

# La Boucle d'Eau Tempérée à Énergie Géothermique (BETEG)

1<sup>ÈRE</sup> SESSION : VENDREDI 03 FÉVRIER 2023



# Introduction

---

Intervenant :



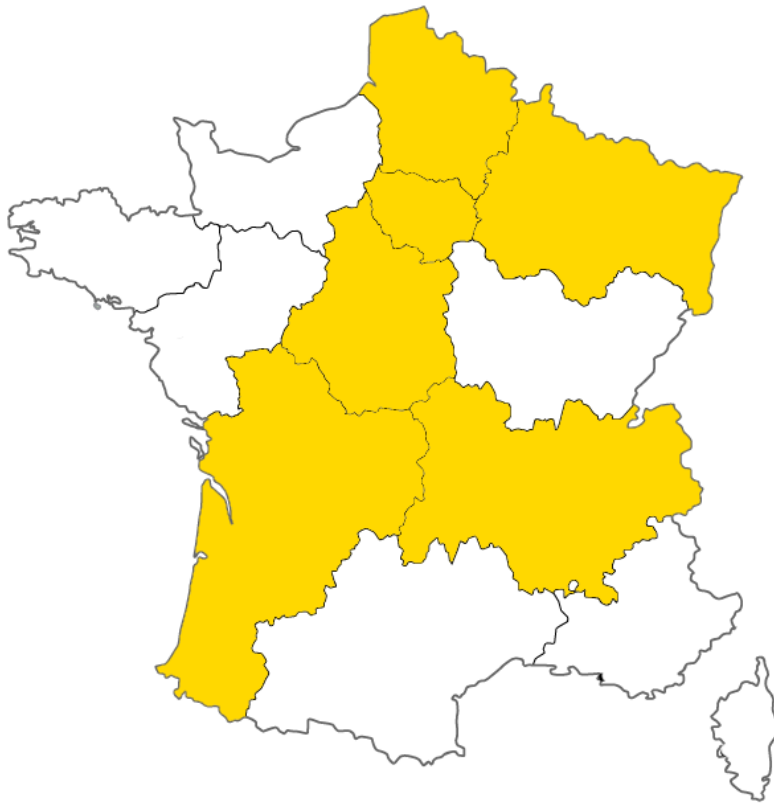
Estelle DOURLAT

Animatrice de la filière Géothermie en région Hauts-de-France

UniLaSalle

# Introduction

---



Présence des animateurs  
géothermie en régions

La moitié des Régions sont  
pourvues d'au moins un  
animateur géothermie

Animation géothermie?

Sensibilisation, vulgarisation, conseil,...

Mise en réseau des animateurs pour porter  
des actions de communication et  
d'information à plus large échelle

# Introduction

---

2 webinaires sur les BETEG

03 février 2023 & 10 mars 2023

- Session 1 : présentation générale
- Session 2 : plus technique

Suite aux deux sessions, vous seront envoyés :

- Les présentations
- Les replays
- Une FAQ



Forage géothermique

# Introduction

---

Pour le bon déroulement de ce webinaire :

Conserver vos micros éteints

Garder les questions pour la fin ou les poser par écrit dans le chat



Forage géothermique

Nous sommes à l'écoute!

Si vous avez des suggestions pour les sujets à traiter sur nos prochains webinaires : chat ou contacter l'un de vos animateurs

# Introduction

---

## Sommaire

- Le principe et l'utilité d'une BETEG
- Les sources d'énergie à raccorder à une BETEG
- Retour d'expérience : Annecy Trésums
- Retour d'expérience : CITEAU
- Conclusion

# Le principe et l'utilité d'une BETEG

---

Intervenants :



**Xavier MOCH**

Animateur de la filière Géothermie en région Centre-Val de Loire  
Association Française des Professionnels de la Géothermie

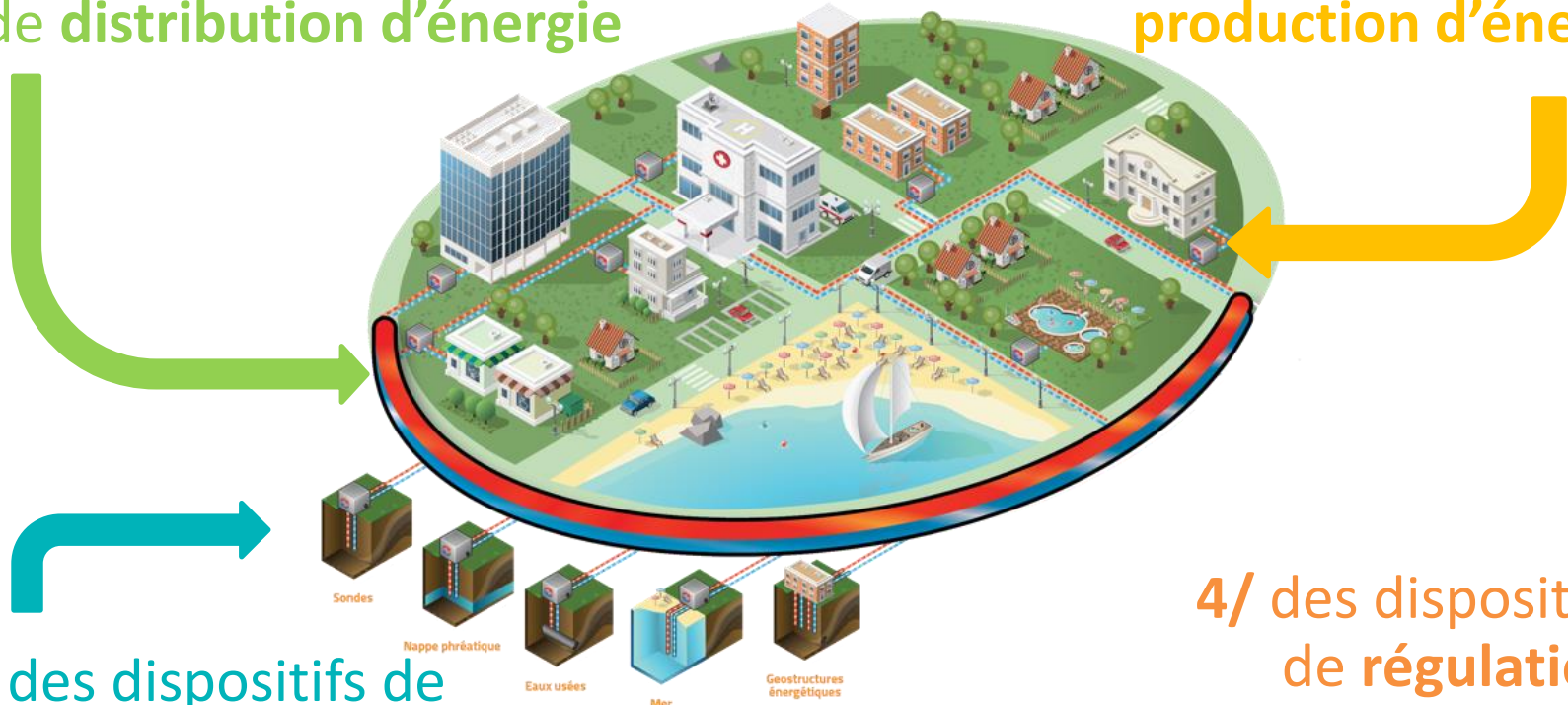
**Armand POMART**

Animateur de la filière Géothermie en région Île-de-France  
Association Française des Professionnels de la Géothermie

# Concept de Boucle d'Eau Tempérée à Energie Géothermique (BETEG)

2/ des dispositifs de mutualisation et de distribution d'énergie

3/ des systèmes de production d'énergie

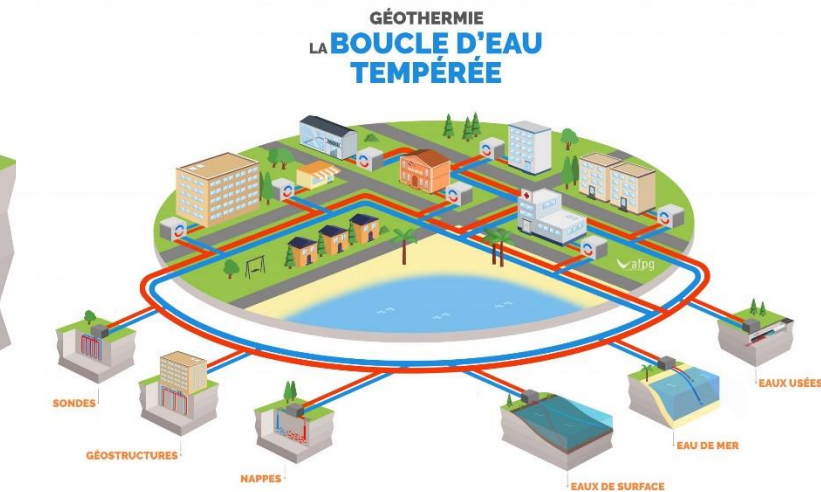
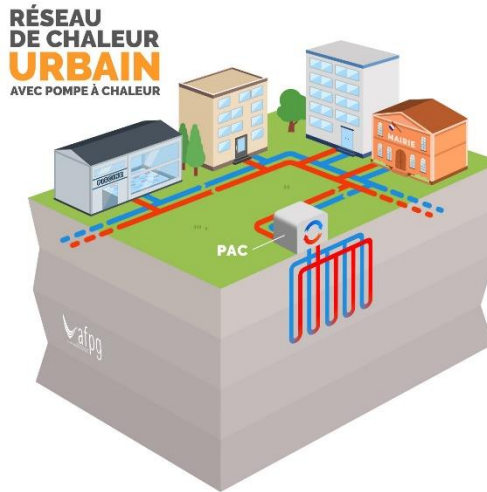
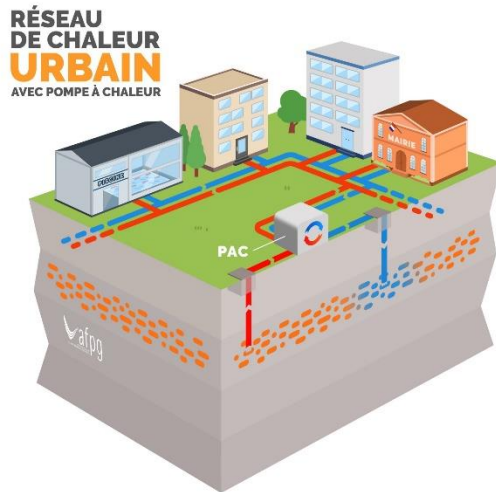


1/ des dispositifs de captage d'énergie

4/ des dispositifs de régulation



# Différences entre BETEG et réseau



réseau	BETEG
Production d'énergie de manière... <b>centralisée</b>	... <b>décentralisée</b>
Régime de température du réseau... <b>températures élevées</b>	... <b>températures basses</b>
Production de <b>chaleur OU de fraîcheur</b>	... capacité de délivrer <b>chaleur ET fraîcheur</b>

Différences notables

# Opportunités de développement

---

Peut se développer **un peu partout**.

Quelques idées pour illustrer :

- La construction d'éco-quartiers, avec des usages mixtes ;
- Les aménagements pavillonnaires ;
- La réhabilitation de bâtiments communaux « raisonnablement regroupés », typiquement dans des villes petites ou moyennes ; avec alors la possibilité de raccorder à terme d'autres bâtiments situés sur le trajet, par exemple l'habitat particulier.



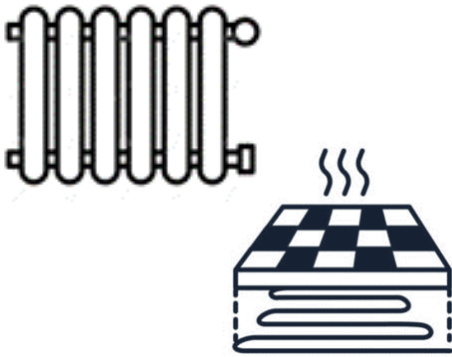
# Avantages de la solution

---

- **Mutualisation du/des captage(s) géothermique(s).** = réduction des coûts
- Permet de « **transférer** » une **chaleur excessive** (typiquement dans un bâtiment) vers un endroit qui a des besoins de chaleur (typiquement un ballon d'eau chaude dans un autre bâtiment). = valorisation d'énergie
- **Faibles déperditions sur le trajet**, en raison de la température de l'eau. = performances élevées
- Possibilité d'**adapter les lois d'eau au plus près de chaque bâtiment**, et donc de limiter au maximum les consommations électriques. = optimisation du fonctionnement par bâtiment
- Possibilité de **lisser les investissements**, en ajoutant de nouvelles sources géothermiques en fonction de l'évolution des besoins (construction par tranches des bâtiments en surface). = forte évolutivité de la solution
- Peut **accueillir d'autres énergies** (typiquement du solaire thermique). = projet adaptable en fonction du contexte

# Contraintes côté bâtiments

---



Le fonctionnement est optimisé avec **des émetteurs basse température... réversibles !**

Raison pour laquelle la **gestion de la relance** se pose aussi : le système sera d'autant plus efficace que l'usage n'est pas (fortement) intermittent.

# Les sources d'énergies à raccorder à une BETEG

---

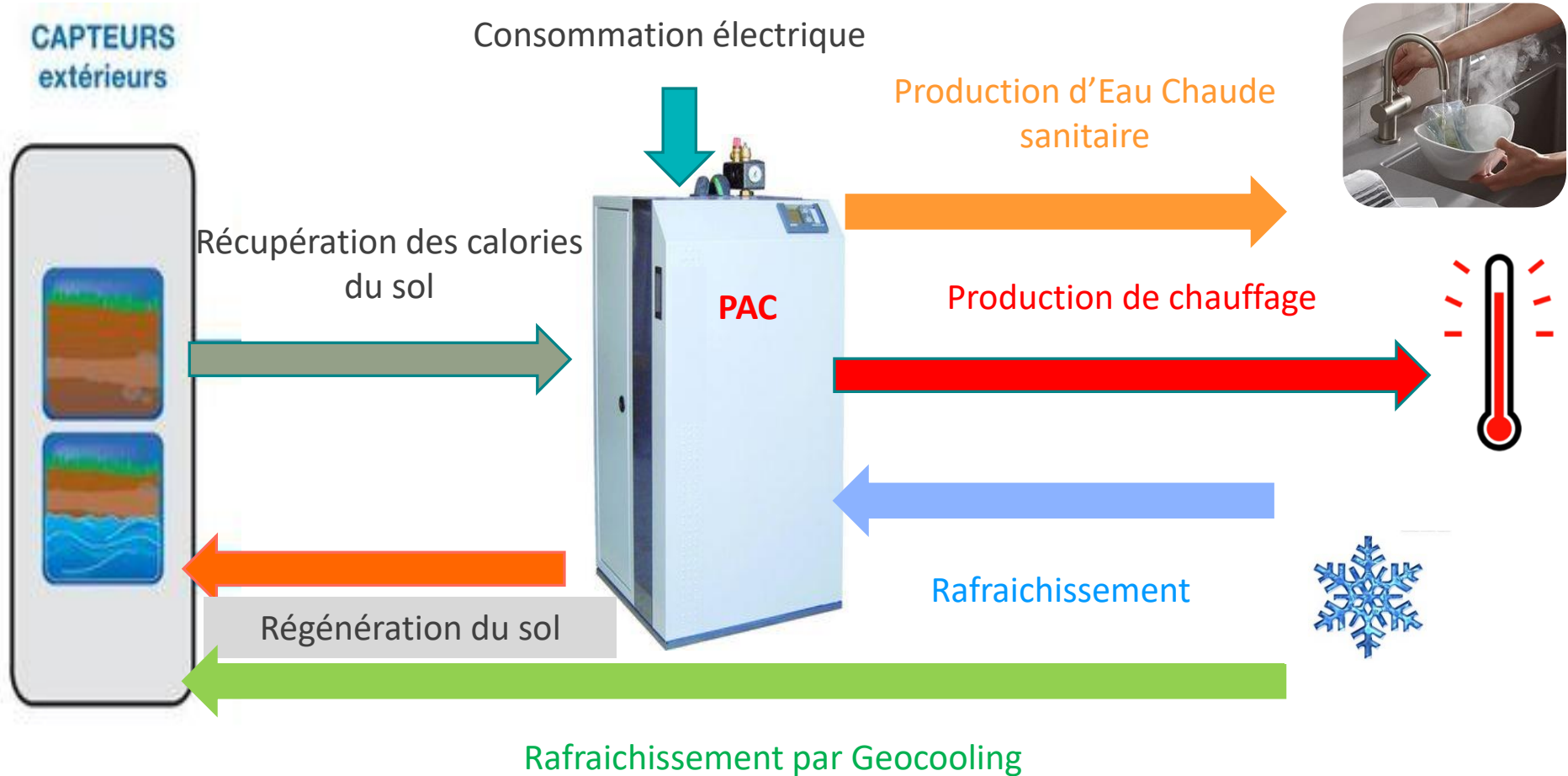
Intervenant :



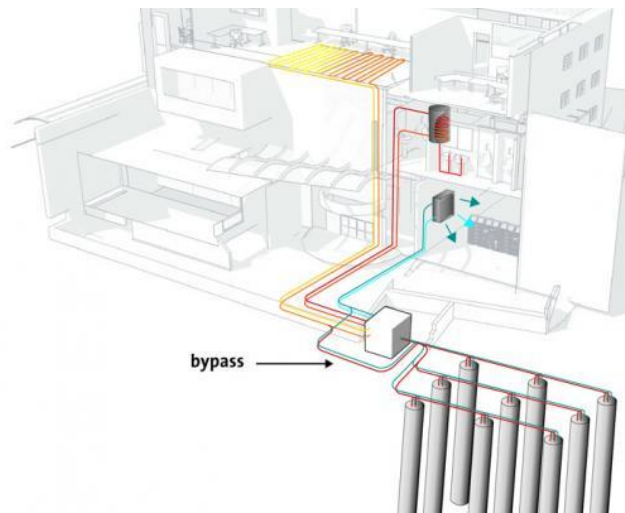
Edouard CHESNEL

Animateur de la filière Géothermie en région Nouvelle-Aquitaine  
Centre Régional des Energies Renouvelables

# Le transfert d'énergie du sol au bâtiment pour la production de chaleur et de froid



# Les principales technologies pour la production de froid



**Geocooling = Rafrachissement sans utilisation de pompe à chaleur**

Consommation électrique

Production de froid

**PAC**

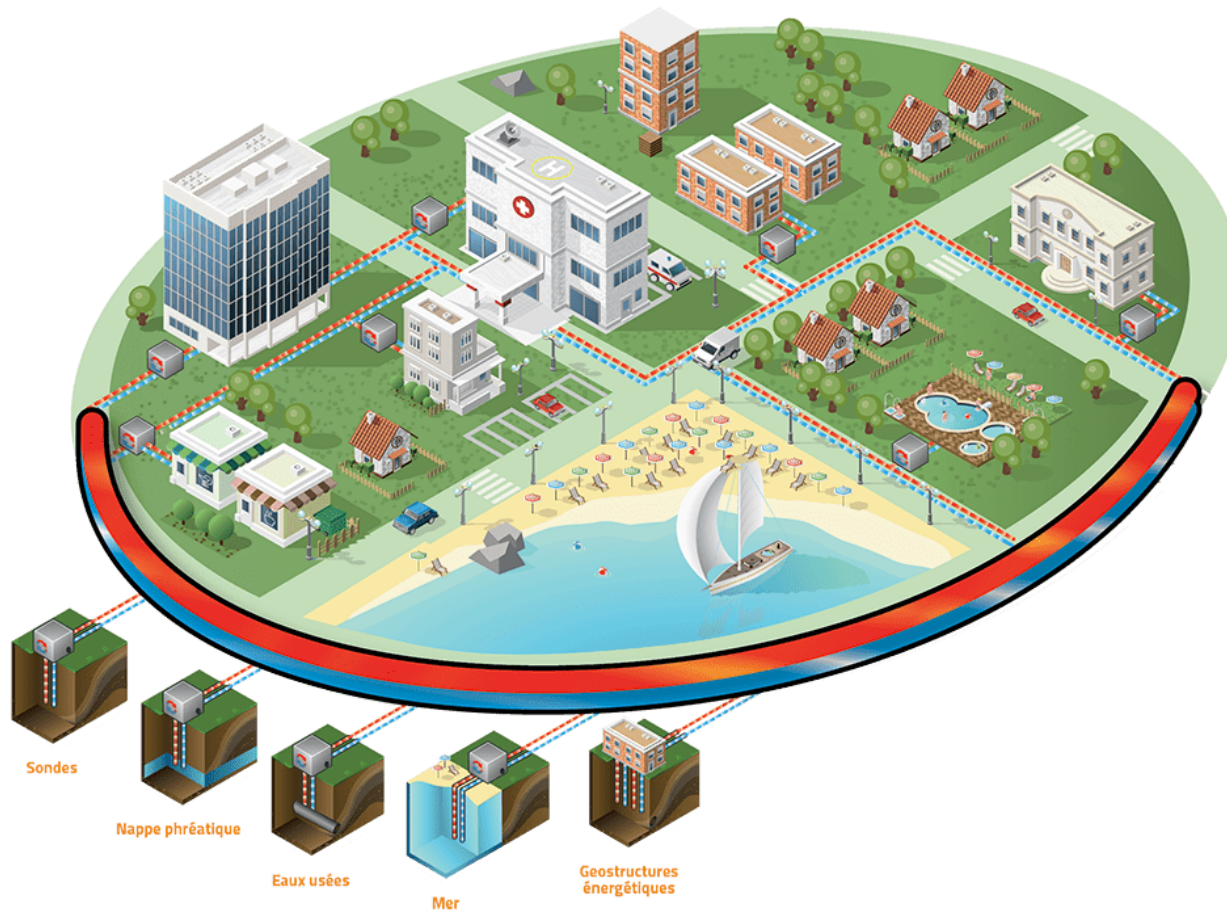
Production de chauffage

**Thermofrigopompe = Production de froid et de chaud simultané**

Récupération de calories ou Régénération du sol



# Différents captages pour alimenter la boucle d'eau tempérée





# Captage par sondes géothermiques verticales



Mise en œuvre de sondes géothermiques

Profondeur jusqu'à 200m dans le cadre de la GMI

Eau glycolée circulant en boucle fermée récupérant la chaleur du sous-sol par échange thermique

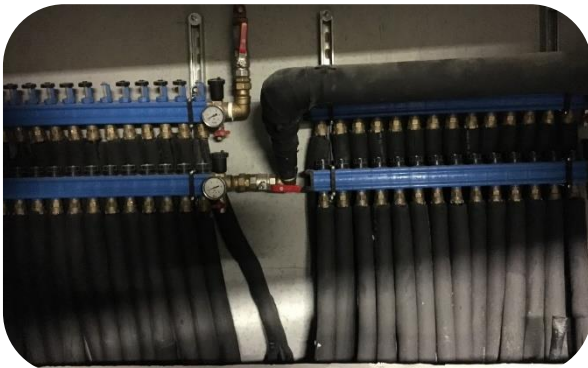
La chaleur est transférée à la boucle d'eau tempérée via un échangeur de chaleur en sous-station

Mise en œuvre possible sur tout type de terrain

Les sondes restent invisibles après leur mise en œuvre

Maintenance réduite

Durée de vie > 100 ans



Collecteur de sondes géothermiques

# Captage par doublet géothermique



Doublet géothermique  
(puisage et réinjection)



Profondeur jusqu'à 200m dans le cadre de la GMI

Circuit d'eau en boucle ouverte permettant de récupérer la chaleur contenue dans l'eau souterraine

Nécessite la mise en œuvre de deux forages (prélèvement et réinjection) : impact neutre pour la nappe phréatique

La chaleur est transférée à la boucle d'eau tempérée via un échangeur de chaleur en sous-station

Mise en œuvre possible sous condition de la présence d'un aquifère avec débit exploitable suffisant

Accès aux puits nécessaire pour maintenance

# Captage par corbeille géothermique



Installation à faible profondeur (<5m) ne nécessitant pas la réalisation de forage et hors cadre GMI

Eau glycolée circulant en boucle fermée récupérant la chaleur du sous-sol par échange thermique

La chaleur est transférée à la boucle d'eau tempérée via un échangeur de chaleur en sous-station

Mise en œuvre possible sur tout type de terrain

Les corbeilles restent invisibles après leur mise en œuvre

Puissance récupérable d'environ 1 kW par corbeille

Maintenance réduite



Mise en œuvre d'une corbeille

# Captage sur eaux usées



© Valenciennes

Installation nécessitant la présence d'égout de diamètre important et avec débit d'eaux usées significatif

Fluide caloporteur circulant en boucle fermée récupérant la chaleur des eaux usées par échange thermique

La chaleur est transférée à la boucle d'eau tempérée via un échangeur de chaleur en sous-station

Dispositifs de récupération de chaleur sur eaux usées

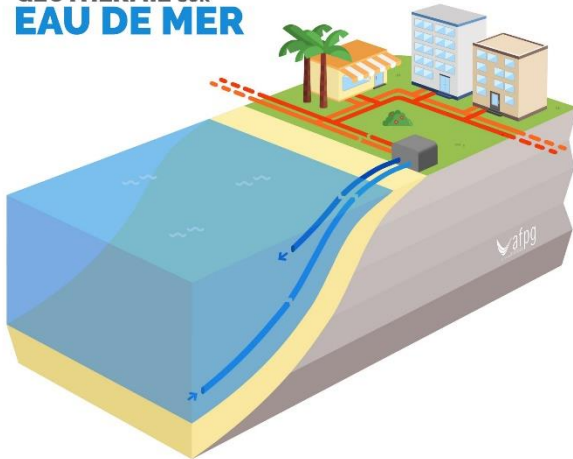


© Saunier associées



# Captage sur eaux de mer ou de surface

## GÉOTHERMIE SUR EAU DE MER

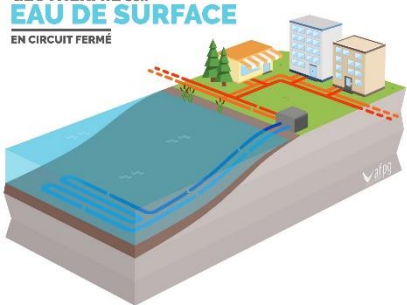


Circuit d'eau en boucle ouverte ou fermée permettant de récupérer la chaleur contenue dans l'eau de mer ou de surface

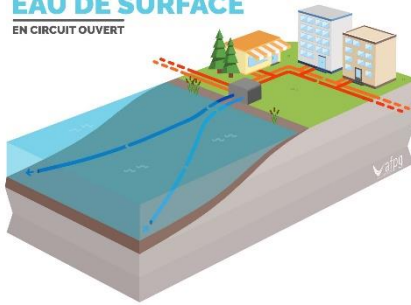
Traitement de l'eau nécessaire (filtrations...) dans le cas de la boucle ouverte

La chaleur est transférée à la boucle d'eau tempérée via un échangeur de chaleur en sous-station

## GÉOTHERMIE SUR EAU DE SURFACE EN CIRCUIT FERMÉ



## GÉOTHERMIE SUR EAU DE SURFACE EN CIRCUIT OUVERT



Mise en œuvre possible sous condition de proximité de la ressource

Projet soumis au code de l'environnement

Maintenance importante en particulier pour la boucle ouverte

# Captage sur géostructures

---

Sondes intégrées dans les fondations spéciales du bâtiment

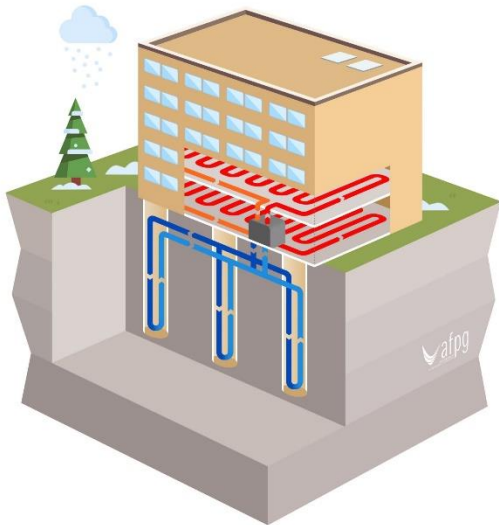
Eau glycolée circulant en boucle fermée récupérant la chaleur du sous-sol par échange thermique

La chaleur est transférée à la boucle d'eau tempérée via un échangeur de chaleur en sous-station

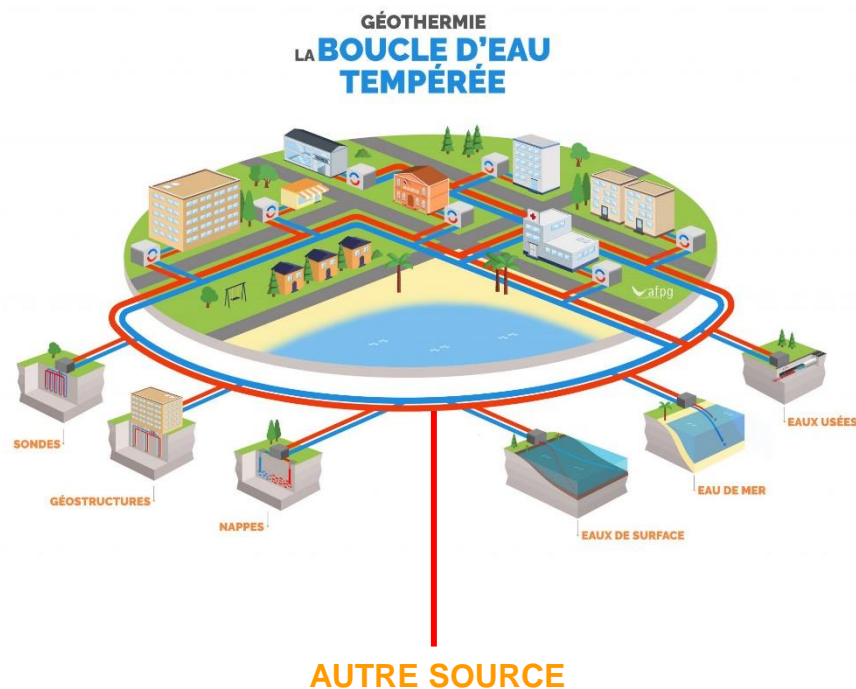
Possible si bâtiment neuf nécessitant des géostructures doit être raccordé à la boucle

Maintenance réduite

Durée de vie > 100 ans



# Autres sources non géothermiques



Les énergies complémentaires susceptibles d'être adossées à la BETEG peuvent être :

L'énergie solaire :

- Solaire thermique
- Solaire hybride

L'énergie fatale de :

- Datacenter
- Patinoire
- Froid alimentaire
- Surabondance de besoins de climatisation sur une opération d'aménagement
- Process industriel.

On parle de BETEG si au moins une source géothermique est présente dans la boucle

# Retour d'expérience : Boucle d'eau tempérée sur eau de lac

---

Intervenant :



Olivier ECK  
Chef de projets  
Direction Infrastructures, Grands Projets et Utilités  
Région Auvergne Rhône Alpes





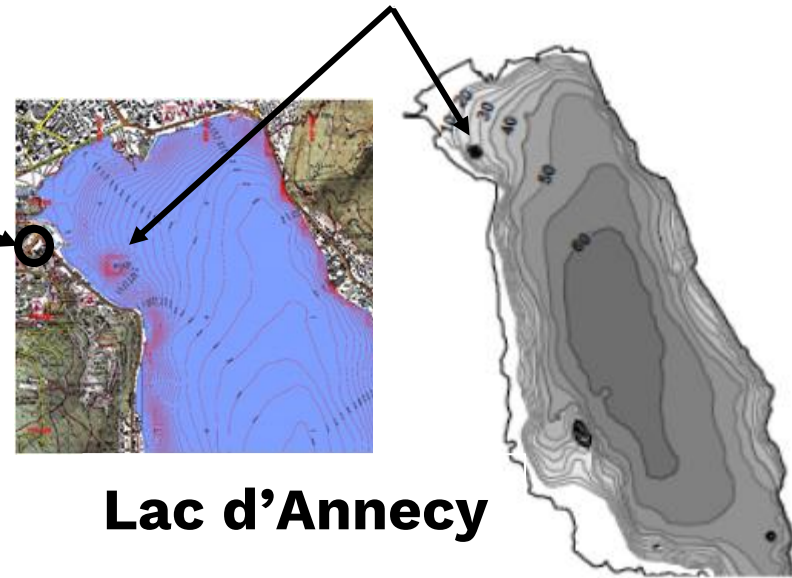
# Contexte

## Annecy Lac Idex Energie



**Projet Crédit Agricole Immobilier  
et piscine des Marquisats**

**Trou de Boubioz :  
fosse à - 83 m**



**Lac d'Annecy**

# Contexte

---

## Tresums - Marquisats

- Projet immobilier 570 logements
- Rénovation centre nautique des Marquisats
- Energie chaud 13 GWh, froid 500 MWh



## Anney Lac Idex Energie

- Investissement total : 10 M€
- Subvention ADEME : 1.7 M€
- Puissance installée : 3 MW PAC et 3.1 MW gaz (existant)
- Longueur de réseau : 2.5 km

**ANNECY**



- 100 % de l'eau prélevée rejetée au Lac
- 95 % de l'énergie produite par les PAC
- 5 % de l'énergie en appoint gaz
- 2 600 tonnes de CO<sup>2</sup> par an évitées
- Débit pompage maximum 240 l/s
- Débit du Thiou entre 4 000 et 40 000 l/s

# Contexte

---

- Projet qui s'inscrit dans une démarche de développement des énergies renouvelable sur le territoire
- Réduire les émissions des gaz à effet de serre
- 1<sup>er</sup> Projet Lacustre Français : Référence au national
- Projet subventionné par l'ADEME

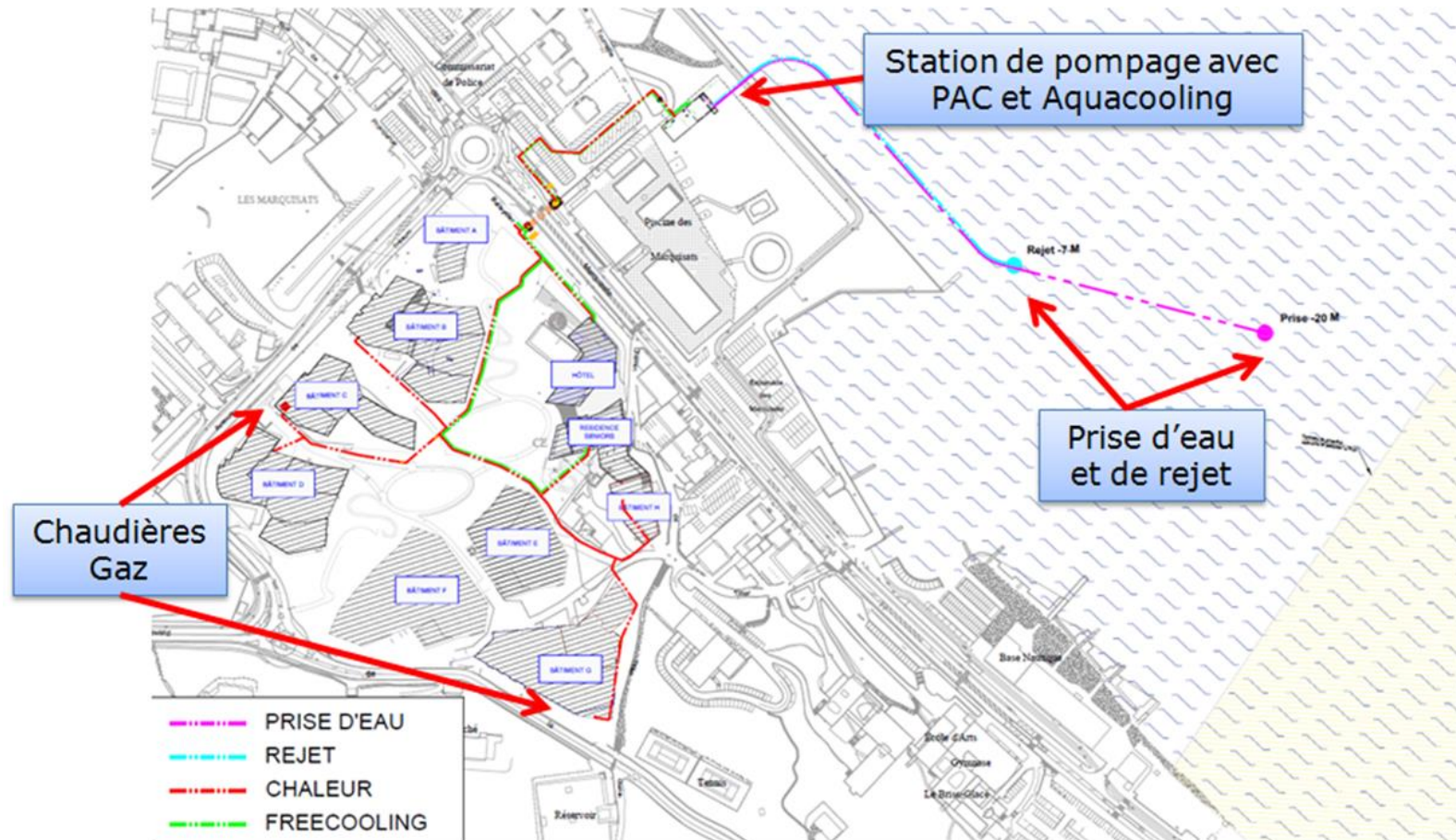


# Contexte

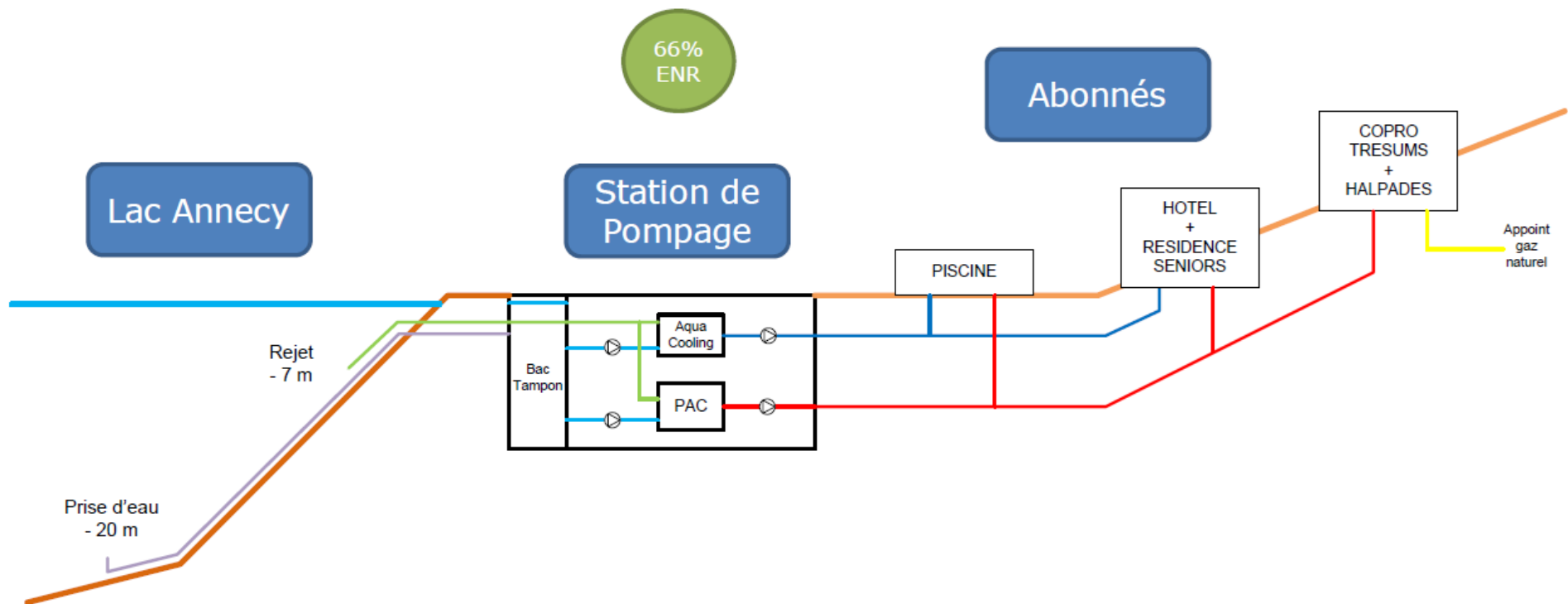
---

- Etude de faisabilité ADEME : novembre 2016
- Convention de financement ADEME : novembre 2017
- Dossier cas par cas : septembre 2018
- Autorisation Occupation du territoire : mai 2019
- Permis de construire : mai 2019
- Autorisation environnementale : octobre 2019

# Technique

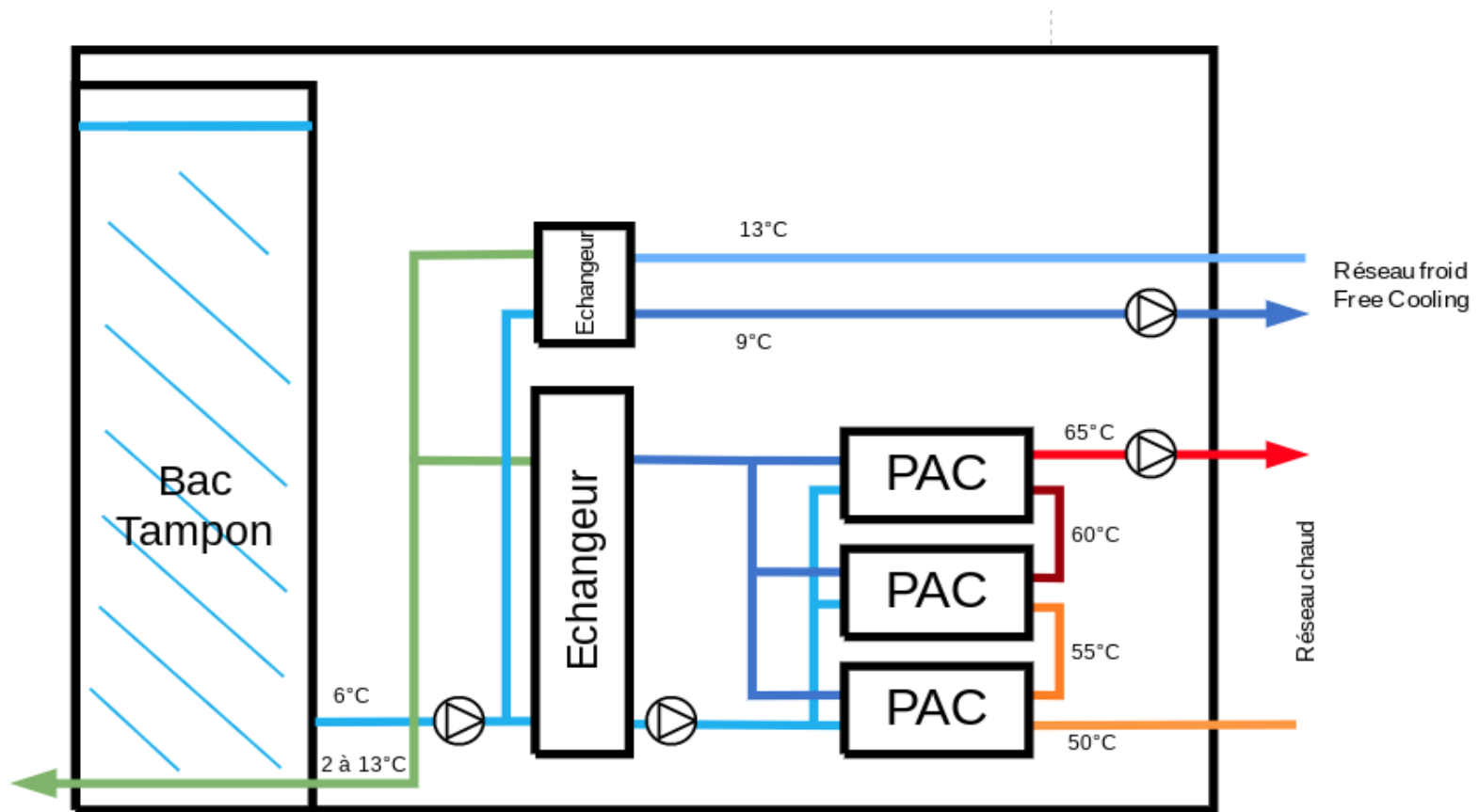


# Principe de fonctionnement

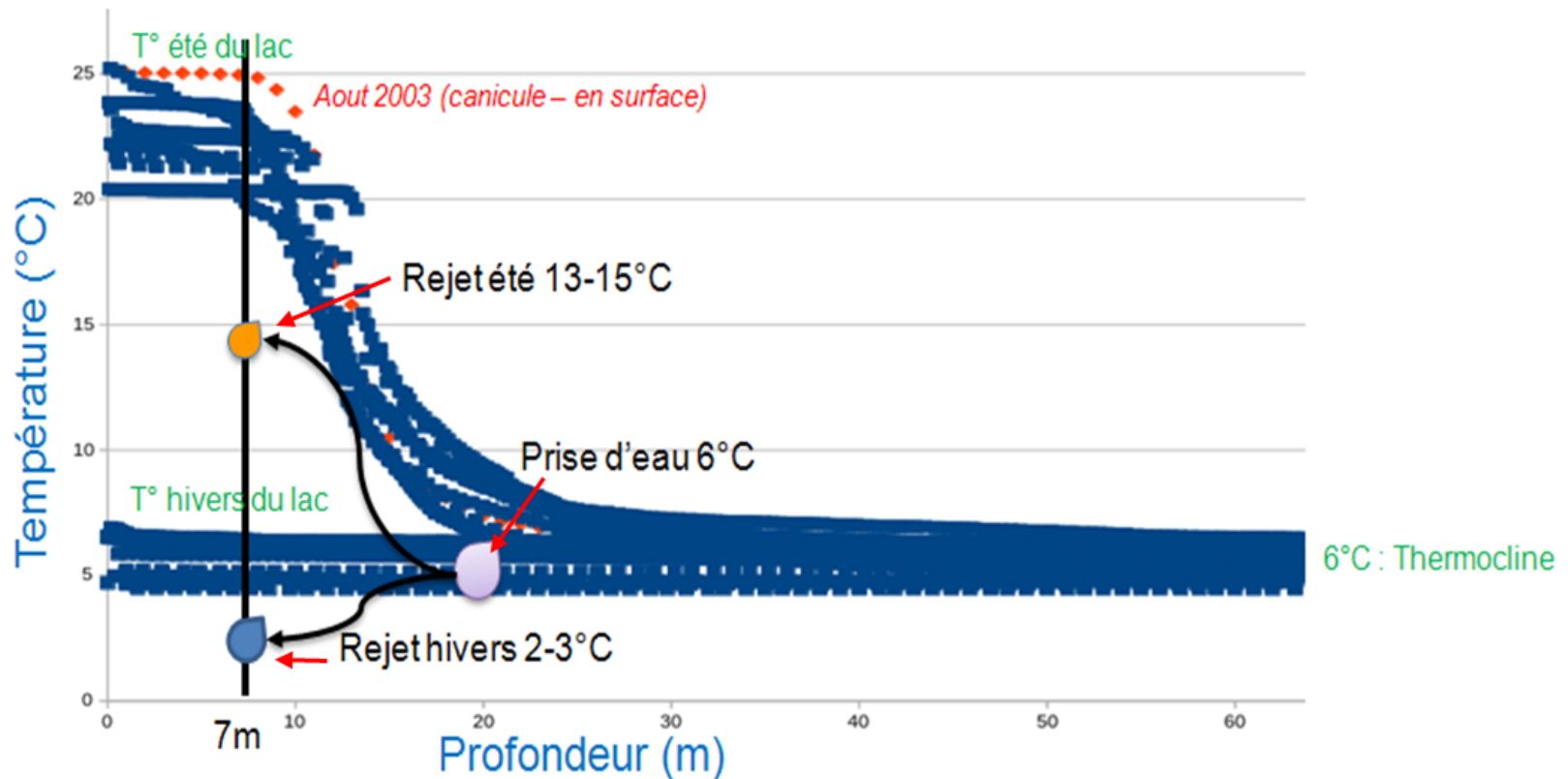




# Principe de fonctionnement station de pompage

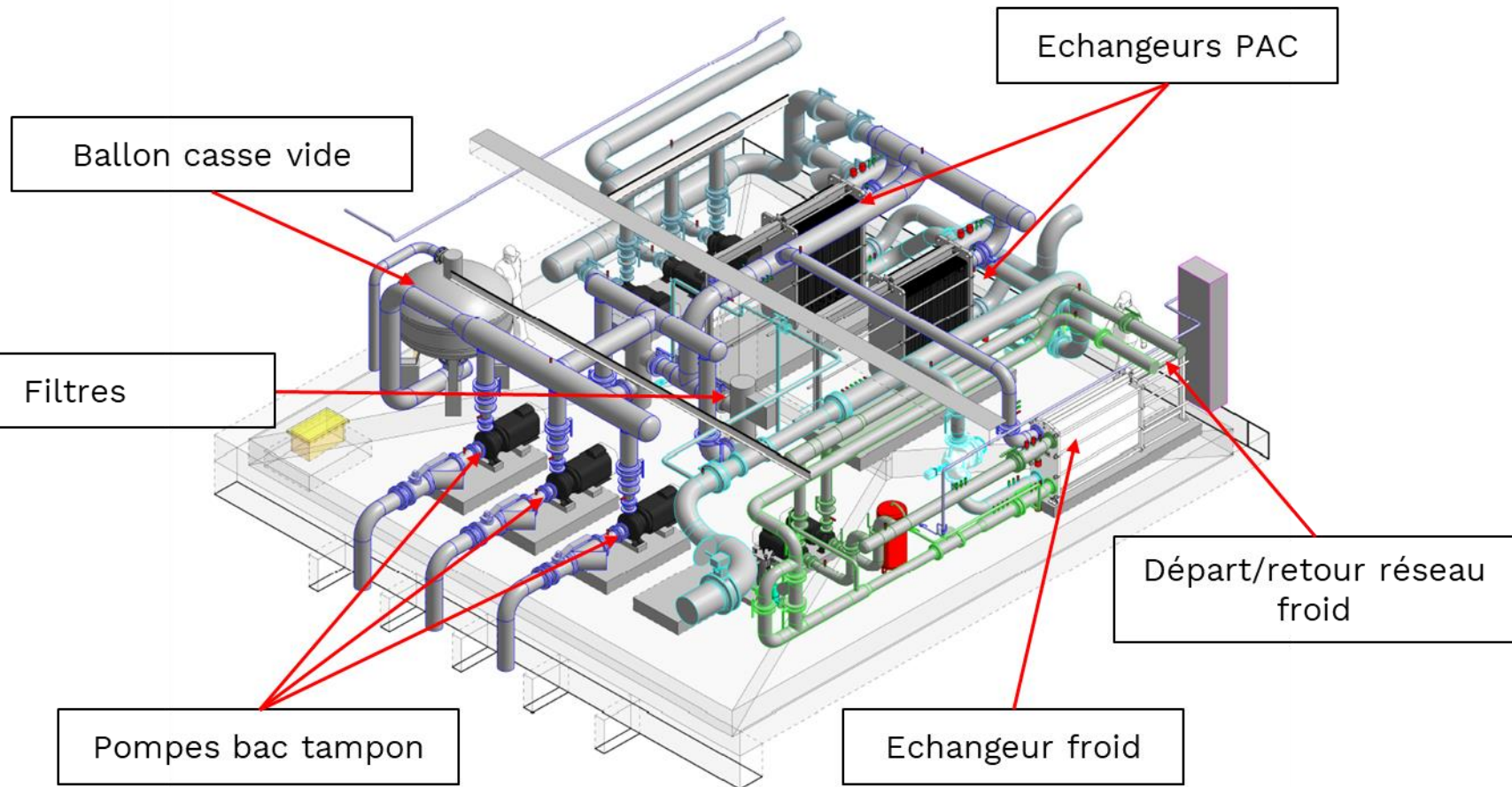


# Hydrothermie du lac d'Annecy

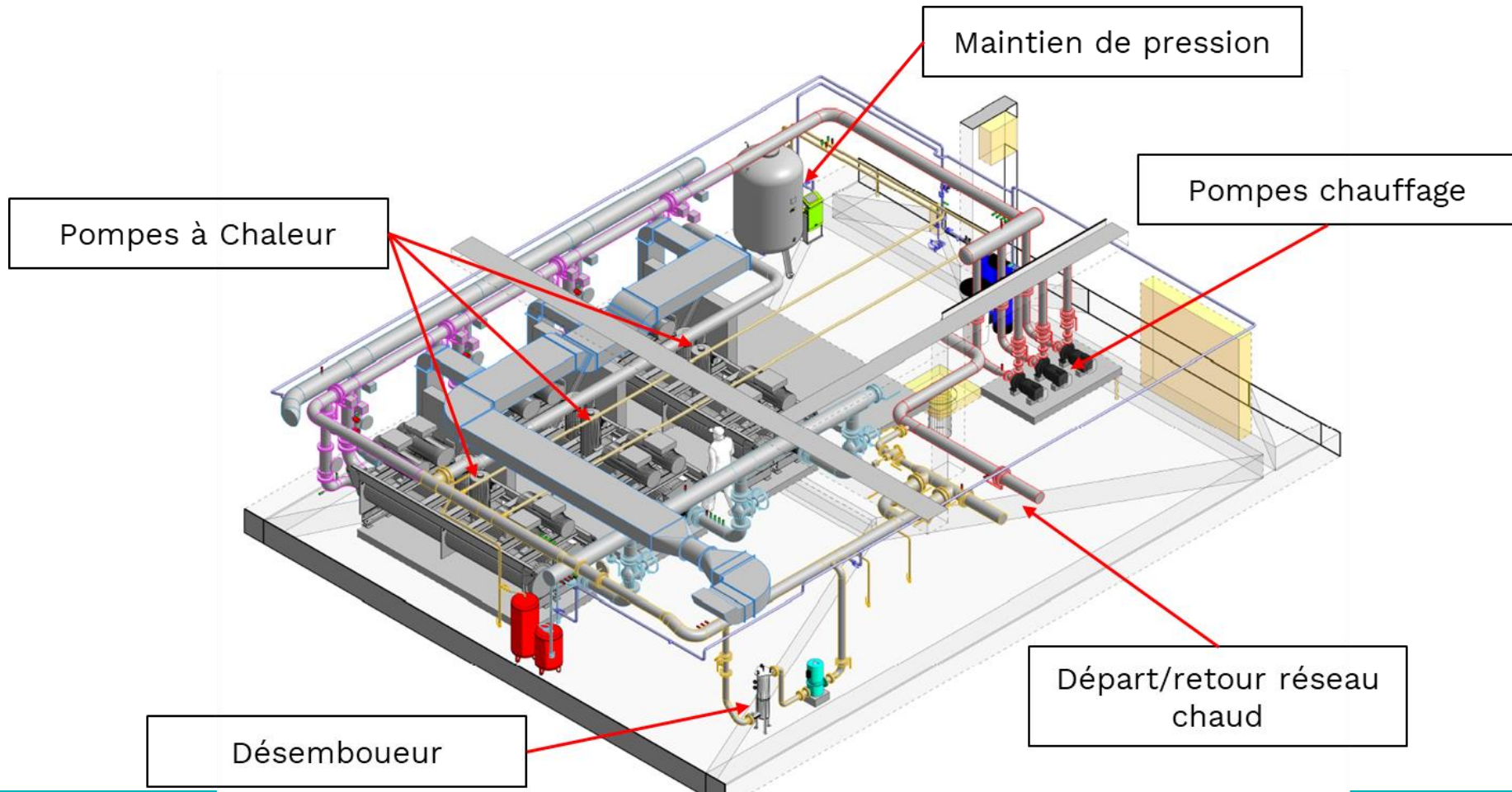




# Station de pompage



# Centrale de production





# Chantier

---



# Chantier





# Chantier



# Chantier

---



# Chantier

---





# Chantier

---



# Chantier

---



# Chantier



# Chantier





# Chantier





# Chantier



# Retour d'expérience de CITEAU à Belleville-en-Beaujolais

---

Intervenant :



Frédéric PRONCHERY

Syndicat de Traitement des Eaux Usées Saône Beaujolais  
Centre Intercommunal de Traitement de l'EAU (CITEAU)

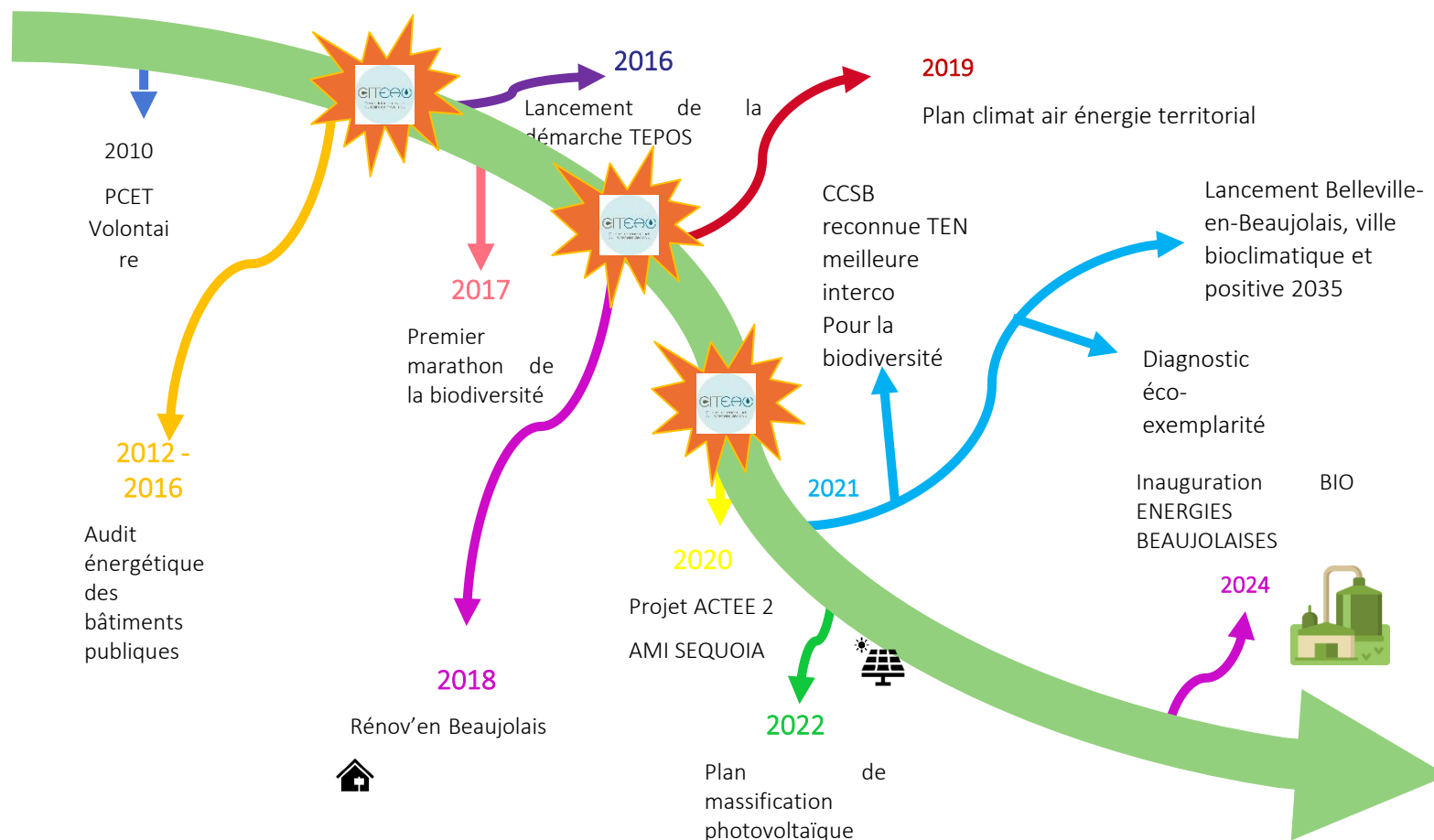


# CITEAU CHALEUR

## Un territoire engagé



BELLEVILLE  
en  
BEAUJOLAIS



# CITEAU CHALEUR

## Convaincre pour une idée

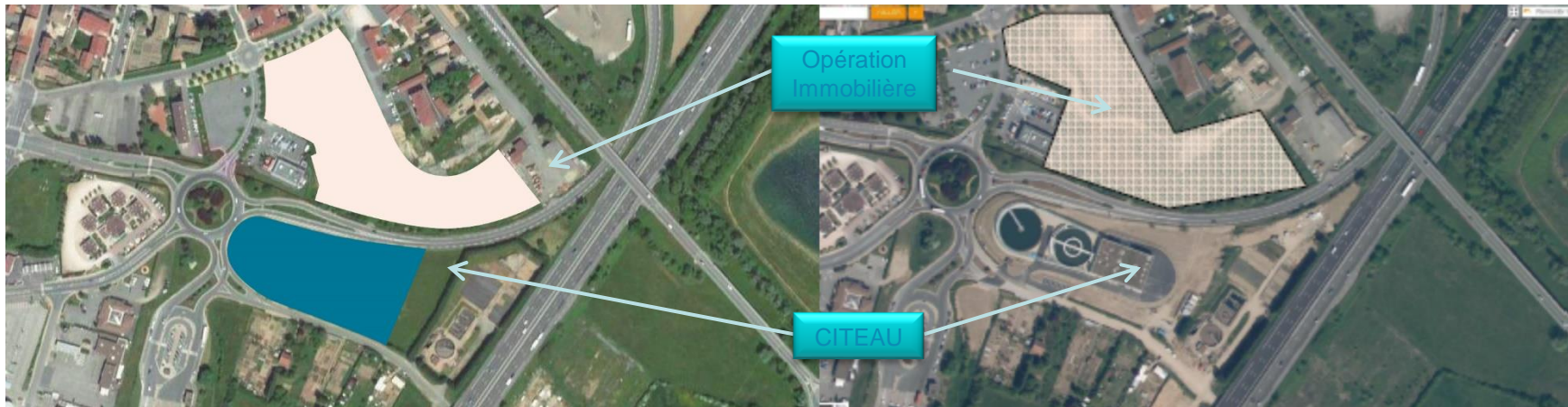
---

- **Mise en eau en mai 2011** du CITEAU (25 650 EH) pour les effluents de Belleville, Saint-Jean-d'Ardières (Belleville-en-Beaujolais depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2019) et Taponas
- **Frédéric PRONCHERY** a eu la volonté et l'idée d'aller plus loin dans l'exemplarité avec l'opération « Réseau de Chaleur »
- **Le tour des partenaires:** Citeau, Promoteur, Bailleurs sociaux, ADEME, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, conseil Départemental du Rhône, Région Auvergne Rhône-Alpes

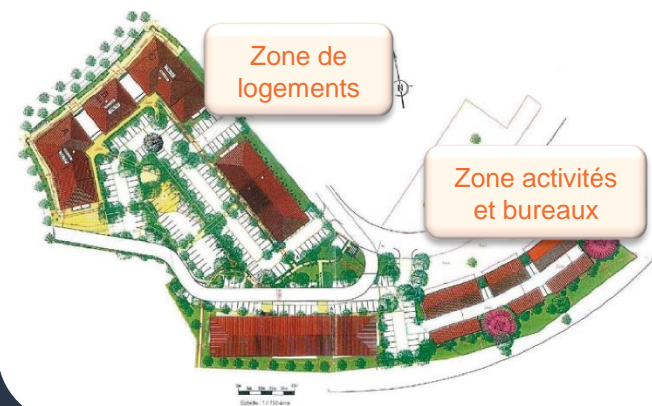
# CITEAU CHALEUR

## Etude de faisabilité

- L'étude de faisabilité - Juillet 2012 - démontre la pertinence du concept



**Villa Durabo**, programme immobilier mixte, au total  $\approx 10\,000$  m<sup>2</sup> SHON avec phasage



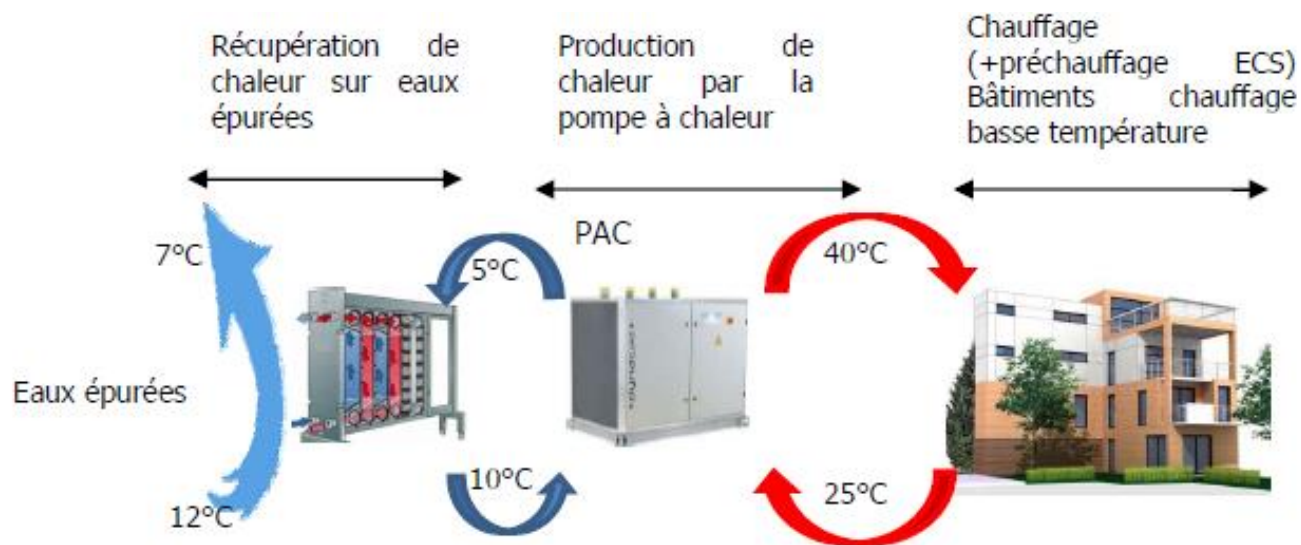


# CITEAU CHALEUR

## Etude de faisabilité

- Débit minimum : 50m<sup>3</sup>/h 95% du temps
- Potentiel : au minimum 200kW – 95% du temps > 300kW

**Principe de l'échangeur déporté sur eaux traitées**  
**Décision de poursuivre et d'aller chercher les aides nécessaires**



# CITEAU CHALEUR

## Juridique-Réglementation-Technique

---

- **Modification des statuts** de l'EPCI
- **Travail juridique** : contrat de vente de chaleur
- **Budget annexe** spécifique
- **Echanges avec le promoteur** pour le prix de vente et besoins techniques (émetteurs basse température)
- **Recherche des aides financières** : ADEME, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Région Rhône-Alpes, Département du Rhône
- **Volet communication et valorisation** du projet : Marianne d'Or, congrès, presse, trophée de l'ingénierie territoriale, stepdufutur...

# CITEAU CHALEUR



## Réalisation et exploitation

---

**1<sup>ère</sup> tranche** avec le Bâtiment ABC (Travaux en 2014 + REM jusqu'au 31/12/2015)

- Maîtrise d'œuvre  Groupe MERLIN
- Choix des entreprises  SUEZ  EGTP  inddigo

**2<sup>nd</sup> tranche** avec le Bâtiment F (Travaux en 2018) puis le bâtiment D (Travaux en 2019)

- Contrat d'exploitation  ENGIE Cofely
- Accompagnement, suivi  inddigo

# CITEAU CHALEUR

## Présentation des installations



- Sous-Station bâtiment ABC
- Sous-station Bâtiment D
- Sous-station bâtiment F
- Station de relevage
- Bâtiment ABC
- Bâtiment D
- Bâtiment F
- Station d'épuration
- Tracé du réseau de chaleur retour
- Tracé du réseau de chaleur aller

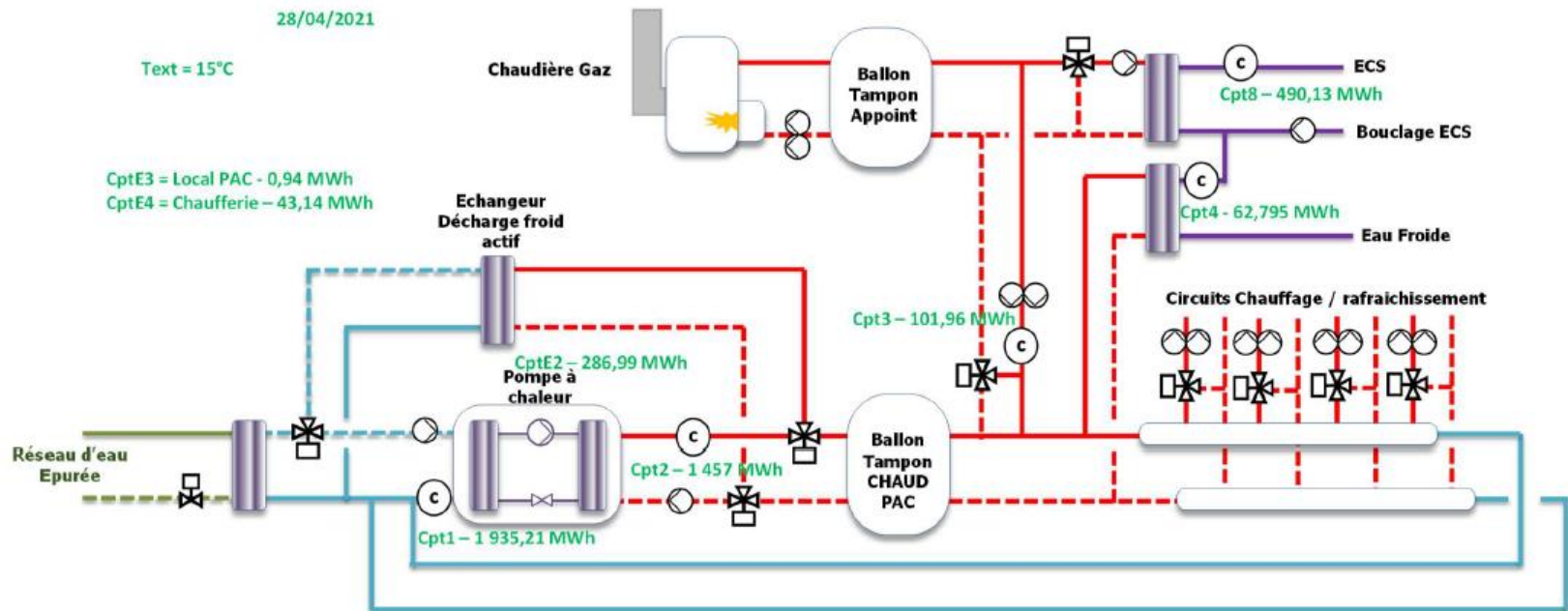
Une contrainte devenant  
atout avec une STEP au  
cœur de l'habitat.

# CITEAU CHALEUR

## Villa Durabo (ABC)

### Bâtiment ABC, Villa Durabo en 2014 :

- 4.725m<sup>2</sup> pour 51 logements sociaux, 730m<sup>2</sup> de bureaux et 205m<sup>2</sup> de commerces
- Chauffage, ecs, rafraichissement (passif et actif)
- PAC 80kW chauffage et préchauffage ecs
- Appoint chaudière gaz 210kW



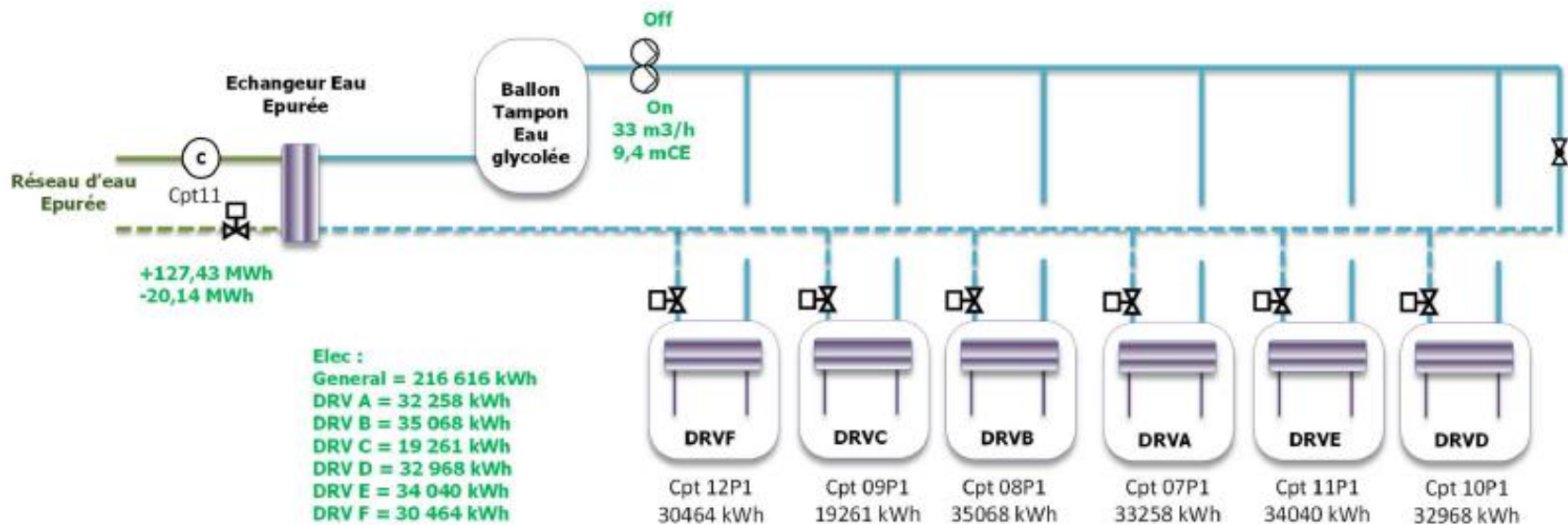


# CITEAU CHALEUR

## Bâtiment F – commerces et services

### Bâtiment F en 2019 :

- 2.500m<sup>2</sup> de commerces et services
- Chauffage et froid
- Système à Débit de réfrigérant Variable (DRV) à détente directe
- Aucun secours

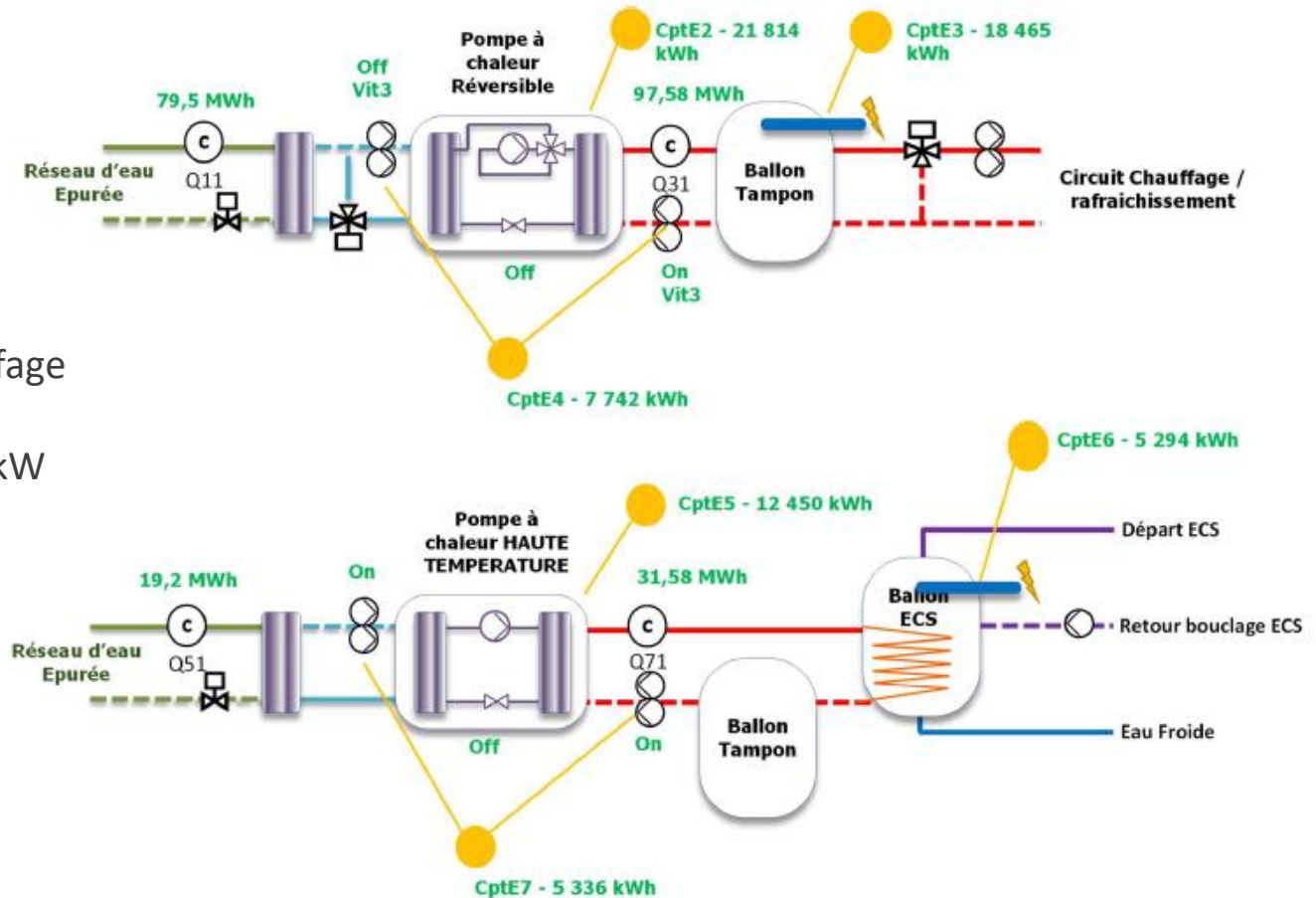


# CITEAU CHALEUR

## Bâtiment D – logements SAEMIB

### Bâtiment D en 2020 :

- 2.000m<sup>2</sup> de logements
- Chauffage, ECS, rafraîchissement (actif)
- PAC réversible 40kW chauffage et rafraîchissement
- PAC haute température 30kW ECS
- Appoint électrique



# CITEAU CHALEUR

## Synthèse des COP et EER

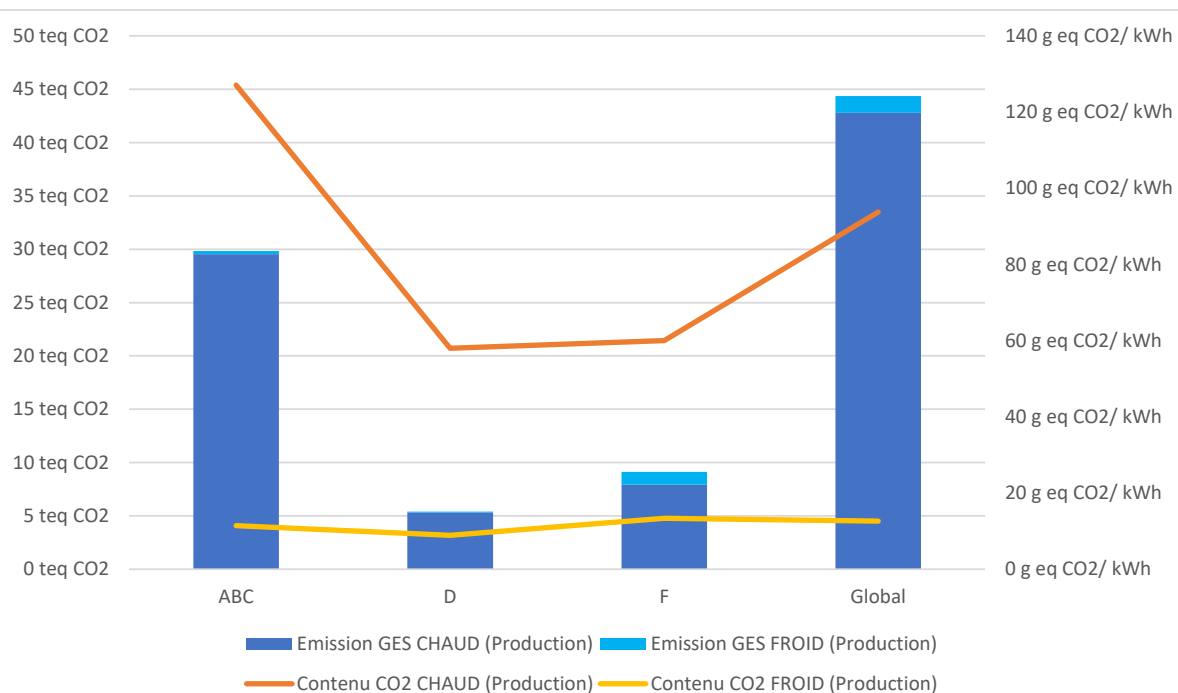
Bâtiment		ABC	D	F	Global
CHAUD	Couverture	64%	91%	100%	-
	COP Moyen PAC	5,19	3,06	3,00	4,02
	COP global production géothermique	3,52	2,71	2,58	3,00
FROID	EER Moyen PAC	3,50	4,50	2,63	3,17
	EER Global	2,05	3,00	2,22	2,21

- Régulièrement un suivi est réalisé par INDDIGO.
- Des améliorations sont à mettre en œuvre pour retrouver un COP proche de 4 pour le bâtiment ABC.
- Le bâtiment F avec climatisation a été conçu pour répondre aux besoins des commerces.
- Les sous-stations des bâtiments F et D sont dans les combles.

# CITEAU CHALEUR

## Bilan environnemental

Bâtiment		ABC	D	F	Global
CHAUD	Emission GES (Production)	29,5 teq CO2	5,3 teq CO2	7,9 teq CO2	<b>42,8 teq CO2</b>
	Contenu CO2 (Production)	127,1 g eq CO2/ kWh	58,0 g eq CO2/ kWh	60,0 g eq CO2/ kWh	<b>93,8 g eq CO2/ kWh</b>
	Taux d'énergie renouvelable	51,8%	72,0%	66,7%	<b>60,2%</b>
FROID	Emission GES (Production)	0,3 teq CO2	0,1 teq CO2	1,2 teq CO2	<b>1,6 teq CO2</b>
	Contenu CO2 (Production)	11,4 g eq CO2/ kWh	8,9 g eq CO2/ kWh	13,3 g eq CO2/ kWh	<b>12,6 g eq CO2/ kWh</b>



- Taux ENR chaud = 60%
- Contenu CO2 :
  - CHAUD = 93 g/kWh
  - FROID = 13 g/kWh
- Les améliorations permettront de réduire le contenu CO2 :
  - Boucle : régulation débit
  - ABC : Mode ECS / mode froid
  - D : asservissement pompes
  - F : -

# CITEAU CHALEUR

## Bilan environnemental



Figure 25 : Contenu en CO<sub>2</sub> des sources d'énergie en kg/kWh d'énergie livrée (source arrêté DPE)

En 2016, le contenu CO<sub>2</sub> du réseau de chaleur du CITEAU était de 0,109 kg/kWh d'énergie livrée pour une moyenne de 0,126 kg/kWh d'énergie livrée pour les réseaux de chaleur en France.

Entre 2016 et 2020 le contenu de référence des réseaux de chaleur a diminué de 8,5%, à l'échelle du réseau du CITEAU, on constate une diminution de 8,1% pour cette même période.



# CITEAU CHALEUR

## Bilan environnemental

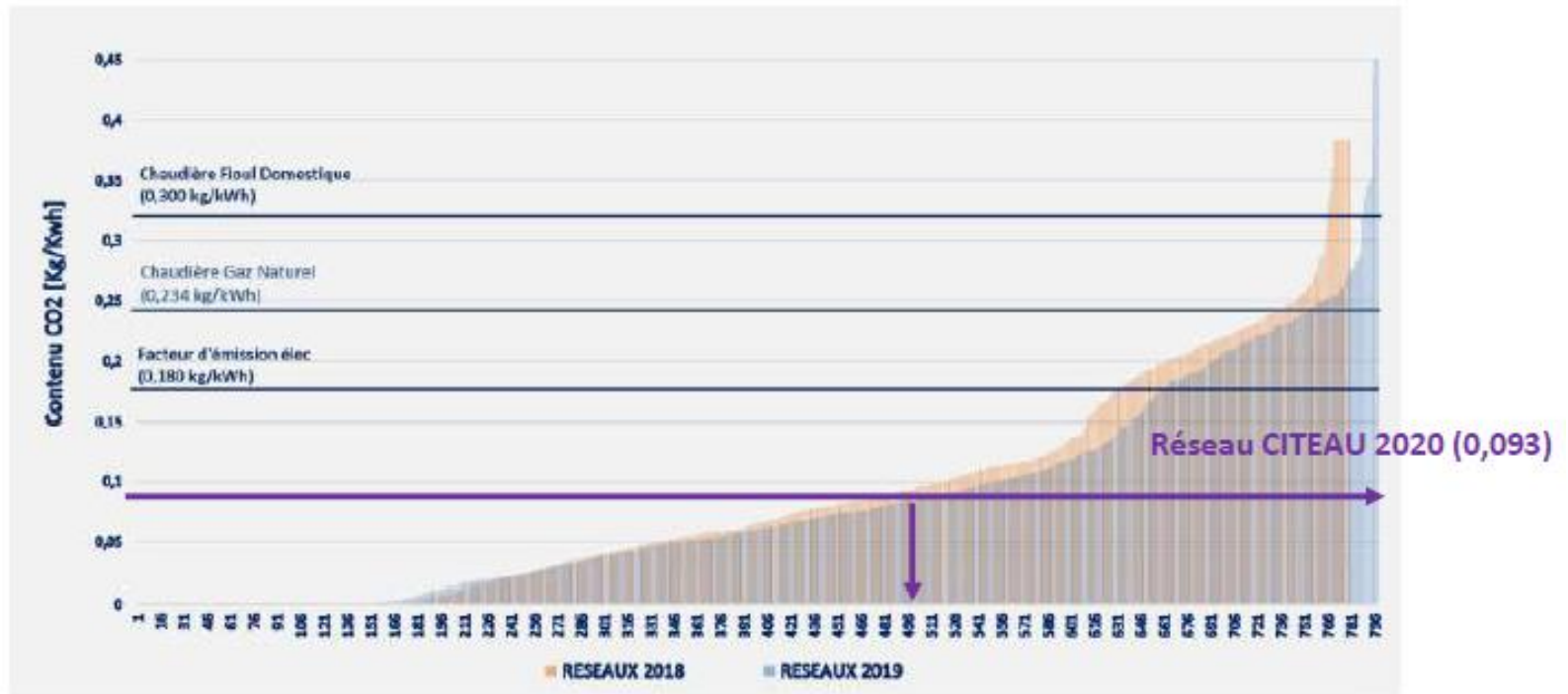


Figure 24 : Dispersion des réseaux de chaleur en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>

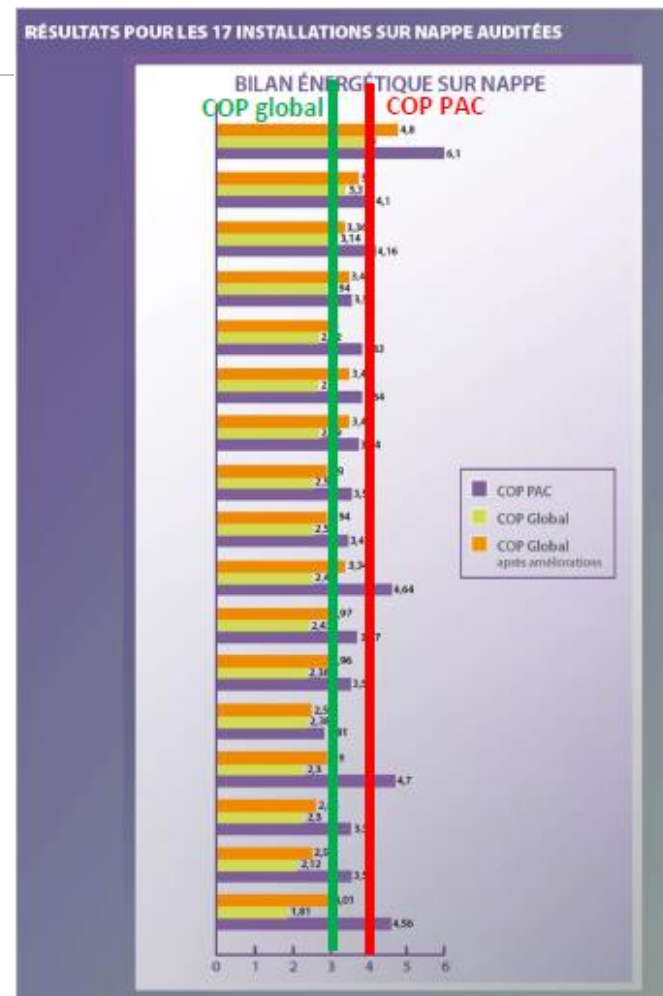
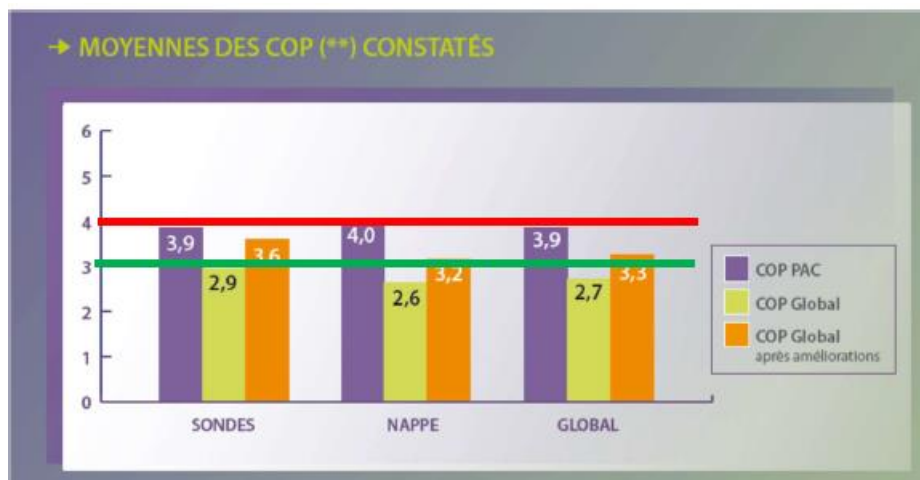
**Le réseau du CITEAU est classé parmi les 60% des réseaux les moins émetteurs de CO<sub>2</sub> (500ème/800)**

# CITEAU CHALEUR

## Mise en perspective des performances et comparatif

Les performances énergétiques de l'installation se situent dans la moyenne sur la base de comparaison des performances réelles constatées de 25 installations suivies par l'ADEME Champagne-Ardenne.

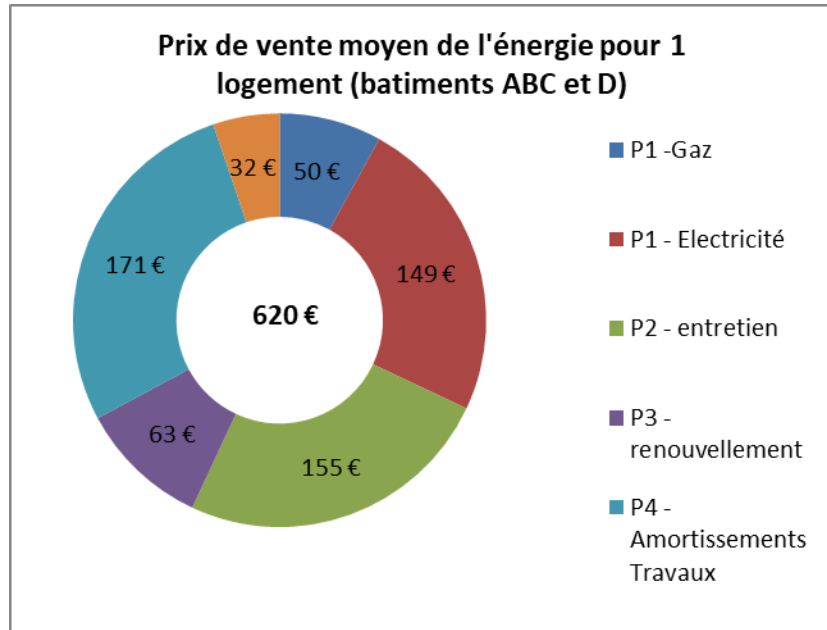
Des améliorations sont prévues en 2023 pour optimiser nos installations (position des sondes, asservissements) et tendre vers notre objectif COP global de 4.



# CITEAU CHALEUR

## Éléments économiques

Bâtiment ABC et D – coût annuel pour un logement (moyen  $\approx 75\text{m}^2$ )



### 2.4.1.2 Logement performant RT2012 ( $60 \text{ kWh}_w/\text{m}^2/\text{an}$ )

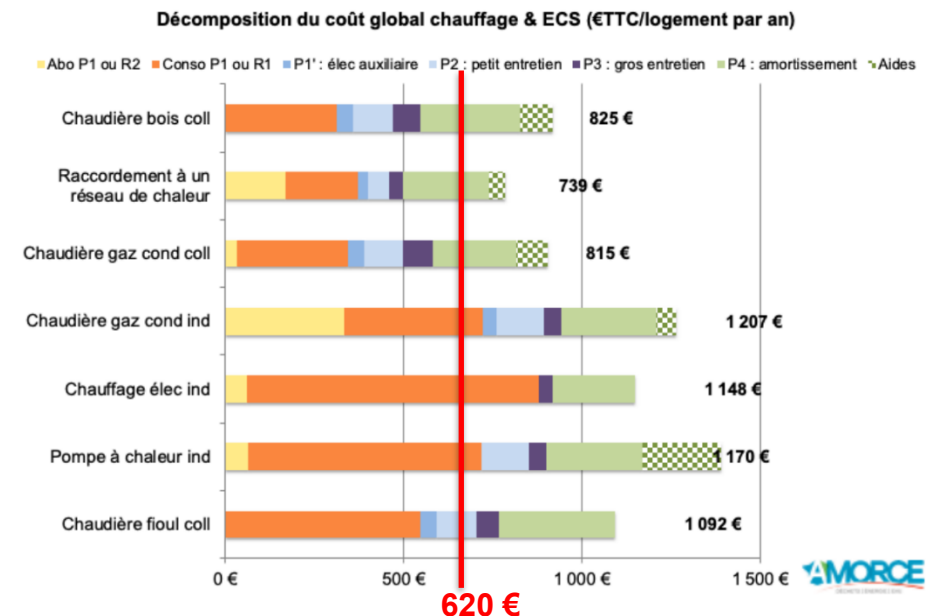



Figure 15 : Décomposition en coût global chauffage et ECS (€TTC/lt/an) pour un bâtiment RT 2012

**Avantage décisif : les usagers bénéficient du rafraîchissement**

# CITEAU CHALEUR

## Des points de vigilance et d'amélioration continue

---

- Volet facturation et clauses de révisions nécessitant un accompagnement expert
- Suivi régulier à réaliser – réalisé par INDDIGO 
- Contrats de maintenance avec clauses performanciennes et un suivi métrologique fin
- Communication avec les syndicats de gestion des immeubles et nos usagers pour le réseau de chaleur commun (primaire) mais aussi pour le secondaire (thermostats).

## Les vertus du projet

- Caractère innovant, exemplaire, ambitieux et duplicable du projet
- Synergies du territoire et des partenaires mais aussi économie durable pour l'utilisateur avec un **prix de vente de 130 € TTC / MWH** (application du bouclier tarifaire par le CITEAU)
- Solution concrète de développement durable avec la valorisation d'une énergie fatale qui permet une économie d'énergies fossiles et donc participe à la transition énergétique de notre territoire

# Webinaire BETEG

3 février 2023

Merci de votre attention



La Région  
Auvergne-Rhône-Alpes



Plus d'infos

[s.morel@belleville-en-beaujolais.fr](mailto:s.morel@belleville-en-beaujolais.fr)



# Conclusion et suite à donner

---

Intervenant :



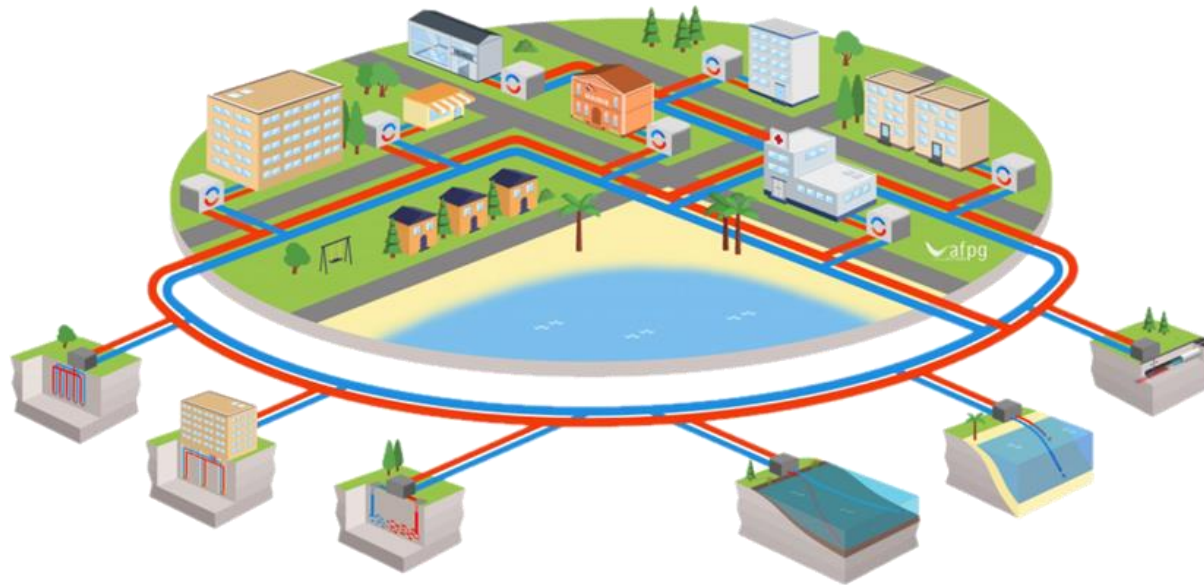
**Noé IMPERADORI**

Animateur de la filière Géothermie en région Grand Est

Association Lorraine Energies Renouvelables

# Conclusion et suite à donner

---



La Boucle d'Eau Tempérée à Energie Géothermique en tant que « smart grid thermique » représente **une solution énergétique innovante de premier plan pour répondre aux défis environnementaux et sociétaux** auxquels nous devons faire face.

# Webinaire d'approfondissement sur la BETEG

---

## Vendredi 10 mars 2023 : Les aspects techniques d'une BETEG

1. Quels montages juridiques pour ces réseaux
2. Comprendre et détailler le fonctionnement de la BETEG
3. Comment l'intégrer dans un projet (REX)
4. Aspects économiques : quels sont les dispositifs d'accompagnement financier

Lien d'inscription à la 2<sup>ème</sup> session :  
<https://forms.gle/VkS7GxZR3NG4ZAfXA>

# Vos intervenants

---

## **Estelle DOURLAT**

Animatrice de la filière Géothermie en région  
Hauts-de-France  
UniLaSalle

## **Xavier MOCH**

Animateur de la filière Géothermie en région  
Centre-Val de Loire  
Association Française des Professionnels de la  
Géothermie

## **Armand POMART**

Animateur de la filière Géothermie en région Île-  
de-France  
Association Française des Professionnels de la  
Géothermie

## **Edouard CHESNEL**

Animateur de la filière Géothermie en région  
Nouvelle-Aquitaine  
Centre Régional des Energies Renouvelables

## **Olivier ECK**

Chef de projets  
Direction Infrastructures, Grands Projets et Utilités  
Région Auvergne Rhône Alpes  
IDEX

## **Frédéric PRONCHERY**

Syndicat de Traitement des Eaux Usées Saône  
Beaujolais  
Centre Intercommunal de Traitement de l'EAU  
(CITEAU)

## **Noé IMPERADORI**

Animateur de la filière Géothermie en région Grand Est  
Association Lorraine Energies Renouvelables

**Contacts** : rendez-vous sur [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr)  
rubriques « **Espace régional** »

# Conclusion et suite à donner

---

À vos questions ?