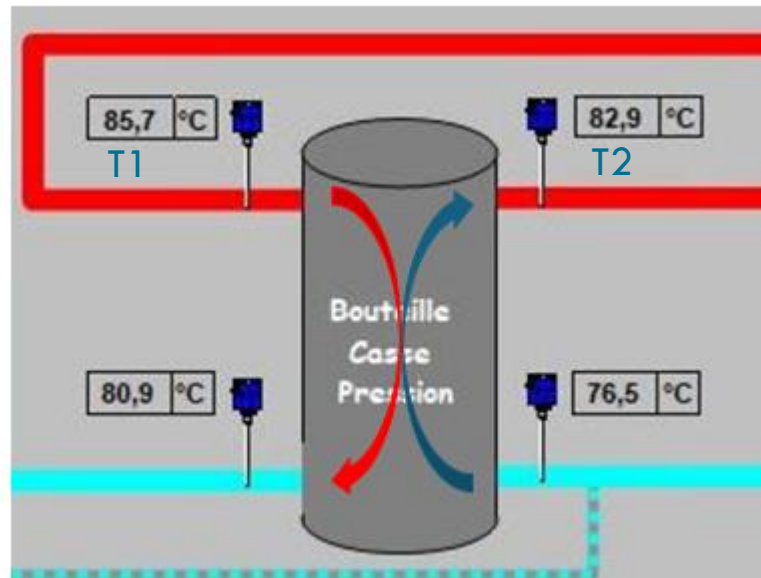
- Pertinence des démarrages chaudières et du fonctionnement ON/OFF de la chaudière gaz ?
 - De la chaleur était disponible et la température suffisante (> consigne)
- ⇔ **Cette énergie aurait pu être utilisée...** Mais débit insuffisant.

⇒ **Pistes d'amélioration – Prioritiser l'injection de la chaleur « Cogen » vers le circuit primaire**



Bouteille casse pression

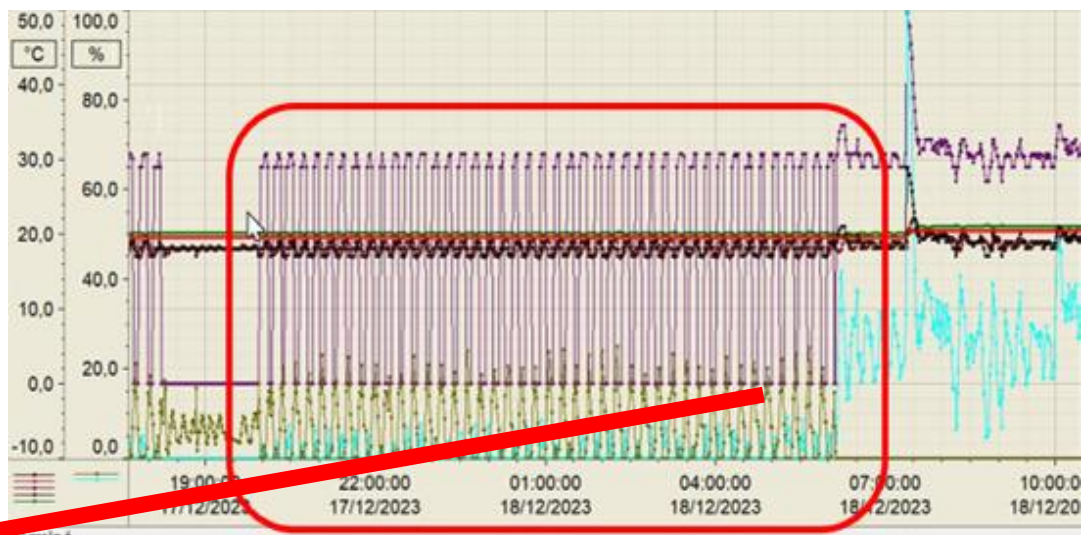
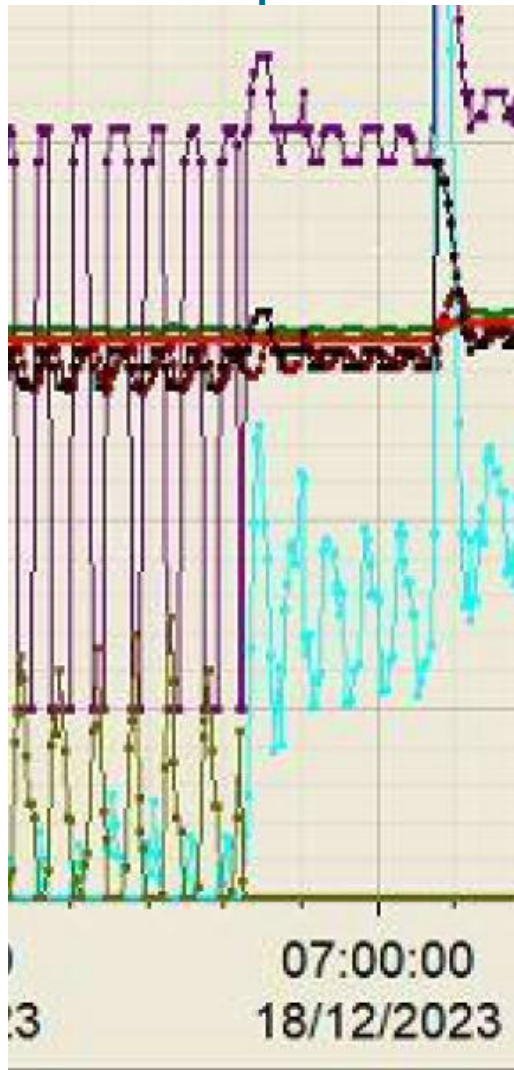
- On constate une recirculation interne.



- ⇔ Les producteurs récupèrent de l'eau chaude et doivent travailler à plus haute température.
 - ⇒ **Pistes d'amélioration – L'idéal serait de pouvoir moduler les débits (pour garder une petite recirculation côté froid, par exemple, $T2 = T1 - 1^{\circ}\text{C}$)**



GP salle d'opération - Batterie chaud/froid



- La V3V de la batterie chaude (en vert) et celle de la batterie froide s'ouvrent en alternance (en bleu) => **Destruction d'énergie.**

⇒ **Pistes d'amélioration – Si possible, augmenter/ajouter de l'hystérésis sur la température.**

- Autre code couleur : Mauve = CPCH GP & Pourpre/rouge = CPCP tmp



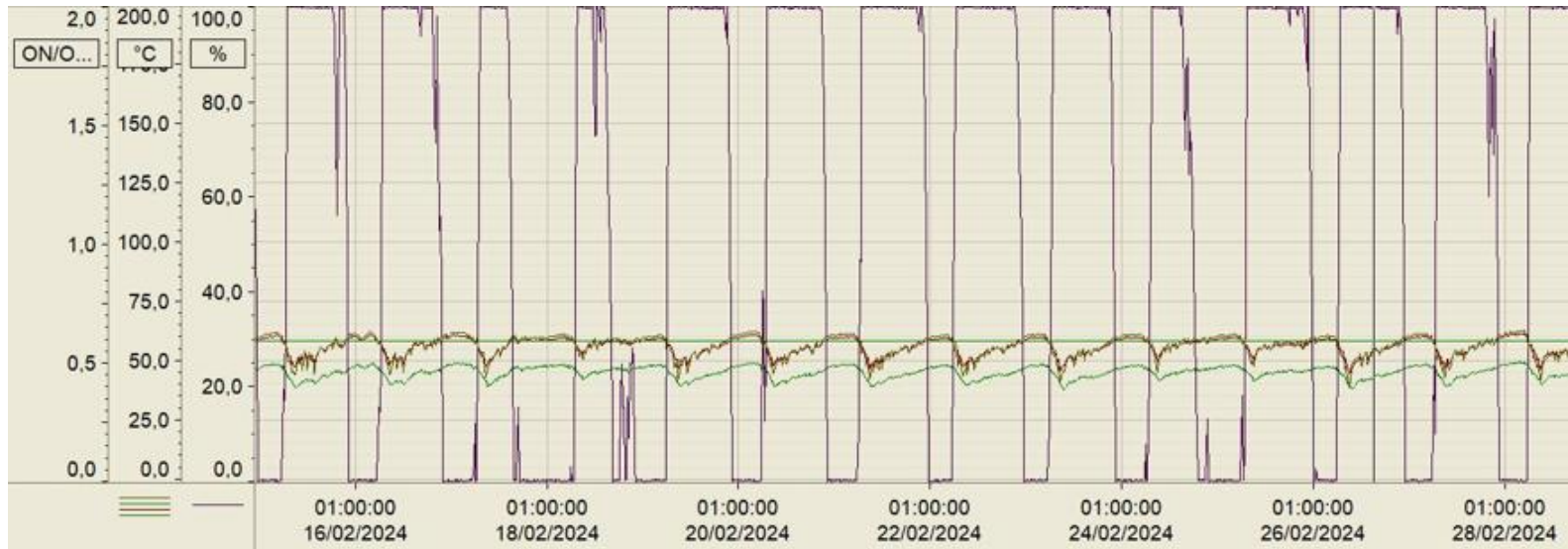
GP salle d'opération - Réduction des débits



- ▶ La modulation des variateurs des GP et GE permet de réduire les consommations électriques et thermiques.
- ▶ Réduction des débits **la nuit et le weekend**
 - Régulation non pertinente pour ce cas spécifique.

⇒ **Prévoir un ralenti, si souhaité, via réservation / bouton poussoir / ...**

Boiler et boucle ECS



- ▶ Code couleur :
 - Mauve – Position V3V
 - Brun/Vert – Température de départ/retour boucle ECS
- ▶ On constate :
 - Température de départ (/ballon) << consigne.
 - Température retour très faible.
 - ⇔ Manque de puissance.

V3V non fermée ?



- Code couleur :
 - Mauve – Modulation V3V
 - Vert - ON/OFF de la demande
 - Rouge - température départ circuit de chauffage
- Constatations :
 - La V3V semble laisser passer de l'eau
 - Tmp_départ >> Consigne.

Identification et gestion de la température de départ

Constatations:

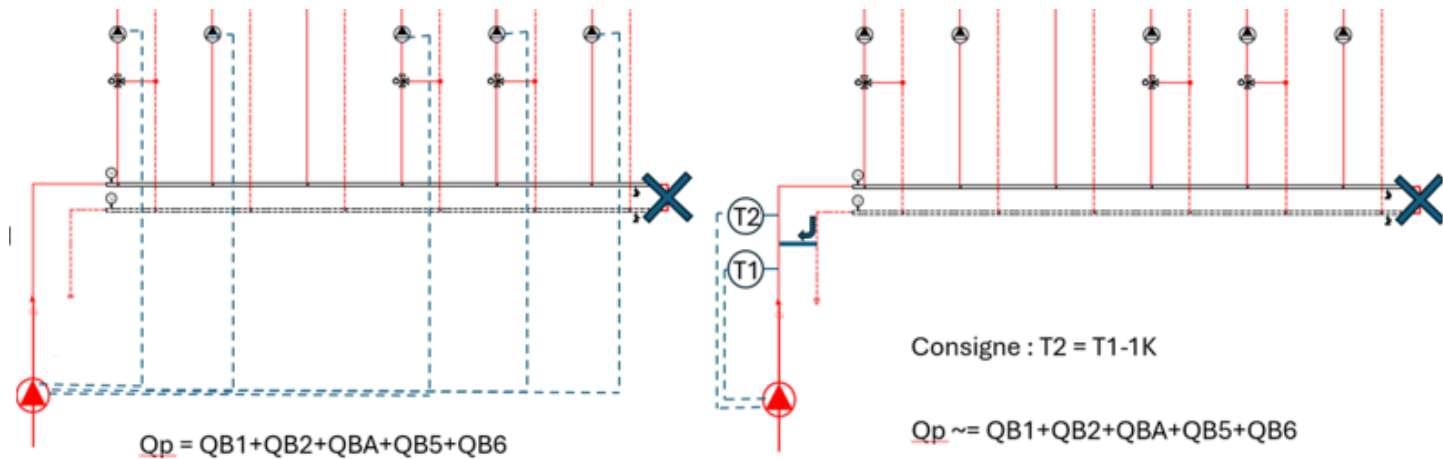
- ▶ Les consommations ont des besoins fort différents :
 - Haute température (+- 85°C) :
 - Production ECS & radiateurs (bâtiment du 19^e siècle)
 - Moyenne température :
 - Ventilation
 - Faible température (+- 40°C)
 - Les circuits alimentant les bâtiments récents.
- ▶ L'ensemble des consommateurs sont connectés sur le **même collecteur principal**.
- ▶ Peu de V3V & principalement des circulateurs à 3 vitesses => **bypass important des consommateurs** (boiler ECS, GP, ...).

Identification et gestion de la température de départ

- ⇒ Pistes d'amélioration – Création d'un collecteur Haute Température HT et Basse Température.

*Réduction des températures,
Retour HT utilisé comme départ BT,
Retour BT permettrait de condenser plus souvent.*

- ⇒ Pistes d'amélioration – Remplacer les circulateurs et adapter le collecteur. Par exemple :



INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

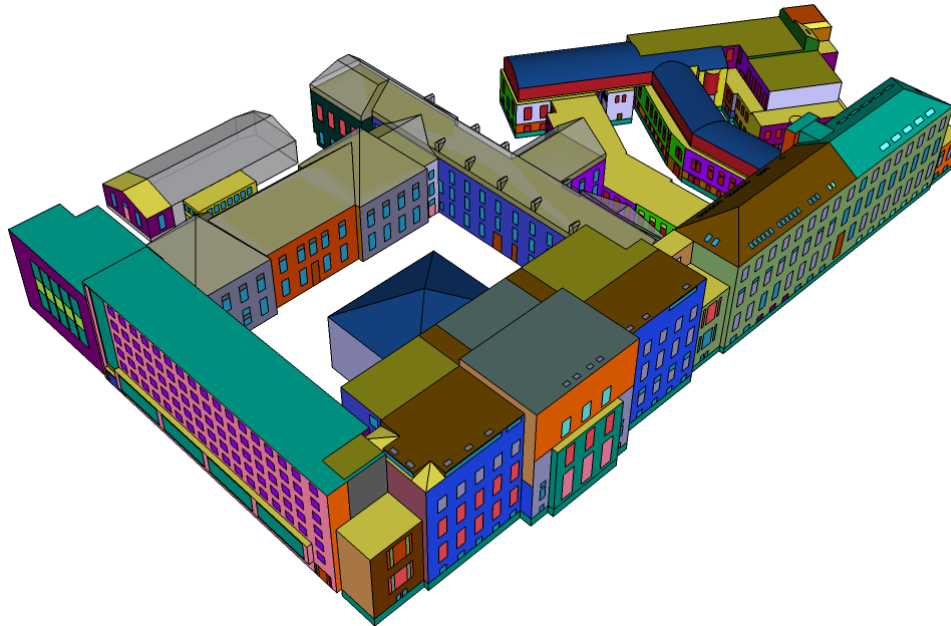
- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ **Présentation générale**
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R

Site n°2 – Établissement scolaire



Caractéristiques du bâtiment :

- ▶ 42 100 m²
- ▶ Affectation du bâtiment - Scolaire supérieur & bureaux
- ▶ Consommation énergétique
 - Gaz - 3 000 MWh pré-travaux
 - Électricité - 1 100 MWh

INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ **Analyse et propositions**
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R

Mission :

- ▶ Audit de la chaufferie & rénovation de celle-ci
- ▶ Audit énergétique du site (audit du bâtiment et de la chaufferie rénovée)
- ▶ Suivi énergétique

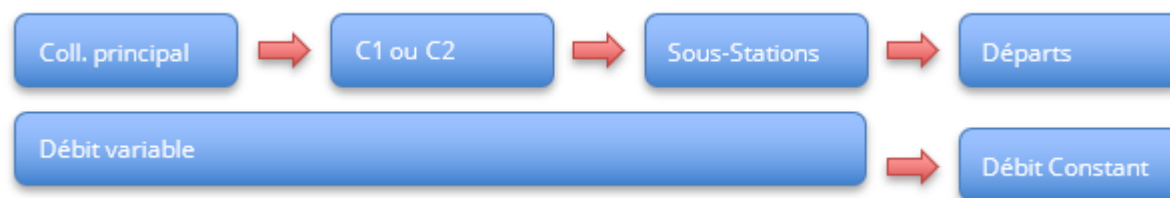
Particularités du site étudié

Techniques du bâtiment :

- ▶ Production centralisée pour le chauffage :
 - Historiquement 3 chaudières
 - À présent, deux chaudières **gaz** à condensation - Total de 2 700 kW
- ▶ Ventilation – CTA avec/sans batterie chaude ou froide.
 - Certains groupes ont des registres de recyclage & mesures CO2.
- ▶ Un peu de froid

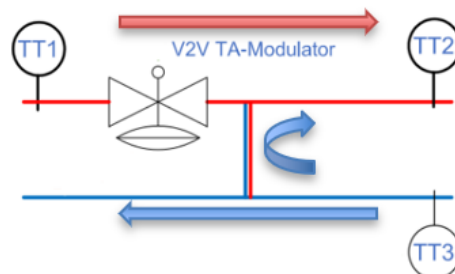
Rénovation hydraulique –Travaux proposés

- Recirculation au niveau de certains collecteurs secondaires => Retours chauds => Pas de condensation... Ce qui est souhaité avec les nouvelles chaudières
- Objectif : Travailler à débit variable autant que possible avec un investissement limité

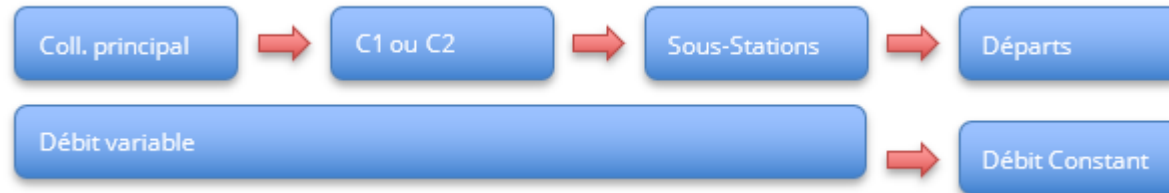


⇒ **Vannes TA installées aux collecteurs « secondaires » et rénovation du collecteur « chaufferie »**

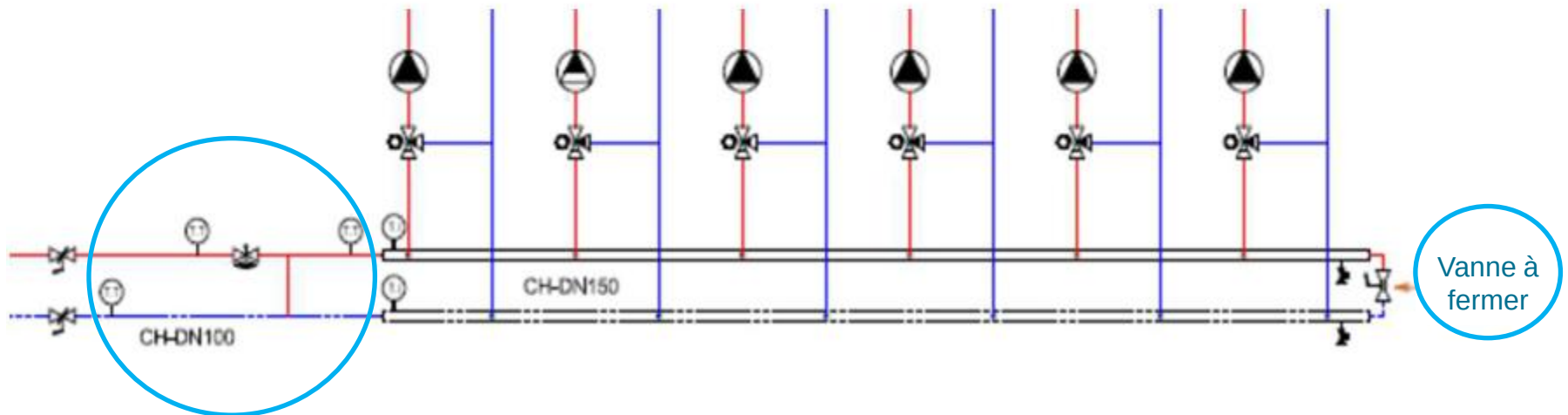
- Principe des vannes TA :



Rénovation hydraulique –Travaux proposés



Sous-Station A4.



INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

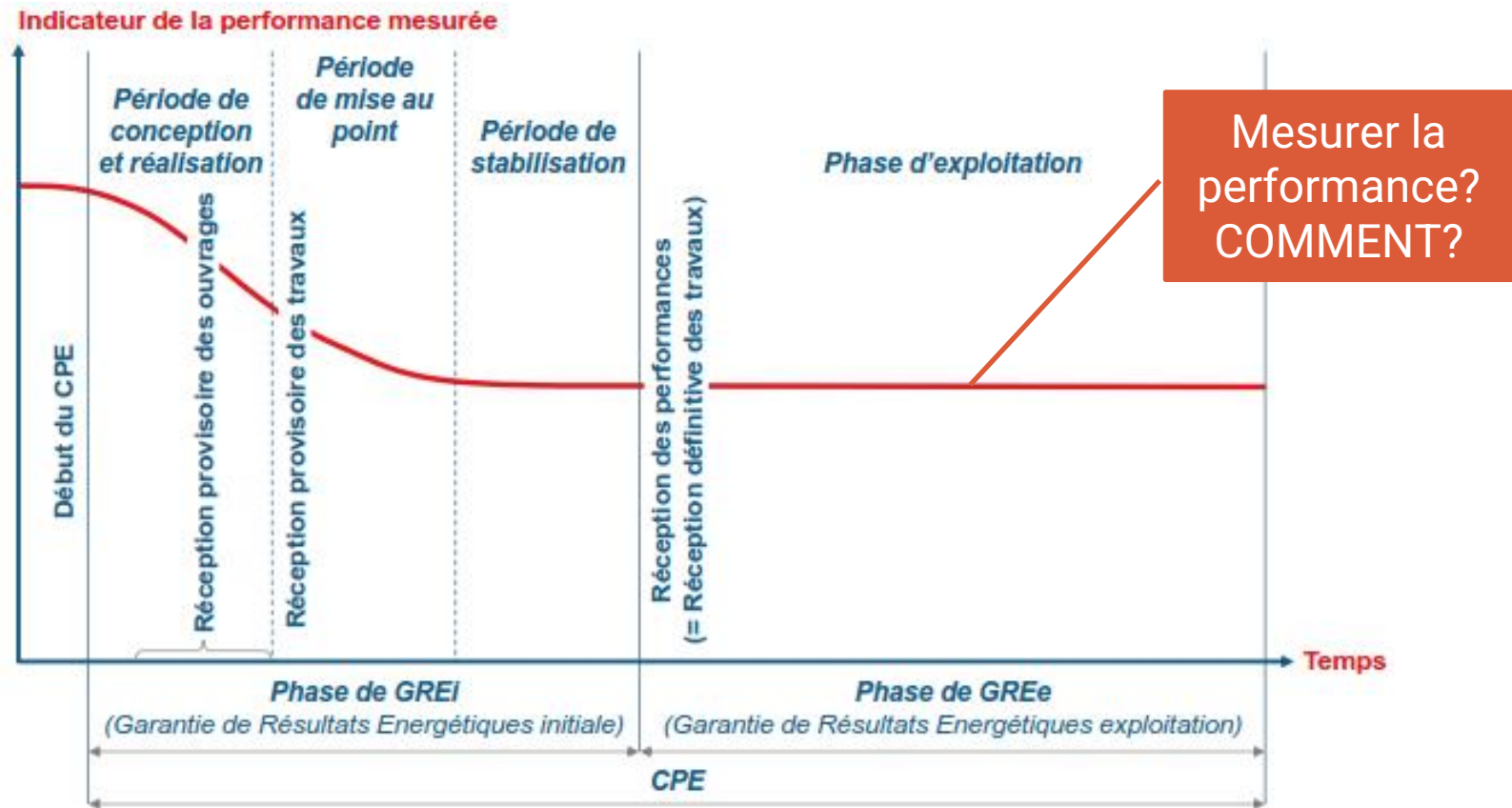
- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ **Protocole IPMVP**
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R

Objectif du protocole IPMVP



Source graphique : RENOWATT GRE Liège

Objectif du protocole IPMVP



Suivi d'une consommation =>OK!!!

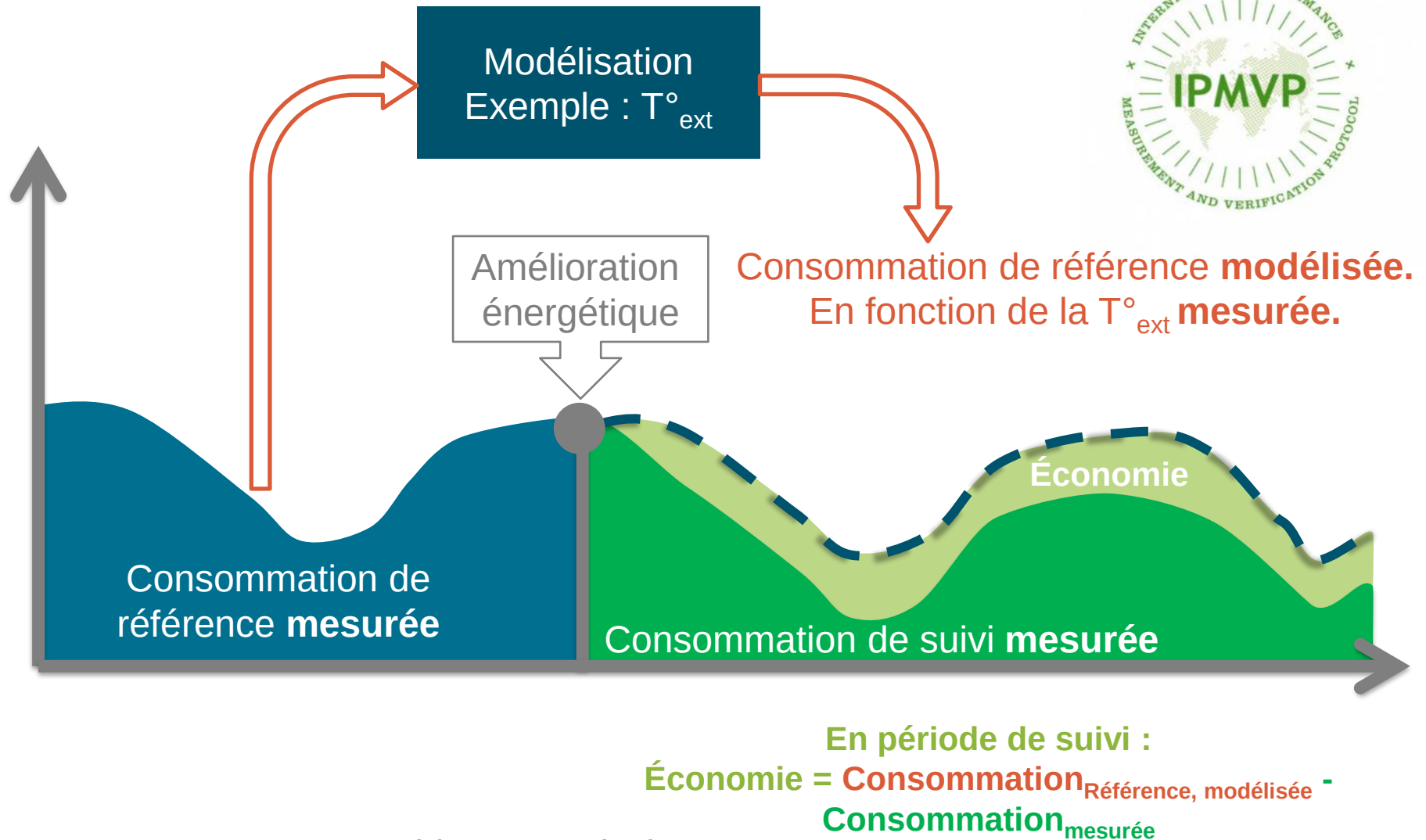
Mesurer la consommation

Vérification de la consommation par rapport à une référence (documentation suivant protocole IPMVP)



?!?Comment suivre une économie?!?

Économie = Absence de consommation



Source graphique : Greisch



INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ **Suivi énergétique et économies générées**

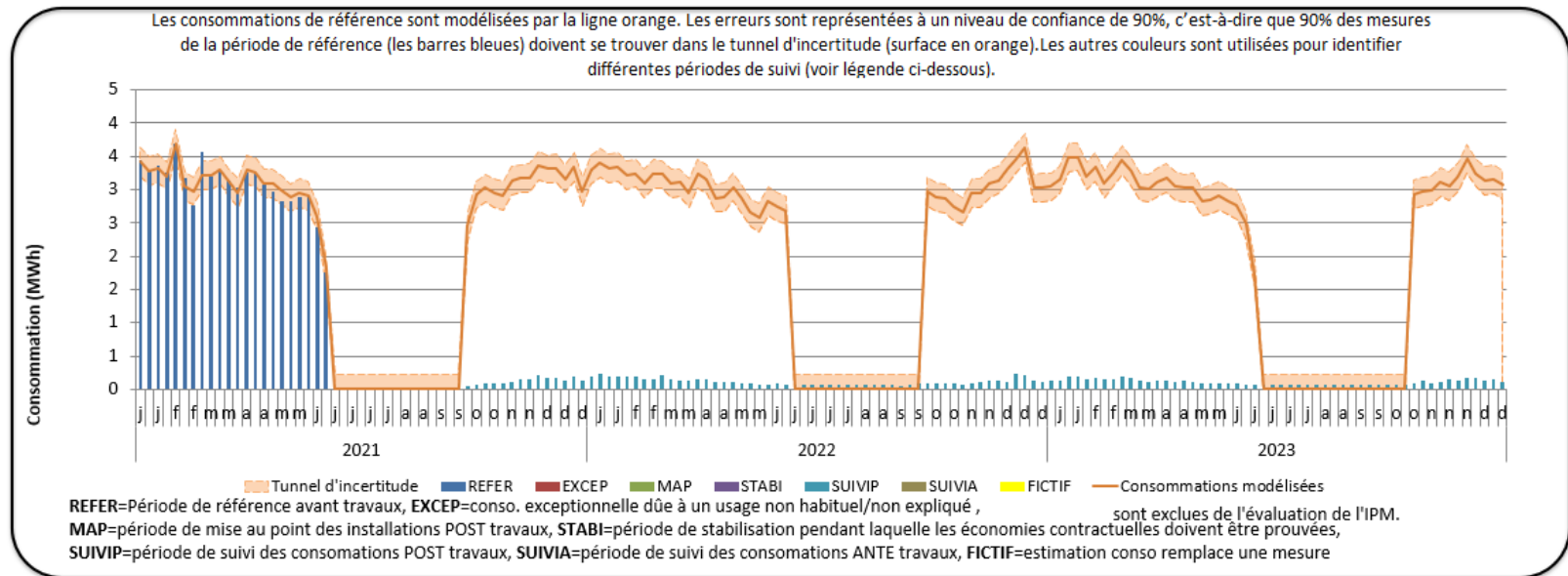
CONCLUSION ET Q&R

Rénovation hydraulique – Suivi énergétique

► Travaux :

- Remplacement du circulateur du collecteur chaufferie
- + Suppression du transformateur électrique
- + Installations vannes TA aux collecteurs secondaires
- Réalisé pendant l'été 2021

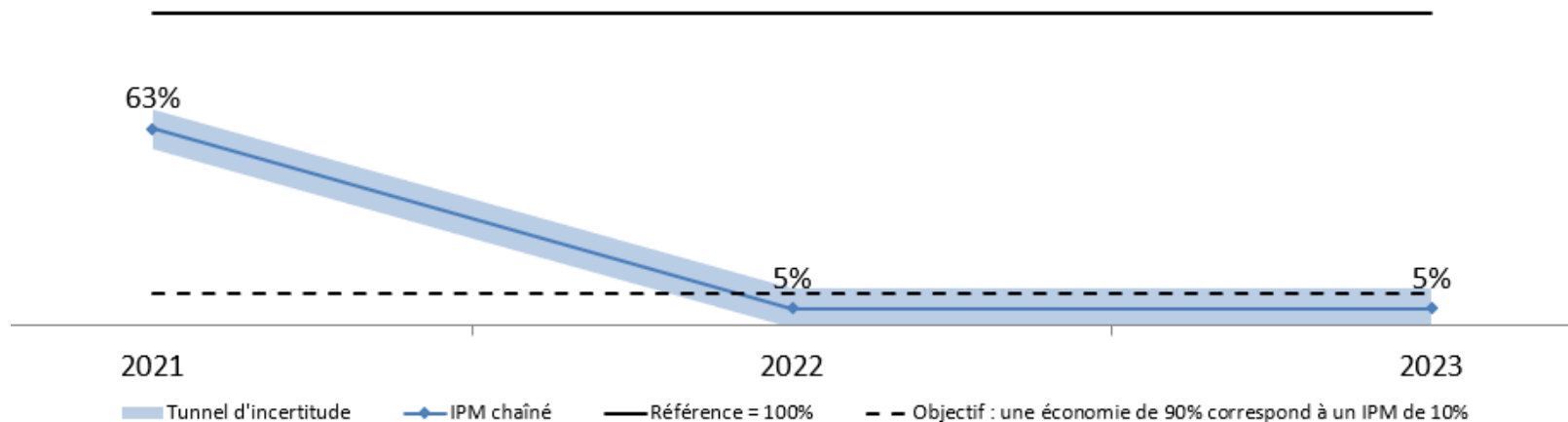
► Économies suivies avec le protocole IPMVP



Rénovation hydraulique – Suivi énergétique

- Ces travaux ont permis de réduire de 95% les consommations électriques de la pompe primaire.

Indice de performance mesuré (IPM 'chaîné') et tunnel d'incertitude @90% de confiance pour le compteur analysé.
Les données "EXCEP" sont exclues de l'évaluation de l'IPM.

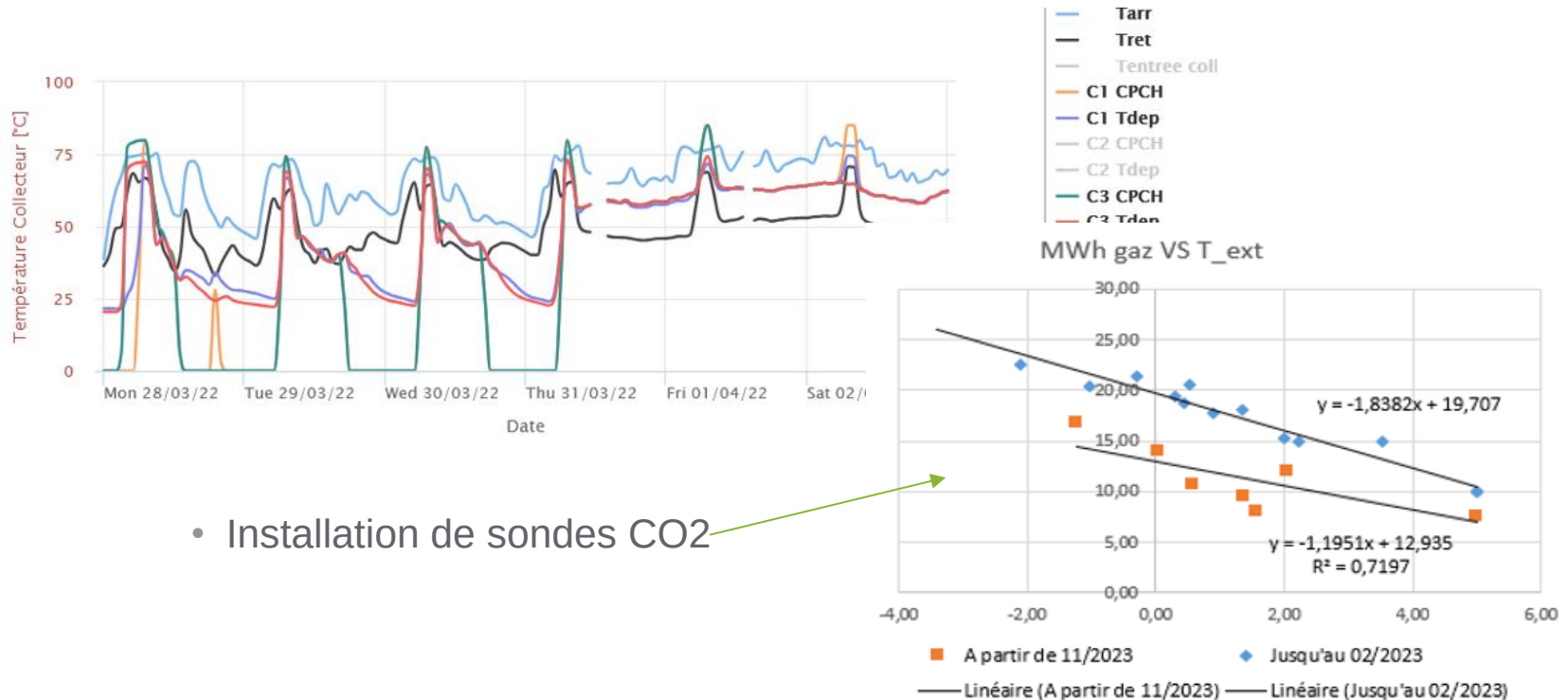


- Le suivi énergétique permet de :
 - Mesurer les économies & faire du reporting,
 - Éviter toutes dérives de consommation.

Réduction des consommations thermiques - Identification des économies

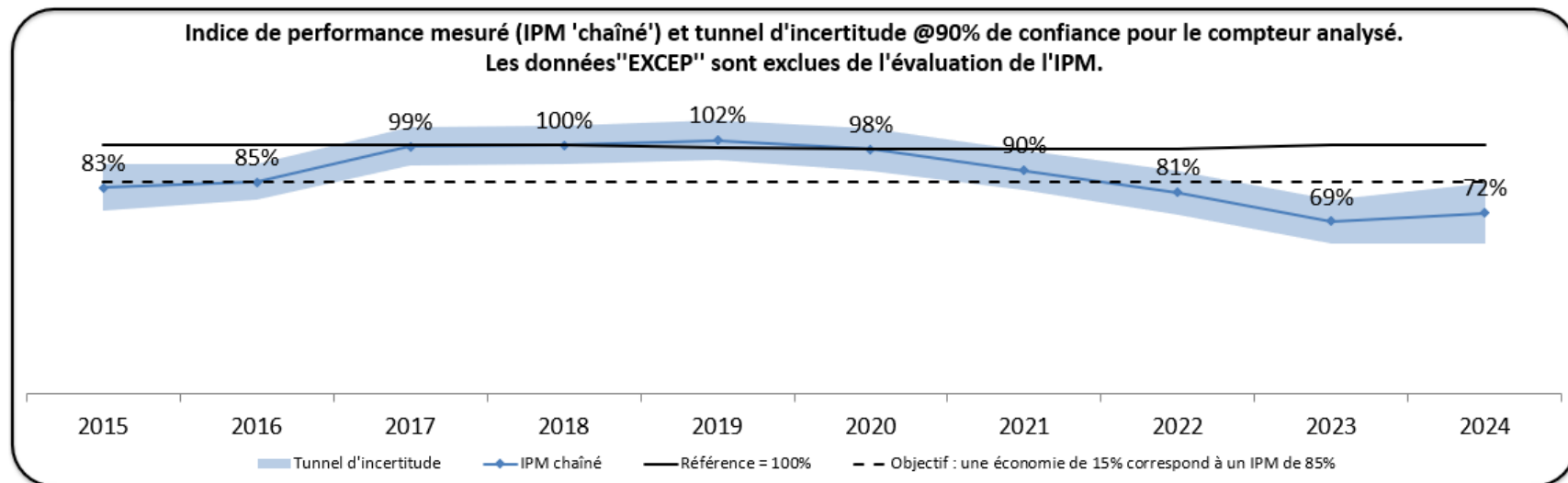
► Travaux :

- Approche théorique - Rénovation d'une partie de toiture
- Mesure GTC :
 - Remplacer les chaudières + rénovation hydraulique
 - Modification de la régulation antigel (début avril, $T_{\text{ext}} < 5^{\circ}\text{C}$)



Réduction des consommations thermiques – Suivi énergétique

► Suivi M&V



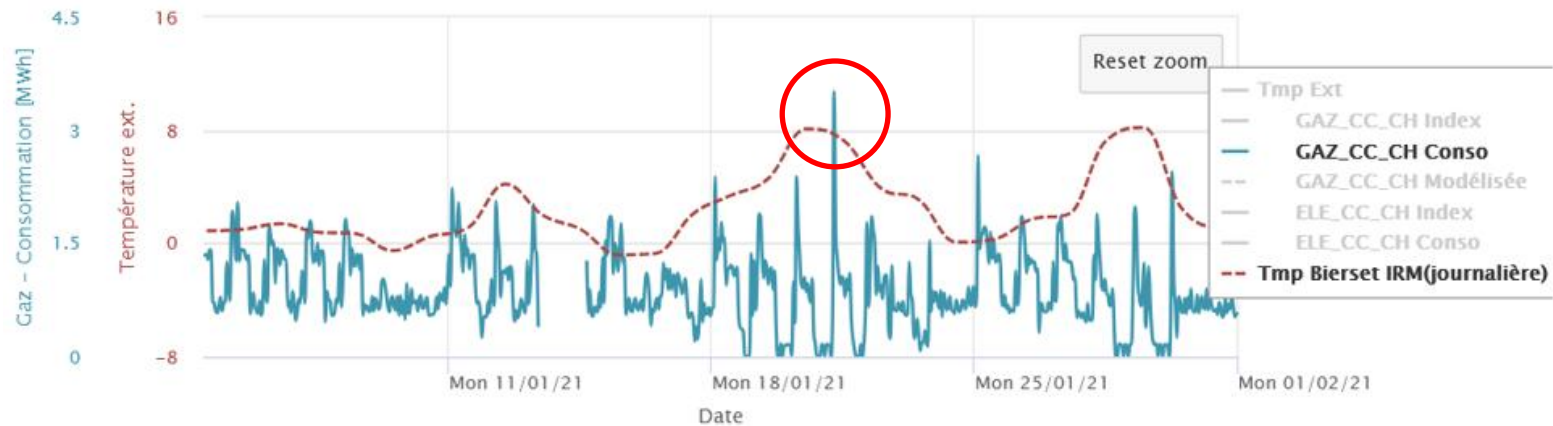
Économie (% consommation initiale):

- Rénovation d'une partie de toiture (2019) => **2%**
- Remplacer les chaudières + rénovation hydraulique (été 2021) => **15%**
- Installation de sondes CO2 (été 2022) => **non chiffré, +/- 10%**
- Modification de la régulation antigel (fin 2023) => **6,8%**



Intérêt du suivi énergétique / monitoring de l'installation

- ▶ **Le suivi énergétique** ne sert pas qu'à connaître les consommations.
- ▶ **Il permet également de redimensionner** les producteurs **en fonction des besoins réels** :
 - Identification des puissances instantanées réelles
 - Analyse de celle-ci (+ sa monotone) ⇔ Est-ce un besoin réel, « dû à la régulation » ou du backup/sécurité (pannes,...) ?



⇒ **Identification de la puissance réellement nécessaire.**

Intérêt du suivi énergétique / monitoring de l'installation

- ▶ **Le monitoring** permet également d'identifier des dysfonctionnements. Par exemple quelques, dysfonctionnements identifiés lors de ces deux audits :
 - Une température de départ qui augmente (légèrement) alors que la V3V est fermée...
 - Une température ambiante trop faible alors que « V3V est à 100% + température $\geq$ CPCH »
 - Courbe CPCH à revoir
 - La prise en compte du CPCH d'équipement en panne
 - Le dernier GP d'un départ GP ne recevait pas assez de débit ...
L'ensemble des V3V des GP étaient ouvertes à 100% + température $\geq$ CPCH
 - Solution : déplacer une partie de la charge thermique des GP vers les radiateurs.

INTRODUCTION

- ▶ Présentation du bureau Greisch
- ▶ Contexte réglementaire

RETOUR D'EXPÉRIENCE – HÔPITAL

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions

RETOUR D'EXPÉRIENCE – ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

- ▶ Présentation générale
- ▶ Analyse et propositions
- ▶ Protocole IPMVP
- ▶ Suivi énergétique et économies générées

CONCLUSION ET Q&R



- ▶ **Se questionner.** La consigne de température dans le bâtiment est atteinte, donc l'installation fonctionne bien ?
 - Pas nécessairement, il y a peut-être moyen de l'optimiser.
- ▶ **Les mesures** vous permettront d'identifier et corriger d'éventuels dysfonctionnements.
 - Un **plan de comptage** est toujours conseillé.
 - Avancer étape par étape.
- ▶ Qu'une seule solution pour réguler une installation ?
 - **Non, plusieurs approches sont possibles** et la « meilleure solution » n'est pas nécessairement pertinente sur un autre site ⇔ **Challenger et analyser au cas par cas.**



Sites internet

- ▶ Régulation des bâtiments - Exemple de régulation, ordre grandeur, ...
<https://energieplus-lesite.be/ameliorer/chauffage12/chauffage-central-a-eau-chaude/ameliorer-la-regulation/>
- ▶ Méthode IPMVP - Mesure et suivi des économies.
<https://evo-world.org/en/>
https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_2021_formationpage_06_mesurage_fr_0.pdf

Christophe HICK

Chef de projet

Bureau greisch

 + 32 4 366 16 16 chick@greisch.com

MERCI POUR VOTRE ATTENTION