



Série de webinaires
du Réseau
d'animation en
géothermie

29 mars 2024

3^{ème} session –
Module expert

Déroulement d'un projet de géothermie de surface : De la mise en œuvre au suivi de l'installation

En géothermie de surface – 3^{ème} session

Animé par :



Rémi CHAMPIGNY

Animateur de la filière géothermie sur le territoire de la Nouvelle-Aquitaine Sud



Fonctionnement

Le webinaire est enregistré.

Les présentations et le replay seront disponibles sur le site de l'AFPG.

Nous vous invitons à poser vos questions dans l'onglet dédié. Les intervenants y répondront à la fin du webinaire.

L'animation régionale géothermie :

- **Inscrit dans la PPE 2019-2023 – 2024-2028** : « Animation : l'un des enjeux de la géothermie consiste à monter une animation locale : les régions où un animateur dédié à la géothermie est en place affichent une dynamique plus marquée de développement de la filière (cas du Centre-Val de Loire, Hauts de France, Grand Est). Aussi, un minimum de 1 animateur formé par grande région permettrait de sensibiliser tant les particuliers que les institutionnels publics ou privés aux atouts de la géothermie pour la production de chaleur et/ou de froid. Cette action mériterait d'être portée à la fois par l'ADEME et les Régions concernées »
- **L'AFPG** assure la **coordination** du réseau d'animation en géothermie depuis 2018, avec pour support technique les services régionaux du **BRGM** (typiquement sur des sujets d'hydrogéologie).

Les différentes structures portant des postes d'animation en géothermie

Secteurs :

- Association professionnelle
- Université
- Pôle de compétitivité
- Associations locales autour de l'énergie

Association Française des Professionnels de la Géothermie (Paris)

UniLasalle (Beauvais)

Lorraine Energies Renouvelables (Blâmont/Toul)

Association Française des Professionnels de la Géothermie (Paris)

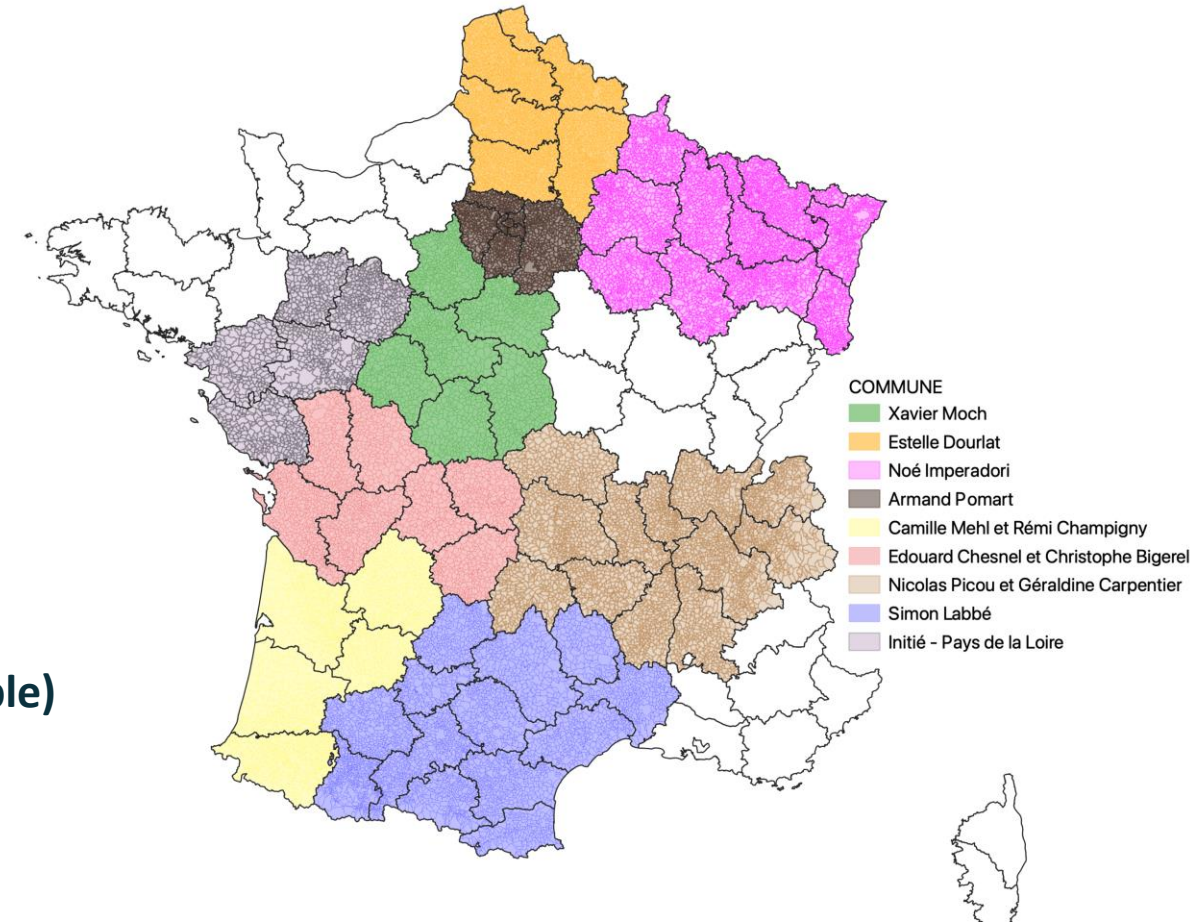
Agence Locale de l'Énergie et du Climat (Bordeaux)

Centre Régional des Energies Renouvelables (La Crèche)

AuRA-Energie Environnement (Villeurbanne) et Tenerrdis (Grenoble)

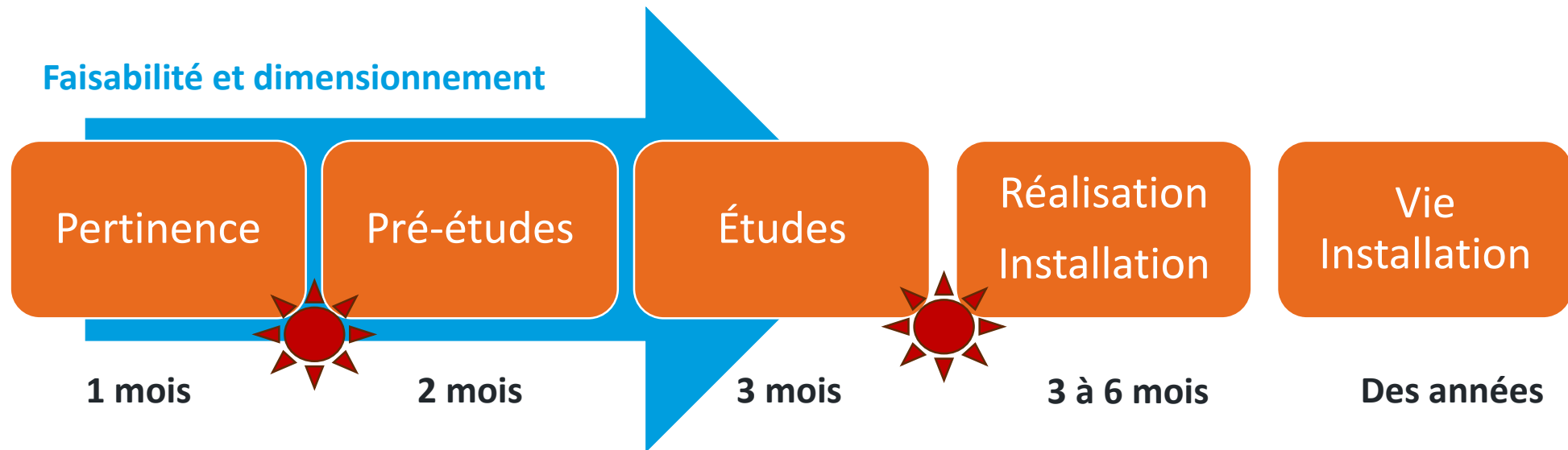
AREC Occitanie (Toulouse)

(à venir) (Pays de la Loire)



Les étapes d'un projet de géothermie

Faisabilité et dimensionnement



- Identification de la ressource
- Analyse des contraintes
- Adéquation besoins/ressources

- Dimensionnement des installations sous-sol et pompe à chaleur
- Dossiers réglementaires
- Approche technico-économique
- Réalisation de forages d'essai (selon projet)

- Finalisation du dimensionnement si réalisation d'essai
- Consultation des entreprises
- Études détaillées techniques et financières

- Passation des marchés
- Réalisation des ouvrages sous-terrain
- Installations PAC, métrologie
- Réalisations des jonctions
- Suivi des travaux
- Réception des ouvrages

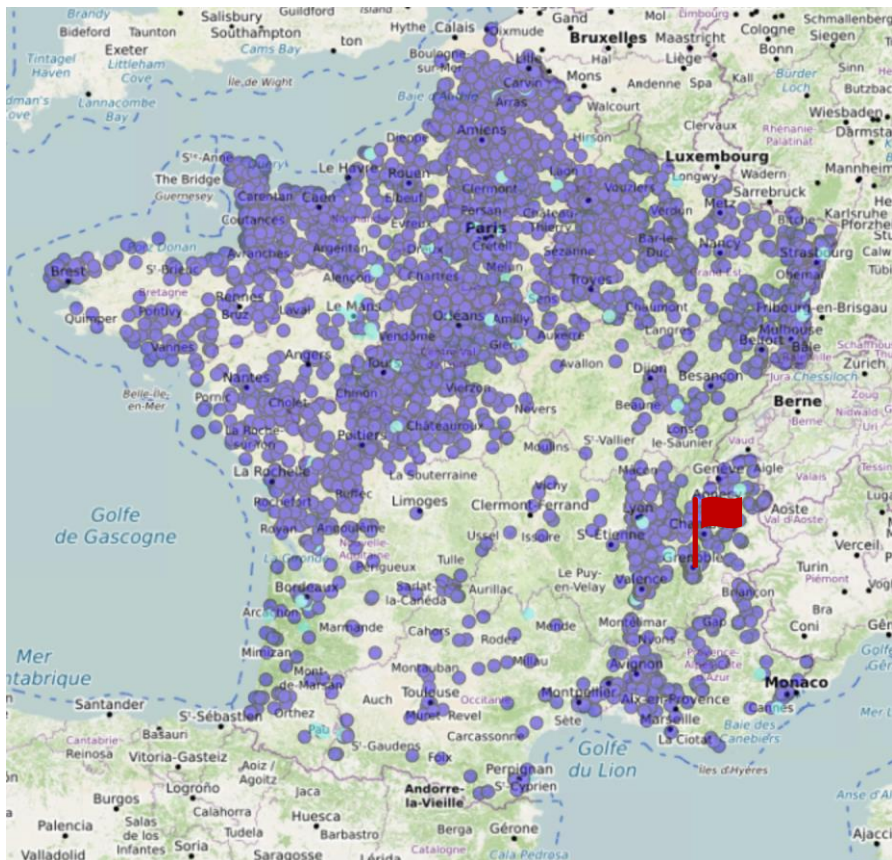
- Suivi d'exploitation
- Maintenance
- Contrôle des performances

Les principaux acteurs du projet de géothermie

Phases préalables		Conception	Chantier	Exploitation/Maintenance
Pertinence	Pré-études	Études	Réalisation/Installation	Vie de l'installation
Maître d'Ouvrage				
	Assistant à Maîtrise d'Ouvrage			
		Équipe de Maîtrise d'œuvre (comprenant un bureau d'études thermiques)		
			Entreprises	
Bureau d'Etudes Surface				
Bureau d'Etudes Sous-sol				
	Foreur		Foreur	
			Chauffagiste	
				Exploitant
				Prestataires
Votre Chargé.e de mission Multi-EnR et/ou votre Animateur.trice géothermie				



Aujourd'hui : de la mise en œuvre au suivi de l'installation



Projet n°1
Géothermie sur nappe :
Résidence Ginkgo Grenoble



Projet n°2
Géothermie sur
sonde : Installation
d'UniLaSalle Beauvais



Série de webinaires
du Réseau
d'animation en
géothermie

3^{ème} session –
Module expert

Géothermie sur nappe : Résidence Ginkgo Grenoble

Bâtiment neuf



Thomas DUTOUR

Ingénieur d'études



Nicolas BUISSON

Dirigeant



1999

2005

2024

Création du bureau d'études Solares Bauen GmbH par **Martin UFHEIL** à Fribourg (Allemagne)

Création de Solares Bauen France par **Camille BOUCHON** à Strasbourg (France)

Plus de **70** collaborateurs
5 agences en France



solaresbauen

solaresformation

- ➔ Maîtrise d'œuvre lots fluides
- ➔ **Maîtrise d'œuvre environnementale et physique du bâtiment**
- ➔ Assistance à maîtrise d'ouvrage environnementale et urbaine
- ➔ Formations professionnelles

Contexte : Un bâtiment Passivhaus



• Bâtiment :

- Immeuble de **44 logements et locaux tertiaires** livré en **2022**
- Surface Utile + Circulations : **3 375 m²**
 - Surface logements : **2 968 m²**
 - Surface bureaux : **407 m²**

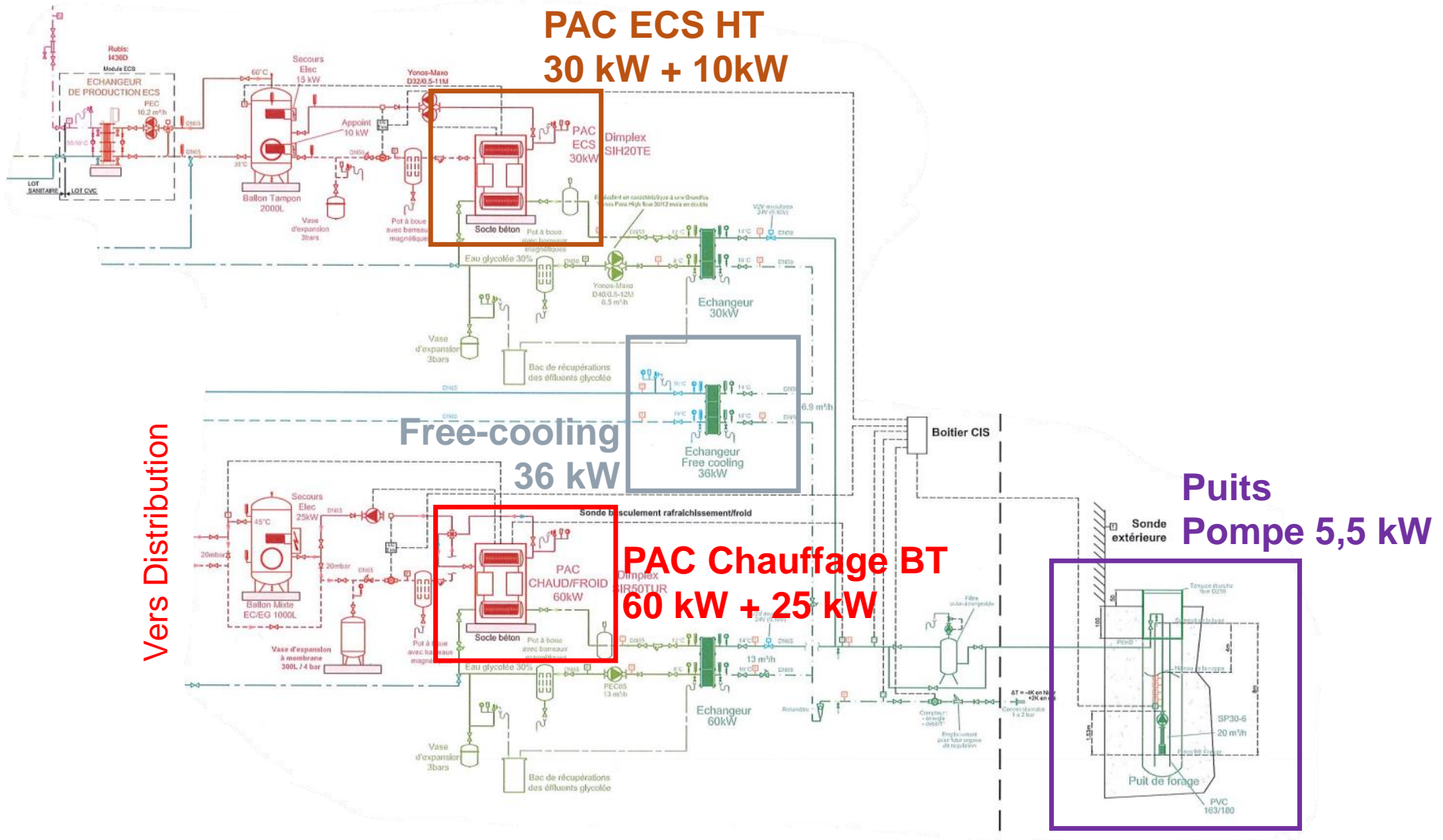
• Bilan énergétique :

- Besoin de chauffage des logements = 11 kWh/m².an
- Surchauffe Tint > 25°C = 5%
- N50 = 0,57
- Conso EP-R = 58 kWh/m².an
- Conso EP = 123 kWh/m².an



Principe de production de chaleur/froid

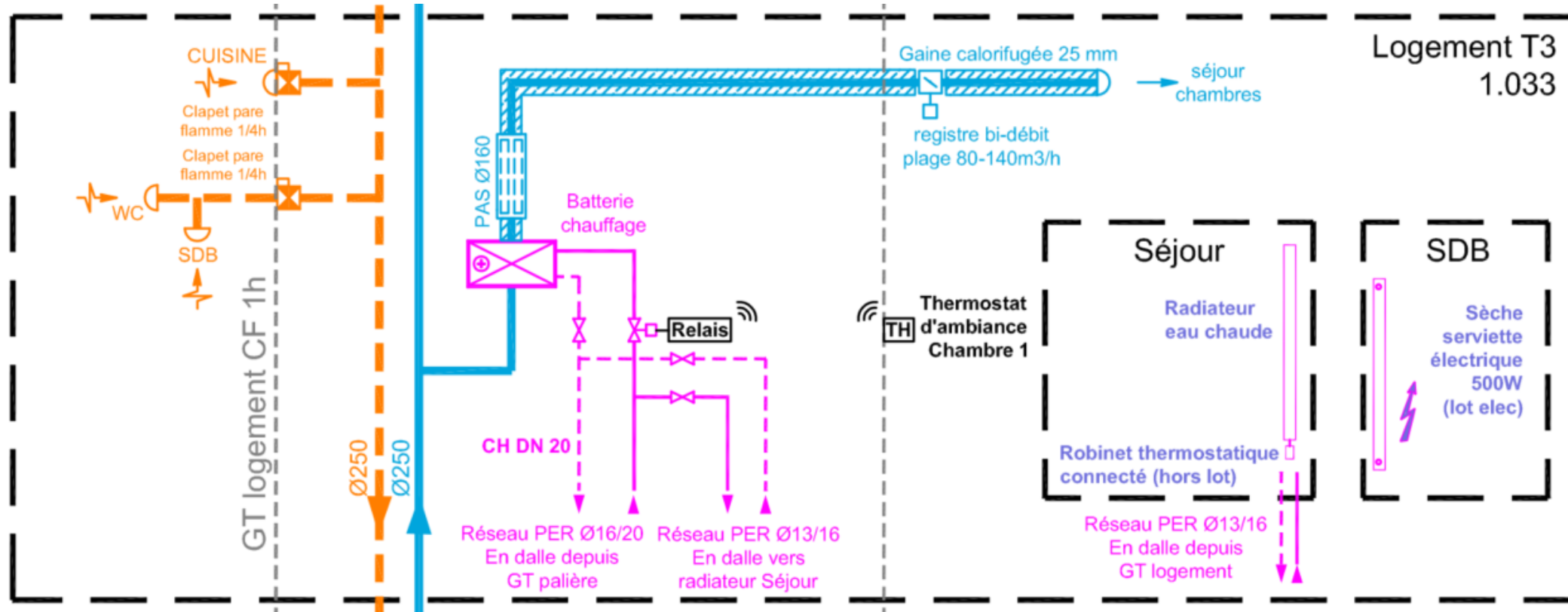
Vers Distribution



Vers Distribution

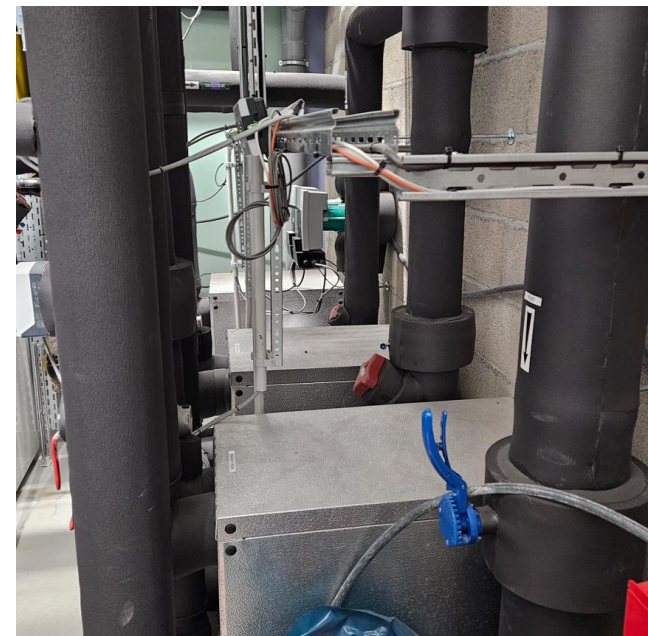


Synoptique général de l'installation

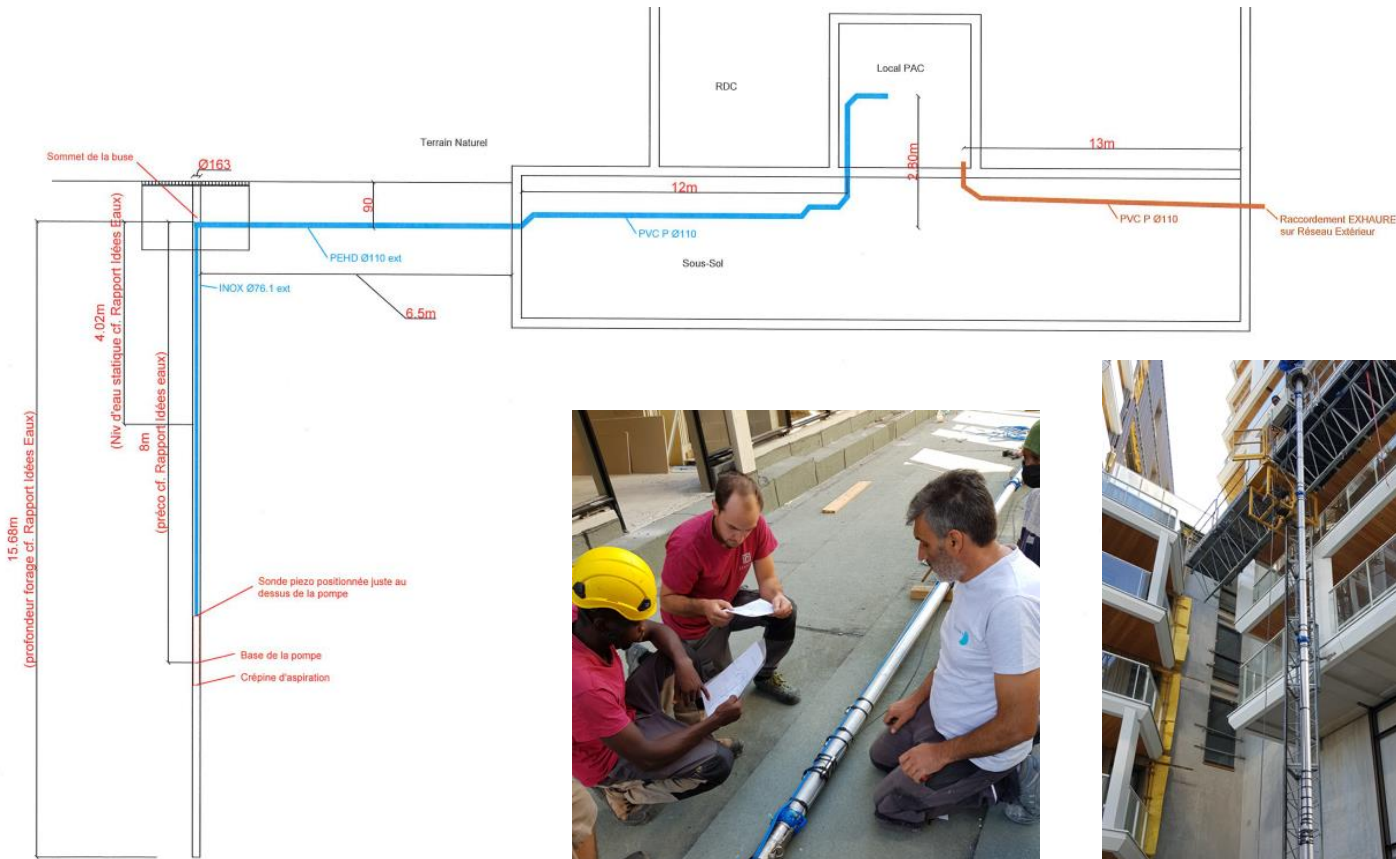


Régime : 45/40°C

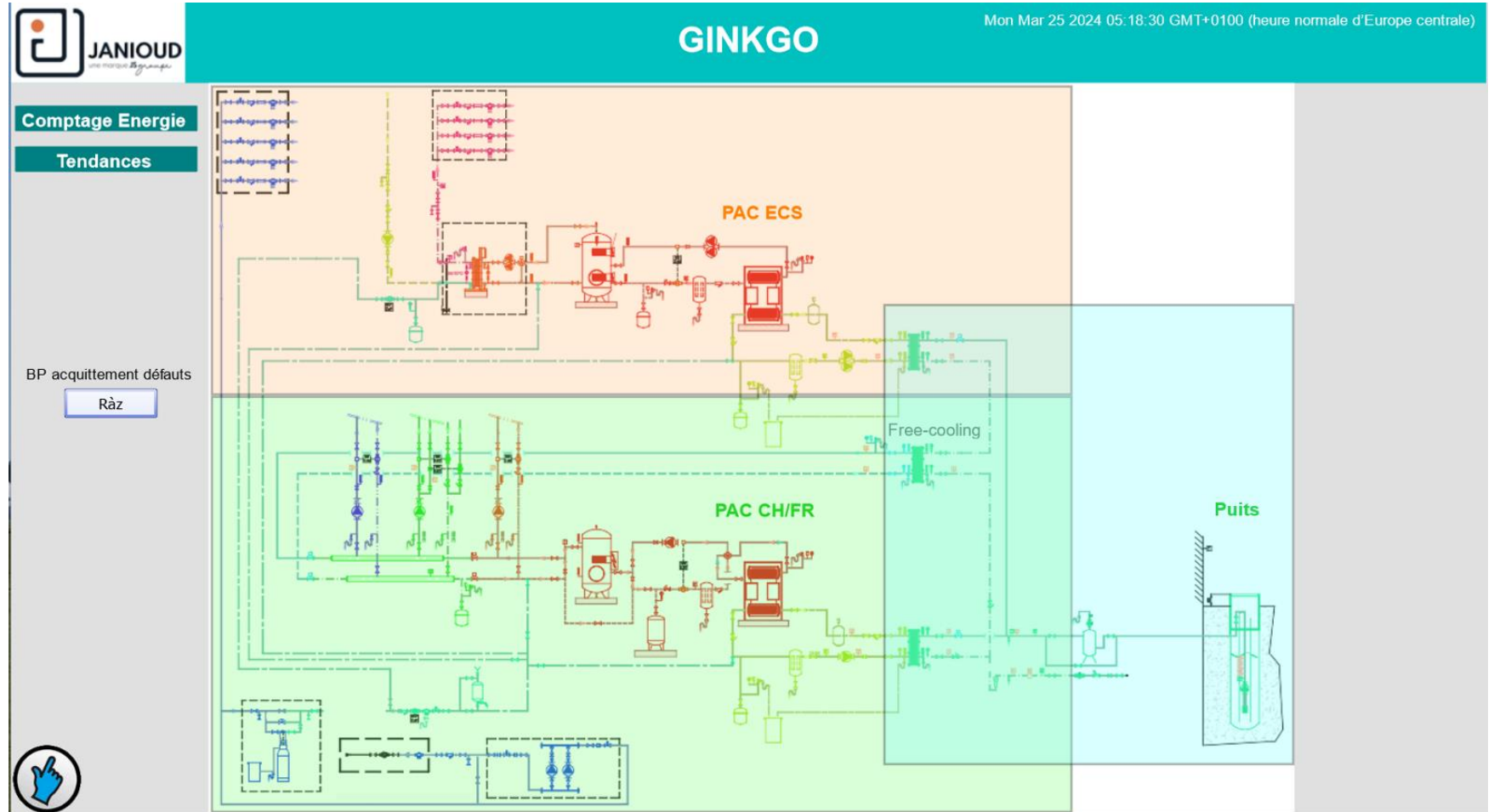
Chaufferie



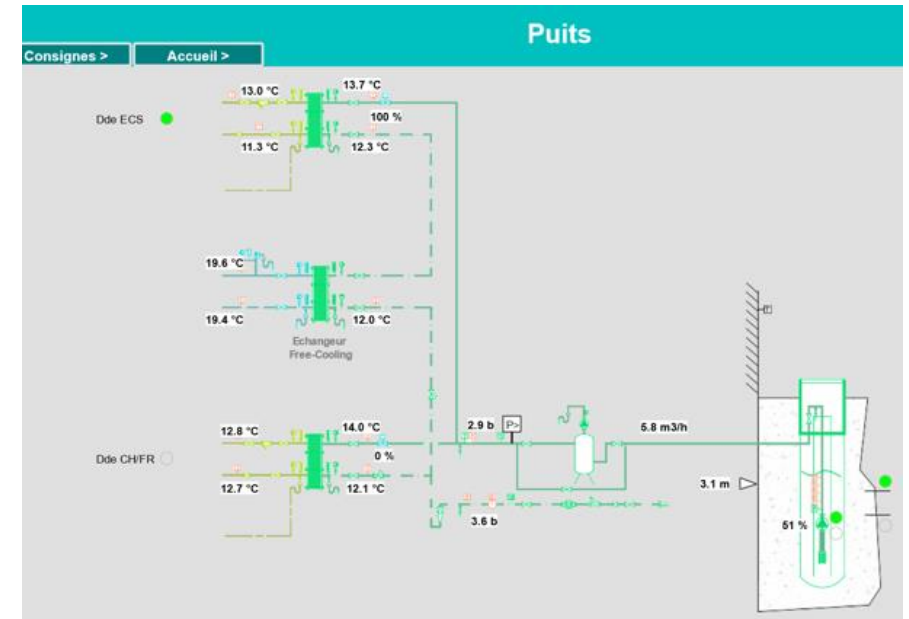
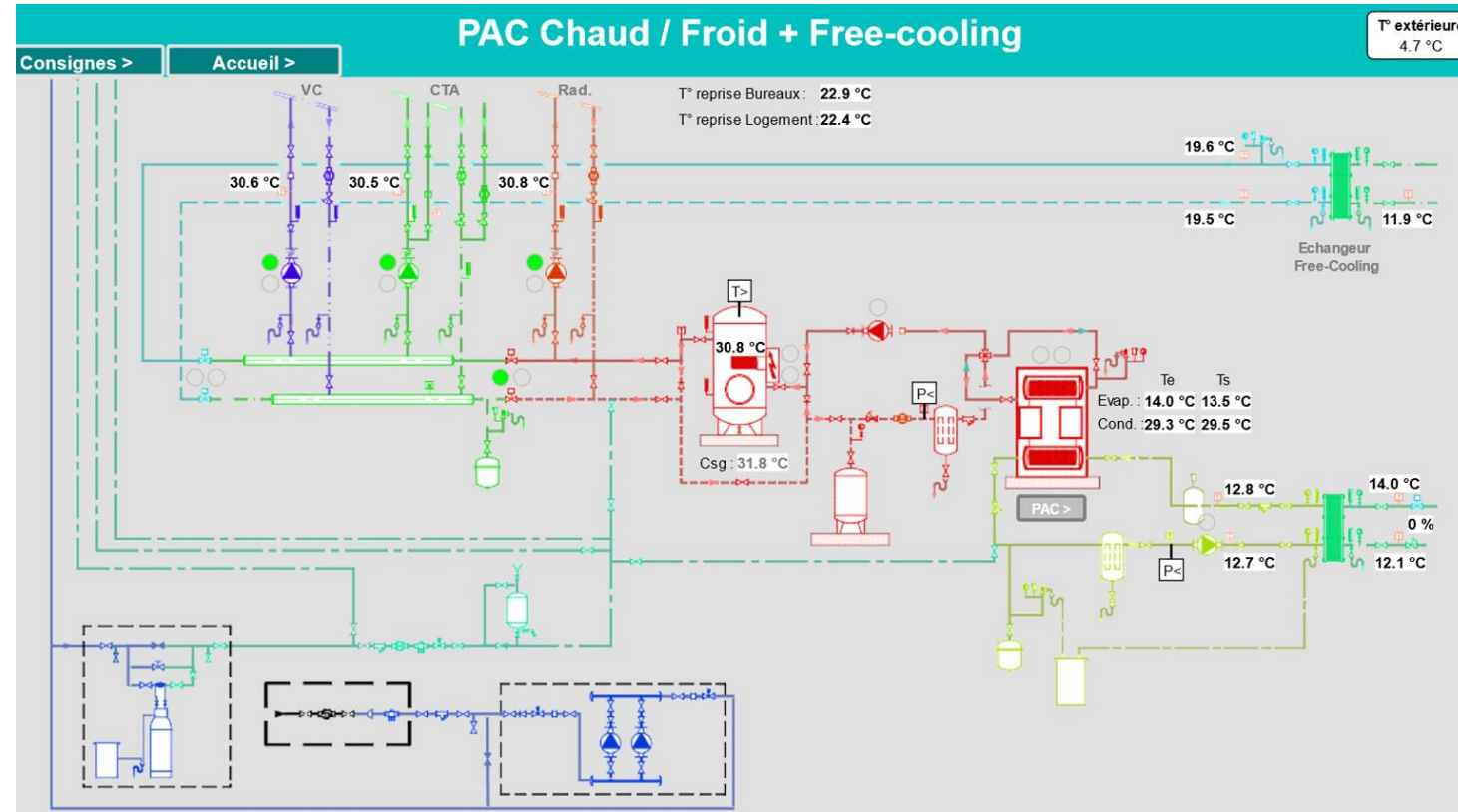
Synoptique du puits et mise en œuvre sonde



Supervision



Supervision



Réglages de la pompe du puits

3 Vitesses :

- OFF si pas besoin de chauffage/froid ou ECS
- 6 m³/h si besoin ECS seul
- 13 m³/h si chauffage ou froid seul
- 19 m³/h si chauffage/froid + ECS

Horodatage	P ref ppe	P rejet	Niveau	Debit	Vitesse	Dde ECS	Dde CH FR
14 Hier	2,39 bar	3,89 bar	3,13 m	6 m³/h	48,91 %	Vrai (1)	Faux (0)
13:45:00	2,61 bar	3,41 bar	3,16 m	6,06 m³/h	49,44 %	Vrai (1)	Faux (0)
13:30:00	2,9 bar	3,84 bar	3,17 m	5,74 m³/h	53,03 %	Vrai (1)	Faux (0)
13:15:00	2,56 bar	3,71 bar	3,17 m	6,1 m³/h	53,23 %	Vrai (1)	Faux (0)
13:00:00	2,49 bar	3,72 bar	3,13 m	6,07 m³/h	53,58 %	Vrai (1)	Faux (0)
12:45:00	2,73 bar	3,55 bar	3,07 m	18,73 m³/h	62,5 %	Vrai (1)	Vrai (1)
12:30:00	2,08 bar	3,01 bar	3,07 m	12,48 m³/h	38,99 %	Faux (0)	Vrai (1)
12:15:00	2,74 bar	3,61 bar	3,11 m	12,79 m³/h	35,05 %	Faux (0)	Vrai (1)
12:00:00	2,41 bar	2,49 bar	2,94 m	0 m³/h	0 %	Faux (0)	Faux (0)
11:45:00	2,55 bar	2,36 bar	2,94 m	0 m³/h	0 %	Faux (0)	Faux (0)
11:30:00	2,93 bar	3,9 bar	3,19 m	6,08 m³/h	49,07 %	Vrai (1)	Faux (0)
11:15:00	2,59 bar	3,54 bar	3,15 m	5,98 m³/h	48,52 %	Vrai (1)	Faux (0)
11:00:00	2,83 bar	3,7 bar	3,14 m	6,03 m³/h	49,27 %	Vrai (1)	Faux (0)
10:45:00	2,63 bar	3,41 bar	3,15 m	6,41 m³/h	52,93 %	Vrai (1)	Faux (0)
10:30:00	2,74 bar	3,68 bar	3,16 m	6,01 m³/h	53,24 %	Vrai (1)	Faux (0)
10:15:00	2,93 bar	3,81 bar	3,06 m	19,15 m³/h	63,71 %	Vrai (1)	Vrai (1)
10:00:00	2,77 bar	3,61 bar	3,05 m	18,64 m³/h	60,08 %	Vrai (1)	Vrai (1)
09:45:00	2,2 bar	3,05 bar	3,07 m	12,45 m³/h	33,3 %	Faux (0)	Vrai (1)
09:30:00	2,14 bar	2,34 bar	2,92 m	0 m³/h	0 %	Faux (0)	Faux (0)
09:15:00	2,95 bar	3,71 bar	3,16 m	5,81 m³/h	50,59 %	Vrai (1)	Faux (0)
09:00:00	2,9 bar	3,66 bar	3,16 m	5,9 m³/h	45,99 %	Vrai (1)	Faux (0)
08:45:00	3,42 bar	4,15 bar	3,15 m	6,04 m³/h	48,41 %	Vrai (1)	Faux (0)
08:30:00	2,83 bar	3,42 bar	3,16 m	5,57 m³/h	47,98 %	Vrai (1)	Faux (0)
08:15:00	2,25 bar	2,5 bar	2,92 m	0 m³/h	0 %	Faux (0)	Faux (0)
08:00:00	2,3 bar	3,39 bar	3,03 m	12,75 m³/h	41,05 %	Faux (0)	Vrai (1)
07:45:00	2,1 bar	3,02 bar	3,04 m	13,17 m³/h	38,75 %	Faux (0)	Vrai (1)
07:30:00	2,44 bar	3,16 bar	3,07 m	13,27 m³/h	35,23 %	Faux (0)	Vrai (1)
07:15:00	3,09 bar	3,5 bar	3,06 m	18,88 m³/h	63,1 %	Vrai (1)	Vrai (1)
07:00:00	2,54 bar	3,52 bar	3,05 m	19,11 m³/h	61,7 %	Vrai (1)	Vrai (1)
06:45:00	2,97 bar	3,87 bar	3,13 m	6 m³/h	52,2 %	Vrai (1)	Faux (0)
06:30:00	2,59 bar	3,1 bar	3,15 m	0,97 m³/h	31,41 %	Vrai (1)	Faux (0)
06:15:00	2,15 bar	1,98 bar	2,92 m	0 m³/h	0 %	Faux (0)	Faux (0)
06:00:00	1,95 bar	2,04 bar	2,94 m	0 m³/h	0 %	Faux (0)	Faux (0)
05:45:00	2,3 bar	3,27 bar	3,1 m	12,97 m³/h	37,6 %	Faux (0)	Vrai (1)

Investissement

COMPARATIF CHAUFFERIE projet équivalent en nombre de logements

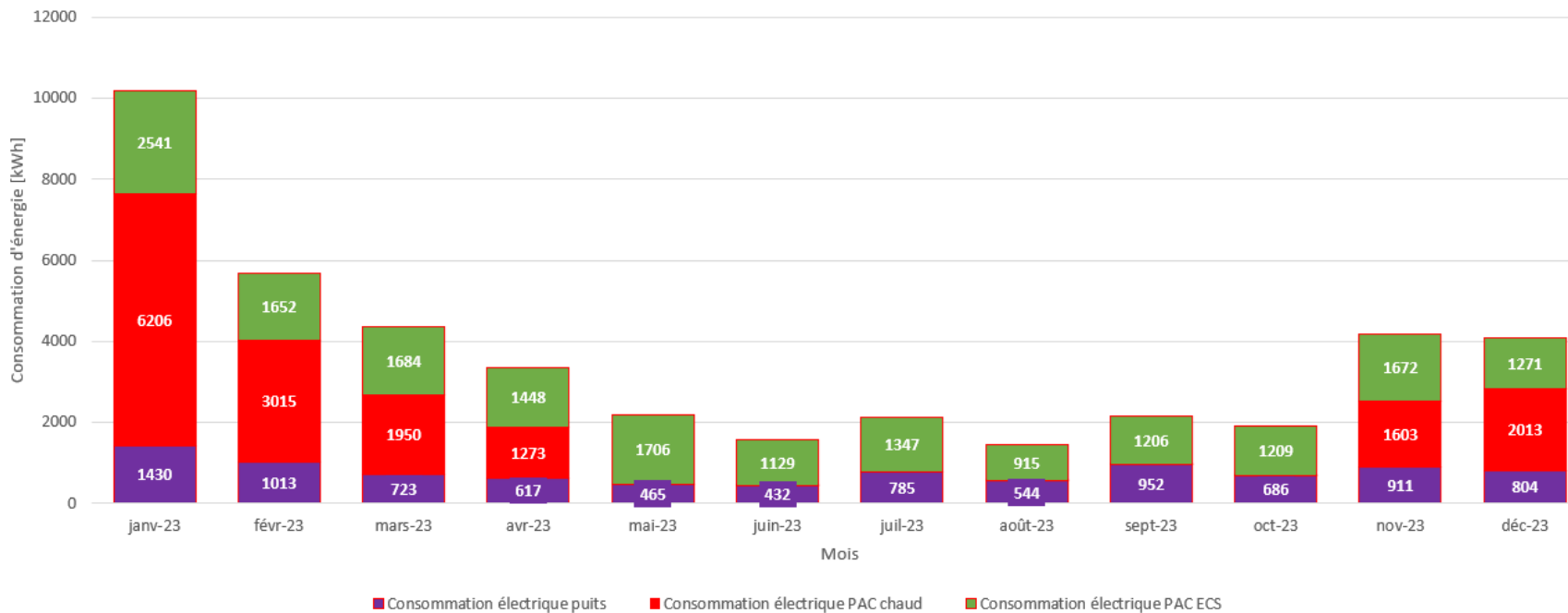
DATE MARCHE	AFFAIRE		TOTAL	Euros HT		
				EQUIPEMENTS	PUIT	REGULATION
nov-20	GINKO	GEO THERMIE	140 000,00	83 000,00	15 000,00	42 000,00
Dec-2021	VELLA NOVA	AEROTHERMIE COLLECTIVE	126 000,00	109 000,00	SO	17 000,00
Dec-2021	MANUFACTURE	CHAUFFERIE GAZ	87 000,00	73 000,00	SO	14 000,00



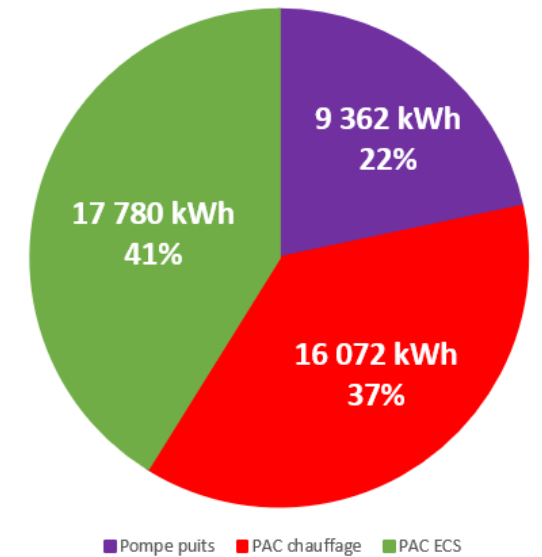
Consommations de l'installation

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023

Evolution des consommations électriques finales de la pompe de puits, de la PAC chaud et de la PAC ECS



Répartition de la consommation électrique finale de la pompe de puits, de la PAC chauffage et de la PAC ECS

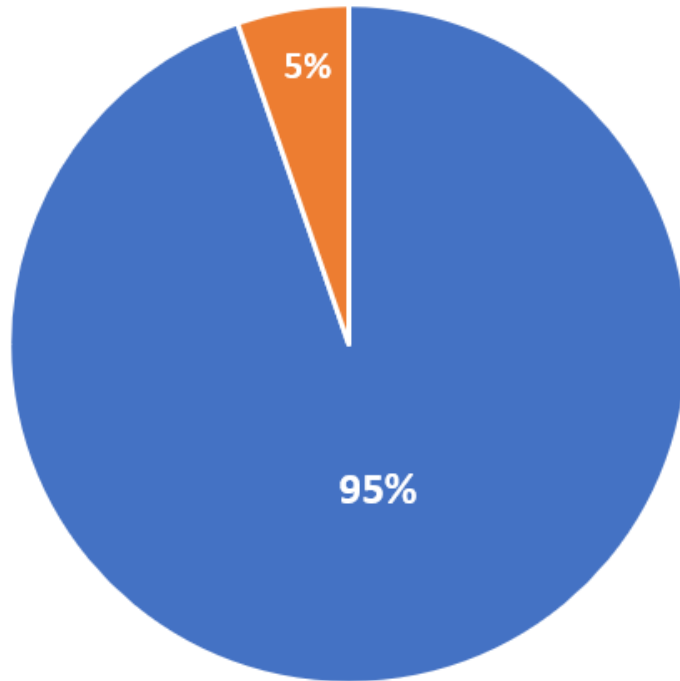


- La consommation électrique finale de la pompe puits est non négligeable par rapport à celle des deux PAC → 22%

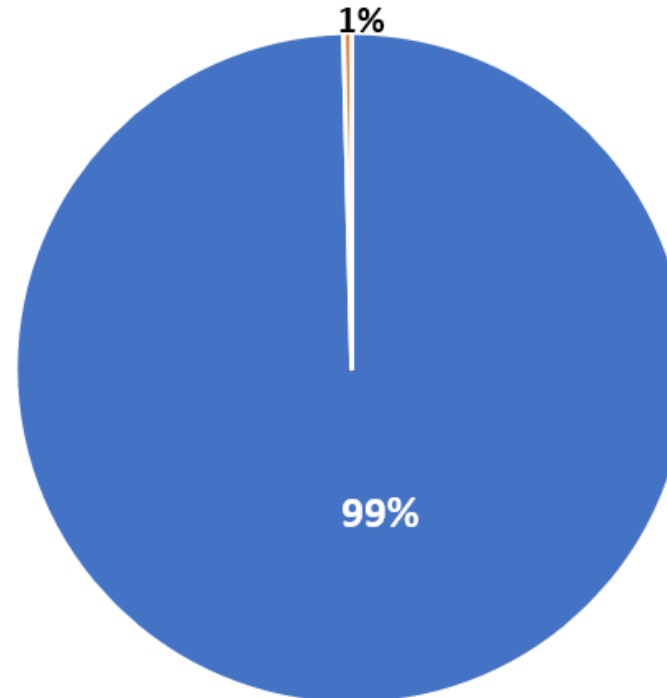
Taux de couverture PAC ECS

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023

Taux de couverture PAC ECS avant réglage
(janvier 2023 à avril 2023)



Taux de couverture PAC ECS après réglage (mai 2023 à décembre 2023)



- Avant réglage de la temporisation de l'appoint/secours électrique, la résistance représentait 5%, contre 1% après réglage.
- Consommation électrique de la résistance : 1380 kWh (1232 kWh avant réglage et 148 kWh après)

■ Production thermique PAC ECS

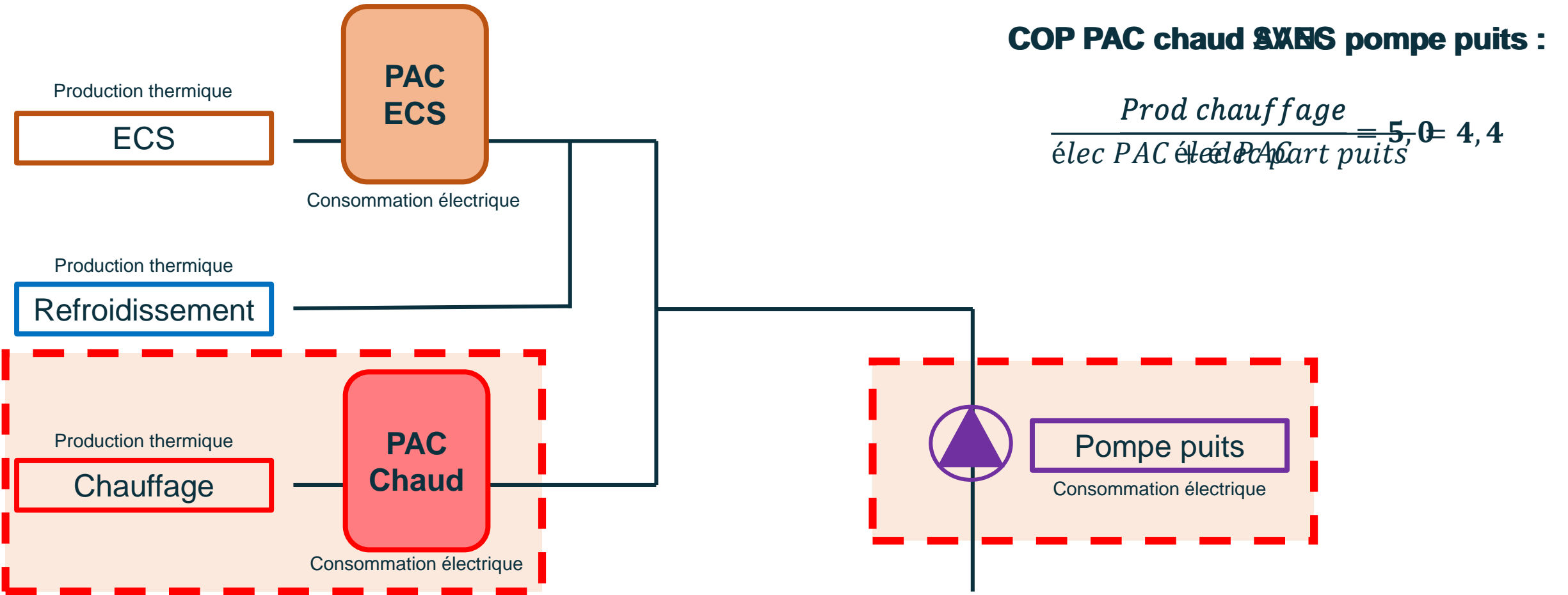
■ Consommation électrique résistance

■ Production thermique PAC ECS

■ Consommation électrique résistance

BILAN COP PAC CHAUD

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023



COP PAC chaud ~~SANS~~ pompe puits :

$$\frac{\text{Prod chauffage}}{\text{élec PAC élec PAC art puits}} = \frac{5,0}{1,15} = 4,4$$

BILAN COP FROID

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023

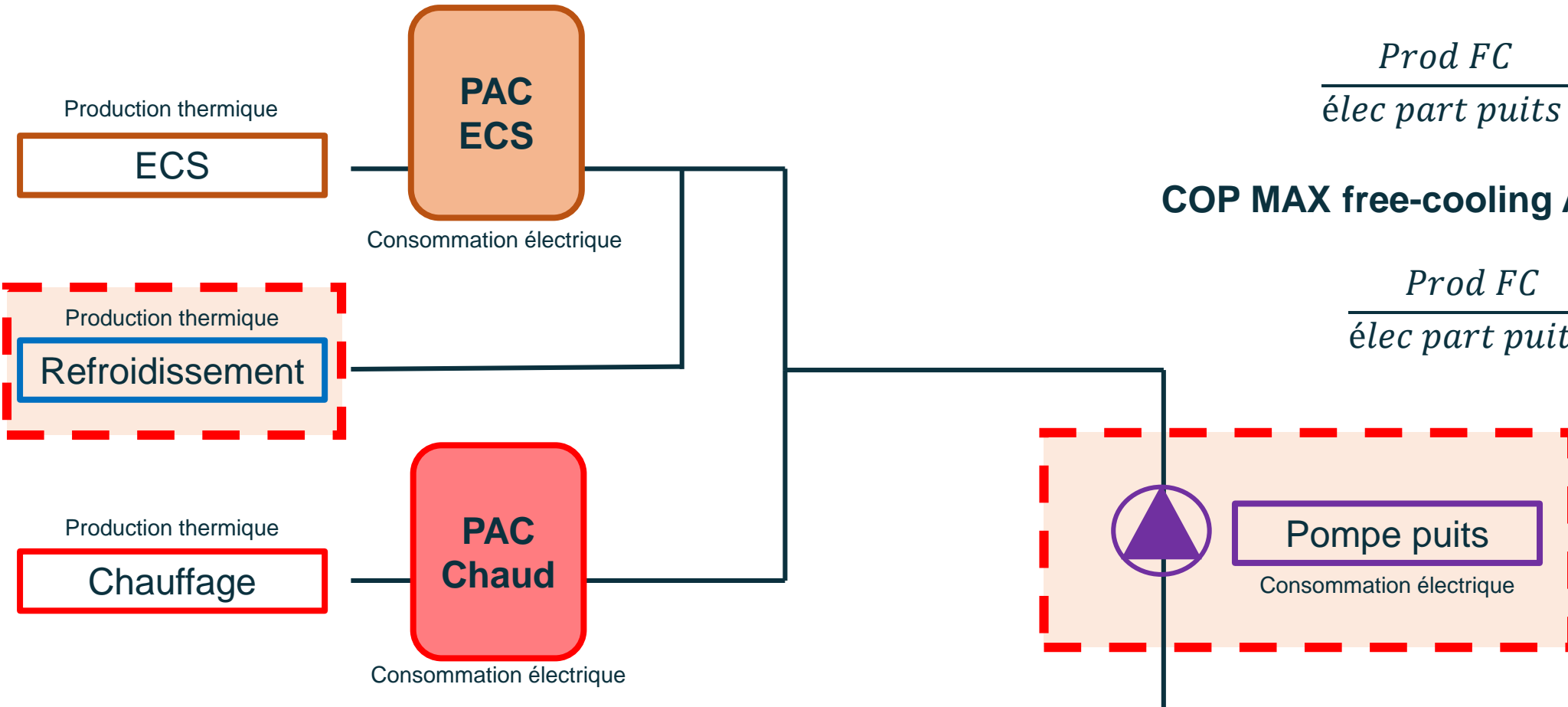
Cas particulier du refroidissement :

- D'après nos données, on connaît seulement le débit de la pompe de puits et l'état de fonctionnement des PAC chaud et PAC ECS.
- **Deux scénarios possibles pour déterminer une plage de COP mini et maxi :**
- **COP minimum :**
 - On suppose que le **Free-cooling** est **actif DÈS** que la **pompe puits** est en **fonctionnement**
 - Cela veut dire que le **Free-cooling** est **tout le temps actif** quand la **PAC ECS** fonctionne
 - = **100%** de la consommation électrique de la pompe puits
- **COP maximum :**
 - On suppose que le **Free-cooling** est **actif SEULEMENT** quand la **pompe puits** est en **fonctionnement** et que la **PAC ECS** est **arrêtée**
 - = **48%** de la consommation électrique de la pompe puits



BILAN COP FROID

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023



COP MIN free-cooling AVEC pompe puits :

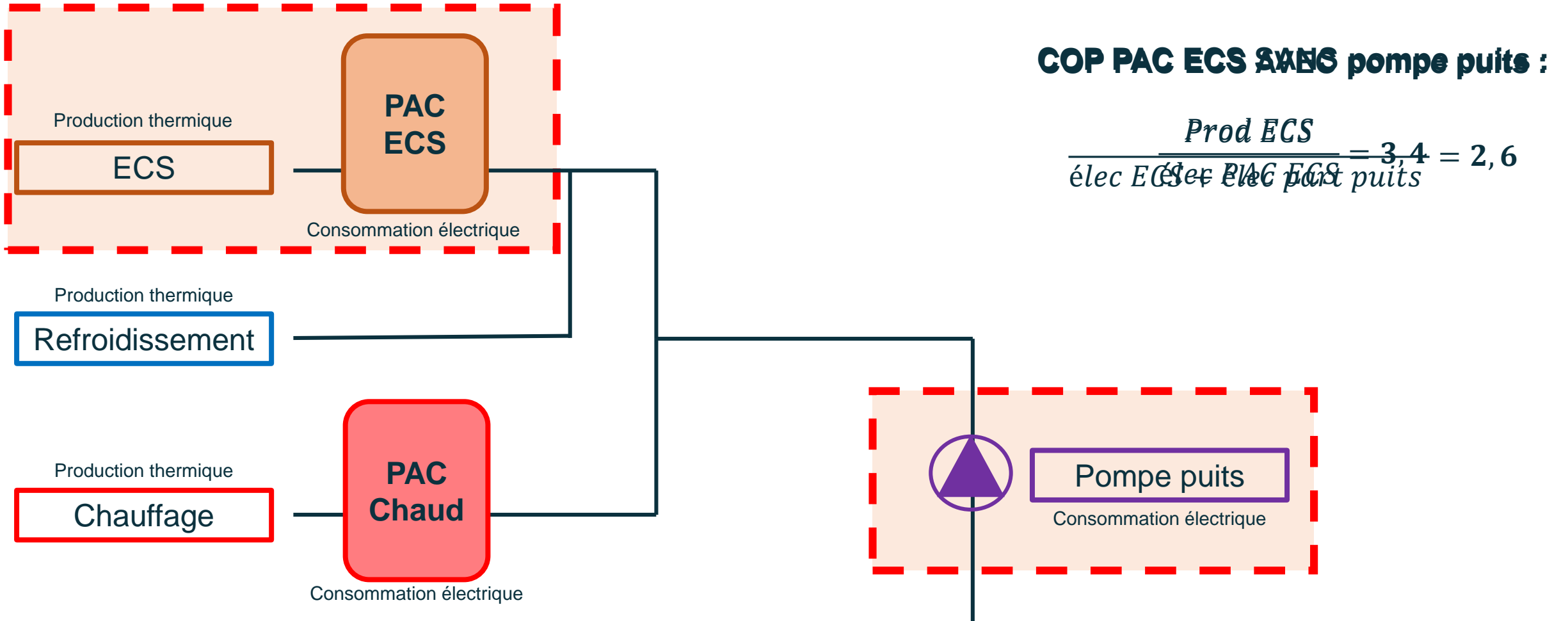
$$\frac{Prod FC}{\text{élec part puits}} = 8,3$$

COP MAX free-cooling AVEC pompe puits :

$$\frac{Prod FC}{\text{élec part puits}} = 17,3$$

BILAN COP PAC ECS

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023

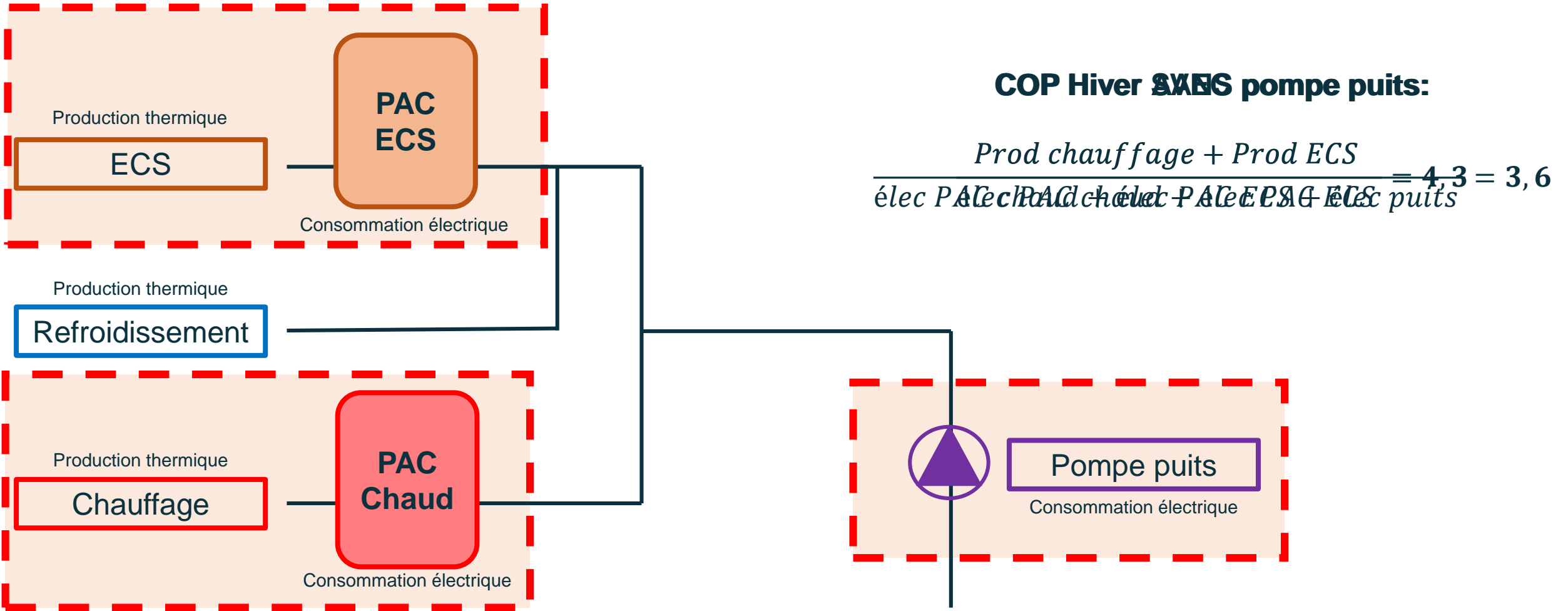


COP PAC ECS SANS pompe puits :

$$\frac{\text{Prod ECS}}{\text{élec ECS} + \text{élec PAC ECS} + \text{élec pompe puits}} = \frac{3,4}{1,8} = 2,6$$

BILAN COP PAC CHAUD ET PAC ECS

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023

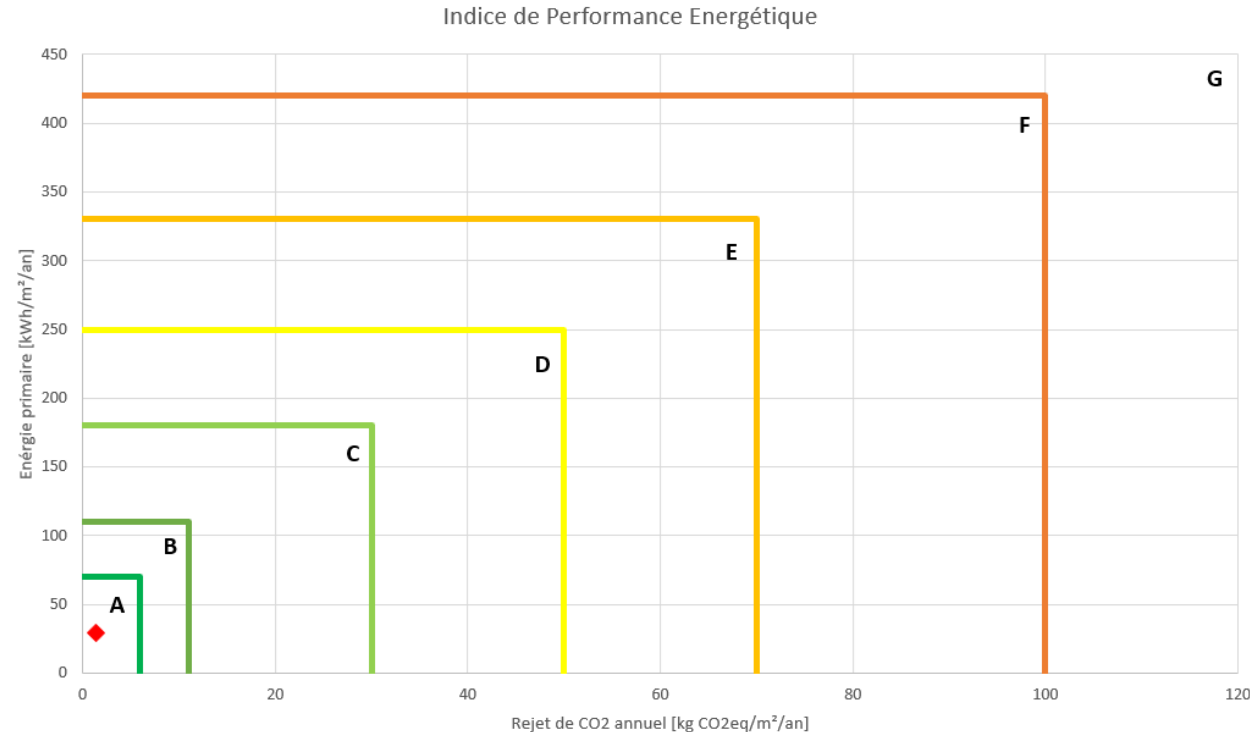


COP Hiver ~~SANS~~ pompe puits:

$$\frac{\text{Prod chauffage} + \text{Prod ECS}}{\text{élec PAC chaud} + \text{élec PAC ECS} + \text{élec puits}} = 4,3 = 3,6$$

Indice de performance énergétique

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023



Rejet de CO2 du système : 1,3 kgCO2eq/m².an
Sur tout le bâtiment : 4 tCO2eq/an
→ Un français moyen rejette 8 tCO2/an !!

L'indice de performance énergétique déterminé concerne uniquement le fonctionnement de la pompe puits et des PAC chaud/froid et ECS. Il ne prend pas en compte les autres postes du bâtiment.



Conclusion

Période de Janvier 2023 à Décembre 2023

- Consommation électrique des pompes **non négligeable** :
 - **Impact moyen** sur les **COP** de **0,8** pour les **pompes puits**
 - **Impact moyen** sur les **COP** de **0,3** pour les **pompes condenseur et évaporateur**
 - **Impact moyen total** de **1,1** sur le **COP machine**
- La **variabilité** de la **température de l'eau** permet d'**améliorer** le **COP** d'**environ 1 point**
 - Lorsque les **températures extérieures** ne sont **pas extrêmes**, la **température de l'eau** va **s'adapter** pour répondre aux **besoins de chauffage/refroidissement** du bâtiment
 - Cela induit une **baisse de la consommation d'électricité** de la **PAC**



Série de webinaires
du Réseau
d'animation en
géothermie

3^{ème} session –
Module expert

Géothermie sur sonde : Installation d'UniLaSalle Beauvais

Rénovation et reconstruction



Pascal CREPIN

Attaché Technico-Commercial Industrie et
Tertiaire

–weishaupt–

UniLaSalle
Institut Polytechnique

Tout autour de l'énergie. Un interlocuteur unique.

–weishaupt–

Technique de l'énergie

Les chaudières, brûleurs, pompes à chaleur et systèmes solaires Weishaupt se distinguent par leur fonctionnement économique, leur longévité et leur fiabilité. Ils sont fabriqués en Allemagne et en Suisse.
www.weishaupt.fr

baugrund süd

Production de l'énergie

BauGrund Süd fait partie des entreprises leader dans le domaine du forage géothermique. Avec une expérience de plus de 20.500 installations et plus de 3 millions de mètres de forage, ainsi qu'un parc de 40 foreuses, une offre globale produits et services peut être proposée.
www.baugrundsued.de

neuberger.

Gestion de l'énergie

Neuberger rend les bâtiments efficaces. La consommation d'énergie de grandes constructions est réduite au minimum par une interconnexion et un système de pilotage intelligent des installations techniques du bâtiment.

www.neuberger.net

Copyright © by Max Weishaupt GmbH, D-88475 Schwendi

Présentation du projet :

- Institut Polytechnique UniLaSalle
- Deuxième tranche d'un programme de travaux d'aménagement et de requalification de sa ferme historique démarré en 2014
- Nouveaux espaces pour accompagner le développement de nouvelles pratiques d'enseignement collaboratives dans les formations : centre de formation, salle de conférence et centre de documentation
- Ancienne étable désaffectée et le logis historique de l'ancienne ferme : 3258 m²
- Rénovation/reconstruction avec émetteurs neufs type plancher et radiateurs BT



Forage (UniLaSalle)

Acteurs généraux :

- Bureau d'études géotechniques : ICSEO
- Maîtrise d'œuvre (gros œuvre et lot technique) : Siretec
- Cabinet d'architectes : AAD
- Bureau de contrôle : SOCOTEC
- Entreprise CVC : Ramery Energies
- Fabricant Ballon tampon : Charot
- Fabricant régulateur de chauffage : Siemens
- Fabricant de la pompe de circulation : Wilo

Acteurs côté géothermie :

- Bureau d'études géothermiques pour la faisabilité : STRATEGEO
- Foreur pour la sonde d'essai : Geoforage (Groupe Weishaupt)
- Réalisation du TRT : mandaté par Stratégéo : GéauPole
- Bureau d'études géothermiques pour le suivi sous-sol de la Maîtrise d'œuvre : G2H Conseil
- Foreur pour le chantier de sondes et le raccordement : Geoforage (Groupe Weishaupt)
- Fabricant PAC et Chaudière : Weishaupt
- Maintenance prévue par exploitant

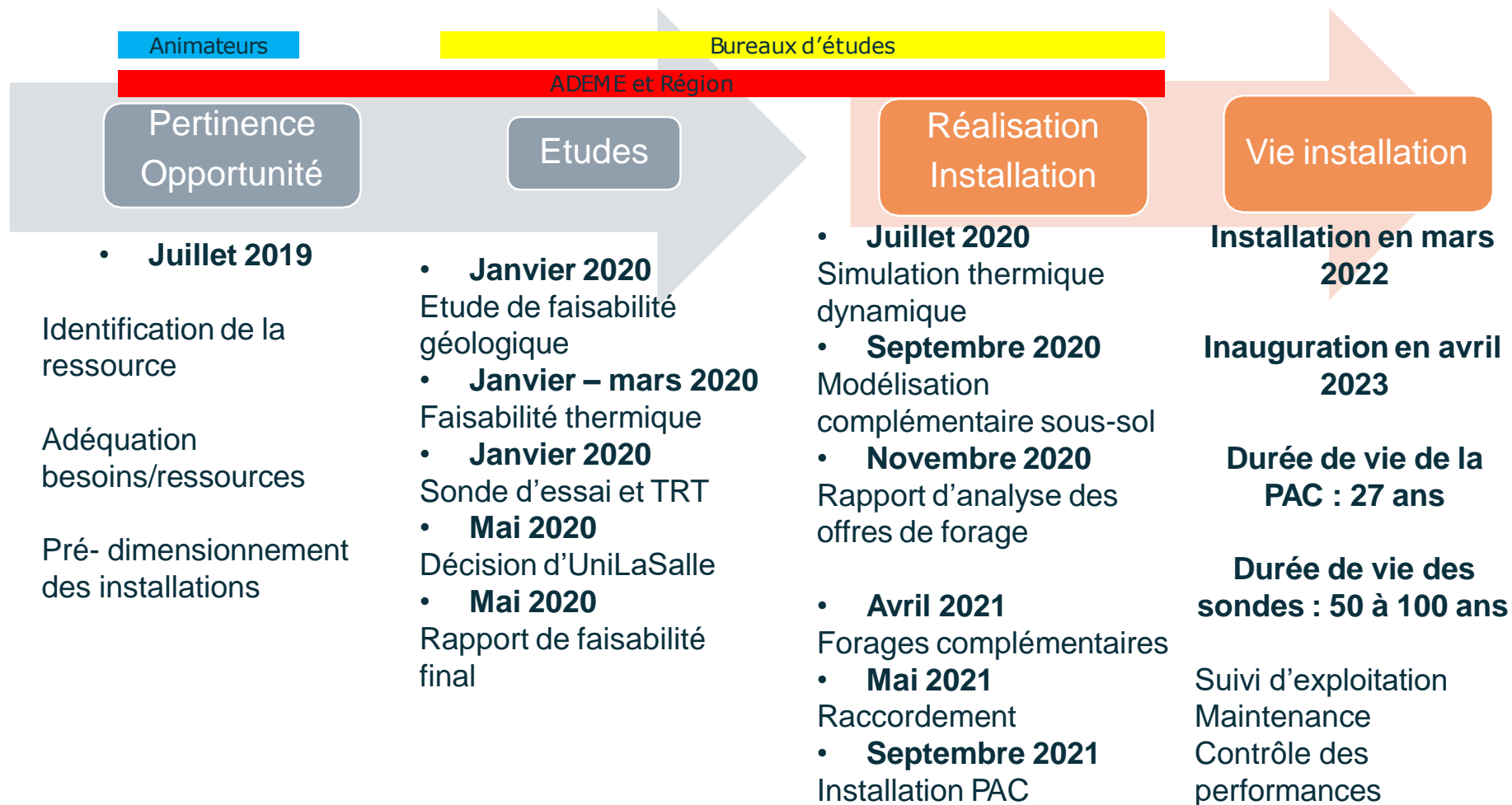


Pourquoi la géothermie?

- Conviction écologique
- Paris économique
- Site démonstrateur et pédagogique
- Hébergement de la mission d'animation géothermie de la région Hauts-de-France
- Test pour voir si la géothermie est duplicable au reste du site



Déroulé du projet



Dimensionnement

Faisabilité :

- Consommations prévues de chauffage de 141,3 MWh
- 113 MWh chaud sortie PAC (80%)
- 80,8 MWh ENR chaud
- 8 MWh froid (100%), dont 6,5 MWh ENR
- 11 sondes géothermiques verticales de 150 m



Demande de STD non réalisée en faisabilité avec redimensionnement sous-sol

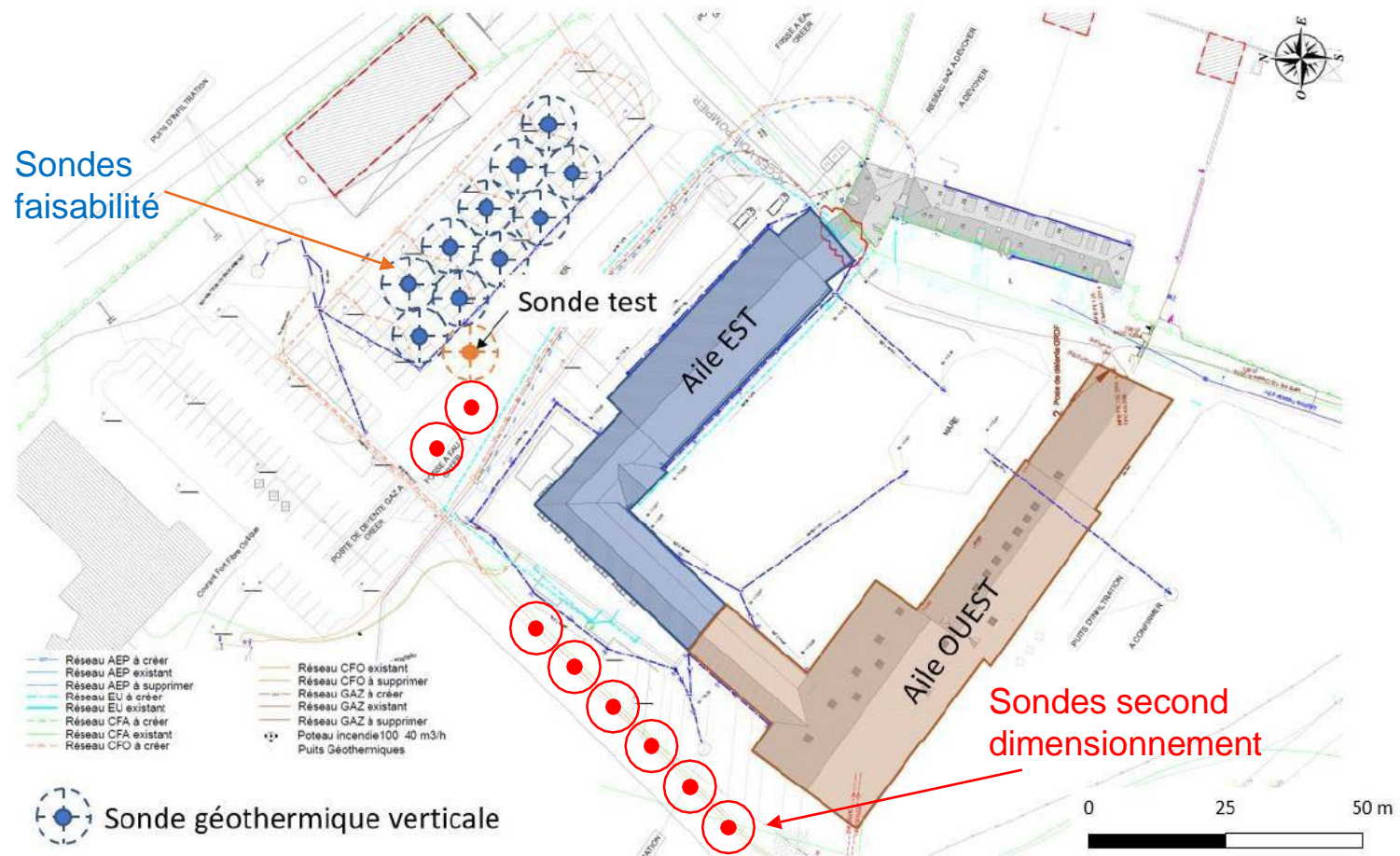
Mise à jour :

- consommations prévues de chauffage de 144,2 MWh
- 134,2 MWh chaud sortie PAC (93%)
- 98,28 MWh ENR
- 14,56 MWh froid (100%), dont 12,32 MWh ENR
- 100% des besoins de rafraîchissement
- 9 sondes de 150 m de profondeur

Spécificités du chantier :

- tubage à l'avancement sur les 15 premiers mètres en raison du terrain qui ne tient pas
- mise en place d'un geotextile type chaussette lors de la descente des sondes dans le forage en raison d'un sol micro-karstique avec un risque de perte de cimentation.

Dimensionnement



Essais



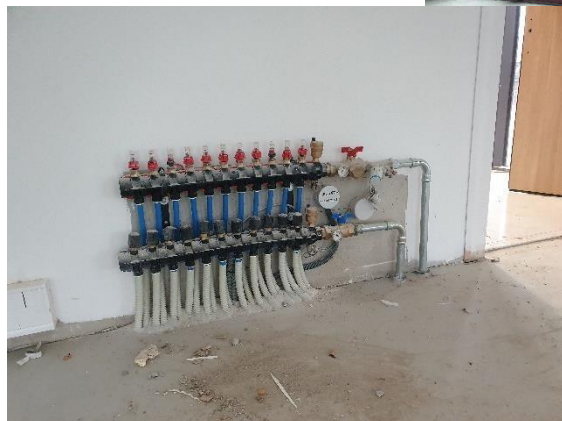
Chantier



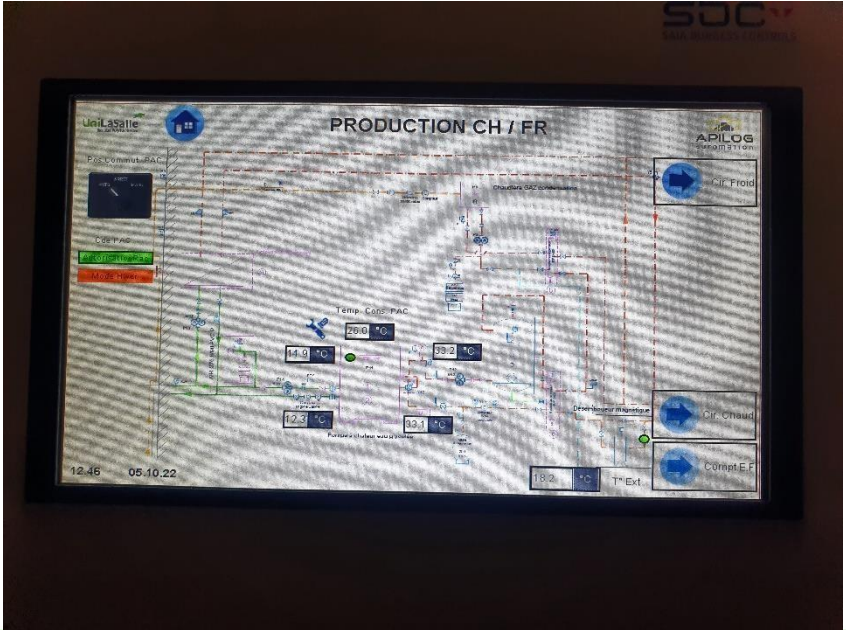
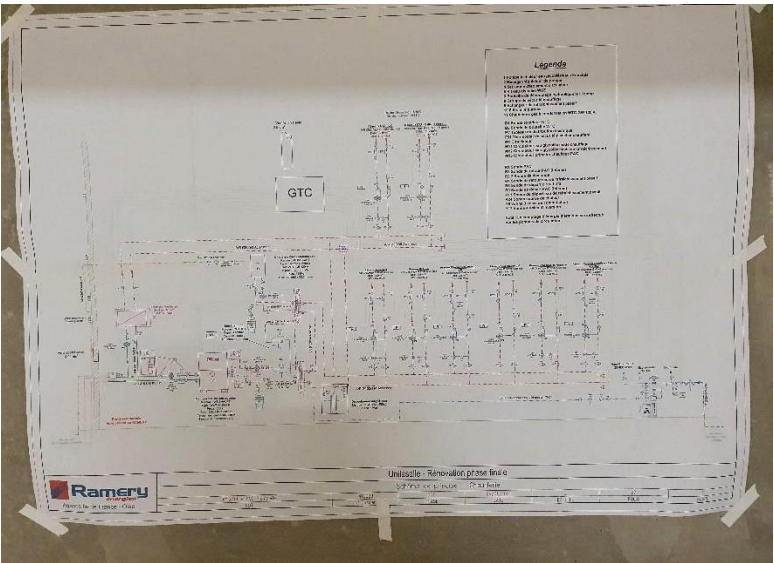
Chantier



Chantier



Chaufferie



Chaufferie



Inauguration



29/03/2024



Inauguration



Retours à l'utilisation

Année de référence pour les coûts des énergies	Sans aides	Avec aides	Durée de vie de la pompe à chaleur	Durée de vie des forages
2019	27 ans	19 ans	27 ans	100 ans
2023	16 ans	11 ans		

Bilan environnemental

83% des émissions de gaz à effet de serre évitées par rapport à la solution de référence

 En 1 an : 25,7 tonnes équivalent CO2 évitées

 Soit 133 240 km en voiture non parcourus

En 30 ans : il aurait fallu une forêt de 4 fois la superficie du campus de Beauvais pour absorber cette différence

En chiffres



Besoins de chauffage : 144,2 MWh/an
Dont 98,28 MWh/an issus du sous-sol et 134,2 MWh/an produit par la PAC
Soit **93%** des besoins en chauffage couverts par la PAC

En bonus :

Couverture de **100%** des besoins de climatisation et rafraîchissement
Confort d'été avec absence d'îlot de chaleur

Les financements



Fonds Chaleur : 21 336€ pour la faisabilité
Soit 70% de l'étude et du forage d'essai 30 480€



FRATRI : 16 372€ des dépenses subventionnables de 202 125€
(surcoût)



Région
Hauts-de-France

Fonds Chaleur : 78 624€

Aides cumulées de 44% de l'investissement pour le chauffage
(soit un investissement de 215 900 €).



Les réglages et le suivi

- Retard de livraison des derniers compteurs arrivés en juillet 2023
- Installation en mars 2022 du personnel
- Beaucoup de réglages nécessaires et nouveaux ajustements à venir (condensation en froid actif avec période de relance qui a sauté, quelques fuites, défauts compteurs, relance à rallonger,...)
- Suivi et maintenance assuré par notre prestataire site Dalkia + remontée des données par la GTB et pilotage possible à distance



Que retenir si à refaire?

- STD indispensable pour les bâtiments « hors normes », ne pas se baser simplement sur la RT en vigueur
- Inclure le rafraîchissement dès le début du projet
- Dans le cahier des charges, inclure tout-de-suite les compteurs
- Bureau d'études thermique spécialisé
- Raccorder la Ferme tranche 1



Conclusion :

- Pour chauffer 3200 m², 28 000 kWh d'électricité depuis la mise en service
- 600 m³ de gaz consommé soit environ 6600 kWh
- COP pressenti de 5 : production de 140 000 kWh dont 112 000 kWh ENR
- Couverture PAC de 96% pour un prévisionnel de 93%



Conclusion – De la mise en œuvre au suivi de l'installation

Conclusion – De la mise en œuvre au suivi de l'installation

- **Importance de calorifuger les conduits (phase conception & mise en œuvre)**
 - Si ce n'est pas réalisé, le côté froid peut se retrouver face à des phénomènes de condensation et de corrosion, dégradant à la fois la tuyauterie elle-même, mais également l'aspect général de la chaufferie.
 - Quant au côté chaud, cela se manifestera principalement par des pertes thermiques et donc par une dégradation du rendement de l'installation.
- **Réaliser un schéma hydraulique conforme et clair de l'installation (phase conception & mise en œuvre)**
 - Permet une meilleure compréhension de l'installation afin d'éviter des pertes de temps, erreurs et mauvais diagnostics en cas de dysfonctionnement de l'installation.
- **Asservissement des pompes durant la phase de conception de l'installation (phase conception & mise en œuvre).**
 - Evite : une surconsommation électrique, une usure prématurée des pompes, une diminution du rendement global de l'installation.



Conclusion – De la mise en œuvre au suivi de l'installation

- **Entretien régulier de l'installation :**

- Pompe à chaleur : une à deux visites par an pour vérifier l'état de la machine et de ses éléments
- Boucle ouverte (nappe) : visite annuelle pour vérifier l'état des puits, des pompes et les divers paramètres assurant le bon fonctionnement de l'installation
- Boucle fermée (sonde) : visite annuelle pour vérifier les différents organes de régulation, l'état des raccords, etc.

- **Mise en place de compteurs (énergies, thermiques, électriques) :**

- Un bilan d'exploitation sur une période de 12 mois consécutifs mesuré au compteur énergétique, par rapport à l'engagement de production initial du maître d'ouvrage.
- Primordial pour la gestion de l'installation – la prise en main du monitoring de l'installation par le maître d'ouvrage/exploitant est indispensable pour satisfaire le confort, limiter les dépenses et améliorer les performances de l'installation.



À vos questions !
