

géogéothermie

AUVERGNE - RHÔNE - ALPES

Webinaire 4/5 
la géothermie sur sondes

Ordre du jour




- Introduction
- Principe de la géothermie sur sondes
- Définition des besoins / Pompe à chaleur
- Définition de la ressource
- Exemple de réalisation
- Conclusion

Quelques consignes...

- Coupez votre micro et votre vidéo quand vous n'intervenez pas !
- Signalez si vous ne souhaitez pas être enregistré
- Renommez vous correctement (Prénom, Nom, Structure) en cliquant « petits points » en face de votre nom dans la liste des participants
- Posez vos questions via le chat (« discussion ») au cours des interventions
- En cas de souci technique, me le signaler en discussion privée



QUIZZ: Qu'avez-vous retenu ?

-  Question 1 : Quelle différence de température est généralement admise pour aller/retour d'un forage sur nappe?
-  Question 2 : Comment appelle-t-on l'utilisation du froid géothermique sans PAC ?
-  Question 3 : Quel est de débit maximal admis en Géothermie de Minime Importance ?

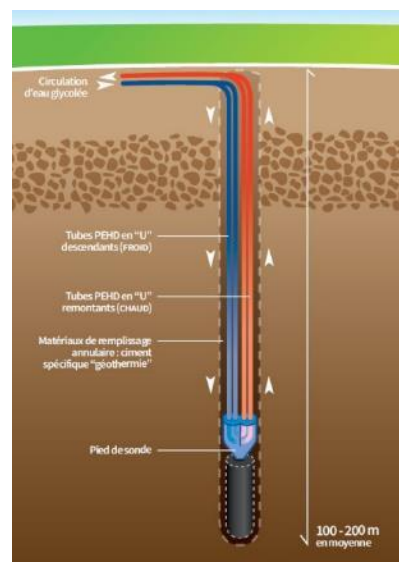
Chapitre 1 : Principe de la géothermie sur sondes verticales

Romain GENET, INDDIGO

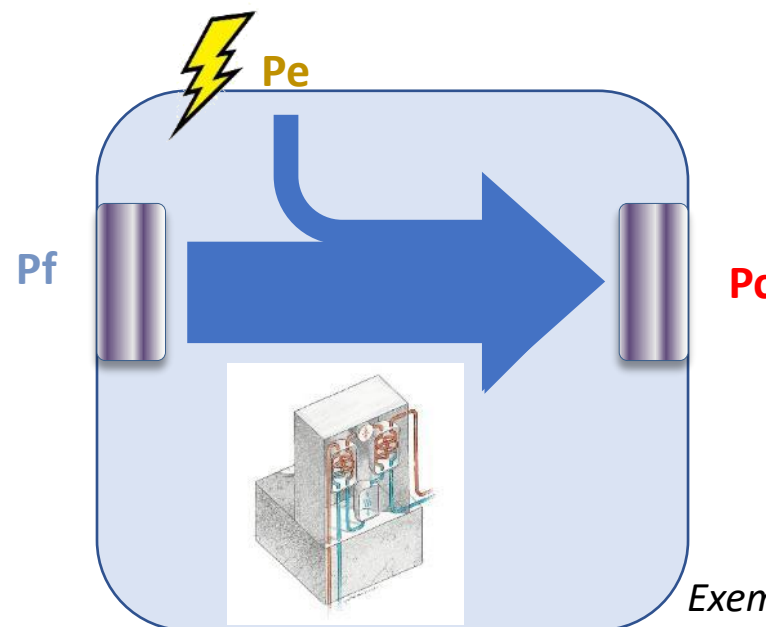
Edouard TISSIER, ANTEA GROUP



CAPTAGE



POMPE A CHALEUR

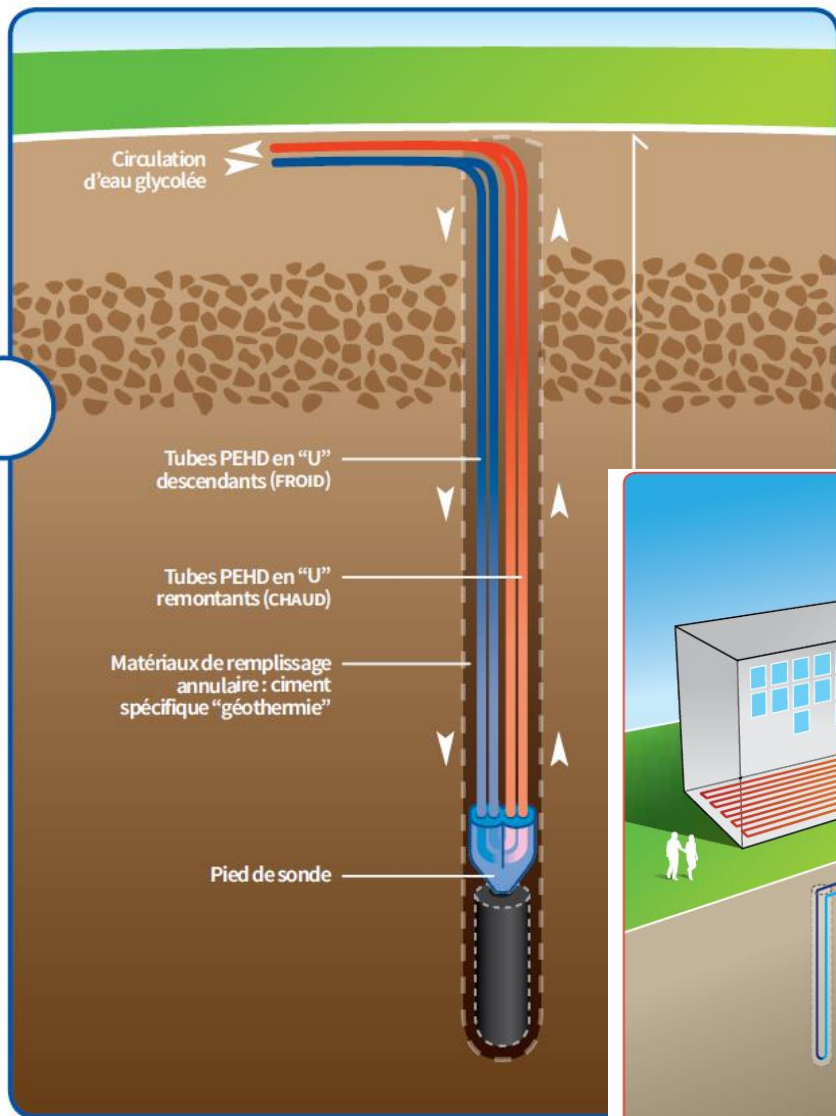


USAGE

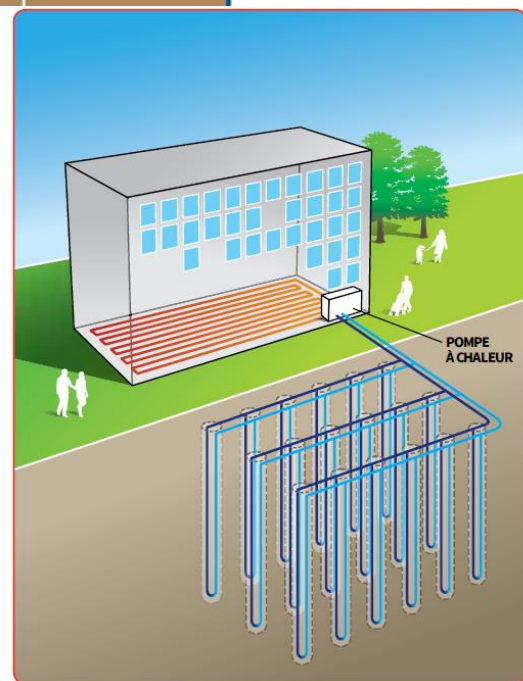


Adéquation entre ressource et besoin
=
Transformer un besoin en sollicitation de ressource

SONDE GEOTHERMIQUE VERTICALE



Les capteurs géothermiques verticaux, appelés sondes géothermiques, sont composés d'un tube dans lequel circule un fluide caloporteur (qui prélève la chaleur du sous-sol par conduction thermique et qui est raccordé à la PAC) positionné dans un forage vertical de plusieurs dizaines, à quelques centaines de mètres de profondeur. Le fluide circule en circuit fermé dans le tube et le forage est rempli avec un ciment spécial pour maintenir l'échangeur en place, faciliter les échanges thermiques avec le sous-sol et protéger le sous-sol.



Foreuse

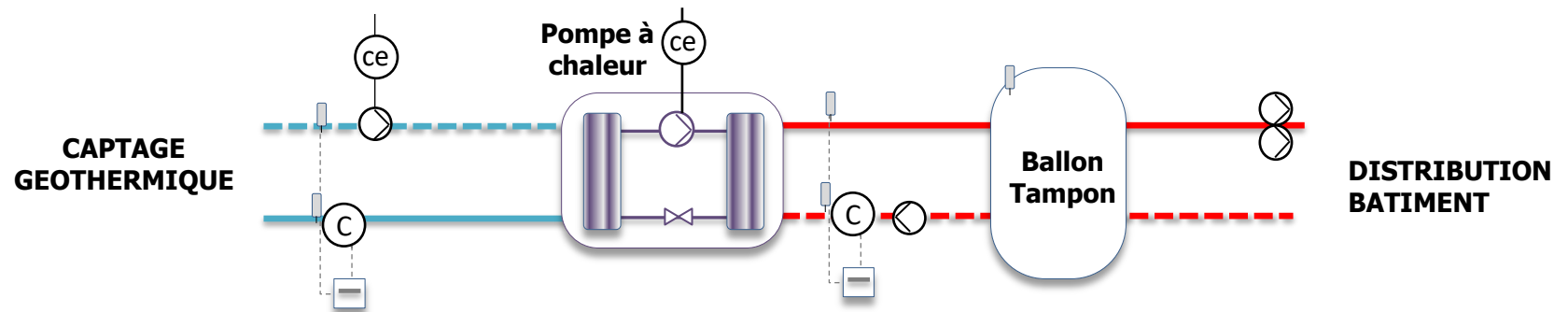
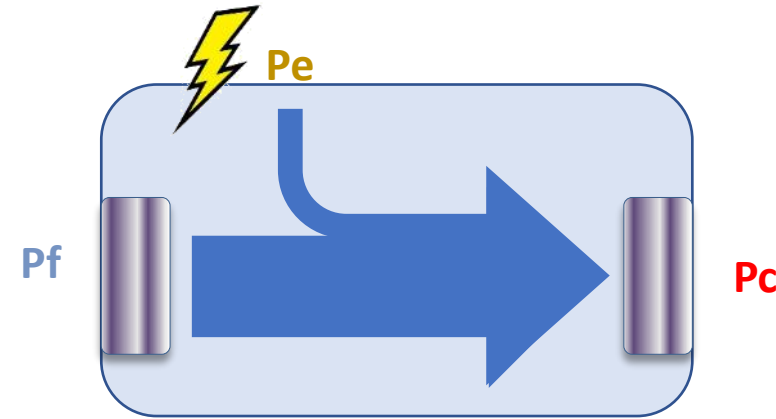
Chapitre 2 : Définition des besoins / Pompe à chaleur

Romain GENET, INDDIGO

LA POMPE A CHALEUR

Unité thermodynamique permettant le transfert d'énergie d'une source froid (P_f) à une source chaude (P_c) grâce à un travail (P_e)

Peut être remplacée par une machine à absorption



Rappel Thermo :

$$P_c = P_f + P_e$$

$$\text{COP} = P_c / P_e$$

Le COP baisse avec l'augmentation de l'écart entre les sources **captage / usage**

➤ +1°C d'eau chaude => +3% de conso électrique

LES BESOINS

Les besoins pouvant être couverts par une installation de géothermie sont :

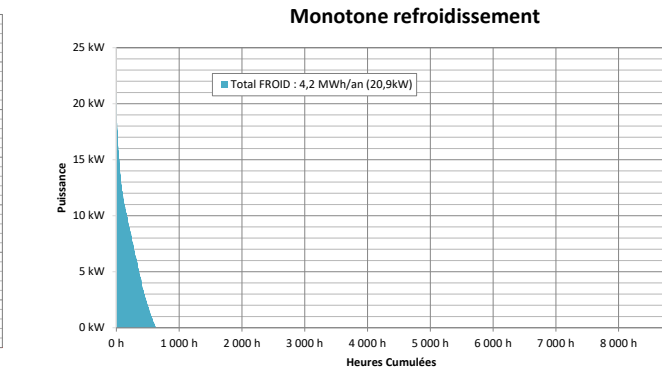
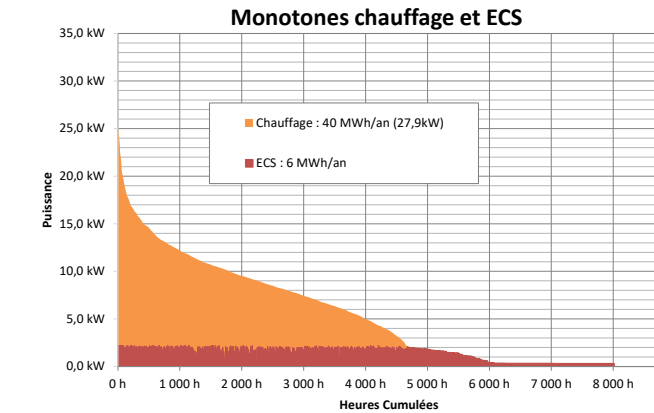
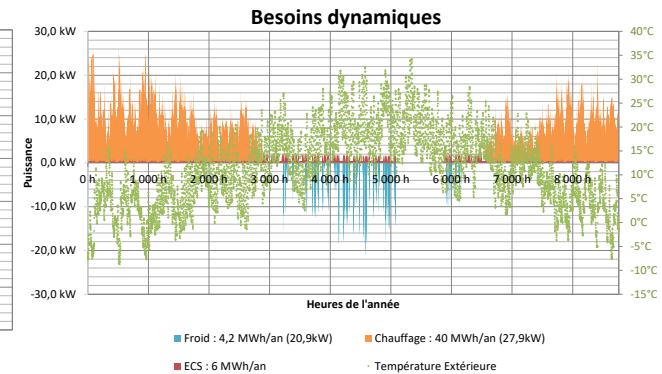
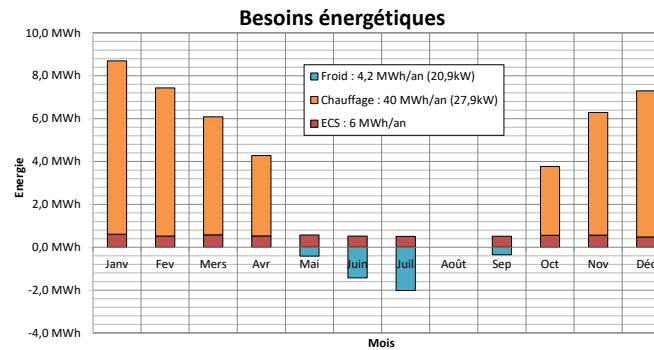
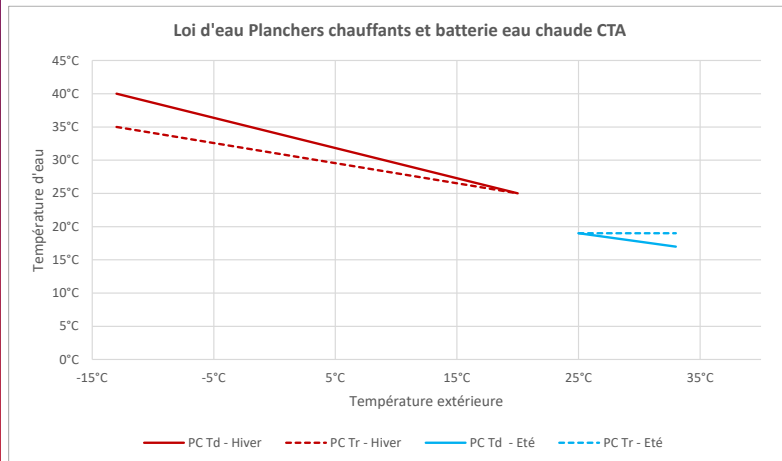
- Besoins de chauffage
- Besoins en Eau Chaude Sanitaire
- Besoins de froid

calcul statique (chauffage = déperditions)

Chaque besoin est caractérisé par :

Consommation : existantes, STD, méthode DJU,...

- Une puissance utile (en kW)
- Une consommation (en kWh)
- Un régime de température (en °C)

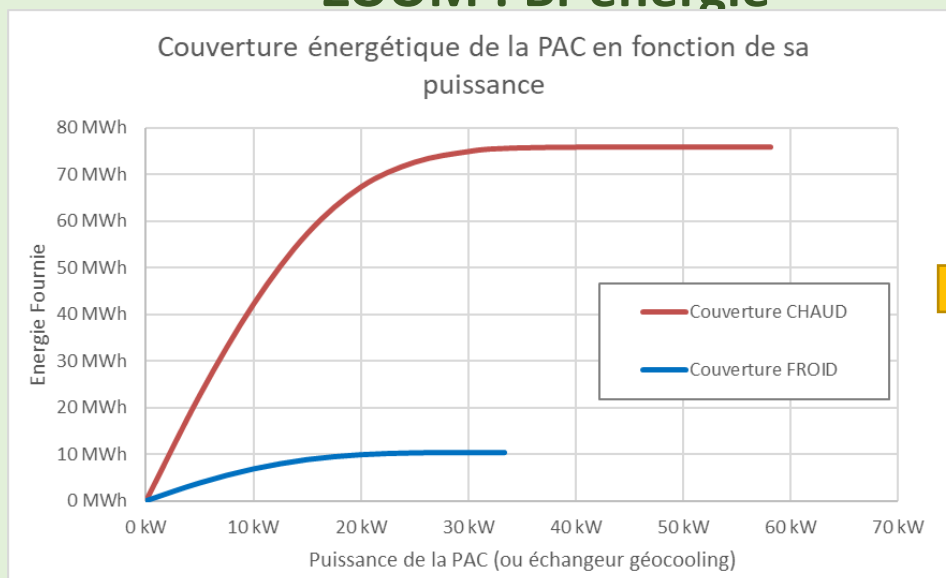


LES BESOINS

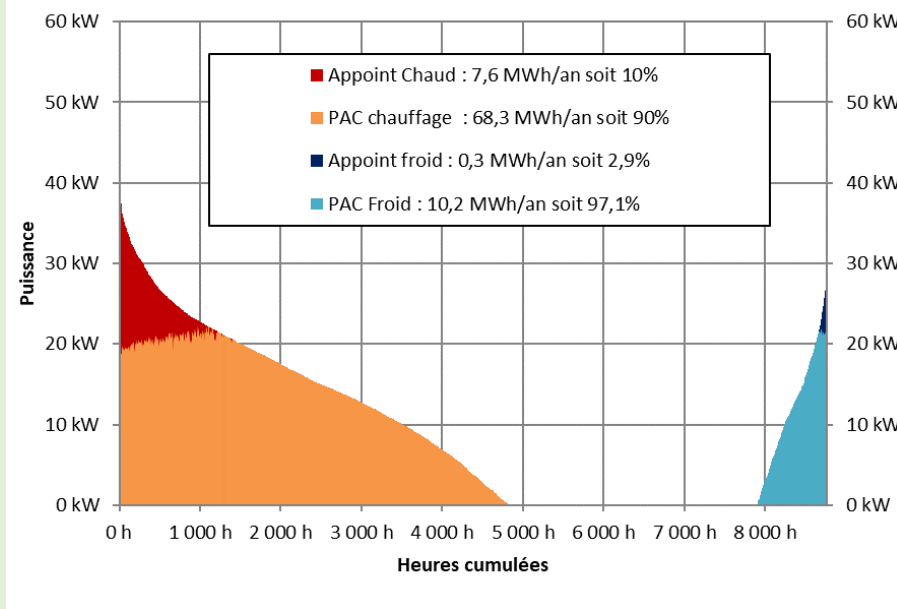
Cela est nécessaire et va permettre de définir :

- les usages visés par la géothermie
- Le choix du type de Pompe à chaleur
- Les principes de production : schéma hydraulique, mode ECS, principe Froid
- Les performances : Pompe à chaleur, globales
- La puissance installée : selon objectifs 100% / bi-énergie
- ...

ZOOM : Bi-énergie



Avec 30% de P



Selon les conditions technico-économiques, une solution biénergie peut être envisagée

⇒ Couverture optimale des besoins

⇒ Economie annuelle d'exploitation optimale

avec

avec

une puissance réduite

investissements réduits

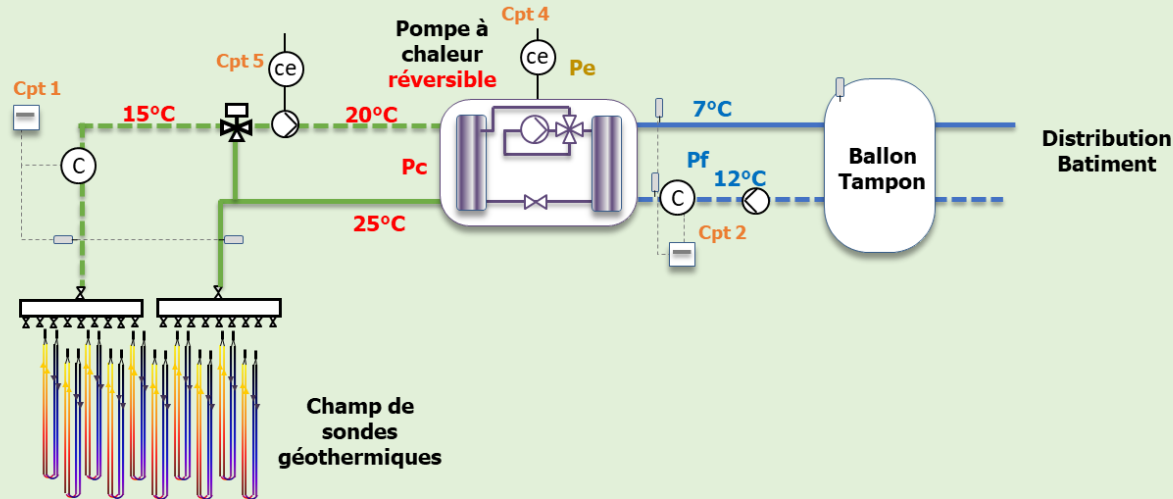
ZOOM : Production de Froid

2 solutions standards :

Froid ACTIF

Pompe à chaleur réversible

- + Pas de contraintes sur la température du froid
- Fonctionnement de la PAC => électricité



Prévoir une V3V

Asservir la marche au besoin (T° ext, occupation,...)

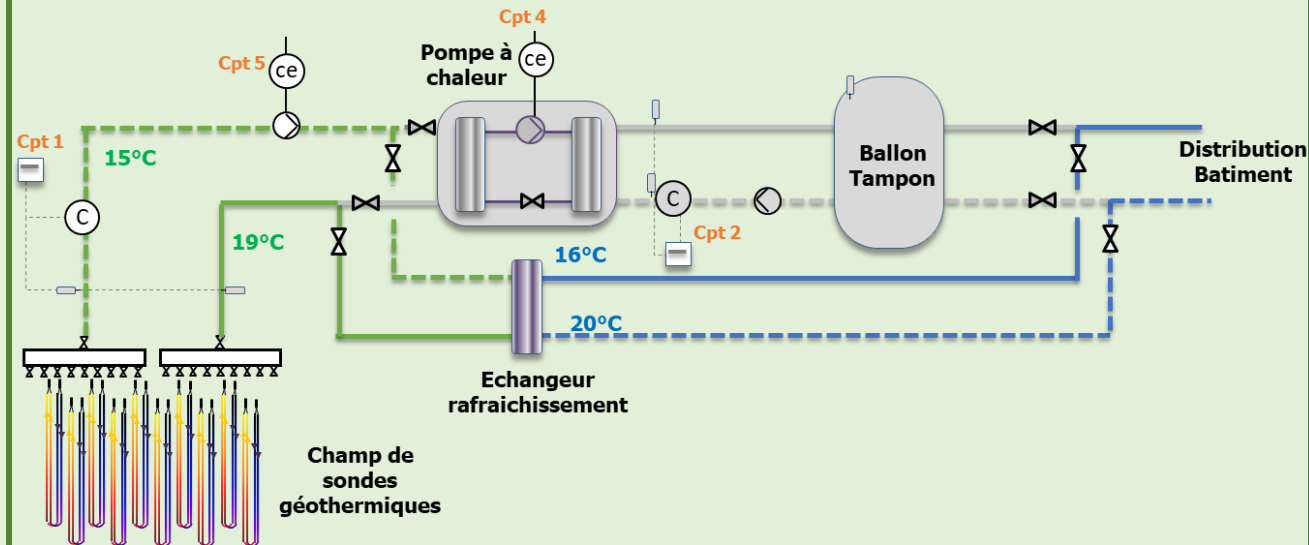
Mettre une loi d'eau

Asservir les circulateurs

Froid PASSIF (géocooling)

Echangeur

- contraintes sur la température du froid ($> T^{\circ}$ sondes)
- + Fonctionnement de la PAC => électricité



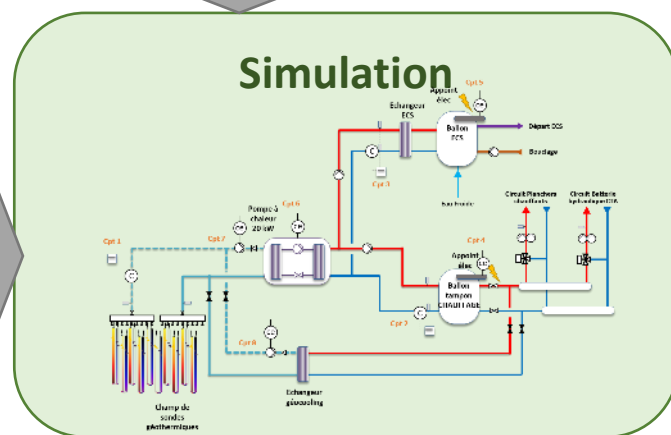
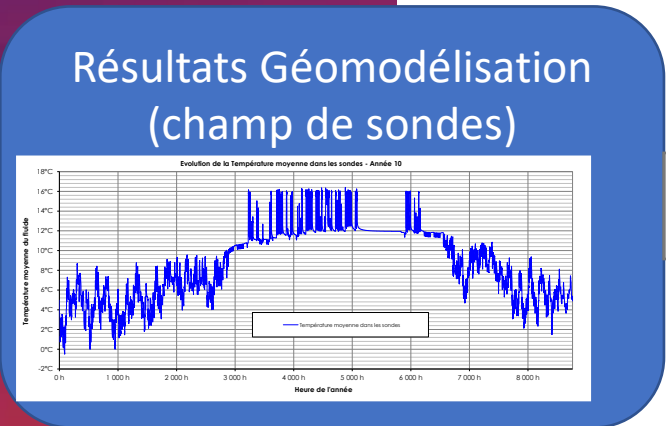
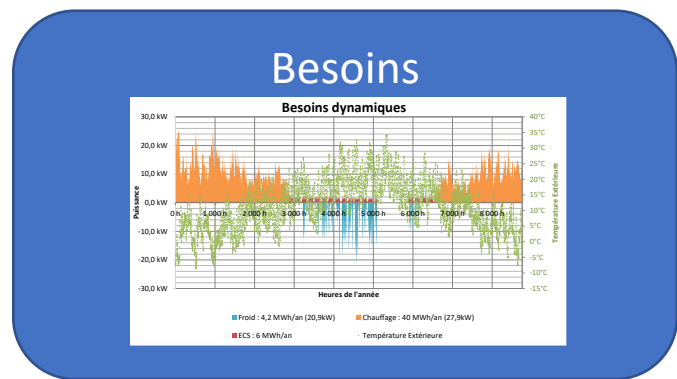
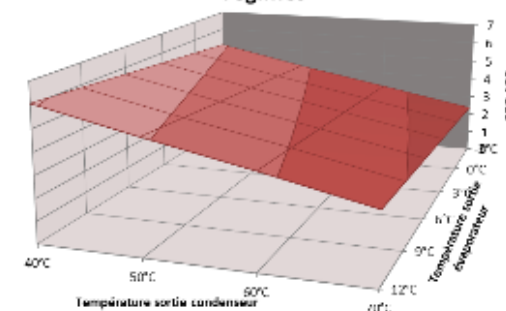
Asservir la marche au besoin (T° ext, occupation,...)

BILAN ENERGETIQUE GEOTHERMIE

L'installation est simulée pour obtenir le bilan énergétique avec :

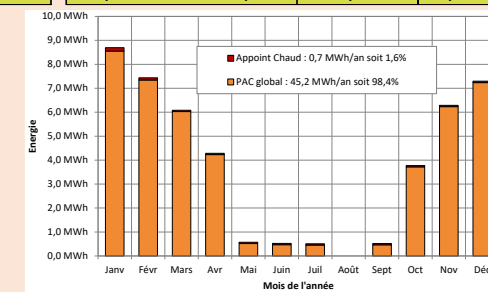
- Les usages (Besoins dynamiques, Régimes de Température)
- Les caractéristiques de la Pompe à chaleur (cartes Puissances, COPs) :
- Le schéma hydraulique
- Les températures dynamiques du champ de sondes

Evolution du COP Pompe à chaleur en fonction des régimes



Résultats

	Besoins de chauffage	PAC mode chauffage			Appoint	
		Couverture	COP	Electricité		
Janvier	8,1 MWh	8,1 MWh	100%	5,08	1,6 MWh	0,0 MWh
Février	6,9 MWh	6,9 MWh	100%	5,03	1,4 MWh	0,0 MWh
Mars	5,5 MWh	5,5 MWh	100%	5,38	1,0 MWh	0,0 MWh
Avril	3,8 MWh	3,8 MWh	100%	5,79	0,6 MWh	0,0 MWh
Mai	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh
Juin	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh
Juillet	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh
Août	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh
Septembre	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh
Octobre	3,2 MWh	3,2 MWh	100%	6,31	0,5 MWh	0,0 MWh
Novembre	5,7 MWh	5,7 MWh	100%	5,61	1,0 MWh	0,0 MWh
Décembre	6,8 MWh	6,8 MWh	100%	5,18	1,3 MWh	0,0 MWh
	40,0 MWh	40,0 MWh	100,0%	5,35	7,5 MWh	0,0 MWh



Chapitre 3 : Définition de la ressource



Edouard TISSIER, ANTEA GROUP

LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Définition du contexte géologique et hydrogéologique permet de définir :

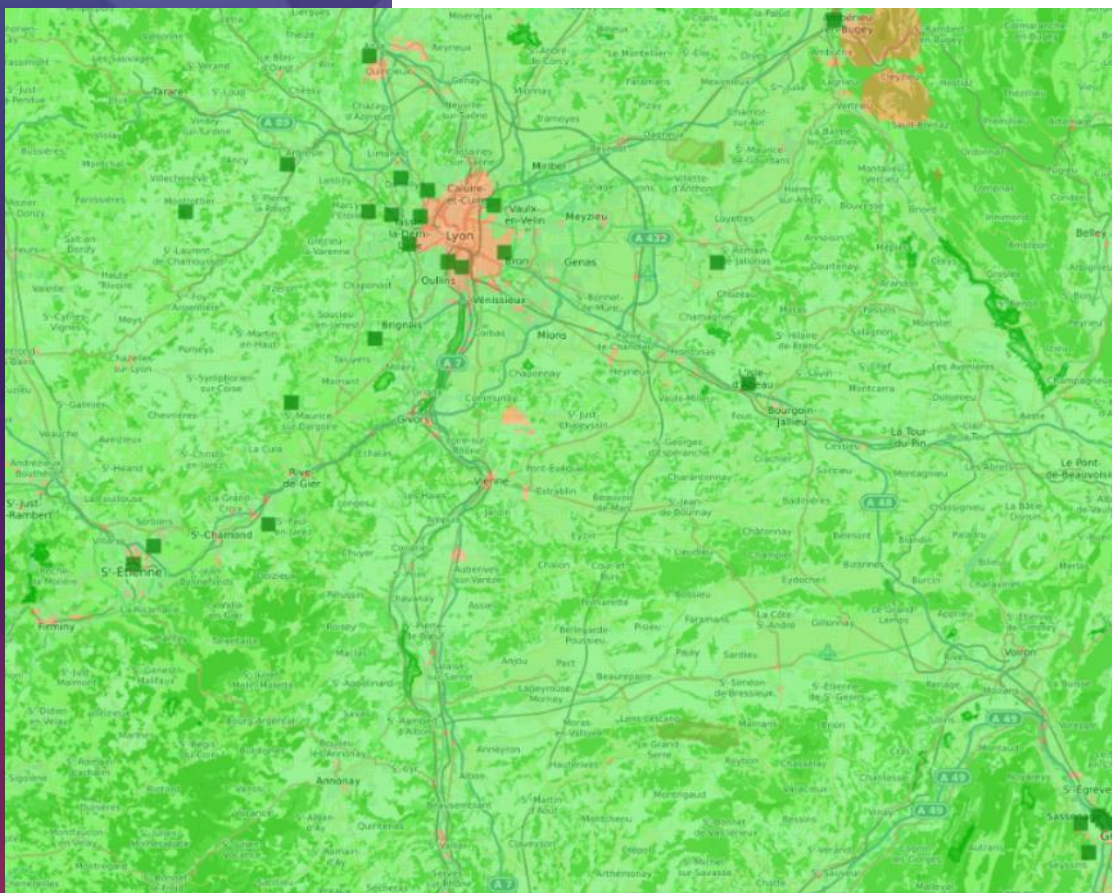
- ⇒ nature des terrains et aquifères traversés
- ⇒ propriétés thermiques du terrain (phase exploitation)
- ⇒ méthode de foration adaptée (phase chantier)
- ⇒ dispositif de gestion des boues (phase chantier)



Identification des usages et activités permet de vérifier la compatibilité du projet :

- ⇒ présence ou absence de captages d'eau potable, zone humide...
- ⇒ présence ou absence de sites pollués, réseaux enterrés...

Cartographie régionale



Nature de l'opération	Régime réglementaire	
Travaux souterrains	Profondeur < 10 m	Non soumis
	Profondeur ≥ 10 m	GMI*
Profondeur	Profondeur < 200 m	GMI*
	Profondeur > 200 m	PEX*
Puissance à échanger dans le sous-sol	Puissance < 500 kW	GMI*
	Puissance > 500 kW	PEX*
Zonage géographique	Vert	GMI*
	Orange	GMI* et avis expert
	Rouge	PEX*

*GMI : régime correspondant à la Géothermie de Minime Importance

*PEX : régime correspondant au Permis d'Exploitation de gites géothermiques

Spécificités locales :

- Périmètres de protection de captages AEP
- Stockages de produits dangereux et/ou polluants
- Zones naturelles
- Ressources stratégiques

Normes :

NF X10-960
NF X 10-970

Qualification des foreurs :



LES DONNES D'ENTREE - DIMENSIONNEMENT

Les propriétés thermiques du terrain :

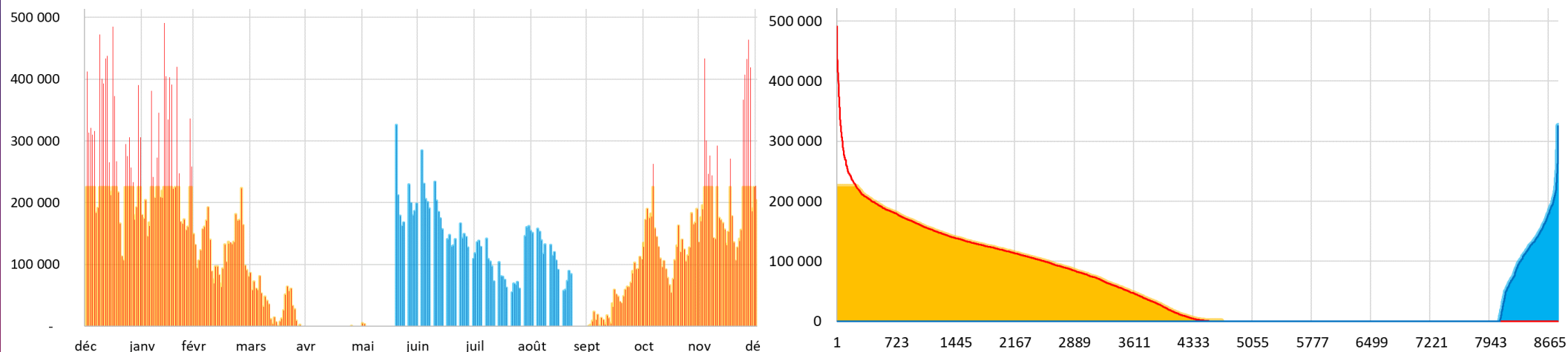
- conductivité thermique
- capacité thermique volumique
- température initiale du terrain



Sources :

- données bibliographiques
- TRT réalisé dans un contexte proche et similaire
- sonde test et TRT réalisé sur le site

Les besoins thermiques couverts par la géothermie / besoins totaux



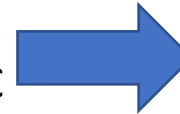
Les accès et emprises pour la réalisation des travaux



Les variables d'ajustement :

- L'exploitation des sondes en chauffage et rafraîchissement permet de :
 - ⇒ diminuer les écarts de température
 - ⇒ diminuer le nombre de sondes
 - ⇒ augmenter la performance énergétique

- L'utilisation de glycol ou non dans les sondes :
 - ⇒ absence de glycol : température entre +5 et +40°C
 - ⇒ présence de glycol : température entre -3 et +40°C



Absence de glycol :

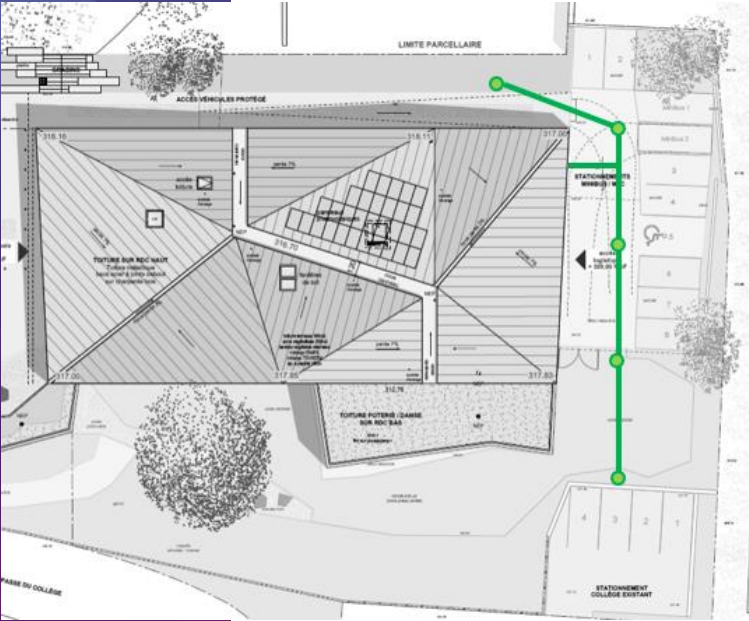
- La profondeur des sondes (100 m - 150 m - 200 m) :
 - ⇒ la géologie et l'hydrogéologie
 - ⇒ les capacités de machines
 - ⇒ L'emprise disponible

- diminue le rendement dans les sondes
- diminue la part couverte par la géothermie
- meilleur impact environnemental

- L'espacement ou la concentration des sondes est définie selon les besoins chaud et froid :
 - ⇒ stockage : les sondes seront concentrées
 - ⇒ proportion plus forte au chauffage : les sondes seront espacées

- La possibilité recharge saisonnière ou stockage, conditionnée par la faible dissipation de l'énergie :
 - ⇒ terrains faiblement perméables

LE DIMENSIONNEMENT



Fluide caloporteur (glycol ou eau pure)

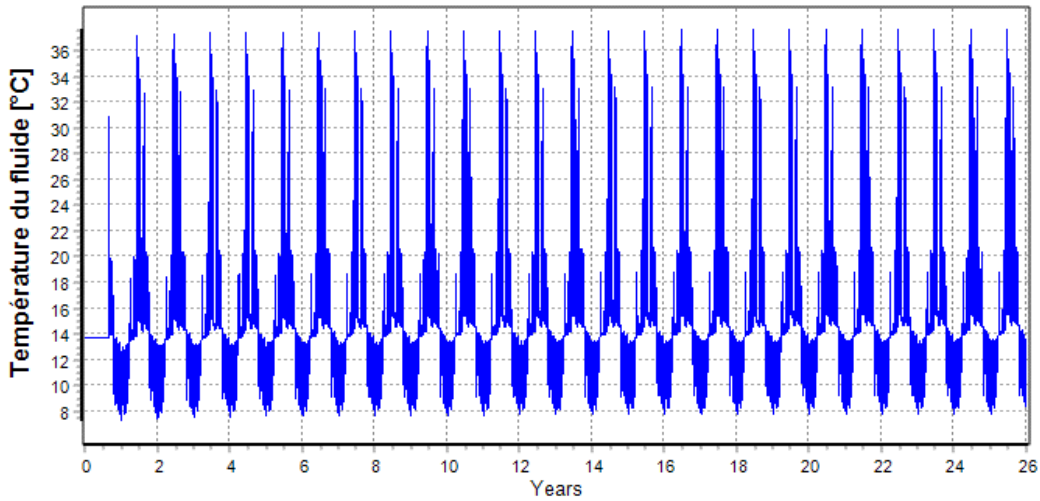
Besoins thermiques (STD)

Emprise possible

Géo-modélisation

Profondeur des sondes

Propriétés thermiques du terrain



Thermicien

Géologue

Chapitre 4 : Exemple de réalisation



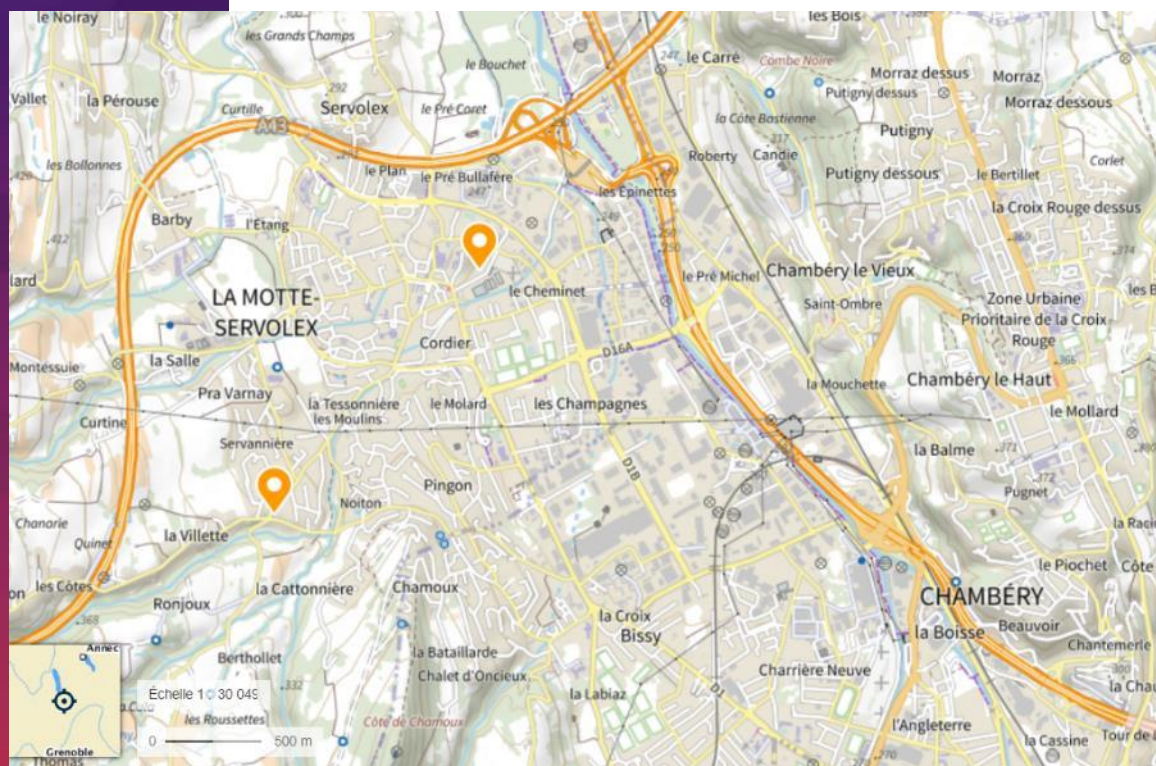
Romain GENET, INDDIGO

Anthony PERRIN, Commune La Motte Servolex



✓ Contexte :

- Commune de La Motte Servolex (73)
- Ecole maternelle de La Vilette (700 m²)
- Salle sportive et festive Les Pervenches (920 m²)



L'ENGAGEMENT POLITIQUE EN FAVEUR DES EnR

Une volonté politique et des opportunités pour un bouquet d'EnR

2011 – Déploiement des EnR solaires et Biomasse

- Centrale photovoltaïque Lamartine
- Filière Bois Energie en circuit court
- Subvention aux particuliers et entreprise
 - (66 CESI, 13 SSCI, 84 PV et 22 bois)
-



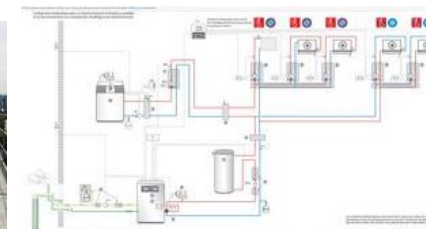
2016 – Labellisation TEPOS du territoire Grand Annecy – Grand Chambéry – PNR Bauges

- Rénovation globale Salle St Jean + centrale PV
 - *Autoconsommation collective – 5 bâtiments – 23 kWc*
- Grappes PV TEPOS 2018
 - *École la Villette – 6 kWc - 7 000 kWh/an*
 - *École Pergaud maternelle – 8,9 kWc – 10 500 kWh/an*



2018 – Adoption du nouvel Agenda 21 de La Motte-Servolex (Axe 1.1

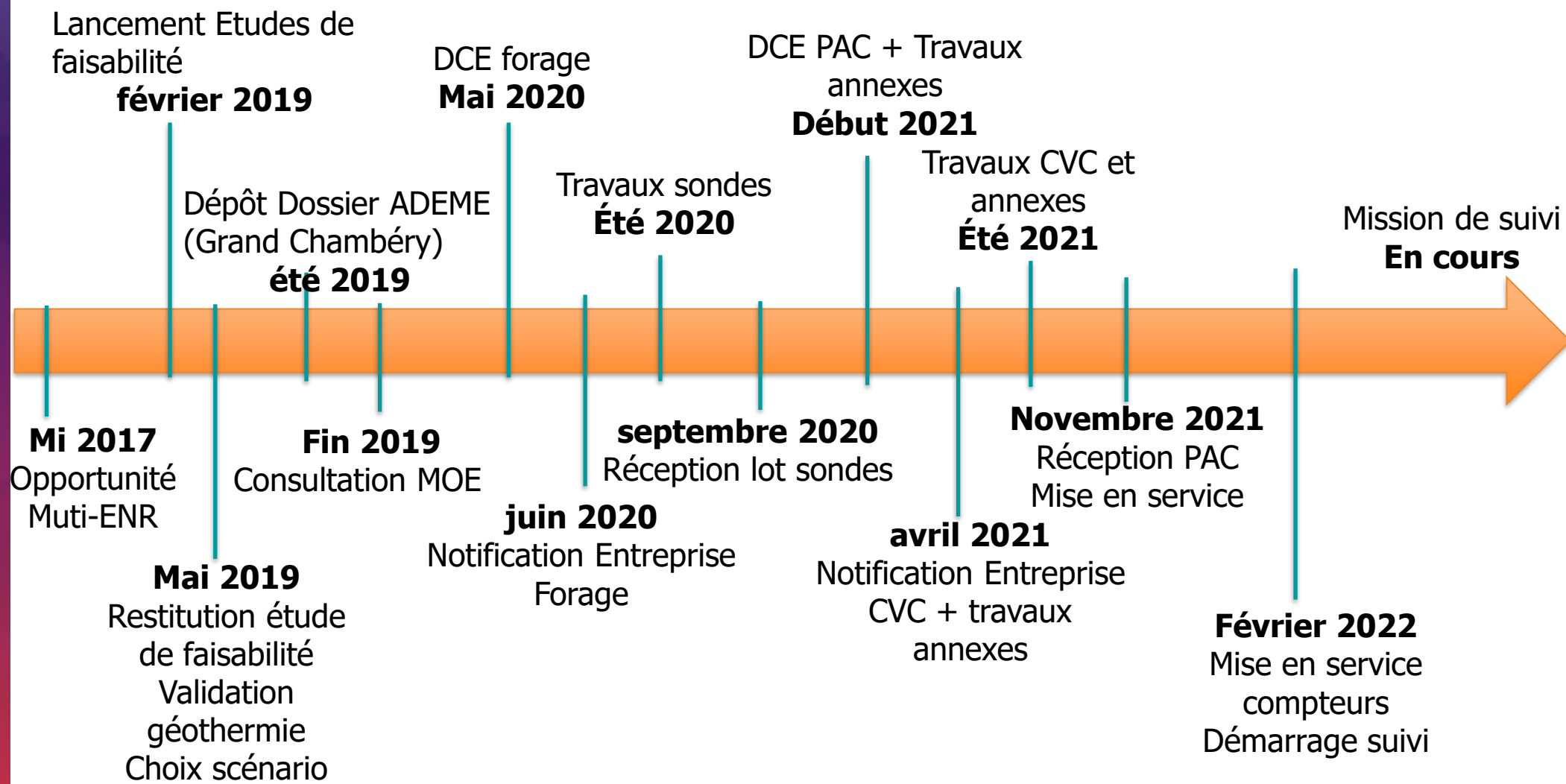
- Étude d'opportunité EnR sur le patrimoine communal
- Installation de 2 PAC sur sondes géothermiques
 - *École la Villette – 50 kW / COP global 3.56*
 - *Salle les Pervenches – 35 kW / COP global 3.6*
- Réalisation du chaufferie bois plaquette sur groupe scolaire Pergaud
- EnergiCimes – Centrale photovoltaïque des Pervenches – 36 kWc



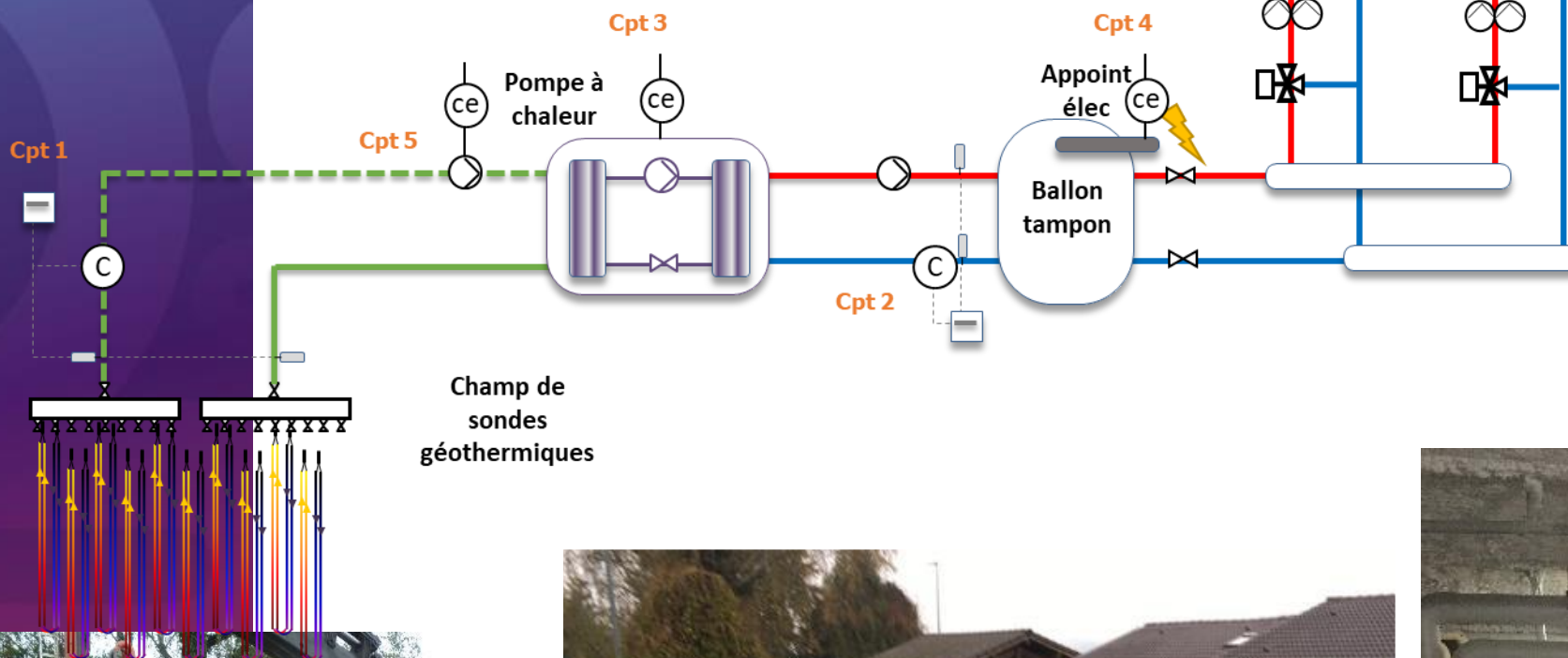
2021 – Labellisation Territoire engagé Transition Écologique CLIMAT AIR ÉNERGIE 3*

- Étude d'opportunité PV sur 5 bâtiments et 5 parkings (SEM EnR73 – ASDER)
- Réalisation du SDIE de La Motte-Servolex
- Élargissement et bonification des subventions EnR aux particuliers et entreprises





ECOLE DE LA VILLETTE



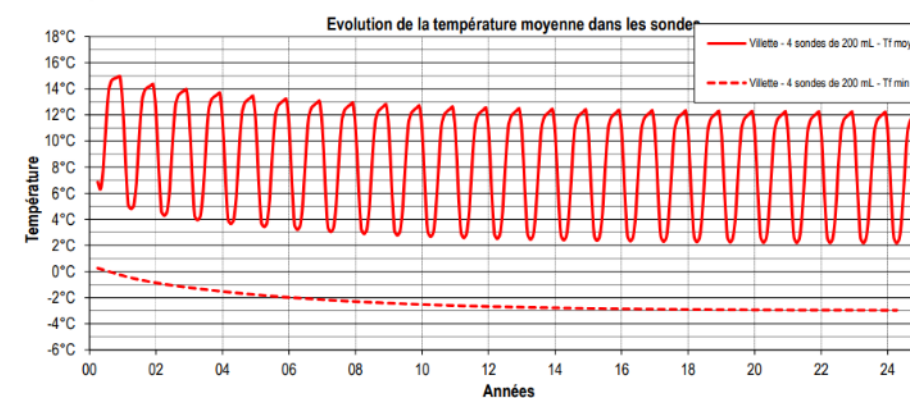
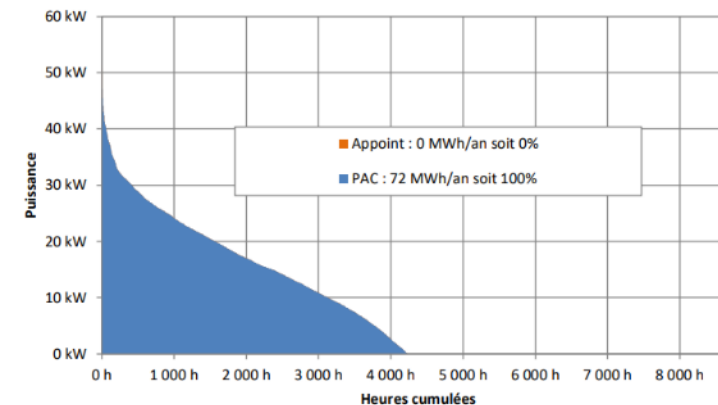
- PAC de 50 kW
- 4 sondes de 200 mL
- Secours électrique
- Plan de comptage



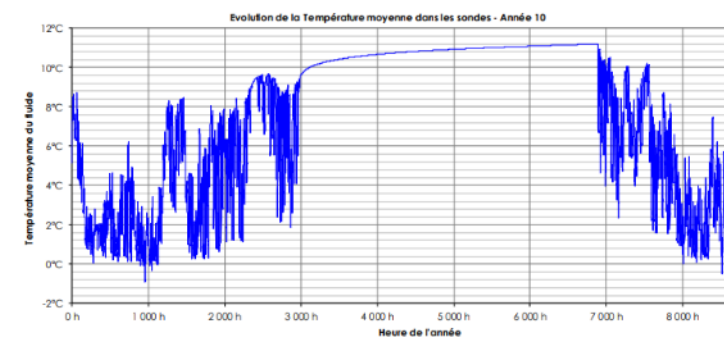
- Déroulement dimensionnement :
 - Analyse besoins et fonctionnement
 - Intégration économies d'énergie (Isolation, ouvrants, ventilation)
 - Bilan énergétique installation
 - Modélisation champ de sondes

	Besoins de chauffage	PAC			Appoint	Electricité pompe	COP global installation
		Couverture	COP	Electricité			
Janvier	16,8 MWh	16,8 MWh	100,0%	3,50	4,8 MWh	0,0 MWh	3,36
Février	12,4 MWh	12,4 MWh	100,0%	3,59	3,5 MWh	0,0 MWh	3,41
Mars	10,2 MWh	10,2 MWh	100,0%	4,08	2,5 MWh	0,0 MWh	3,81
Avril	4,5 MWh	4,5 MWh	100,0%	4,55	1,0 MWh	0,0 MWh	4,04
Mai	0,4 MWh	0,4 MWh	100,0%	5,30	0,1 MWh	0,0 MWh	3,17
Juin	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh	
Juillet	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh	
Août	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh	
Septembre	0,0 MWh	0,0 MWh	-		0,0 MWh	0,0 MWh	
Octobre	3,3 MWh	3,3 MWh	100,0%	4,99	0,7 MWh	0,0 MWh	4,24
Novembre	9,8 MWh	9,8 MWh	100,0%	4,22	2,3 MWh	0,0 MWh	3,94
Décembre	14,8 MWh	14,8 MWh	100,0%	3,69	4,0 MWh	0,0 MWh	3,51
	72,1 MWh	72,0 MWh	100,0%	3,84	18,8 MWh	0,0 MWh	3,60

- Fourniture PAC = 72 MWh
- COP PAC = 3,8 / global = 3,6



Le graphique ci-après présente l'évolution des températures dynamiques pour l'année 10 :



- **Investissements :**

- Etudes / MOE = 20 k€
- Sondes = 65 k€
- PAC = 65 k€
- Subventions = études : 5 k€ / Fonds Chaleur 43 k€ + DETR

- **Exploitation (2020) :**

- Référence (P1 Gaz) = 6 500 € HT/an
- Projet (P1 + delta P2/P3) = 3 100 € HT/an

- **Temps de retour :**

- Brut = 23 ans
- Augmentation énergies = 15 à 16 ans

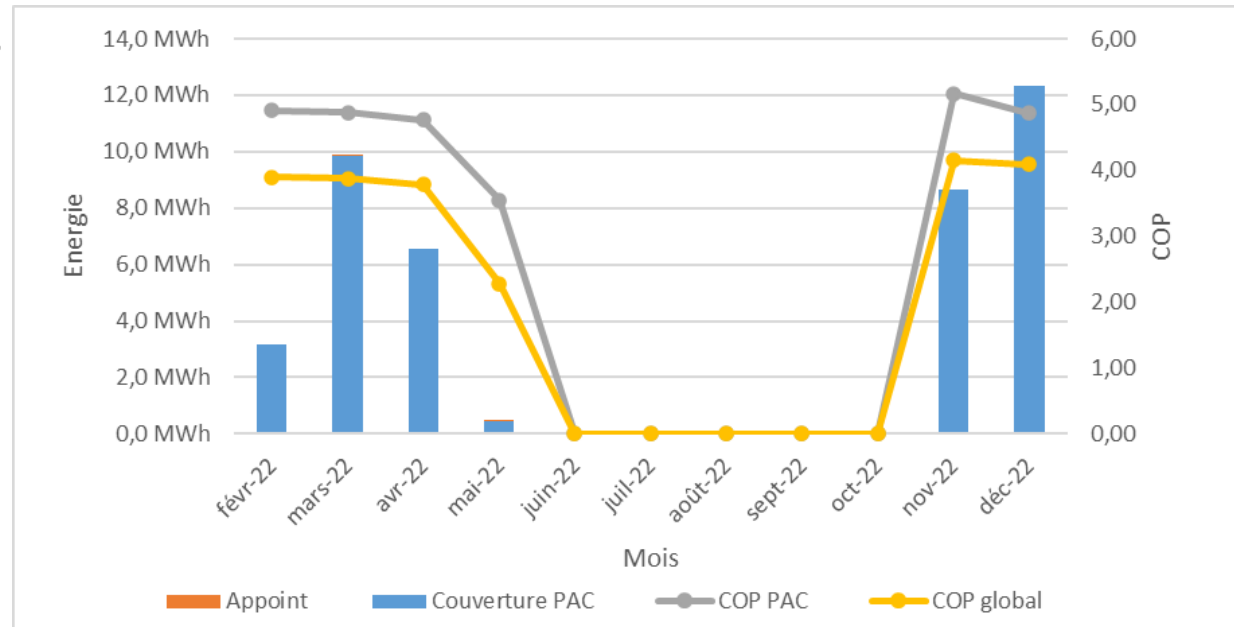
- **Environnemental :**

- Economie GES : 20 tCO₂/an (-82%)
- 54 MWh extraits des sondes

- **Pas de supervision :**
 - Relevé mensuel des compteurs
 - Mesures dynamiques ponctuelles au besoin
- **Bilan réel après 10 mois:**
 - Couverture = 100% (idem prévisionnel)
 - Fourniture = 41 MWh (prévisionnel 46 MWh)
 - COP PAC = 4,9 / global = 3,95

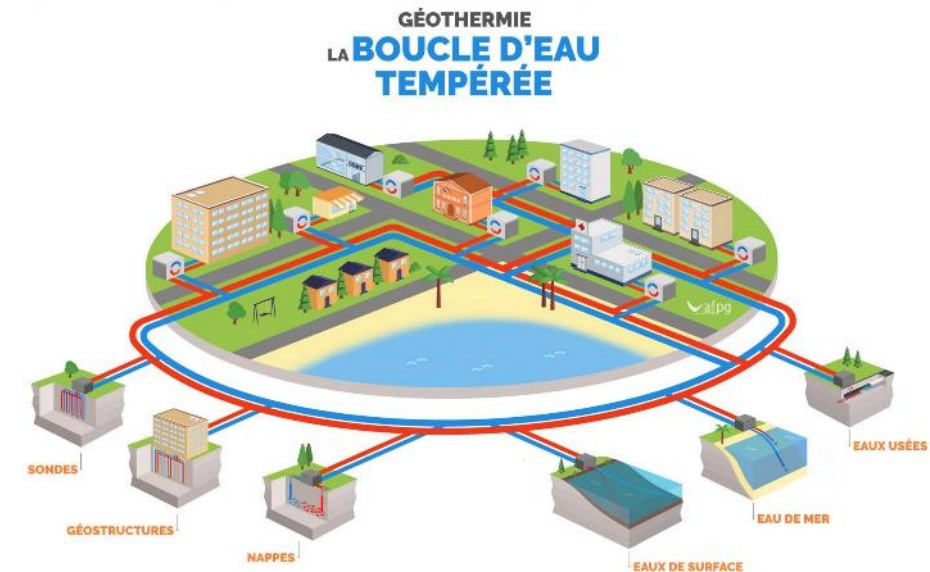
⇒ Amélioration des lois d'eau

⇒ Asservissement à optimiser



Programme du prochain webinaire

- 3 Février 2023 de 11h à 12h30
- Animé par Estelle DOURLAT, Unilasalle et Noé IMPERADORI, LER
- Le principe des boucles d'eau tempérée géothermique (BETEG)
- Les énergies à raccorder aux BETEG
- Retour d'expérience de BETEG
- Questions/réponses



Merci de votre attention !

Contact INDDIGO

Romain GENET, ingénieur – référent géothermie
06 08 00 03 98 / R.GENET@inddigo.com

Contact ANTEA GROUP

Edouard TISSIER, chef de projets
06 24 50 54 41 / edouard.tissier@anteagroup.fr

