

Poitou-Charentes



Haute  
Vienne

# Pilotage Énergétique

Démarche CHU : Pilotage énergétique pour contrer l'évolution importante des prix de l'énergie

Bilan Énergétique Bâtiment Agora avec "PAC sur Nappe phréatique



**CHU**  
Poitiers

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE

# Rencontre AICVF du 08/04/2022

- Mot d'accueil M. Marchal Directeur des Constructions et du Patrimoine et de la Transition Ecologique
- Démarche CHU pilotage énergétique pour contrer l'évolution importante des prix de l'énergie
- Bilan Energétique Bâtiment AGORA avec PAC sur Nappe phréatique

# Pilotage Énergétique

- Support Pilotage énergétique
- Vues du logiciel de suivi GEO EXPERT
- Bilan énergétique du Bâtiment Agora

# Compteurs CHU de Poitiers

- Calories : 228
- Frigories : 60
- Electrique : 210
- Gaz : 82
- Eau : 220
- Total = 800

# Compteurs CHU de Poitiers

- Les compteurs ont une métrologie adaptée à l'incertitude et au besoin de précision.
  - Les fréquences d'étalonnage sont différenciées
  - Les comptages servent au système de Management de l'énergie certifié ISO 50 001.
  - Les indicateurs de performance sont suivis mensuellement.
  - Un audit interne est réalisé tous les ans
  - Un audit externe est réalisé tous les ans
- L'objectif du SME est une maîtrise de l'énergie

# Un outil de suivi indispensable

Centre Hospitalier Universitaire de Poitiers

POITIERS / Gestion Patrimoniale - Consultation - Affichage

Niveau << Carte Liste >>

Plan Satellite

Info Bulle

Accueil

- CHU POITIERS
  - Autres compteurs
    - Autres compteurs
  - LUSIGNAN
    - LUSIGNAN
  - MONTMORILLON
    - MONTMORILLON
  - POITIERS
    - BEAUBATON
    - DEMIE LUNE
    - LOGEMENTS
    - MILETRIE

Google

Raccourcis clavier | Imagerie ©2022, CNES / Airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies | Conditions d'utilisation

Site

| Nom        | Adresse              | Ville              | Invariant | Vocation               | Surface |
|------------|----------------------|--------------------|-----------|------------------------|---------|
| MILETRIE   | 2 Rue de la Milétrie | POITIERS           | MI        | Santé avec hébergement |         |
| BEAUBATON  | 170 rue des Ateliers | MIGNALOUX-BEAUVOIR | BE        | Industriel             |         |
| DEMIE LUNE |                      | POITIERS           | DL        | Administratif          |         |
| LOGEMENTS  |                      | POITIERS           | LO        | Logement               |         |

Patrimoine Regroup.

Fonctions >>

Gestion Patrimoniale

Consultation

- Affichage
- Historique
- Listing

Gestion Documentaire

- Explorateur
- Recherche

Données

Analyses

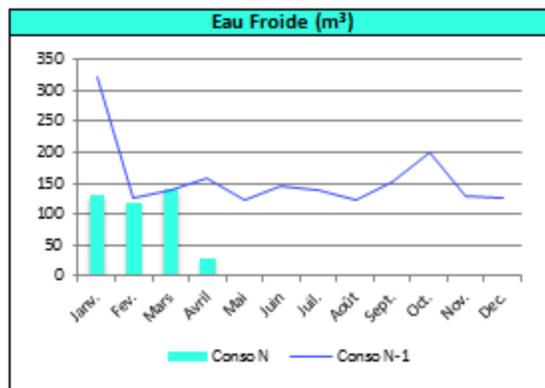
Reporting

## Synthèse AGORA 2021/2022

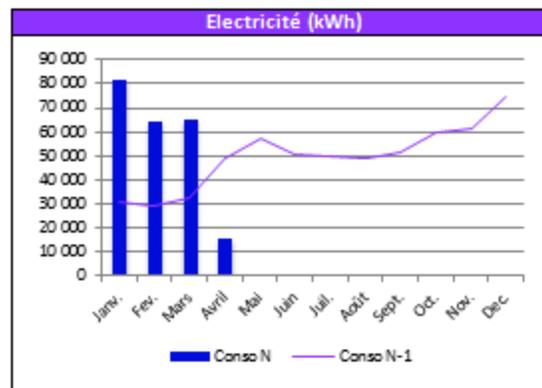
| Surface AGORA: | <b>10000</b> | <b>m2</b>                 |           |        |                           |                        |              |
|----------------|--------------|---------------------------|-----------|--------|---------------------------|------------------------|--------------|
|                |              |                           |           |        |                           |                        |              |
|                |              |                           |           |        |                           |                        |              |
| Date événement | DJU18        | Consommation totale (kwh) | KWh/DJU18 | kwh/m2 | Consommation Réseau (KWh) | Consommation PAC chaud | % PAC/réseau |
| 31/03/2022     | 248,60       | 57000,00                  | 229,28    | 5,70   | 2000                      | 55000                  | 96%          |
| 28/02/2022     | 290,10       | 70000,00                  | 241,30    | 7,00   | 6000                      | 64000                  | 91%          |
| 31/01/2022     | 426,00       | 107640,00                 | 252,68    | 10,76  | 1400                      | 106240                 | 99%          |
| 31/12/2021     | 360,60       | 87380,00                  | 242,32    | 8,74   | 7710                      | 79670                  | 91%          |
| 30/11/2021     | 348,70       | 76200,00                  | 218,53    | 7,62   | 22500                     | 53700                  | 70%          |
| 29/10/2021     | 132,30       | 32380,00                  | 244,75    | 3,24   | 18120                     | 14260                  | 44%          |
| 30/09/2021     | 0,00         | 210,00                    |           | 0,02   | 80                        | 130                    | 62%          |
| 30/07/2021     | 0,00         | 190,00                    |           | 0,02   | 190                       | 0                      | 0%           |
| 28/05/2021     | 161,40       | 20220,00                  | 125,28    | 2,02   | 1000                      | 19220                  | 95%          |
| 30/04/2021     | 244,90       | 46350,00                  | 189,26    | 4,64   | 19000                     | 27350                  | 59%          |
| 31/03/2021     | 332,10       | 66720,00                  | 200,90    | 6,67   | 35000                     | 31720                  | 48%          |



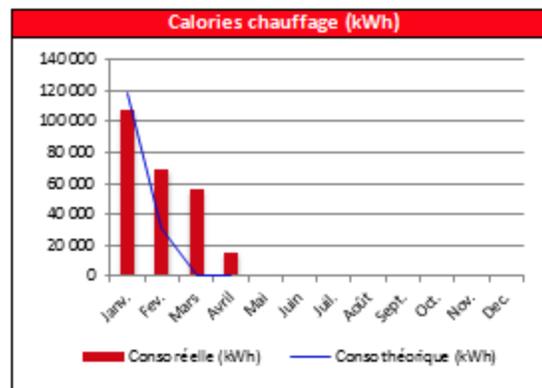
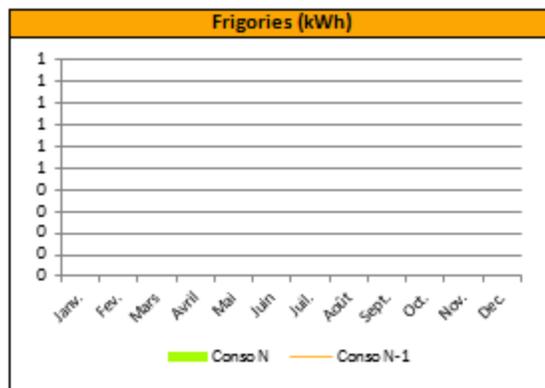
Suivi des consommations par bâtiment



% de la consommation totale du site : 1,18 %



% de la consommation totale du site : 5,22 %



| Nom  | Invariant         | Energie    | Relevé manuel | Télé-relève client |
|--|-------------------|------------|---------------|--------------------|
| Miletrie - Agora - Electrique TGBT TR1                       | MIEL011006 BD     | Electrique |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Electrique TGBT TR2                       | MIEL011007 BD     | Electrique |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories ECC - pompe à Chaleur            | MICA03 BD         | Calorie    |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories ECC -réseau de chaleur           | MICA01051211 BD   | Calorie    |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories Chauffage Atrium                 | MICA0105121102 BD | Calorie    |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories CTA                              | MICA0105121103 BD | Calorie    |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories Chauffage Bureaux (Dalle Active) | MICA0105121101 BD | Calorie    |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories ECC - PAC                        | MICA07 BD         | Calorie    |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Calories EG - PAC                         | MIFR11 BD         | Frigorie   |               | Oui                |
| Miletrie - Agora - Eau Froide Général                        | MIEF0102 BD       | Eau        |               | Oui                |

| Energie/fluide                   | Calcul  | Cible           | Constantes    |
|----------------------------------|---|-----------------|---------------|
| [ELEC] Consommation Electrique   | [MIEL011006 BD] + [MIEL011007 BD]               |                 |               |
| [CHF] Consommation Chauffage     | [MICA07 BD] + [MICA01051211 BD]                 | {Cible} * [DJU] | [Cible:279,0] |
| [EF] Consommation Eau Froide     | [MIEF0102 BD]                                   |                 |               |
| [FRG] Consommation Frigories     | [MIFR11 BD]                                     |                 |               |
| [RELEC] Ratio Electricité par m² | ([MIEL011006 BD] + [MIEL011007 BD]) / [Surface] |                 |               |
| [RCAL] Ratio Calories par m²     | ([MICA07 BD] + [MICA01051211 BD]) / [Surface]   |                 |               |

# BATIMENT AGORA



# Introduction

- Agora Direction est livré en septembre 2016 avec des objectifs ambitieux de consommation énergétique :
  - Mise en place d'une géothermie avec 2 puits de forage
  - Mise en œuvre de dalles actives
- Problématique d'inconfort des occupants et de surconsommation énergétique
  - Lié à la température
  - Lié à la ventilation
  - Surconsommation d'énergie

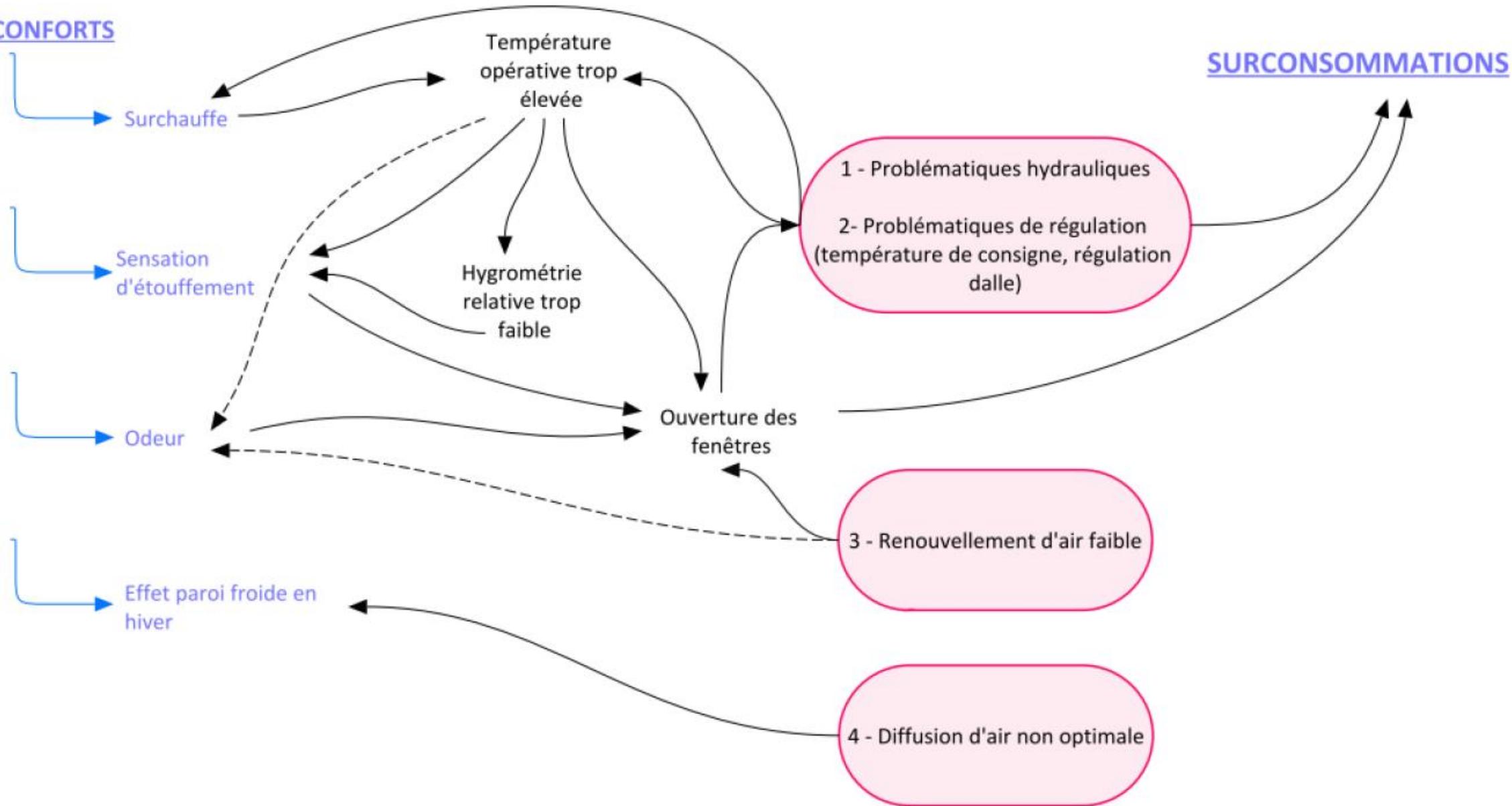
Surchauffe ou sous chauffe  
Effet paroi froide  
Sensation d'étouffement  
(Odeur)

# Problématique d'origine

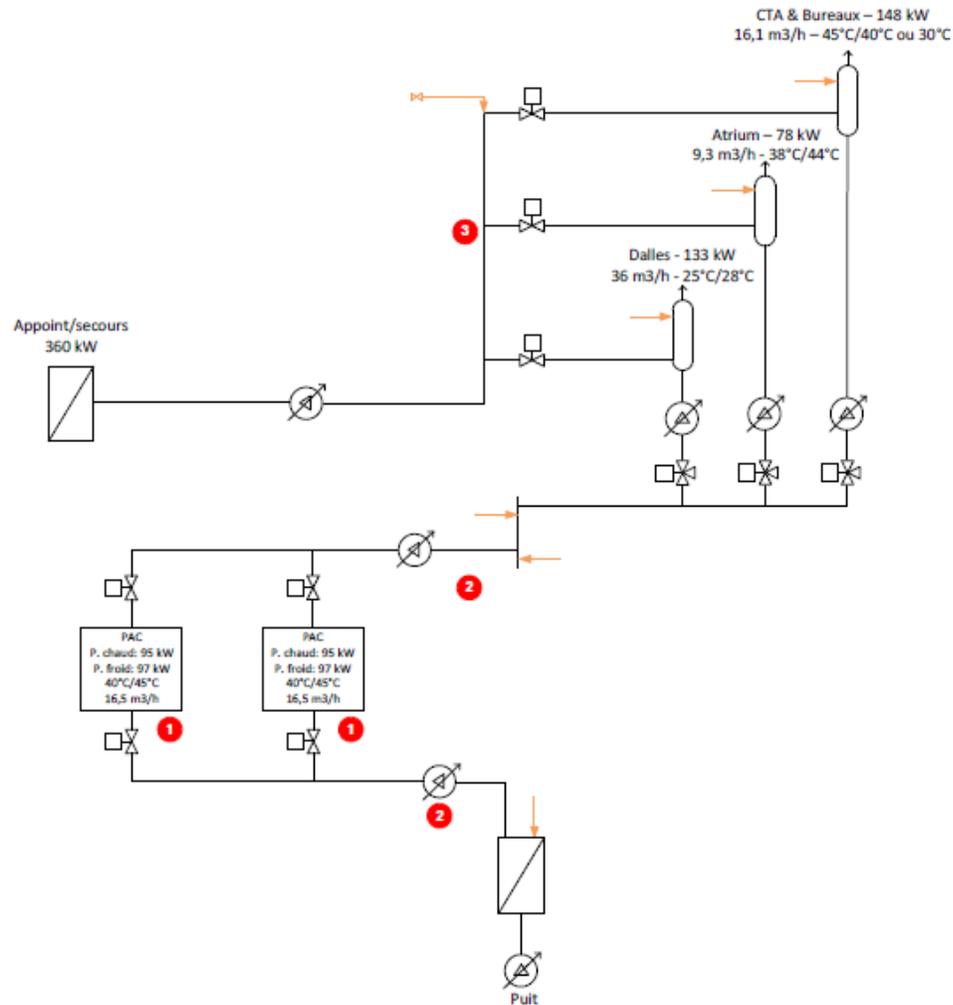
- Principe du change over
  - ☒ Besoins simultanés de chaud et de froid non pris en compte (notamment très intéressant en mi-saison)
- Dimensionnement PAC
  - ☒ Dimensionnement sur le bilan chaud en déphasage (chauffage des dalles la nuit)
  - ☒ Froid uniquement pour du rafraichissement non contrôlé

## INCONFORTS

## SURCONSOMMATIONS



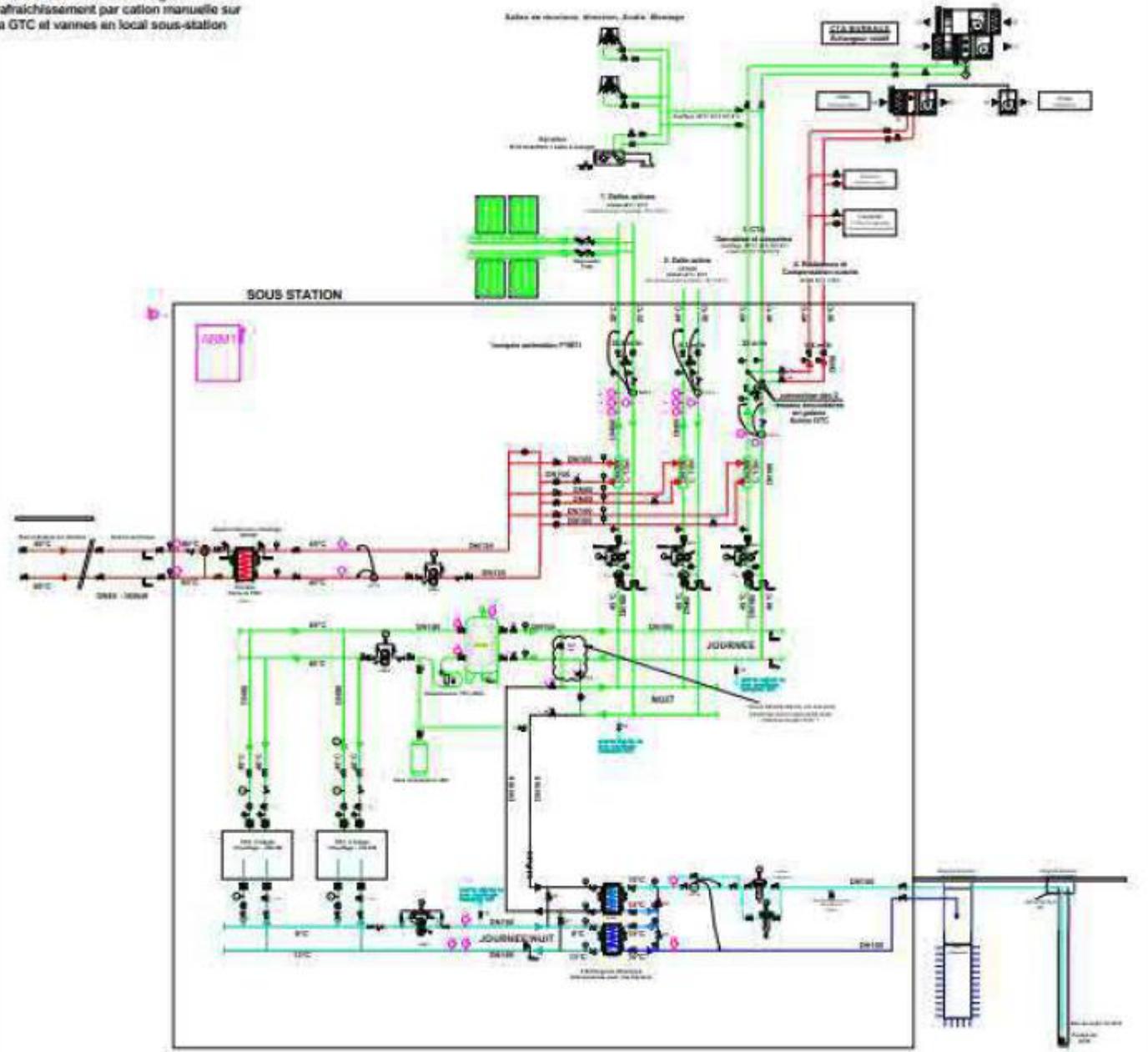
# Problématique Hydraulique

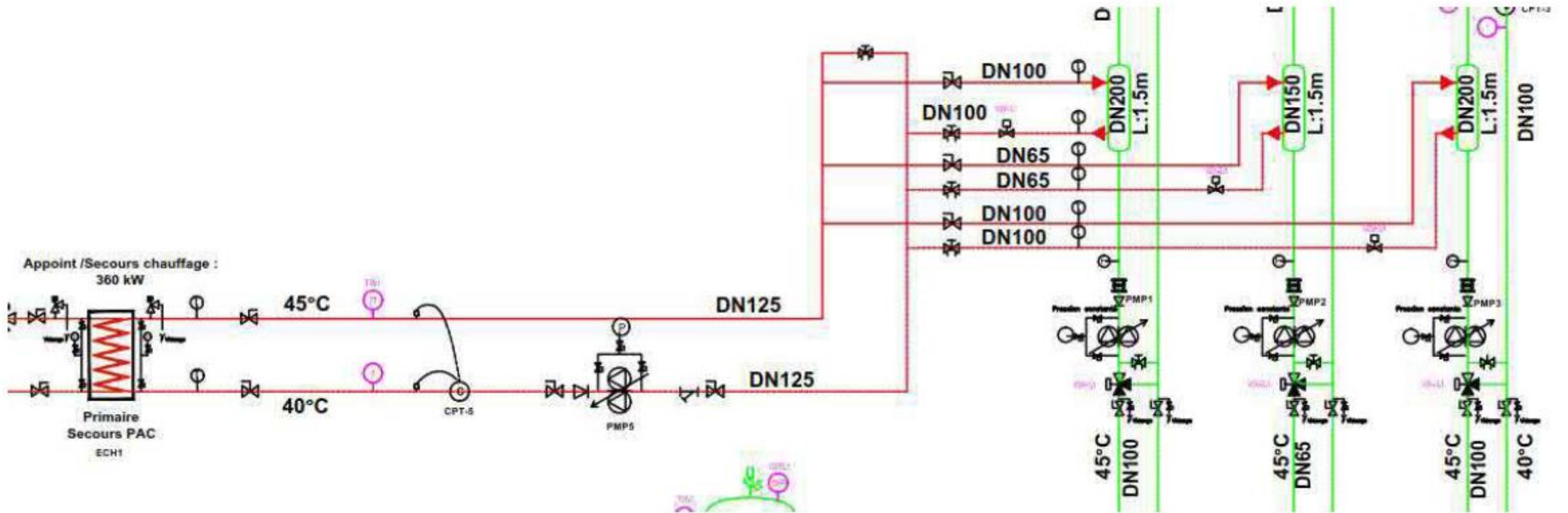


- Bilan de puissance DOE **1**
  - Mode chaud:  $\Sigma$  des besoins (324 kW) > Puissance des PAC
  - Mode froid:  $\Sigma$  des besoins (163 kW) < Puissance des PAC
- Problématiques identifiées sur le schéma hydraulique : **2**
  - 1 pompe (2 positions) pour gestion débits des 2 PAC
  - Interférences hydrauliques **3** entre les 3 circuits à cause du circuit d'appoint / secours
- Problématiques identifiées sur l'analyse fonctionnelle :
  - Cascade PAC en fonction de la T° sortie commune
  - Change over manuel
  - Circuits secondaires régulés sur T° départ (différente selon circuit y compris sur mode de calcul)
  - Circuit d'appoint : T° sortie la + élevée des consignes des 3 circuits
  - Régulation des dalles et des circuits terminaux

# FONCTIONNEMENT MODE CHAUD

Basculement mode chauffage à rafraîchissement par action manuelle sur la GTC et vannes en local sous-station





# Problématique hydraulique

Tests et relevés sur site

- Puissance appelée (mode chaud) et débits

| Date       | Heure | T° extérieure | Puissance appelée | Débits secondaires | Débit circuit d'appoint |
|------------|-------|---------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| 26/03/2018 | 10h16 | 8,1°C         | 99,5 kW           | 73,3 m³/h          | 35,7 m³/h               |
|            | 11h32 | -             | 239,6 kW          | 72,5 m³/h          |                         |
|            | 12h34 | 10,1°C        | 270 kW            | 72,4 m³/h          |                         |
|            | 14h41 | 11,2°C        | 88,6 kW           | 75,3 m³/h          |                         |

**Nota:** test réalisé le 30/05 (mode froid): 50,1 m³/h pour 42 kW de puissance appelée (circuits secondaires)

- Interférences hydrauliques

|                        | Test n°1  |          |          | Test n°2   |          |          |
|------------------------|---|----------|----------|--|----------|----------|
|                        | répartition des pressions avec toutes les vannes fermées du circuit d'appoint |          |          | répartition des pressions avec toutes les vannes ouvertes du circuit d'appoint |          |          |
|                        | P. amont  | P. aval  | delta P  | P. amont   | P. aval  | delta P  |
| Circuits Atrium        | 1,8 bars  | 3 bars   | 1,2 bars | 1,6 bars   | 2,8 bars | 1,2 bars |
| Circuit dalles Bureaux | 2,2 bars  | 4,4 bars | 2,2 bars | 1,8 bars   | 3,6 bars | 1,8 bars |
| Circuit CTA            | 1,8 bars  | 2,6 bars | 0,8 bar  | 1,8 bars   | 2,8 bars | 1 bar    |

→ Confirmation des dysfonctionnements supposés :

- Fonctionnement à débit constant des pompes
- Interférences dues aux réchauffeurs

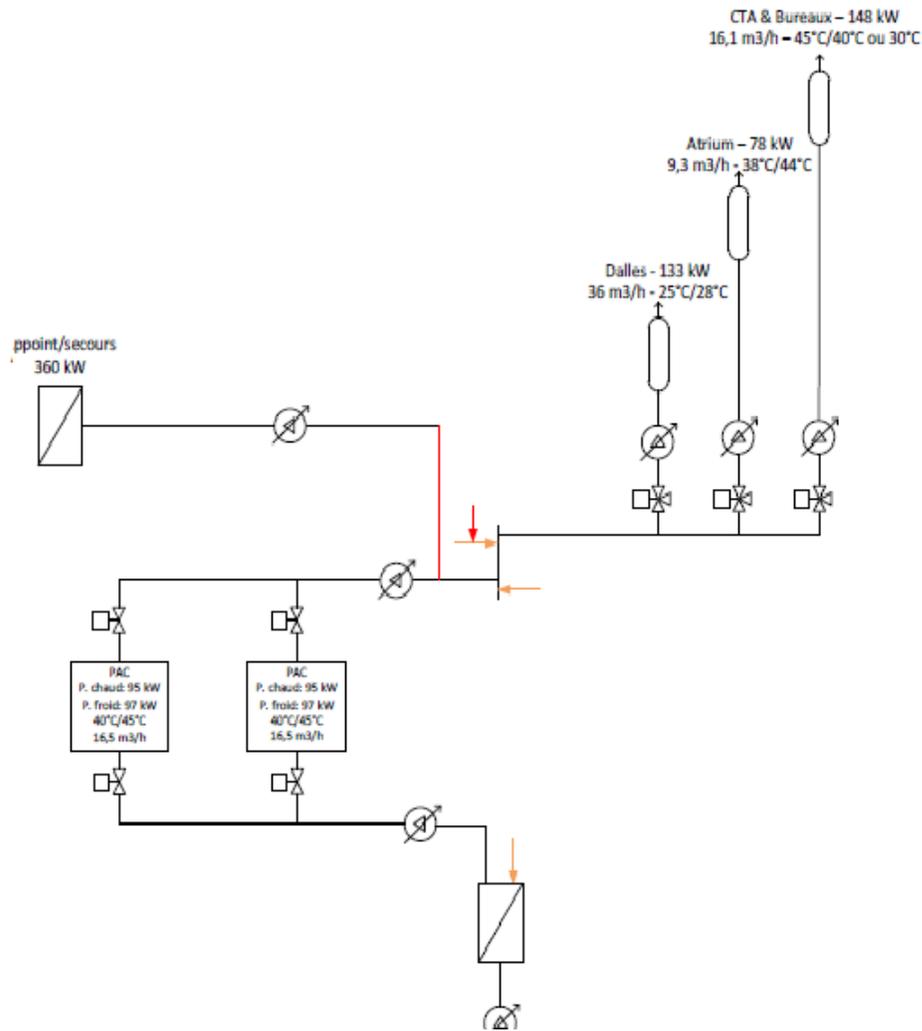
# Problématique hydraulique

- Aspects fonctionnels (observations non exhaustives)
    - V2V motorisée d'isolement de PAC restée en position ouverte alors que la PAC est en défaut ce qui provoque le mélange  $T^\circ$  retour réseau et  $T^\circ$  départ autre PAC → pas de contrôle de la température de départ
    - Pas de variation de vitesse au niveau des pompes; les valeurs sont fixées et il n'y a pas de régulation par rapport au besoin du réseau
    - V2V de régulation du circuit de compensation → vannes actionnée en permanence même lorsque la pompe de charge de l'échangeur n'est pas en service
    - Régulation cascade PAC sur  $T^\circ$  sortie PAC → pas d'image du réseau
- **Analyse fonctionnelle à reprendre en totalité**

# Problématique hydraulique

- Remise à plat des principes fonctionnels et des modes de régulation de la production comme par exemple
  - Fonctionnement de la cascade des PAC (vannes et pompe)
  - Régulation de la température de départ
  - Fonctionnement des pompes à débits variables
- Optimisations possibles :
  - Cascade production en fonction de la puissance appelée
  - Régulation des pompes secondaires en fonction de l'image des réseaux (maintien delta P constant)
- Réalisation d'un Testing & Commissioning complet pour valider les fonctionnalités mises en oeuvre

# Problématique hydraulique



- Principe:

- Insérer l'échangeur d'appoint au primaire de l'installation
- Gérer la cascade avec les 2 PAC et l'échangeur comme une seule production
- Reprise de l'analyse fonctionnelle en totalité

- Avantages

- Gestion simplifiée de la cascade
- Gestion simultanée de l'ensemble des circuits
- Garantie de la T° de départ pour tous les circuits

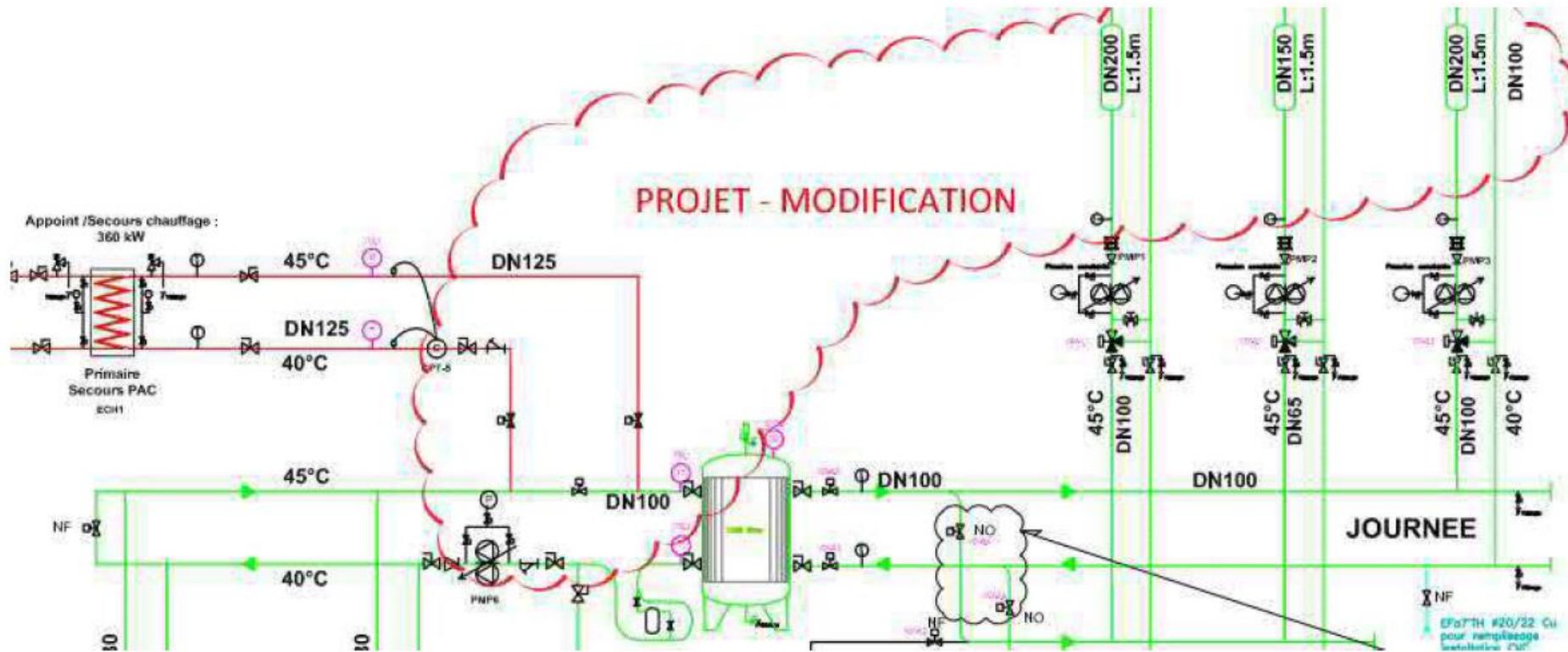
- Inconvénients

- Coût d'investissement

# Problématique hydraulique

La première mesure pour l'amélioration du schéma de fonctionnement hydraulique est d'insérer l'échangeur d'appoint au primaire de l'installation. Pour faire cela, l'échangeur sera intégré en série avec les PAC.

Le fonctionnement en mode chaud sera comme ci-dessous :



# Problématique hydraulique

- La mise en place de trois vannes 2 voies motorisées d'isolement échangeur appoint/secours (type Siemens, type VVF fiche technique en annexe)
- La mise en place d'une vanne 2 voies motorisée indépendante de la pression pour le collecteur aller-retour de la cascade PAC (marque Belimo, type EPIV fiche technique en annexe)
- Suppression de la panoplie hydraulique réseau d'appoint sur les trois circuits secondaires

Le fonctionnement est le suivant :

En mode normal les PAC se mettent en marche en cascade selon les besoins des circuits secondaires

- vanne V2V-a ouverte
- vannes V2V-b, V2V-c et V2V-d fermées
- les vannes des PAC, vannes V2VPAC2.1 et V2VPAC1.1 sont ouvertes en cascade (la première et après la deuxième selon les besoins du circuit)

En mode secours le fonctionnement est le suivant :

- les PAC fonctionnent au même temps que l'échangeur
- vanne V2V-a fermée
- vannes V2V-b, V2V-c et V2V-d ouvertes
- les vannes des PAC, vannes V2VPAC2.1 et V2VPAC1.1 sont ouvertes

# Problématique hydraulique

Une nouvelle alimentation par le circuit des puits d'injection (circuit nuit) est réalisée pour le départ CTA et VC. Cette mesure a pour but qu'en mi-saison ce circuit soit utilisé en rafraîchissement. De cette façon, il y aura la possibilité de réaliser le fonctionnement chaud (dalle active) et le fonctionnement froid (CTA) en même temps pour des zones différentes.

Cette installation inclus :

- La mise en place de quatre vannes 2 voies motorisées – deux V2V installées pour le circuit secondaire PAC-CTA et deux V2V installées pour le nouveau circuit Puits-CTA.

Le fonctionnement est le suivant :

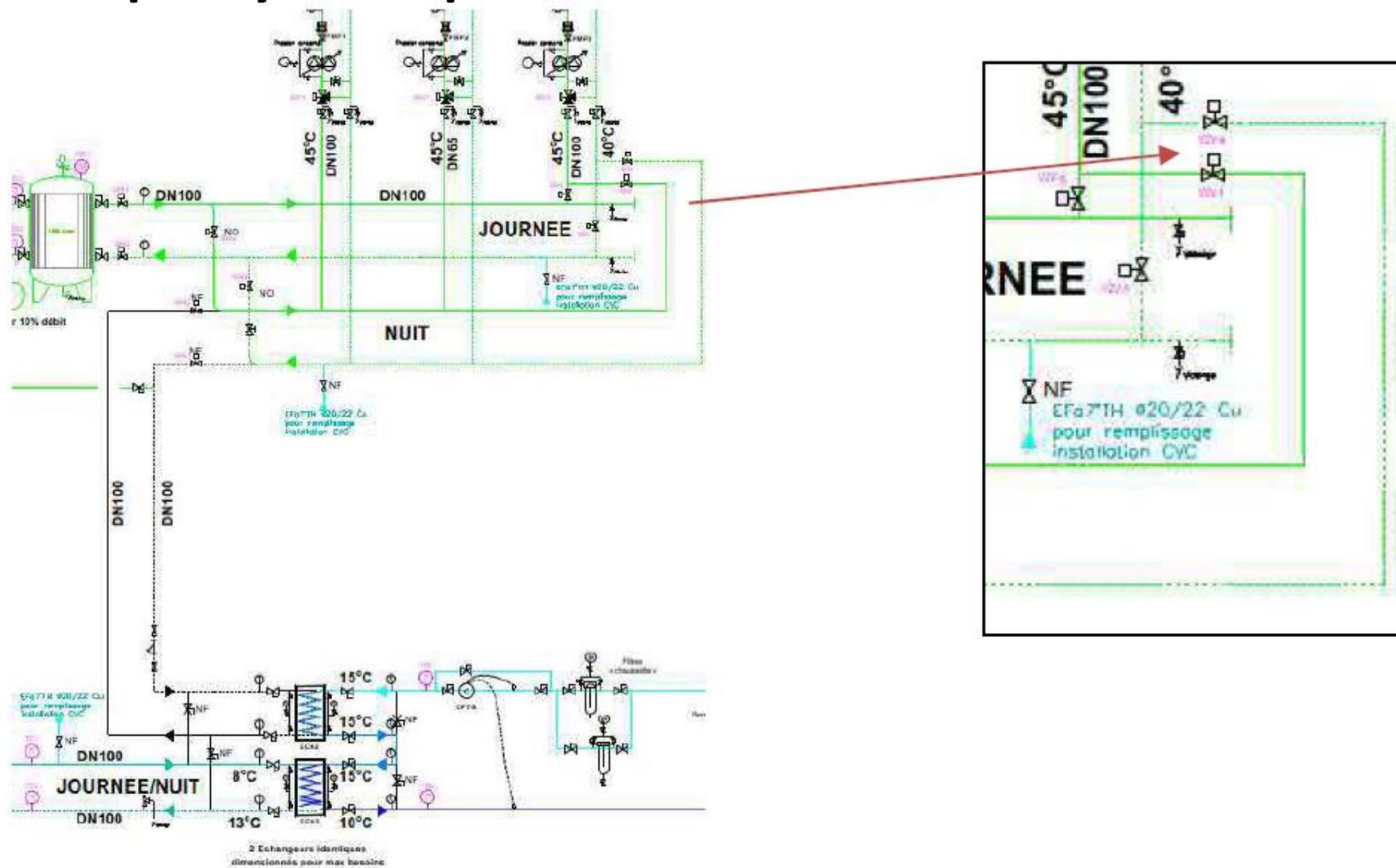
En mode normal tous les circuits fonctionnent en mode chaud (circuit dalles actives et circuit CTA/VC) :

- vannes V2V-g et V2Vh ouvertes
- vannes V2V-e et V2V-f fermées
- le système est totalement en mode chaud

En mode de production chaud/froid en même temps le circuit dalle active est en mode chaud alimenté par les PAC/échangeur et le circuit CTA/VC est en mode froid alimenté par les puits:

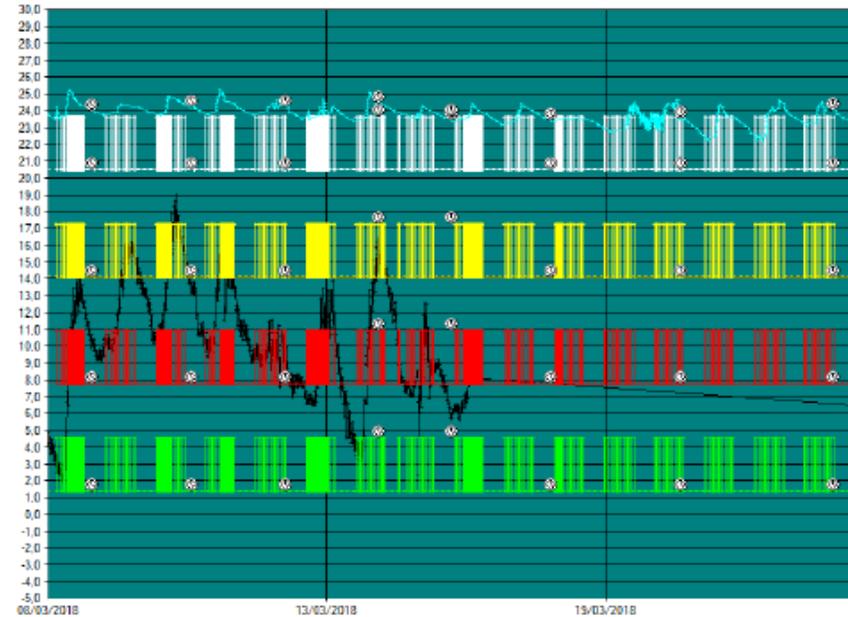
- vannes V2V-g et V2Vh fermées
- vannes V2V-e et V2V-f ouvertes
- dalle active en fonctionnement chaud et CTA en fonctionnement froid

# Problématique hydraulique



# Régulation Terminale

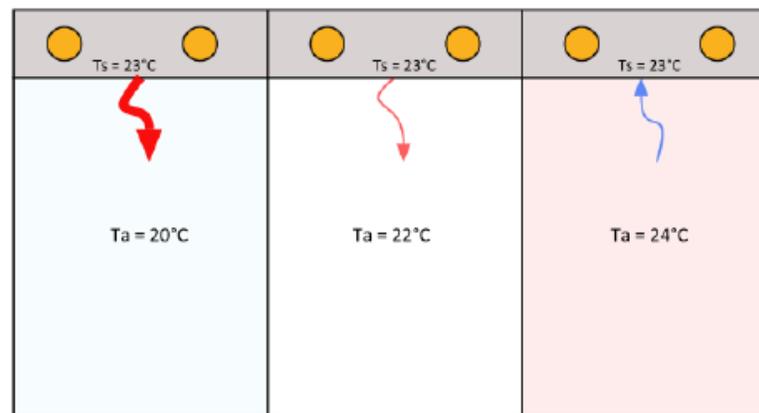
- Zoning de régulation :
  - Une sonde de température régule plusieurs dalles
  - Zoning de régulation thermiquement non homogène
- Dé-corrélation entre température ambiante et ouvertures des vannes de régulation
- Observation sur site :
  - Ouverture des fenêtres car surchauffe
  - ➔ augmentation des températures de consigne ➔ surchauffe
- Fonctionnement intermittent :
  - ➔ pas de transfert de chaleur entre locaux



# Régulation Terminale

*Principes validés par Rehau, fournisseur de la dalle*

- Régime de température proche des températures de consigne
- Débit constant et continu sur l'ensemble du bâtiment pour :
  - Maintenir le bâtiment à température en lissant les consommations
  - Permettre les transferts de chaleur entre pièce
  - Permettre l'autorégulation de la température de la pièce (émission en fonction de la différence de température entre dalle et pièce)



# Régulation Terminale

## Refonte complète de l'analyse fonctionnelle et de la régulation terminale :

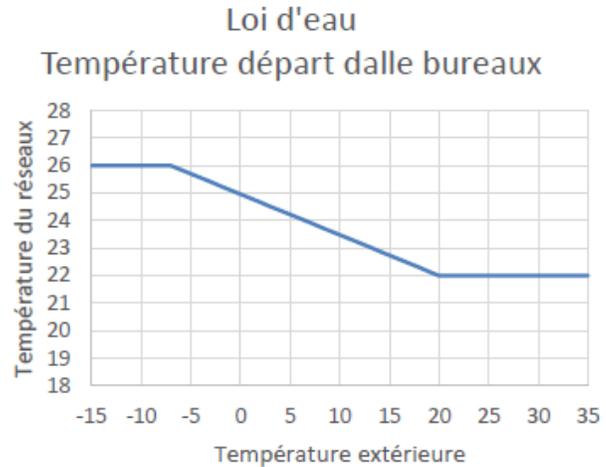
- Fonctionnement à débit constant sur le réseau dalle active bureaux
- Maintien en position ouverte des vannes de régulation
- Suppression de la vanne de décharge en local technique
- Création d'une loi d'eau en fonction de la température extérieur
- Alarme en fonction de seuil à définir sur les températures ambiantes
- Suivi et optimisation de la loi d'eau grâce au suivi des températures intérieures

## Avantages :

- Pas d'investissement matériel
- Simplification de la régulation
- Diminution prévisibles des besoins énergétiques

## Inconvénients :

- Fonctionnement continu de la pompe secondaire



# Régulation Terminale

Pour un meilleur contrôle de certaines zones les plus défavorables, des sondes de températures sont installées en plenum de reprise dans les locaux en ambiance pour les zones les plus défavorables.

Les locaux pour l'installation de ces sondes ont été déterminé par rapport au leurs dernières informations (des locaux plus problématiques). Un repérage est fourni avec le repérage de ces sondes.

# Régulation Terminale

Aujourd'hui température de consigne : 22°C voir 24°C

La température ambiante a une influence directe sur l'hygrométrie (confort entre 55% et 45 %) :

20°C | 50% | 7.3g/kgas

22°C | 45% | 7.3g/kgas

25°C | 38% | 7.3 g/kgas

La température ambiante n'est pas seule indicateur du confort. Il est nécessaire de prendre en compte la température opérative (ressentie) :

*Température opérative = température ambiante + radiation (soleil, parois...)*

## Avantages de la diminution des températures de consignes

- Diminution des consommations
- Amélioration de l'hygrométrie relative

# Régulation Terminale- reste 2 zones froides : trésorerie et Informatique

Ces zones en fait, ce sont les locaux en façade Nord et une partie aussi n'a pas d'autre émetteur d'appoint pour venir en complément des apports du réseau dalle active. En rouge un exemple des locaux au RDC concerné :



# STD et Analyse des besoins

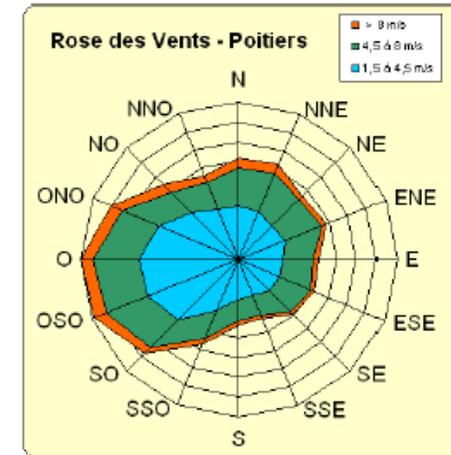
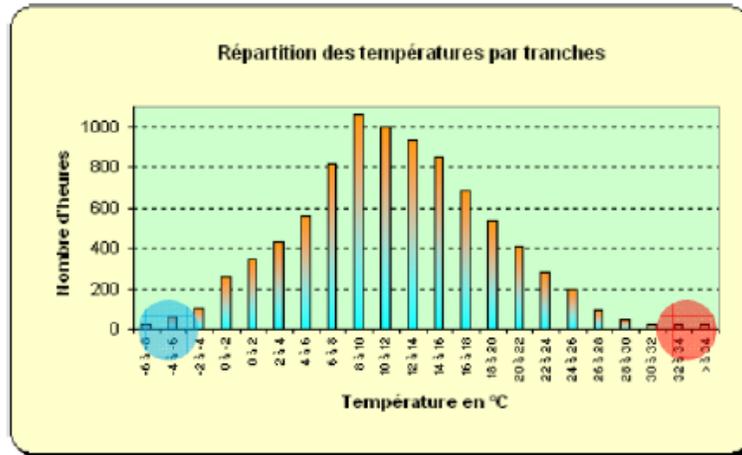
## Objectifs :

- Mettre à jour la STD réalisée en phase conception APD
- Estimer les besoins
- Analyser les surconsommations

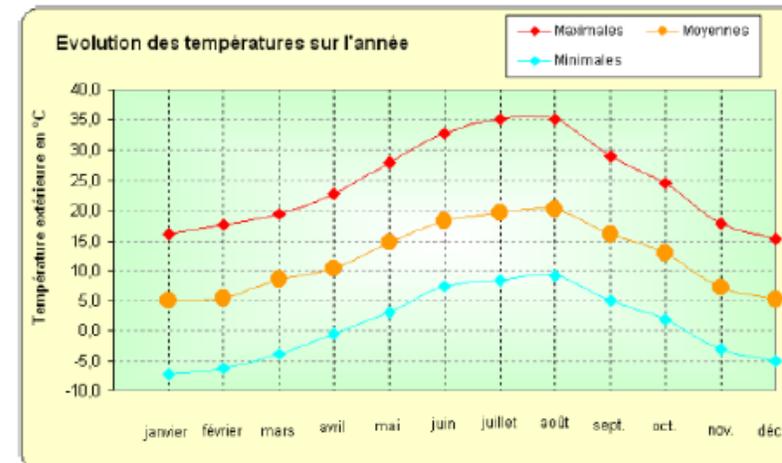
## Méthodologie :

- Prise en main des documents du projet
- Etude des différents documents
- Résolution des contradictions entre bilans aéraulique/ Plans Archi DOE / RT
- Prise en main du model 3D A2MO et demande de fichiers complémentaires
- Réception des plans Archi de l'existant

# STD et Analyse des besoins



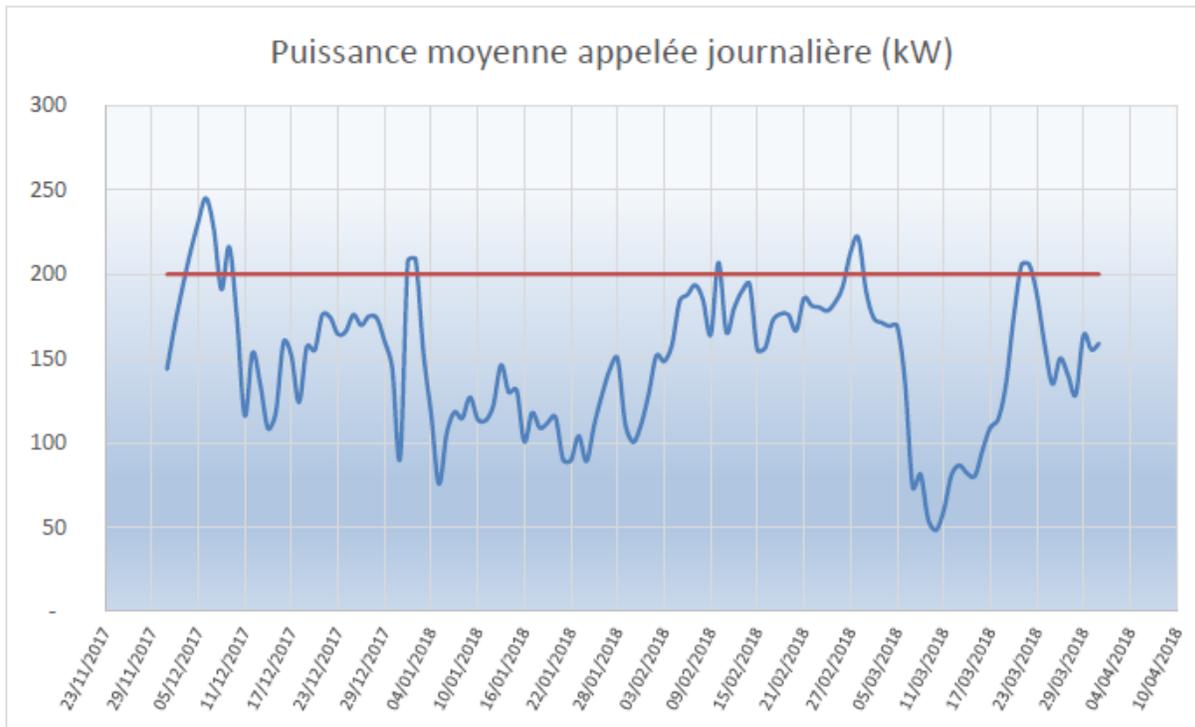
| Mois      | Radiation Globale (kWh/m²) | Radiation Diffuse (kWh/m²) |
|-----------|----------------------------|----------------------------|
| Janvier   | 35,4                       | 21,4                       |
| Février   | 52,5                       | 28,7                       |
| Mars      | 95,3                       | 50,7                       |
| Avril     | 135,0                      | 66,3                       |
| Mai       | 165,9                      | 79,9                       |
| Juin      | 172,2                      | 92,5                       |
| Juillet   | 177,0                      | 86,5                       |
| Août      | 159,3                      | 73,0                       |
| Septembre | 112,1                      | 55,3                       |
| Octobre   | 67,9                       | 32,9                       |
| Novembre  | 42,4                       | 24,6                       |
| Décembre  | 26,9                       | 17,3                       |



# STD et Analyse des besoins

- Comparaison modèle/relevés sur site

|   |             |                  |
|---|-------------|------------------|
| Somme des besoins relevés entre décembre 2017 et mars 2018              | 431 382 kWh | écart de<br>3,2% |
| Somme des besoins <u>calculés</u> avec le modèle entre décembre et mars | 417 360 kWh |                  |

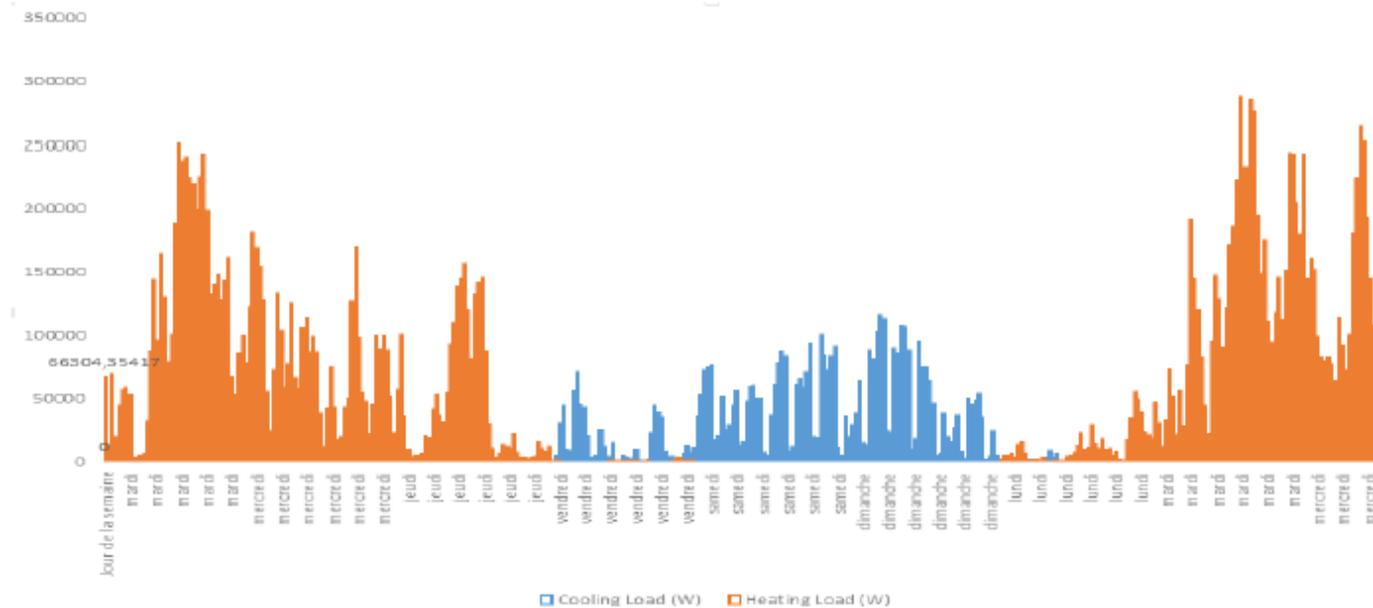


**P > 200 kW – 10% du temps  
(sur les relevés compteurs)  
moyenne journalière**

**Modèle validé**

# STD et Analyse des besoins- Scenario conception 20°C hiver et 26°C été

## Courbe d'appel de puissance moyenne journalière



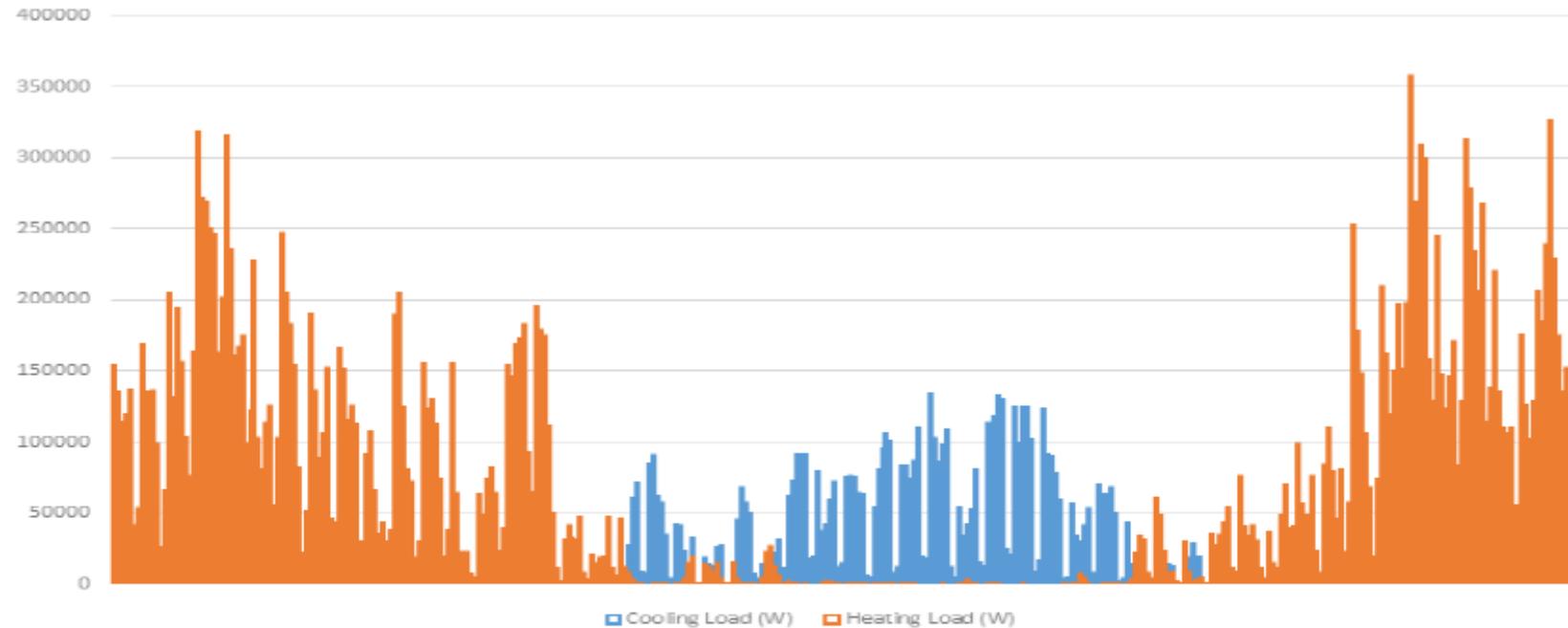
→ Besoins mode chaud: **46,46 kWh/m<sup>2</sup>.an**

→ Besoins mode froid: **10,89 kWh/m<sup>2</sup>.an**

→ P>200 kW pendant 5,5% du temps

# STD et Analyse des besoins- Scenario choisi 22 °C hiver et 24°C été

Courbe d'appel de puissance moyenne journalière



→ Besoins mode chaud: **57,54 kWh/m<sup>2</sup>.an**

→ Besoins mode froid: **15,10 kWh/m<sup>2</sup>.an**

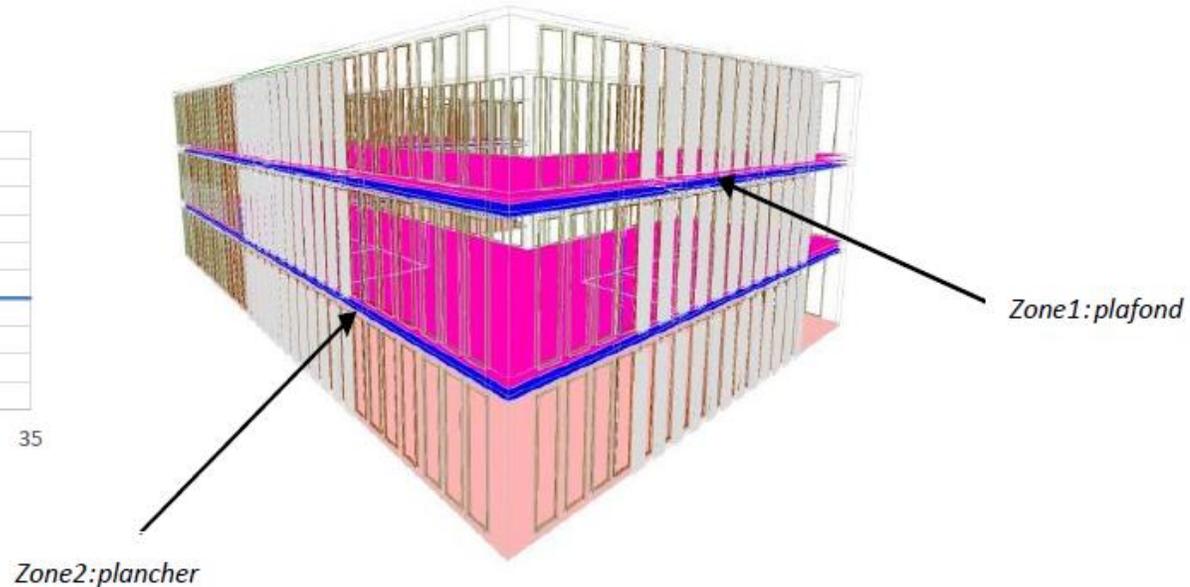
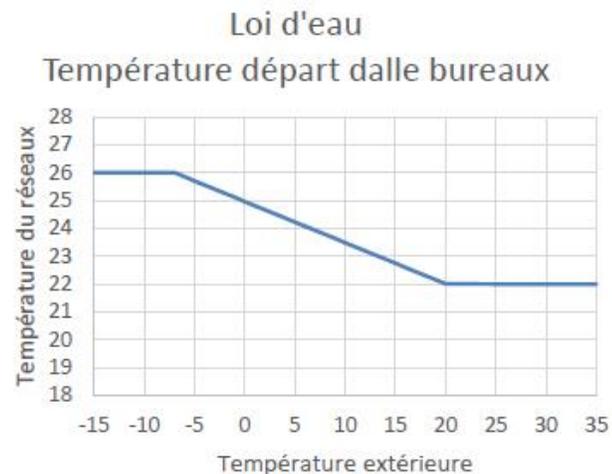
→ P>200 kW pendant 10% du temps

# STD et Analyse des besoins

Sur une zone type :

- Astuce de modélisation pour reproduire le phénomène de dalle (impossible à modéliser autrement)
- Prise en compte de la loi d'eau proposée en régulation de dalle

➔ Objectif étudier les différentes températures de cette zone type permettant d'estimer le fonctionnement de l'inertie de la dalle



# STD et Analyse des besoins

La modification des températures de consigne a un fort impact sur les besoins.

|                            | Réelle(24-26)              | Conception(20-26)          | Surconsommation % |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| Besoins pour chauffage     | 64,2KWh/m <sup>2</sup> ,an | 46,5KWh/m <sup>2</sup> ,an | 27,6              |
| Besoins pour climatisation | 10,6KWh/m <sup>2</sup> ,an | 10,9KWh/m <sup>2</sup> ,an | 2,8               |

|                            | Réelle(24-26)              | Envisagé(22-24)             | Surconsommation % |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Besoins pour chauffage     | 64,2KWh/m <sup>2</sup> ,an | 57,54KWh/m <sup>2</sup> ,an | 10,37             |
| Besoins pour climatisation | 10,6KWh/m <sup>2</sup> ,an | 15,10KWh/m <sup>2</sup> ,an | -42,45            |

Le scénario envisagé permettrait de réaliser environ 10% d'économies énergétiques par rapport à la situation actuelle.

De plus, la régulation envisagée de la dalle semble également permettre un maintien des températures acceptables dans les locaux entre 20,5°C et 28°C (*attention modélisation théorique ne prenant pas en compte certains paramètres comme le débit*).

# Conclusions

1 - Problématiques hydrauliques au niveau de la production

- Modification des réchauffeurs → Création d'une production en cascade
- Optimisation de la régulation de la production
  - Température de départ garantie
  - Amélioration du fonctionnement
  - Limitation des consommations et de l'appel sur l'appoint

2 - Problématiques de régulation (température de consigne, régulation dalle)

- Modification de la régulation de la dalle active (débit constant et continu)
  - Limitation des surchauffes
  - Transfert de chaleur
  - Simplification de la régulation

3 - Problématiques de régulation (température de consigne, régulation dalle)

- Diminution de la température ambiante
  - Amélioration du confort (température ressentie et hygrométrie)
  - Impact non quantifiable sur les émanations et les odeurs