

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## POMPE À CHALEUR : CHOIX ET CONCEPTION

PRINTEMPS 2022

### Pompe à chaleur

Retour d'expérience d'un bureau d'étude

Yannick LEONARD

 **ARCADIS** | Design & Consultancy  
for natural and  
built assets





- ▶ Rappel théorique
  - Élément technique
- ▶ Projet bavière
  - PAC géothermie ouverte
- ▶ Projet Montévidéo
  - PAC terminale
  - Boucle de chaleur
  - Aétothermie
  - Géothermie fermée
- ▶ Conclusions



## ELÉMENT TECHNIQUE

- ▶ Une PAC c'est quoi ?
- ▶ Choix du compresseur
- ▶ Choix du fluide
- ▶ Choix du système d'émission
- ▶ Choix de la source de chaleur
- ▶ Différence entre un groupe frigo et une PAC ?

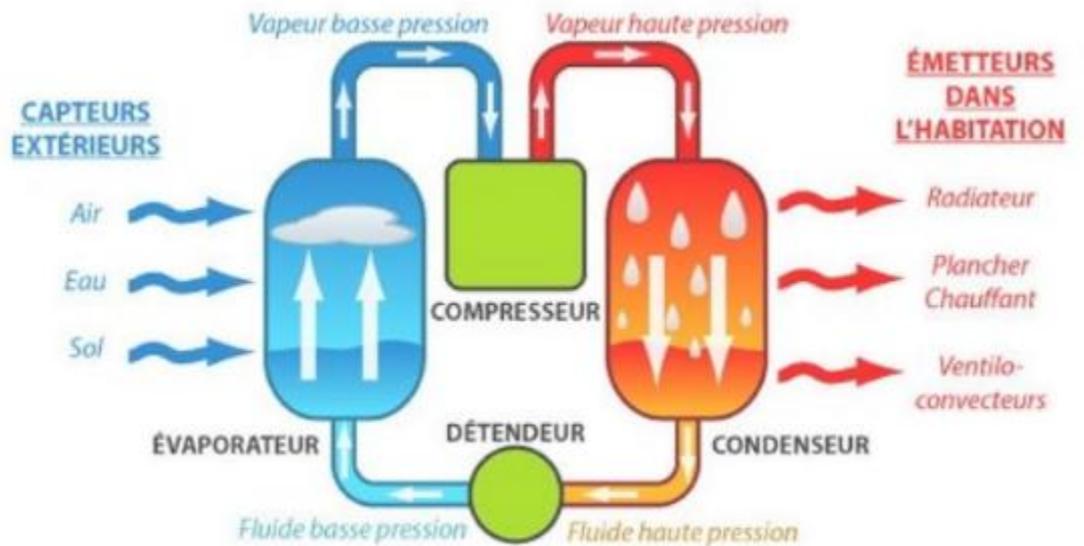
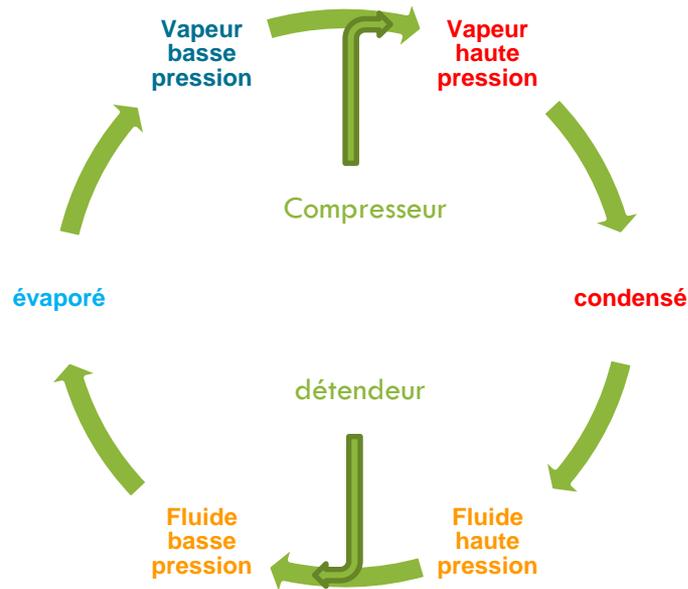
PROJET BAVIÈRE

PROJET MONTÉVIDÉO



UNE PAC C'EST QUOI ?

- Un cycle thermodynamique



- **Fluide changeant de phase**
- **2 étages de pression / température**
- **Un travail externe (compresseur)**



## CHOIX DU COMPRESSEUR

► Type de compresseur

- Le compresseur volumétrique à pistons
- Le compresseur volumétrique hermétique spiro-orbital Scroll
- Le compresseur volumétrique à vis
- Le compresseur volumétrique rotatif
- Le compresseur centrifuge

→ **Le choix dépend de la puissance et surtout du fonctionnement voulu à charges partielles**

→ **Le stockage d'énergie permet de maintenir une charge partielle acceptable (ballon tampon)**

→ **Compresseur centrifuge meilleur rendement a charge partielle mais uniquement pour puissance élevée**



## CHOIX DU COMPRESSEUR

► Consommation électrique

- Evolution de l'impact environnemental de la PAC en fonction du mix énergétique du pays
- Pas de rejet atmosphérique du système de production
- Pas d'utilisation sur site d'énergie fossile
- Compatible directement avec les objectifs environnementaux à long terme

**→ La PAC est un producteur de chaleur dont l'impact environnemental devrait diminuer dans le futur sans investissement supplémentaire**

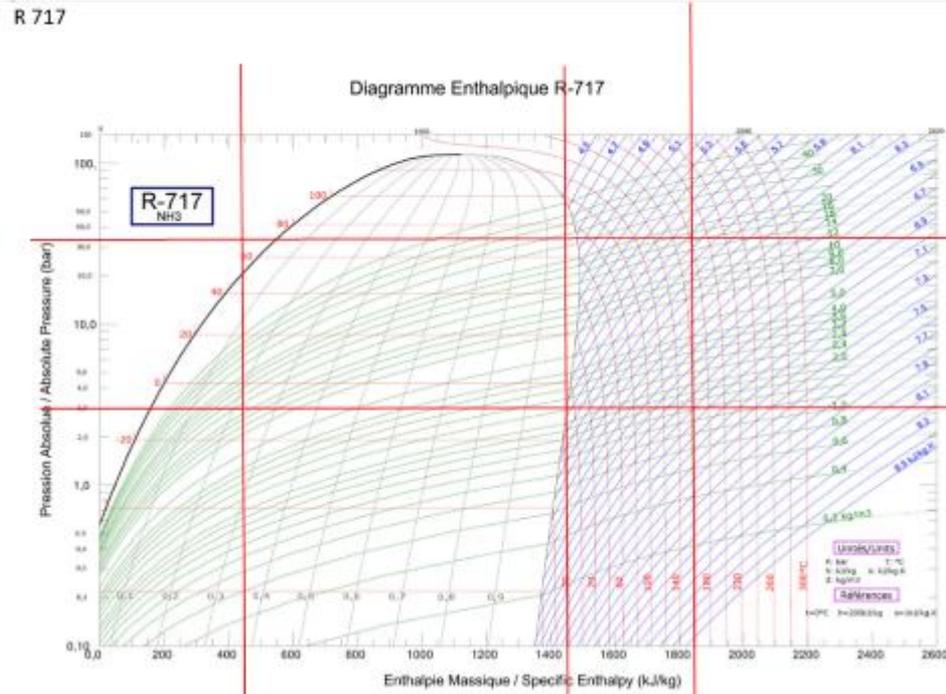


CHOIX DU FLUIDE

- ▶ Critères techniques principaux
  - Delta température
    - Température de source
    - Température d'émission
  - Taux de compression
    - Pression absolue basse
    - Pression absolue haute
- ▶ Critères environnementaux principaux
  - ODP
    - Ozone Depletion Potential
  - GWP
    - Global Warning Potential
  - TEWI
    - Total Equivalent Warning Impact

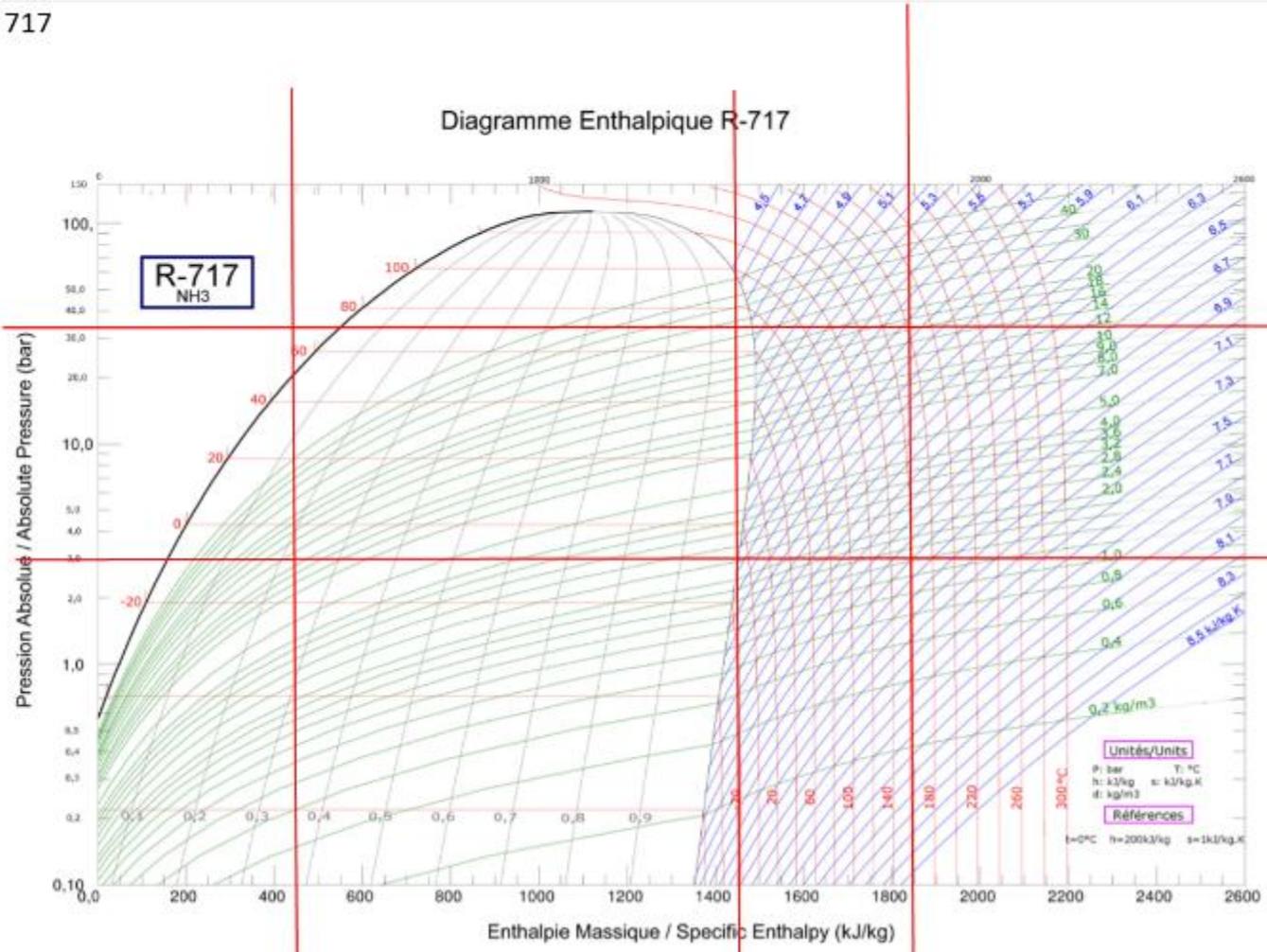
➔ ODP et GWP le plus petit possible

➔ Taux de compression le plus petit possible



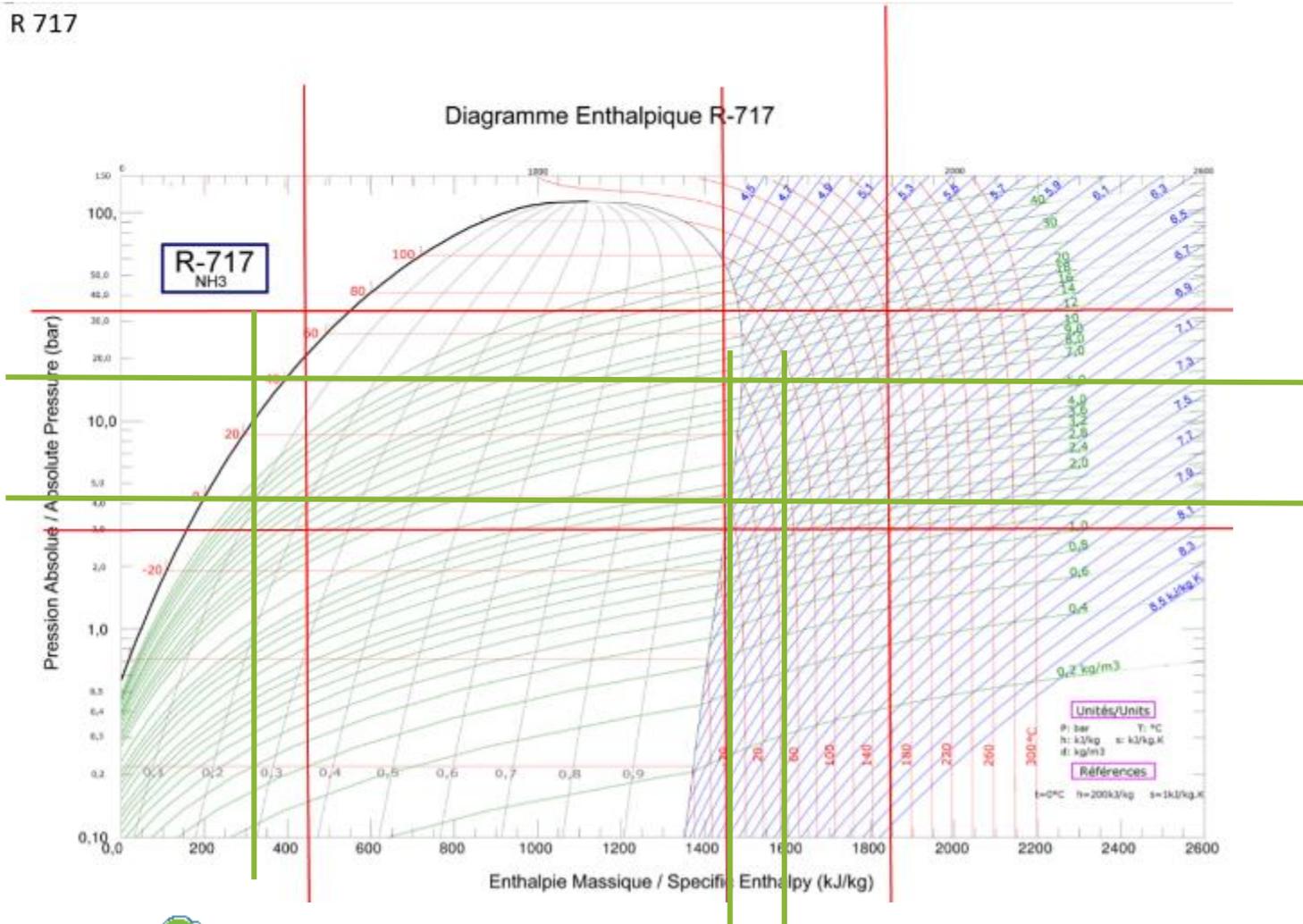
CHOIX DU FLUIDE

R 717



CHOIX DU FLUIDE

R 717



## CHOIX DU SYSTÈME D'ÉMISSION

- ▶ Température d'émission la plus proche de la source (minimiser le delta T)
  - Pas de besoin de climatisation

Chauffage sol sec ou convecteur basse température

- Besoin de climatisation

Ventilo-convecteur ou plafond dynamique

- ECS

Attention en cas de distribution d'ECS dans un bâtiment public à la lutte contre la légionellose

→ **Le choix dépend de la puissance de froid nécessaire**

→ **L'ECS est toujours un point d'attention**



## CHOIX DE LA SOURCE DE CHALEUR

- ▶ Disponibilité
  - Débit & température
  
- ▶ Source permettant de minimiser le delta T
  - Air

Toujours disponible

émission de bruit

centralisation de l'échange

Le moins cher

- Eau

Vérifier débit possible

Possibilité de gel => placement d'un échangeur

**→ Le choix dépend de la puissance et surtout du fonctionnement voulu à charges partielles**



## CHOIX DE LA SOURCE DE CHALEUR

- ▶ Source permettant de minimiser le delta T
  - Sol

Le sol est un « stockage » saisonnier soumis à des échanges par conduction, advection et convection

- Sol système ouvert (advection dominante)

Puit de pompage et puit de réinjection (interchangeable)

Possibilité de gel => placement d'un échangeur

- Sol système fermé

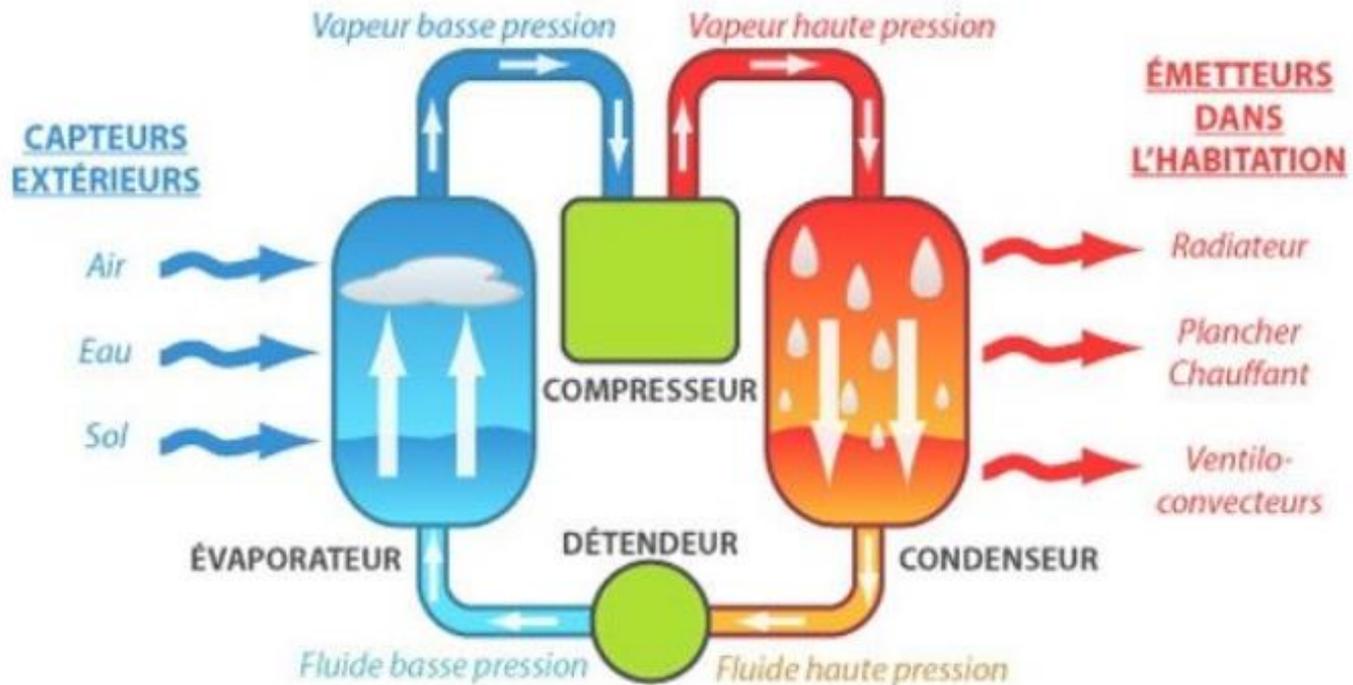
Équilibre à long terme des échanges

Recharge

**→ Le choix dépend de la puissance et surtout du fonctionnement voulu à charges partielles**



DIFFÉRENCE ENTRE UN GROUPE FRIGO ET UNE PAC ?

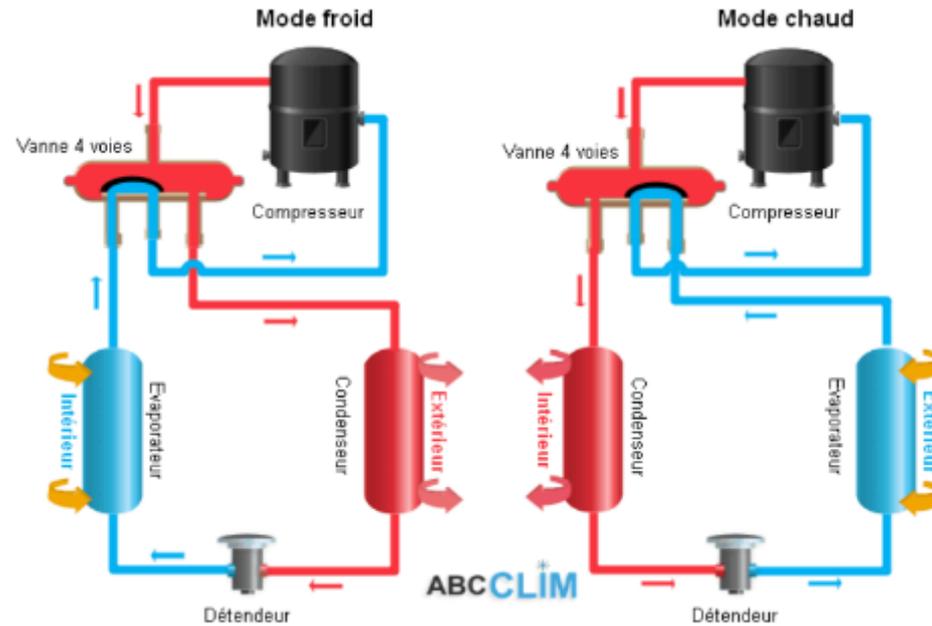


→ Inversion condenseur / évaporateur



## DIFFÉRENCE ENTRE UN GROUPE FRIGO ET UNE PAC ?

- ▶ 1 Vanne 4 voies



- Si le projet a besoin de refroidissement la PAC est toujours le choix le moins onéreux car le groupe frigo est nécessaire
- Les puissances froides sont toujours supérieures aux puissances chaudes => le système d'émission de froid est presque toujours approprié pour le chaud



## ELÉMENT TECHNIQUE

- ▶ Une PAC c'est quoi ?
- ▶ Choix du compresseur
- ▶ Choix du fluide
- ▶ Choix du système d'émission
- ▶ Choix de la source de chaleur
- ▶ Différence entre un groupe frigo et une PAC ?

## **PROJET BAVIÈRE**

## PROJET MONTÉVIDÉO



## Présentation

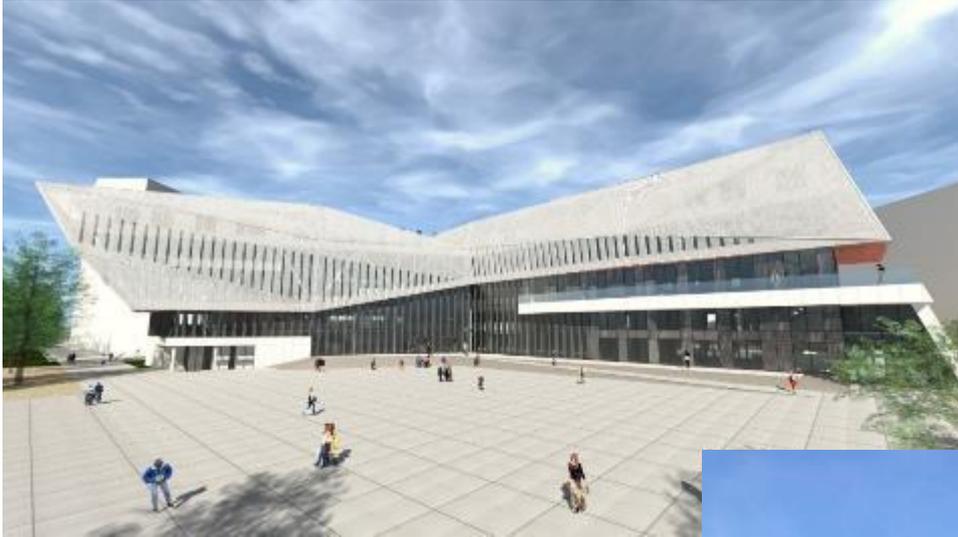
- ▶ Bâtiment multifonction de 14 200 m<sup>2</sup> / 35 000 000 €
  - Le centre de Ressources – Bibliothèque
  - Maison de la Création .
  - La Pépinière d'entreprises



Le Pôle des Savoirs de la Province de Liège sur le site de Baviera



## Présentation



## Etude

- ▶ Bâtiment multifonction de 14200 m<sup>2</sup>
  - Le centre de Ressources – Bibliothèque
  - Maison de la Création .
  - La Pépinière d'entreprises
  
- ▶ Hautes ambitions environnementales
  - Tendre vers un bâtiment bas carbone
- ▶ Variétés de besoins
  - Puissance et besoins
- ▶ Présence de la Meuse à côté
  - Sol = graviers de Meuse

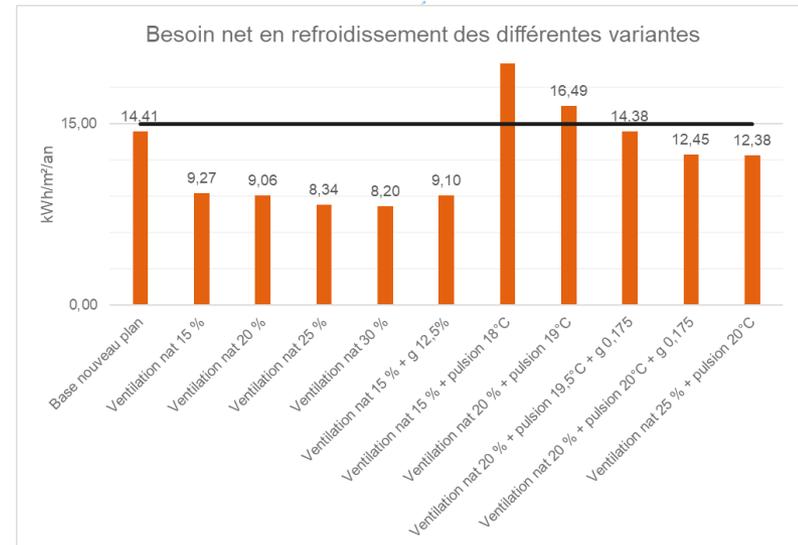
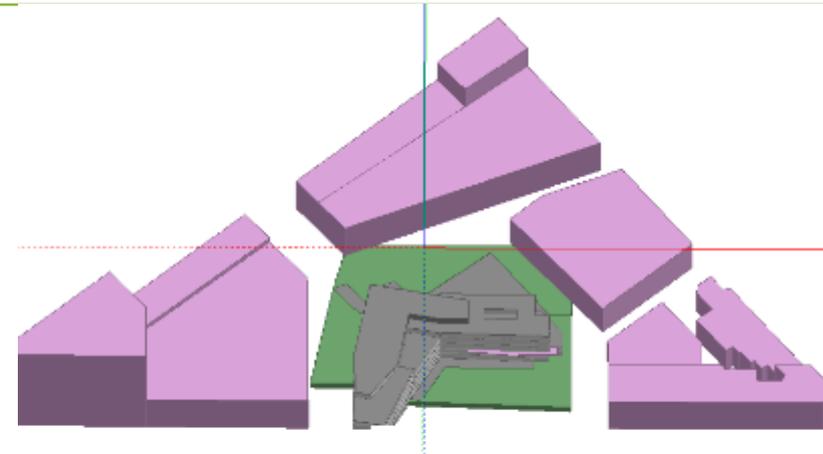
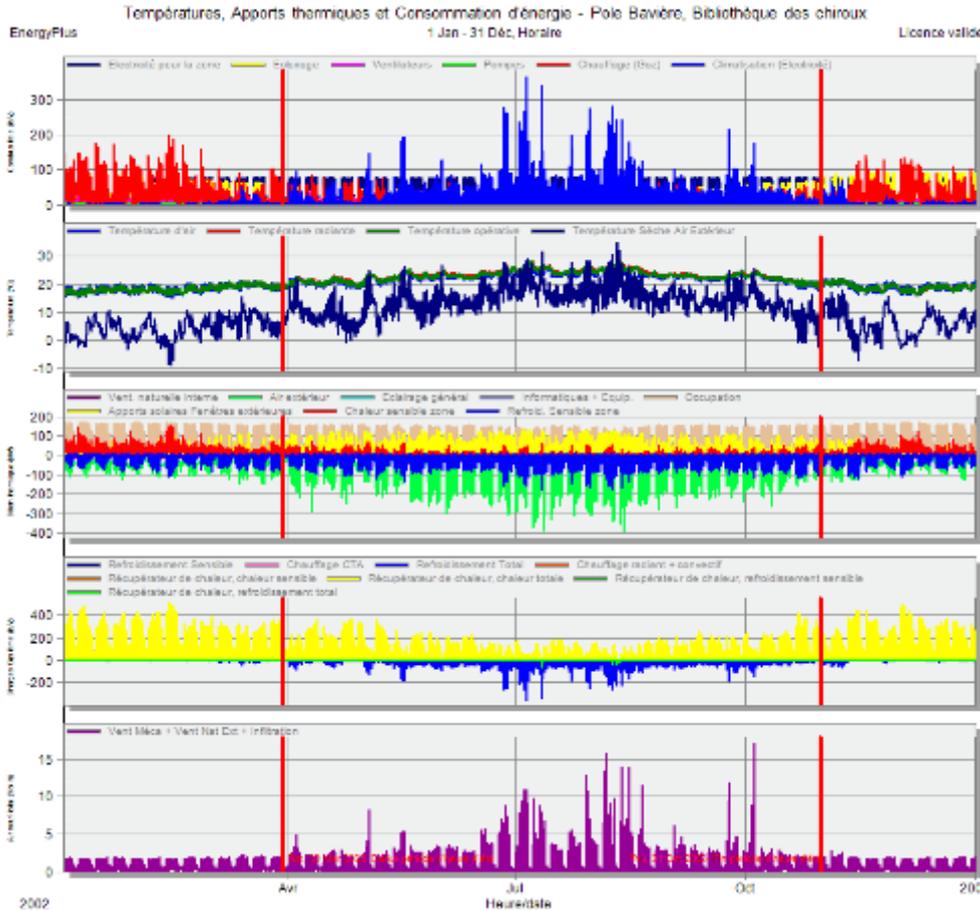
→ **Source de chaleur disponible**

→ **Pas un projet low-cost**



Etude

- ▶ Simulation dynamique
- Design builder



Etude

- Etude hydrogéologique

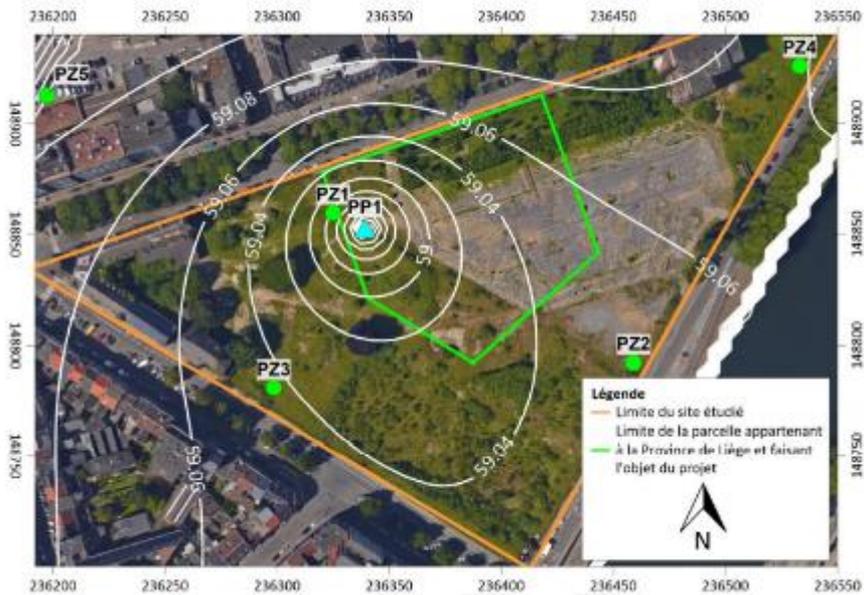


Figure 4-14 : Piézométrie dynamique simulée

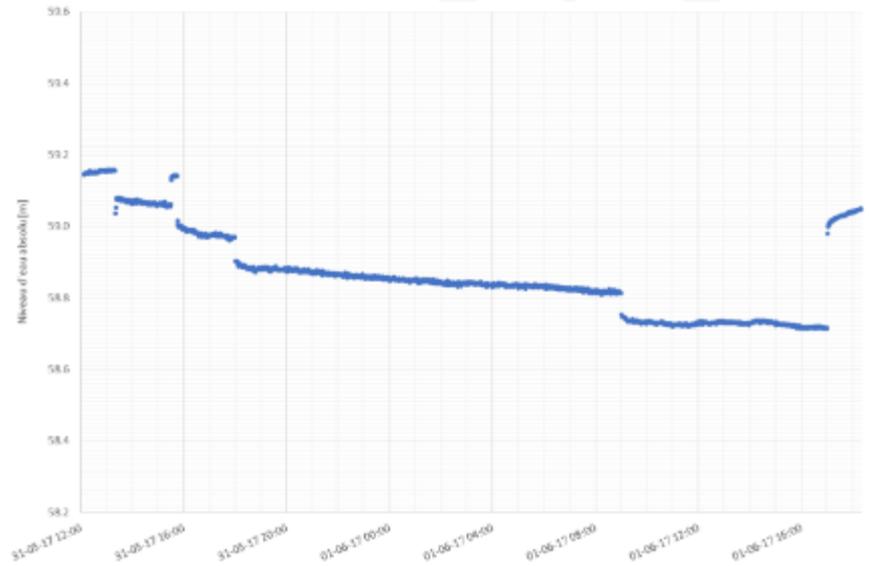


Figure 3-3 : Evolution piézométrique dans le PP1 lors du pompage d'essai par paliers



Etude

- Etude hydrogéologique

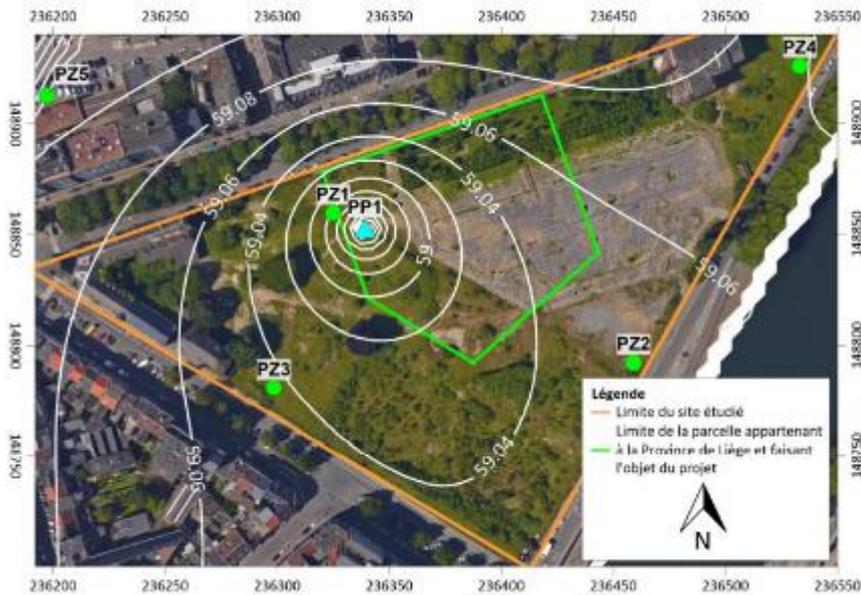


Figure 4-14 :

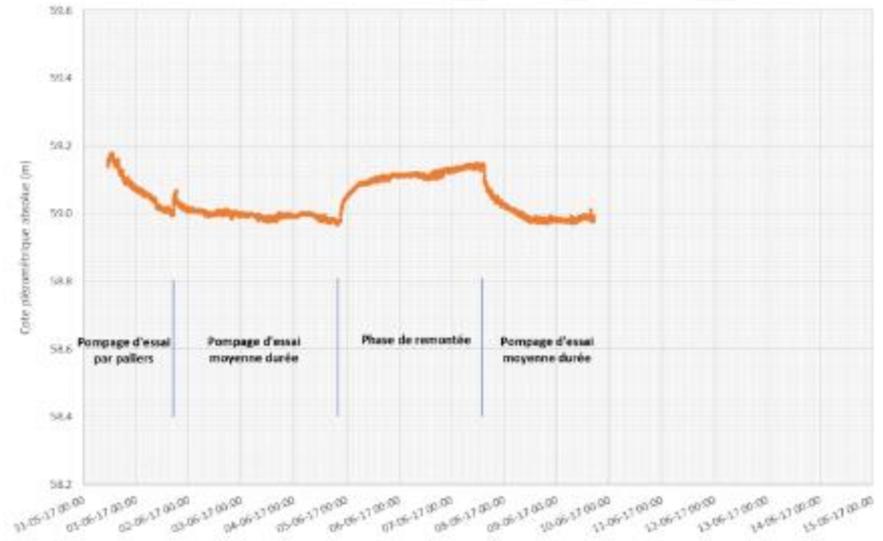


Figure 3-7 : Evolution du niveau piézométrique absolu au piézomètre PZ2 durant les essais

	Distance de PP1	Orientation	Niveau statique 31/05/2017	Niveau dynamique 04/06/2017	Niveau statique 05/06/2017	Niveau dynamique 09/06/2017	Rabattement
PP1	0 m	-	59.14	58.78	59.12	58.79	0.34 m
PZ1	15 m	Nord-Ouest	59.18	58.93	59.15	58.94	0.22 m
PZ2	130 m	Sud-Est	59.14	58.98	59.11	58.98	0.13 m
PZ3	80 m	Sud-Ouest	59.17	58.97	59.14	58.97	0.17 m
PZ4	210 m	Nord-Est	59.13	59.00*	59.10*	59.00	0.10 m
PZ5	160 m	Nord-Ouest	59.23	59.11	59.21	59.11*	0.10 m



Etude

- Etude hydrogéologique

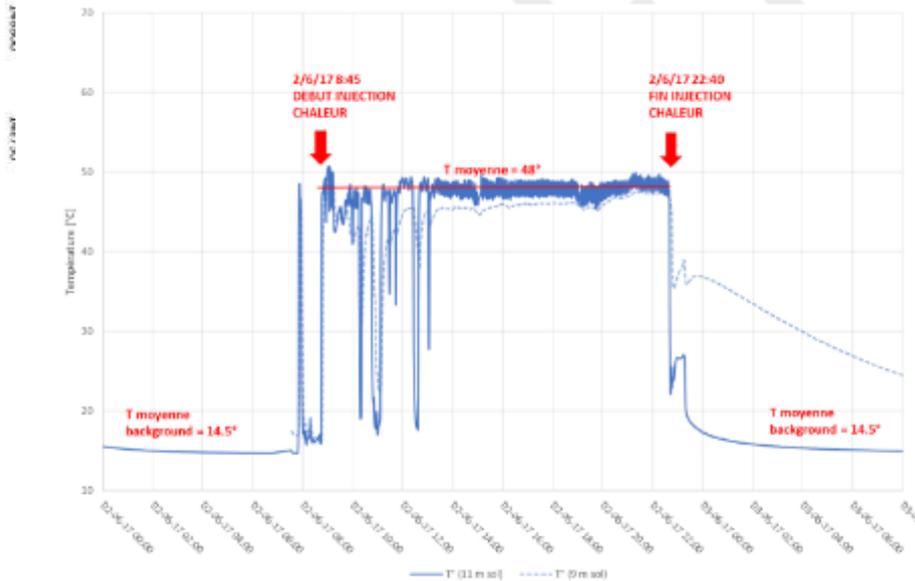


Figure 3-27 : Evolution de la température aux profondeurs de 9 et 11 m dans l'ouvrage d'injection PZ1

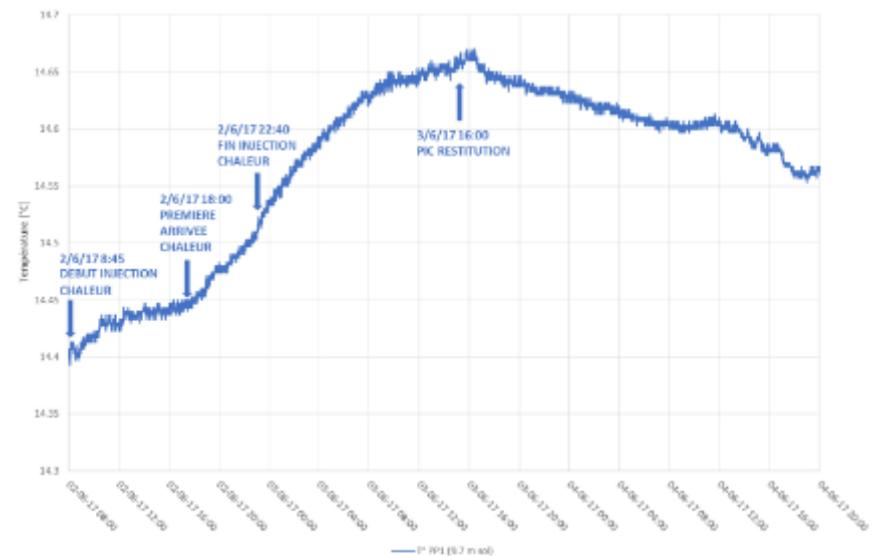
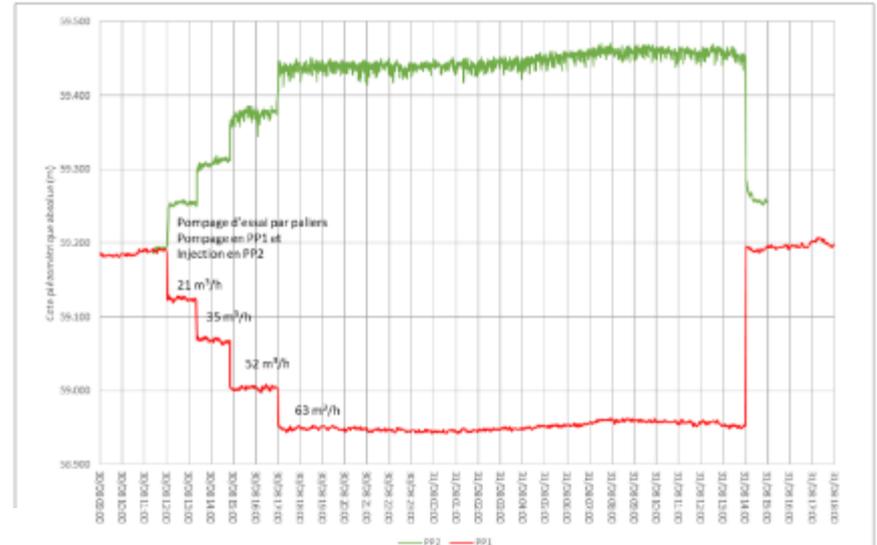


Figure 3-28 : Evolution de la température à la profondeur de 9.7 m dans l'ouvrage de pompage PP1



### Etude

- Etude hydrogéologique

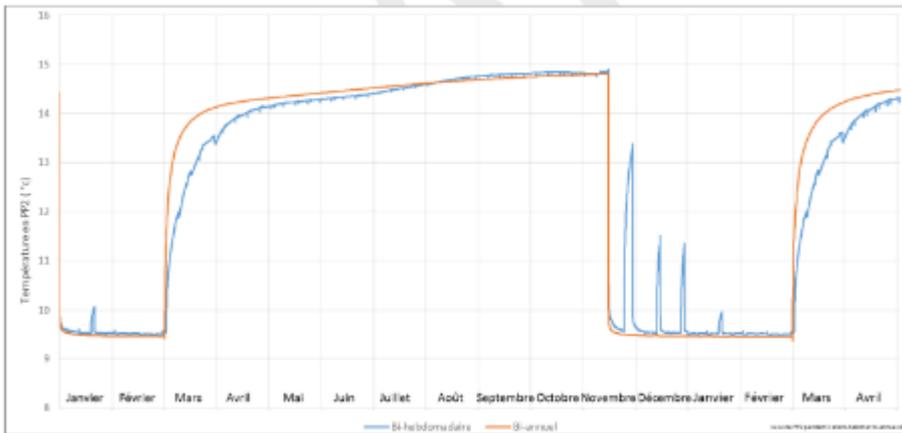
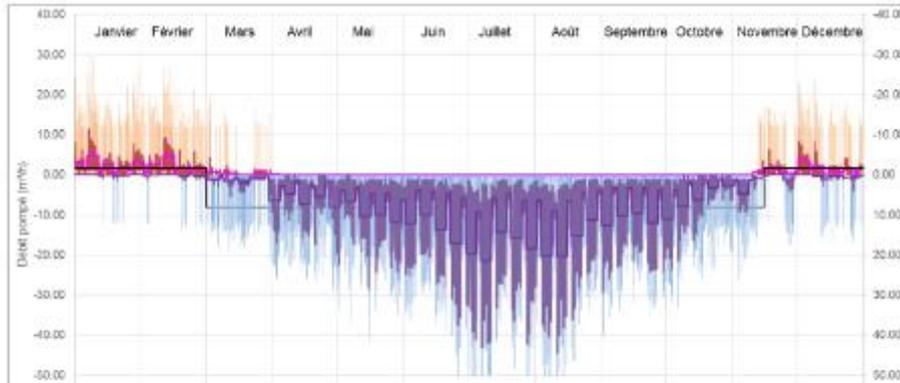


Figure 5-8 : Variations thermiques en PP2 pour une injection en PP1 variant de manière bi-hebdomadaire ou bi-annuelle

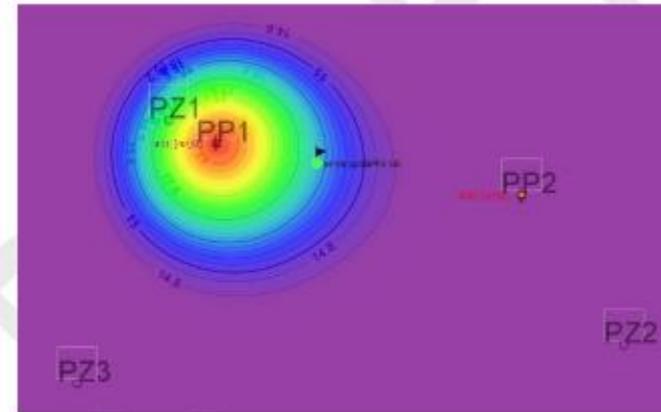


Figure 5-5 : Localisation du point de monitoring pour comparer les injections moyennées sur un jour ou sur une semaine (noté "entre PP1 et PP2 siG")

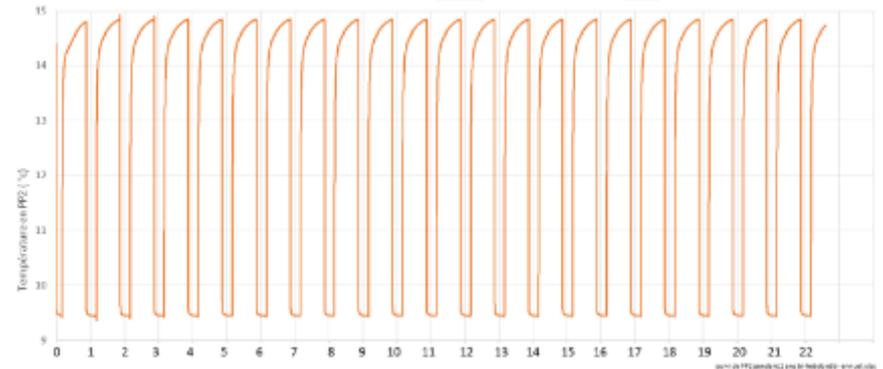
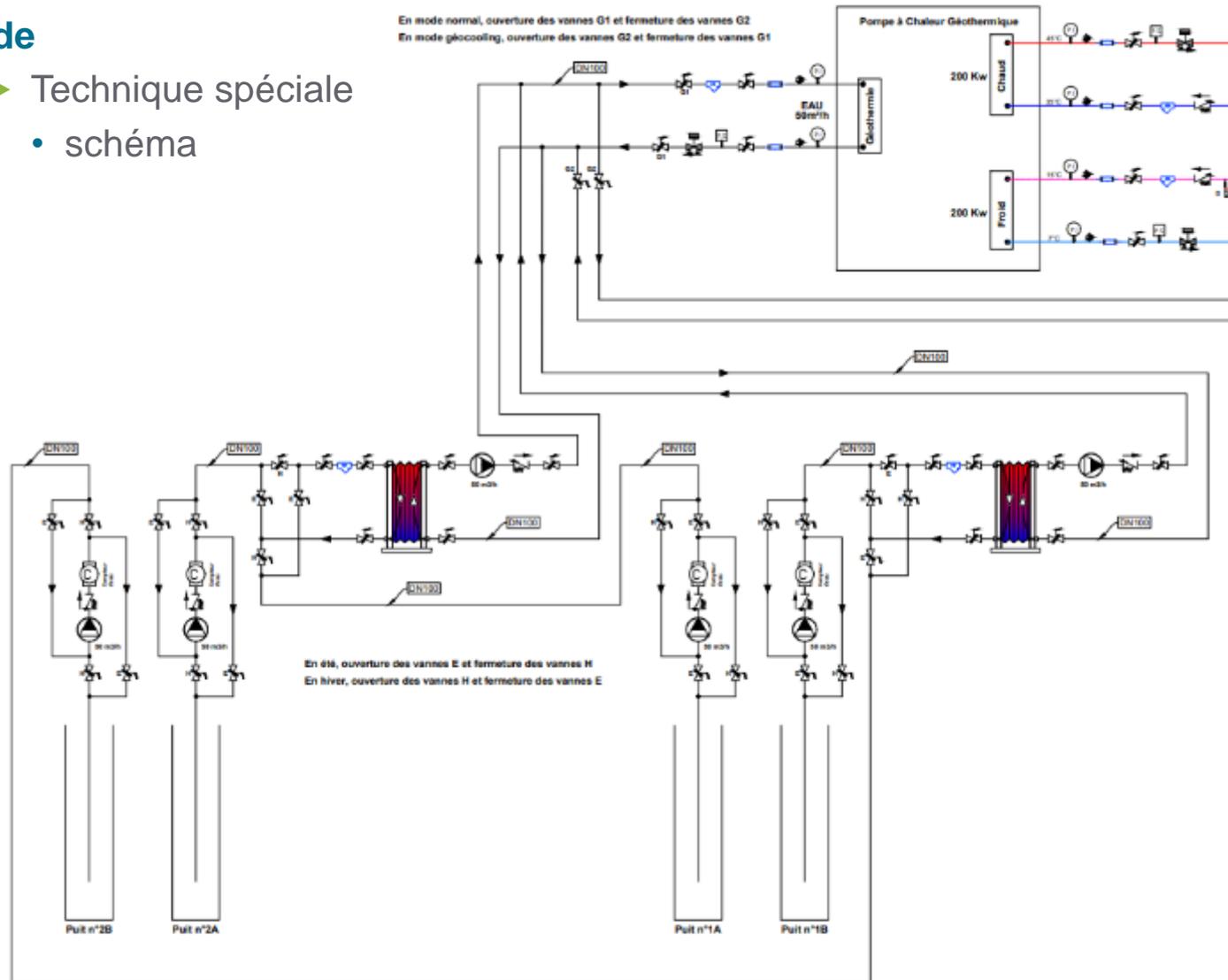


Figure 5-9 : Variations thermiques en PP2 pour une injection en PP1 variant de manière bi-hebdomadaire ou bi-annuelle



## Etude

- Technique spéciale
  - schéma





## ELÉMENT TECHNIQUE

- ▶ Une PAC c'est quoi ?
- ▶ Choix du compresseur
- ▶ Choix du fluide
- ▶ Choix du système d'émission
- ▶ Choix de la source de chaleur
- ▶ Différence entre un groupe frigo et une PAC ?

## PROJET BAVIÈRE

## **PROJET MONTÉVIDÉO**



## Présentation

- ▶ Restauration et réaménagement des entrepôts 14 190 m<sup>2</sup> / 31 M €
  - Bâtiment principal avec lieu de restauration au rez-de-chaussée et appartements de luxe
  - Partie servant d'entrepôt avec marché de produits frais, lieu de restauration et bureaux
  - 2 niveaux souterrains avec supermarchés, locaux techniques et emplacements de parking



## Présentation



## Etude

- ▶ Bâtiment multifonction

- Commerce

Forte puissance froide / forte demande en froid

- Horeca

Forte puissance froide / forte demande en froid et en ECS

- Logement

demande constante en ECS

- ▶ Hautes ambitions environnementales

- Tendre vers un bâtiment bas carbone

- ▶ Variétés de besoins

- Puissance et besoins

- Simultanéité des besoins en froid et chaud

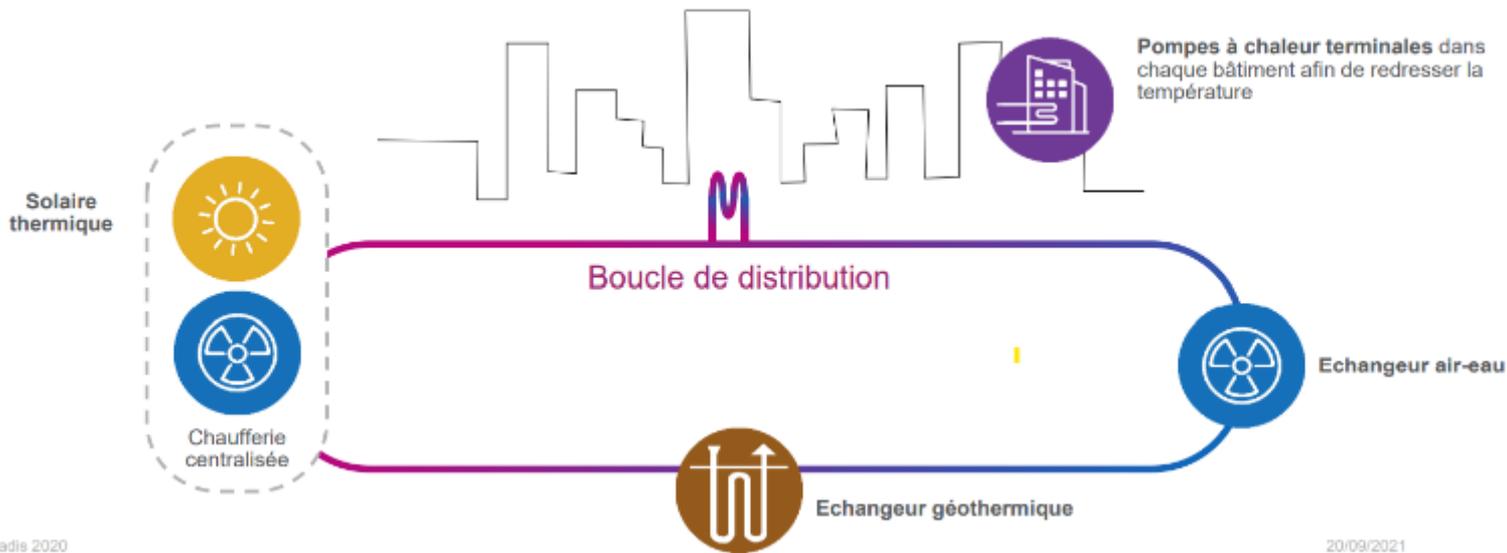
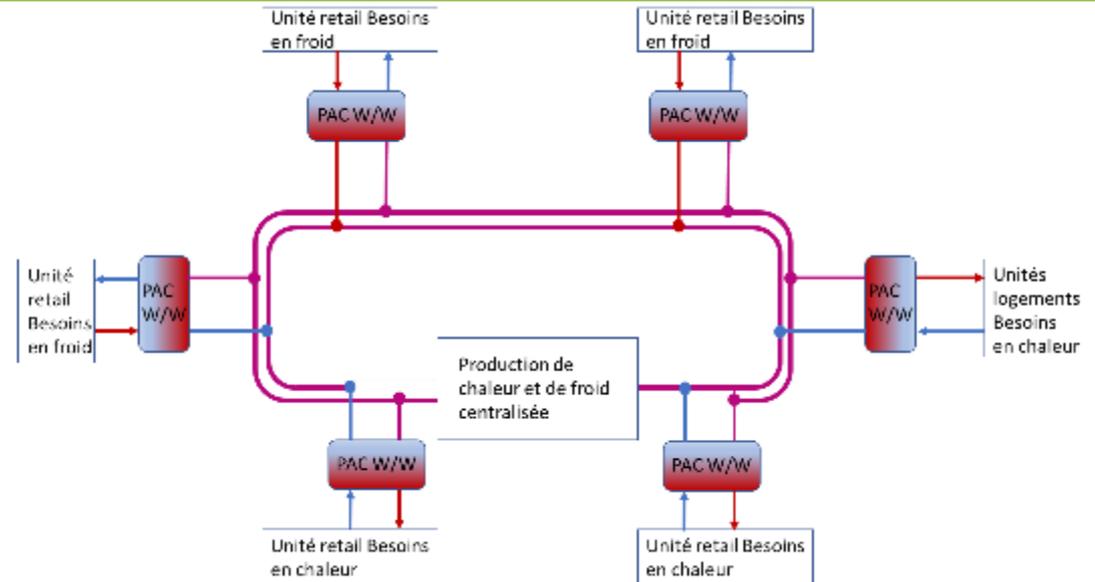
→ **Possibilité de transfert d'énergie**

→ **Pas un projet low-cost**



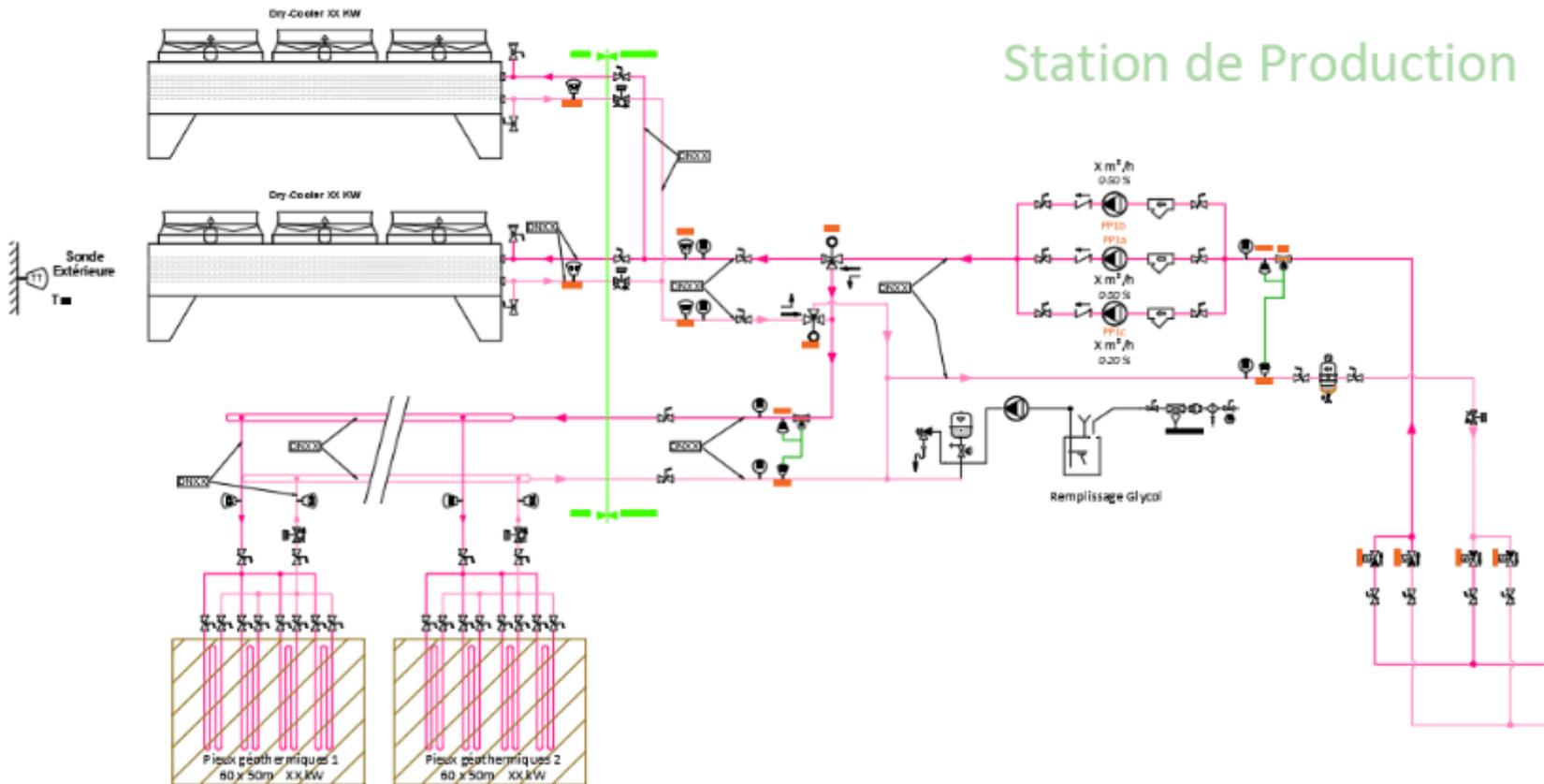
**Etude**

- ▶ Simulation dynamique
  - Design builder
  - Boucle tempérée



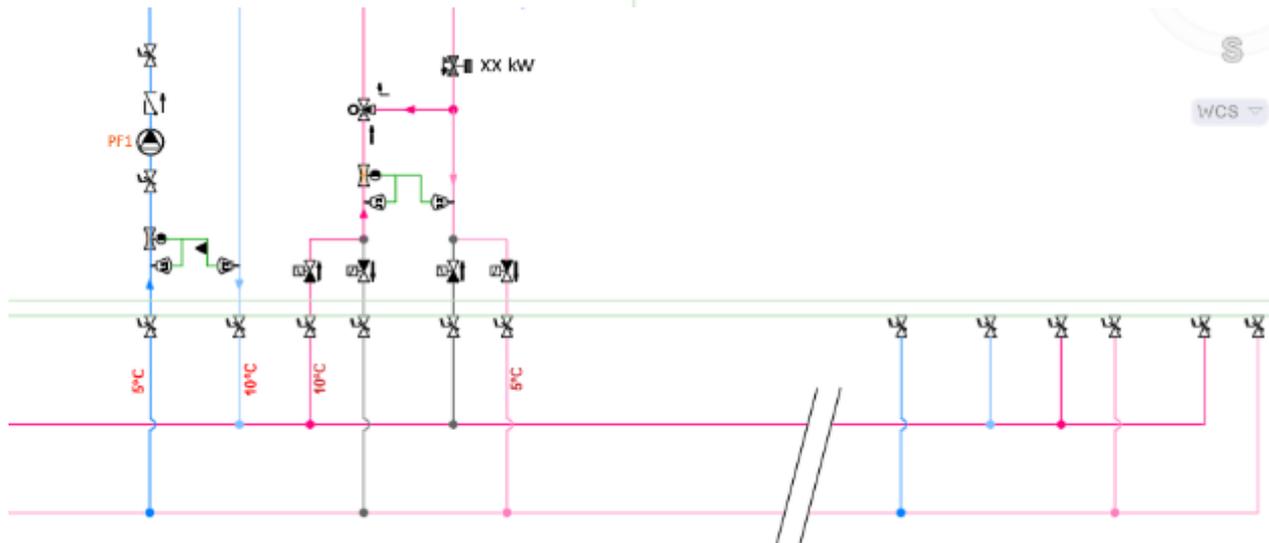
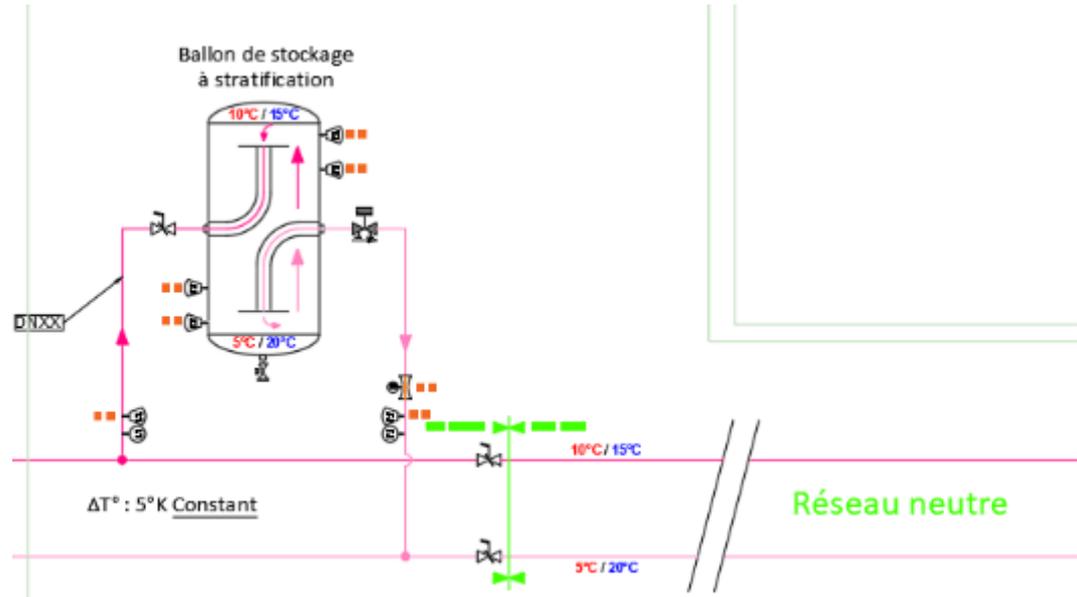
Etude

- ▶ Technique spéciale
  - Schéma station de production



Etude

- ▶ Technique spéciale
  - Boucle de chaleur

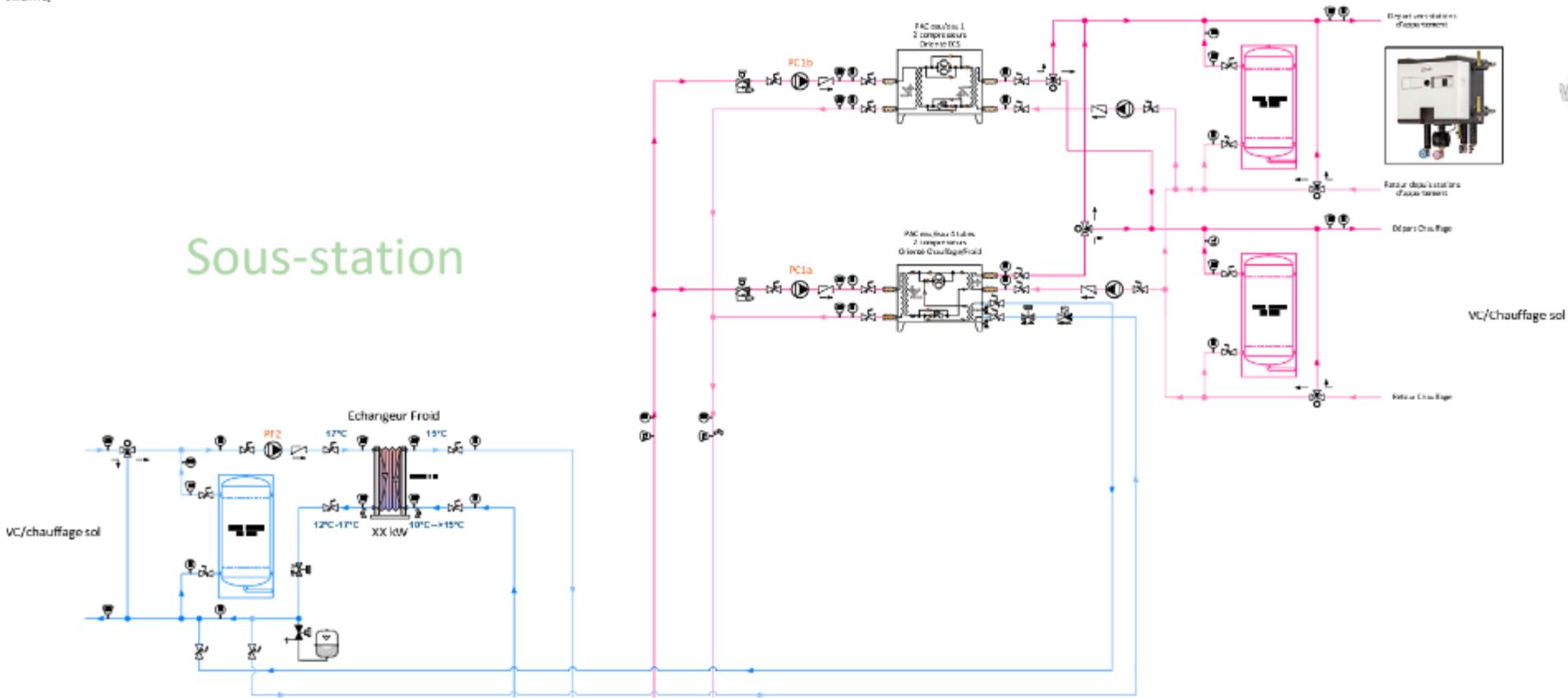


Etude

- ▶ Technique spéciale
  - Sous-station

Sous-station

frame]





- ▶ Si froid nécessaire
  - toujours rendre réversible le groupe frigo
  - La PAC sera le système le moins onéreux
- ▶ L'impact de la PAC évoluera dans le temps
  - Electricité verte
  - Objectif 2050
- ▶ Elle permet un transfert d'énergie
  - Réseau de chaleur neutre



**Yannick LEONARD**

Expert énergie et bâtiment durable

Arcadis sa

☎ +32 2 505 75 00

✉ [yannick.leonard@arcadis.com](mailto:yannick.leonard@arcadis.com)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

