



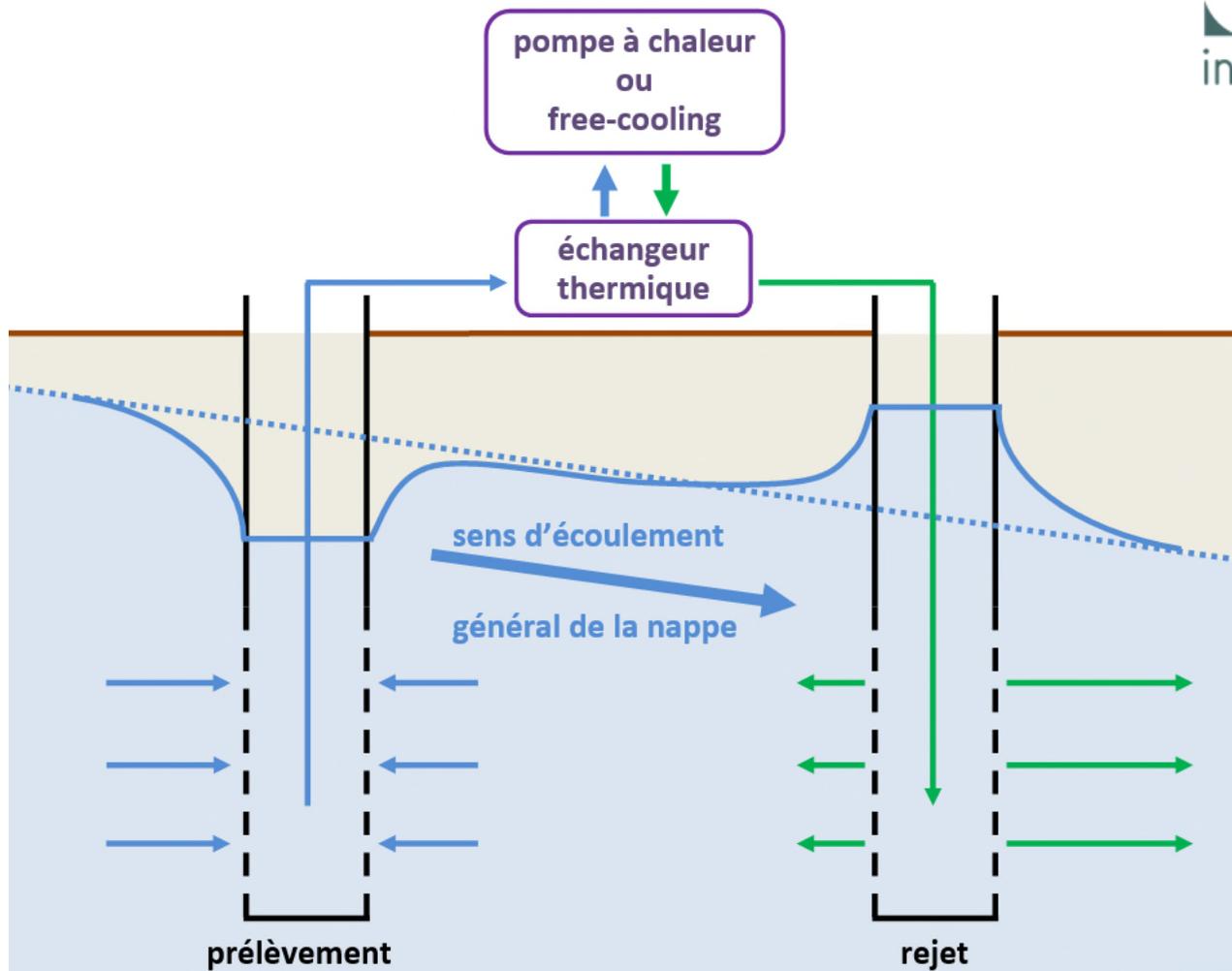
Géothermie de surface – un projet de A à Z

Présentés par Romain GENET et Edouard TISSIER

8/11/2021

Les technologies

- Captage
- Valorisation

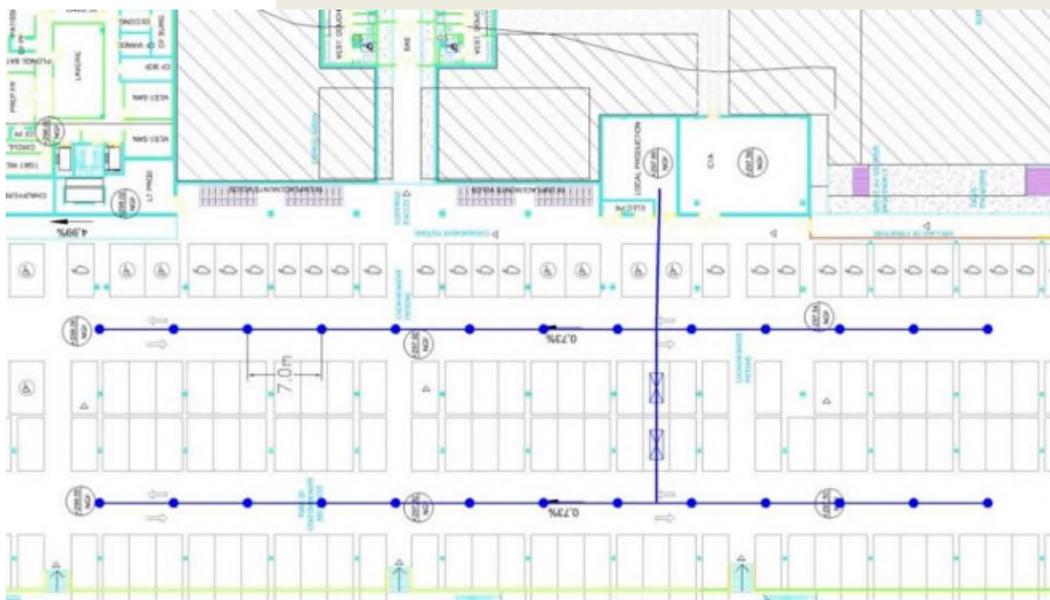
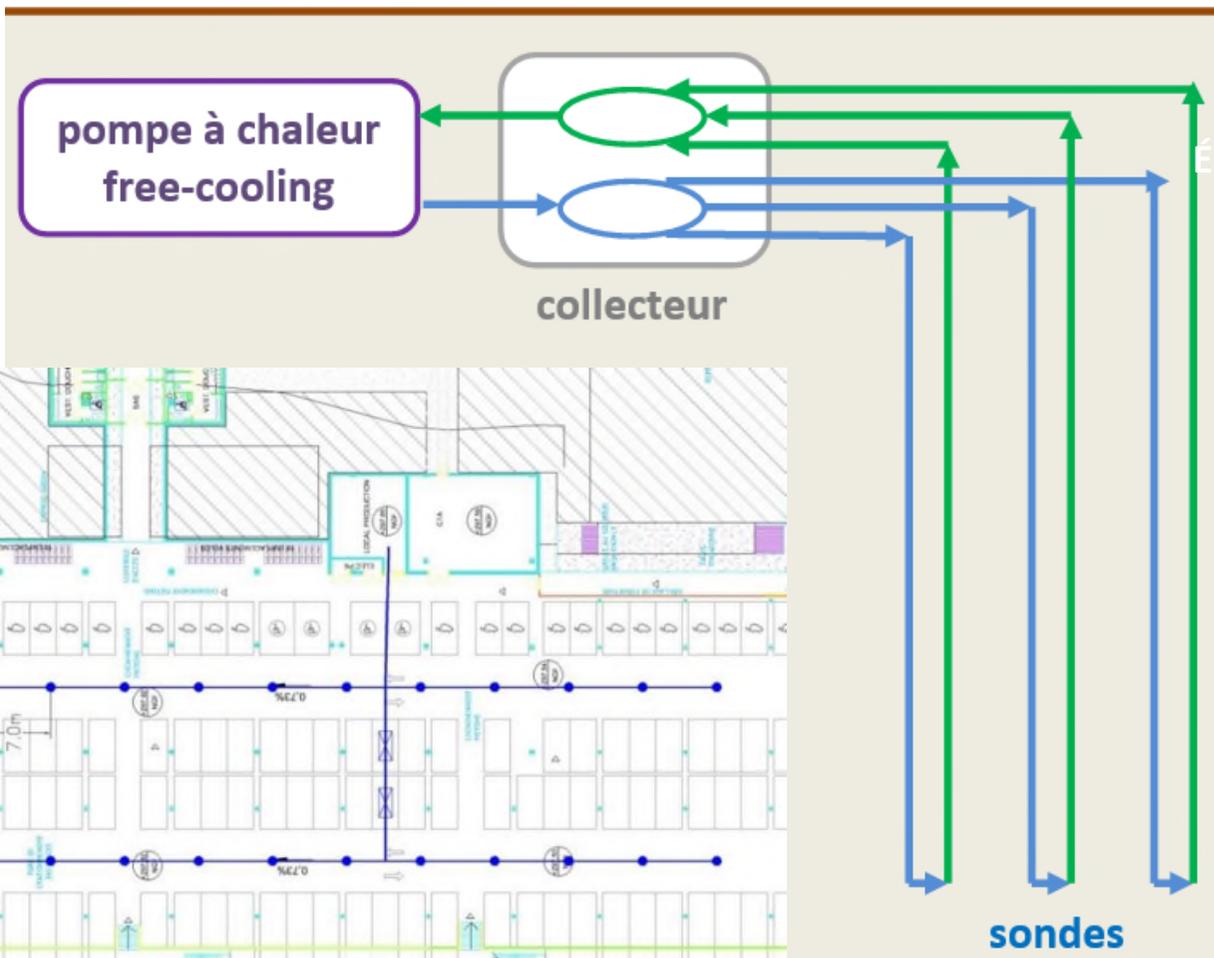


Eau extraite et réinjectée à l'aide de forages

Understanding today.
Improving tomorrow.

Les technologies

- Captage
- Valorisation



Température échangée avec le sous-sol par les sondes



Understanding today.
Improving tomorrow.

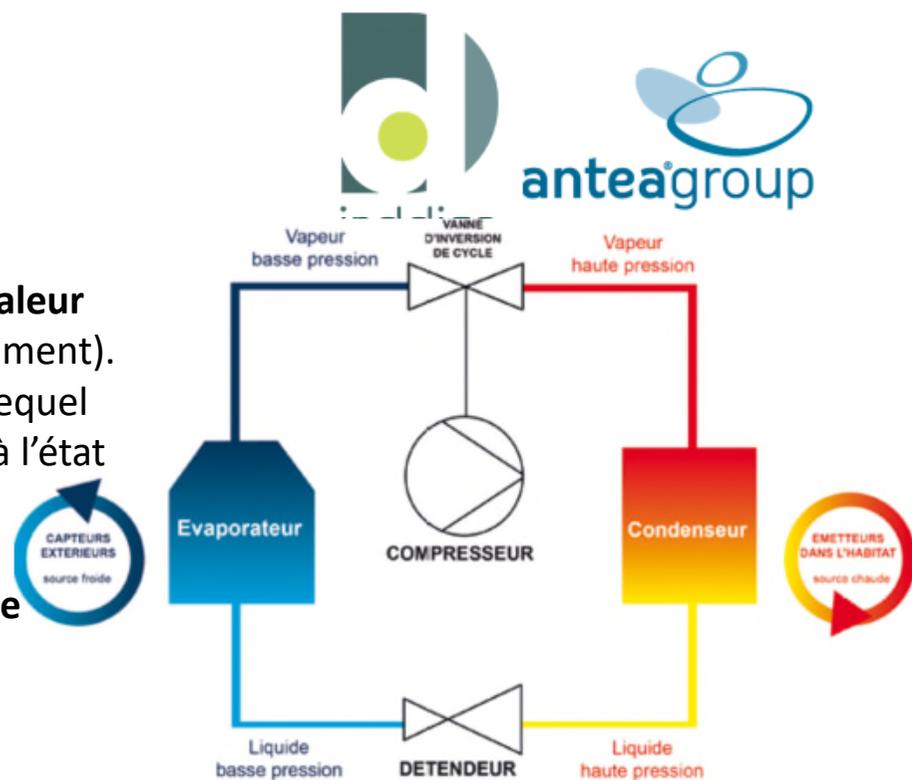
Les technologies

- Captage
- Valorisation

La pompe à chaleur (PAC)

Unité thermodynamique qui permet le **transfert de chaleur de la source géothermique (captage) vers l'usage (bâtiment)**. Elle est constituée d'un circuit fermé et étanche dans lequel circule un fluide frigorigène qui passe de l'état liquide à l'état gazeux selon les organes qu'il traverse.

La phase de compression mécanique est **assurée par de l'énergie électrique**.



Dénomination selon usages :

Pompe à chaleur = régulation de la production de chaud

Groupe froid = régulation de la production de froid

Thermofrigopompe = régulation selon les demandes de chaud et froid

Performances :

COP = Coefficient de performance = P utile (chaud ou froid) / Puissance électrique

Le COP baisse avec l'augmentation de l'écart de température entre le captage et l'usage

COP PAC entre 6 (plancher chauffant) et 3 (Haute Température)



Les technologies

La machine à absorption (MAA)

Unité thermodynamique pour laquelle la compression électromécanique est remplacée par une compression thermo-chimique.

Ainsi, c'est de l'énergie thermique (combustion gaz, réseau de chaleur) et non plus électrique qui permet d'assurer le fonctionnement de la machine thermodynamique.

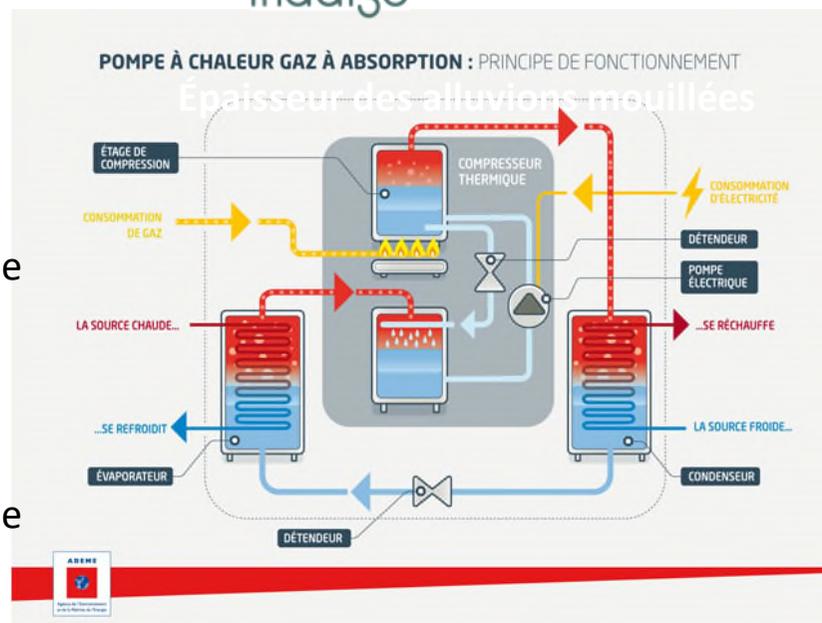
- Captage
- Valorisation

Performances :

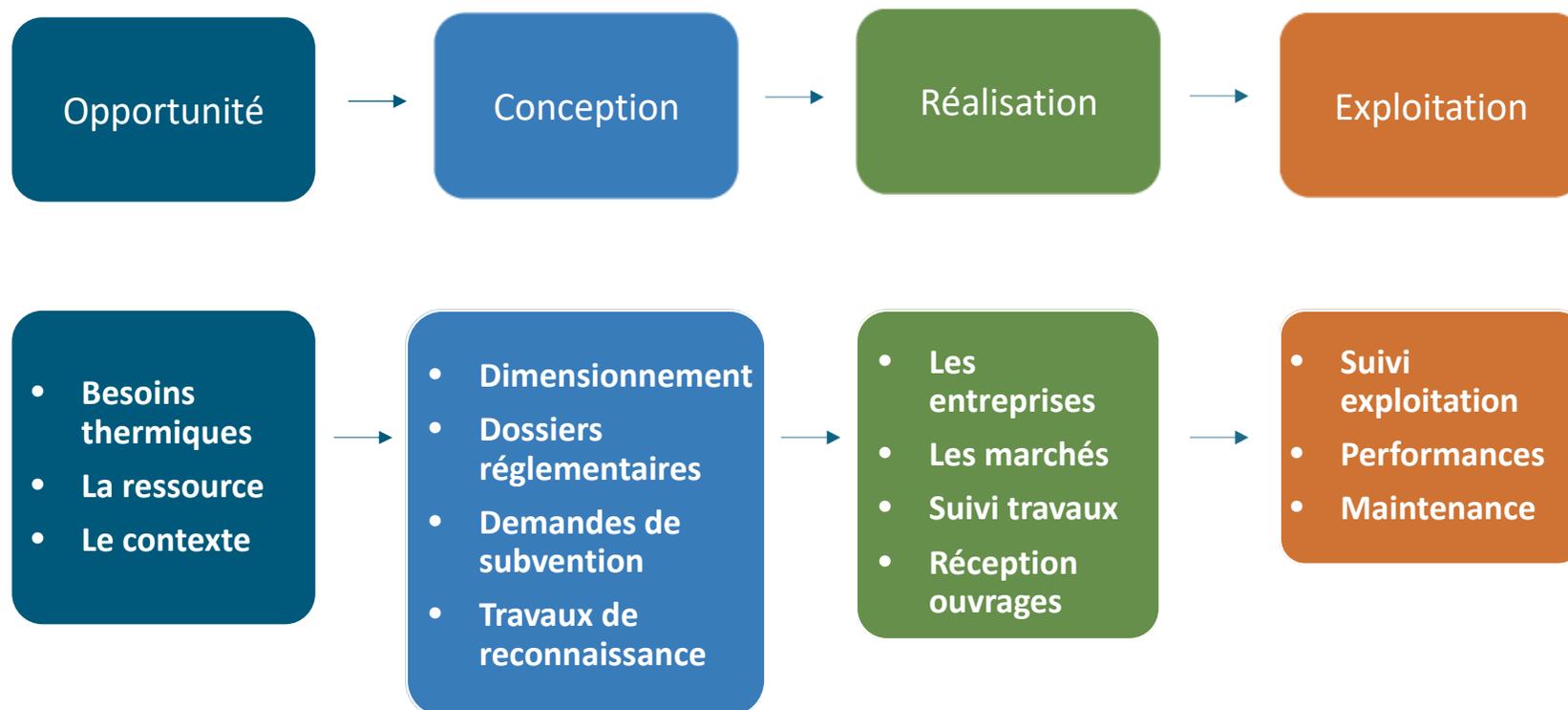
COP = Coefficient de performance = P utile (chaud ou froid) / Puissance thermique consommée

Le COP baisse avec l'augmentation de l'écart de température entre le captage et l'usage

COP MAA entre 1,8 (plancher chauffant) et 1,3 (Haute Température)



Le cycle de vie



Understanding today.
Improving tomorrow.

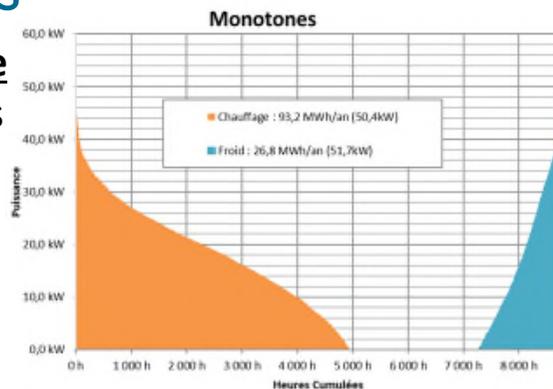
Opportunité / Conception

- Dimensionnement
- Dossiers réglementaires
- Demandes de subvention
- Travaux de reconnaissance

Analyse multicritères

Besoins énergétiques / Puissance

Analyse des besoins énergétiques
taux de couverture



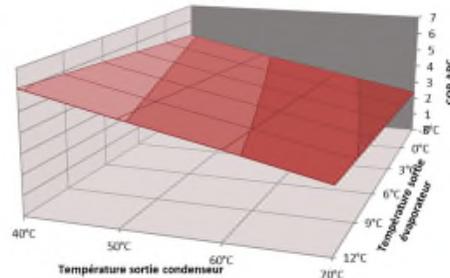
Régimes de température / performances

Analyse des émetteurs et usages

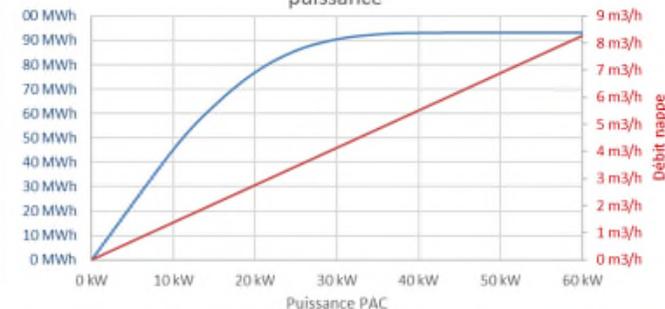
Adéquation ressource

Analyse croisée technico-économique et environnementale

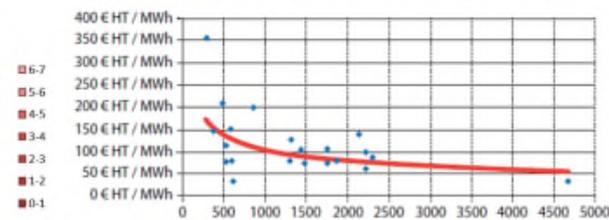
Evolution du COP Pompe à chaleur en fonction des régimes



Couverture énergétique de la PAC en fonction de sa puissance



COÛT DE L'ÉNERGIE EN FONCTION DU DIMENSIONNEMENT DE LA PAC



NOMBRE D'HEURES DE FONCTIONNEMENT PLEINE PUISSANCE PAC

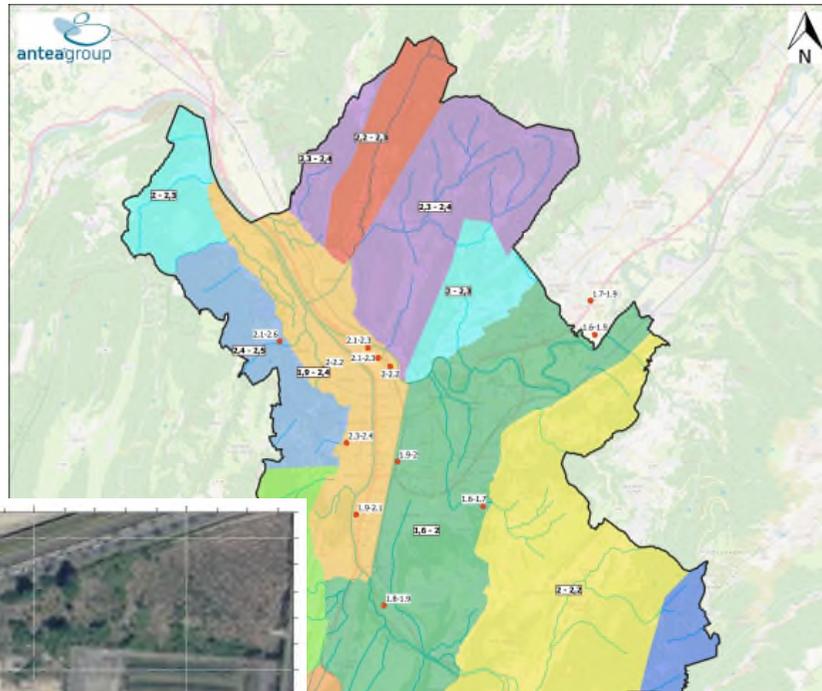
• Coût de l'énergie avec Subvention • Tendence

Understanding today.
Improving tomorrow.

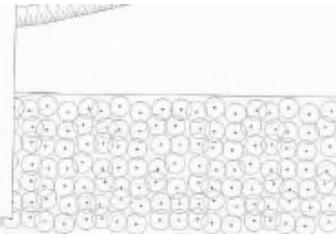
Opportunité / Conception



- Dimensionnement
- Dossiers réglementaires
- Demandes de subvention
- Travaux de reconnaissance



- Forage
- Tranchée de raccordement
- Regard collecteurs



Conception

- Dimensionnement
- Dossiers réglementaires
- Demandes de subvention
- Travaux de reconnaissance



Forages d'eau - échangeur ouvert



Nature de l'opération	Régime réglementaire	
	Travaux souterrains	Profondeur < 10 m
Profondeur ≥ 10 m		GMI*
Température de prélèvement en sortie d'ouvrage	Température < 25°C	GMI*
	Température ≥ 25°C	PEX*
Profondeur	Profondeur < 200 m	GMI*
	Profondeur ≥ 200 m	PEX*
Besoin thermique maximum	Puissance < 500 kW	GMI*
	Puissance ≥ 500 kW	PEX*
Réinjection en nappe	Qmax < 80 m ³ /h	GMI*
	Qmax ≥ 80 m ³ /h	PEX*
Prélèvement en nappe	aquifère prélèvement = aquifère réinjection	GMI*
	aquifère prélèvement ≠ aquifère réinjection	PEX*
	volume prélevé = volume réinjecté	GMI*
	volume prélevé ≠ volume réinjecté	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

Understanding today.
Improving tomorrow.

Réalisation : sondes géothermiques



- Les entreprises
- Les marchés
- Suivi travaux
- Réception ouvrages

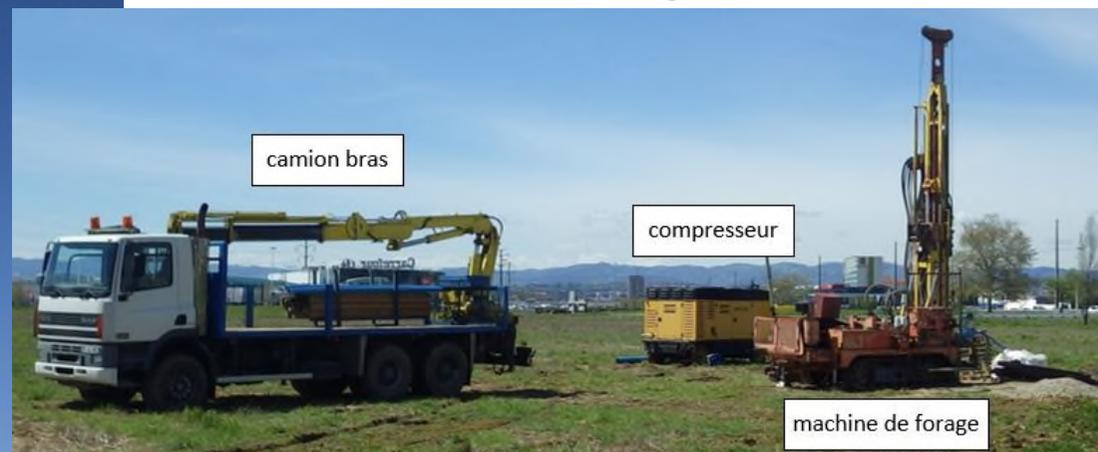


Sondes géothermiques verticales

Réalisation : forages d'eau



- Les entreprises
- Les marchés
- Suivi travaux
- Réception ouvrages



Rue Aimé Pupin – Grenoble – forage d'eau

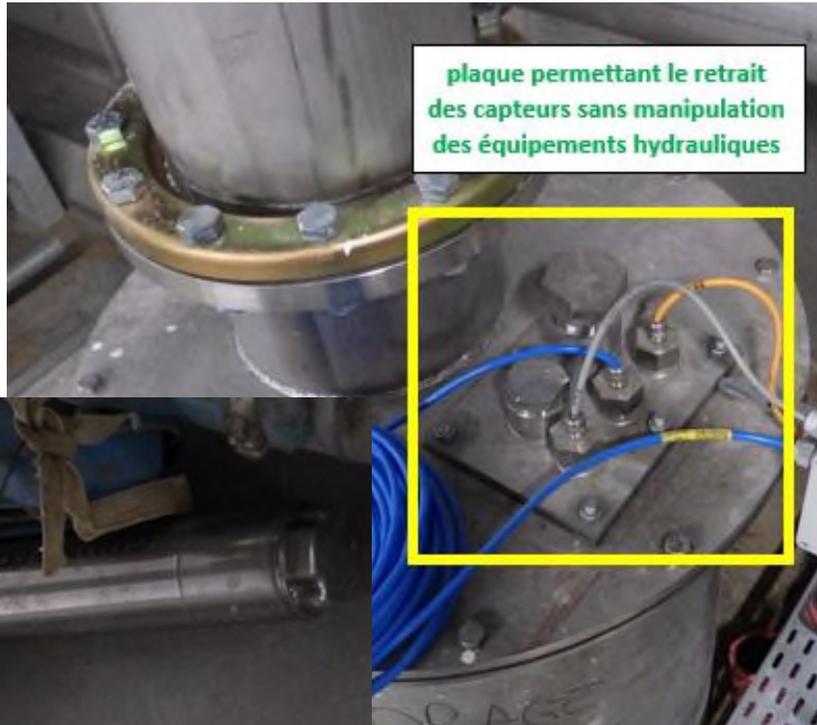


Réalisation : partie hydraulique du forages d'eau

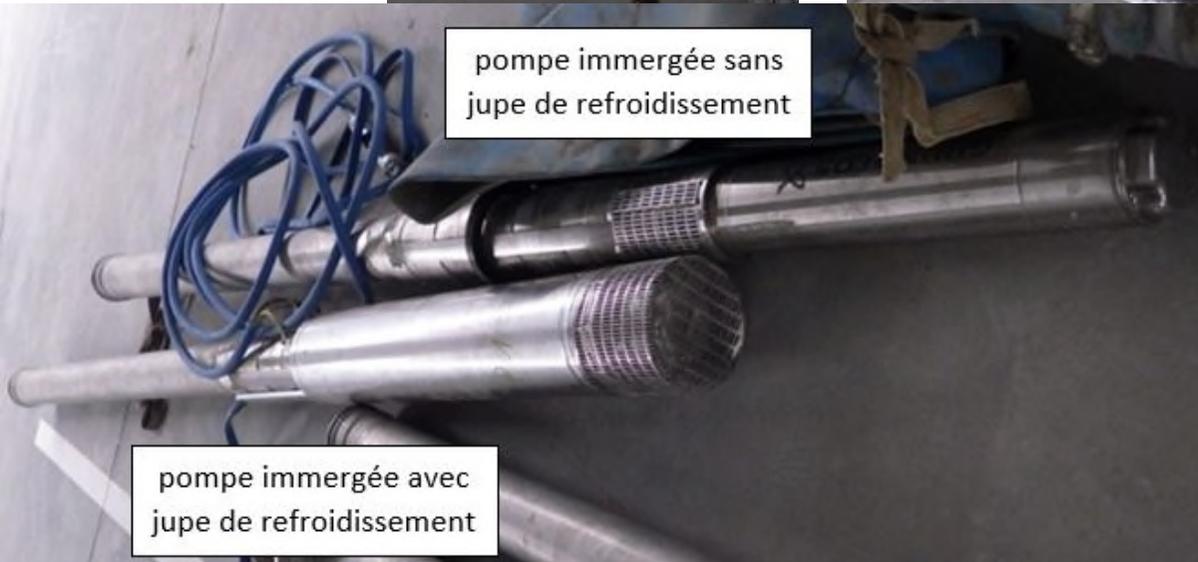
- Les entreprises
- Les marchés
- Suivi travaux
- Réception ouvrages



Variateur de fréquence

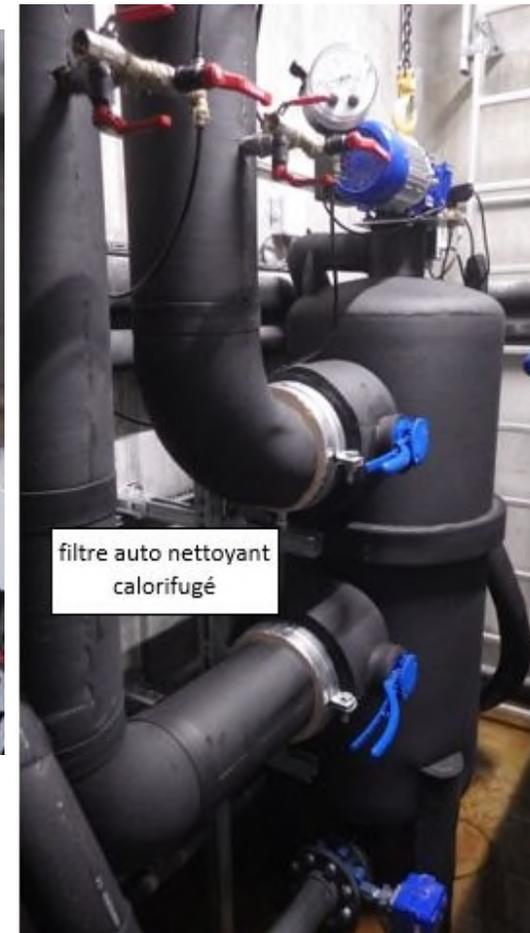


plaque permettant le retrait
des capteurs sans manipulation
des équipements hydrauliques



pompe immergée sans
jupe de refroidissement

pompe immergée avec
jupe de refroidissement



filtre auto nettoyant
calorifugé

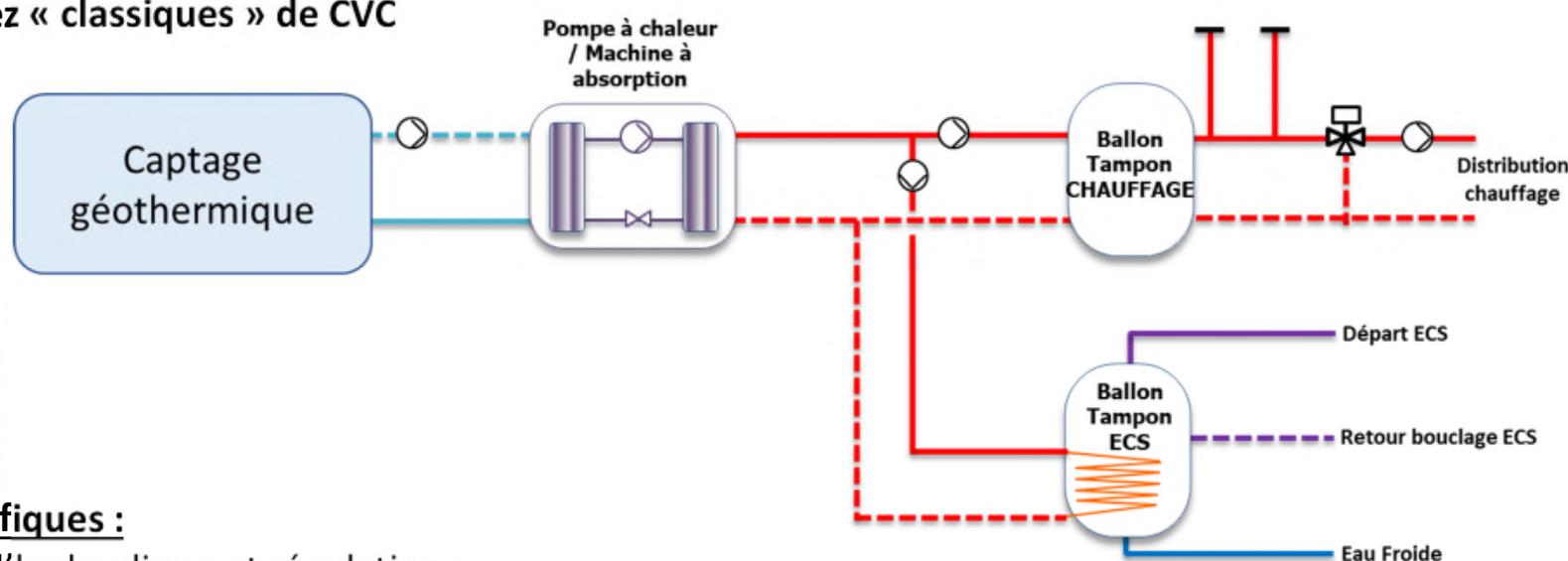
Réalisation

- Les entreprises
- Les marchés
- Suivi travaux
- Réception ouvrages



Partie production

Travaux assez « classiques » de CVC



Enjeux spécifiques :

- Enjeu de l'hydraulique et régulation :
 - Impact des températures sur les performances => COP PAC/MAA
 - Cascade appoint => taux de couverture en biénergie
 - Asservissements des auxiliaires => débits importants (faibles DT) consommation électrique auxiliaires
- Contraintes réglementaires local (selon fluide utilisé)
- Contraintes acoustiques éventuelles (PAC de grosse puissance)



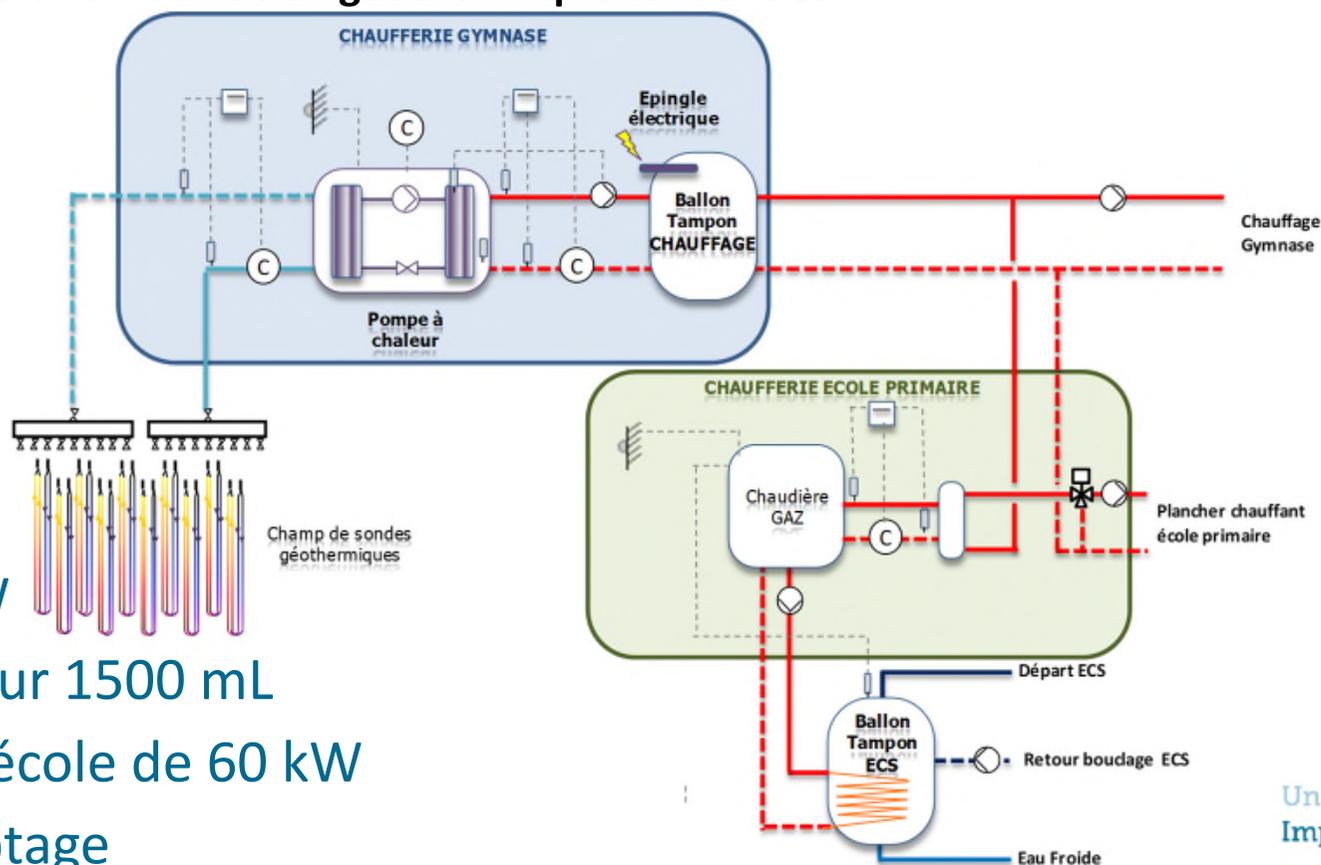
Exploitation



- Suivi exploitation
- Performances
- Maintenance

Suivi des performances

- REX d'une installation géothermique sur sondes :



- PAC de 80 kW
- 13 sondes pour 1500 mL
- Appoint Gaz école de 60 kW
- Plan de comptage

Understanding today.
Improving tomorrow.

Exploitation



- Suivi exploitation
- Performances
- Maintenance

Suivi des performances

- REX d'une installation géothermique sur sondes :

Pas de supervision :

Relevé mensuel des compteurs

Mesures dynamiques ponctuelles au besoin

Bilan réel :

Modification usage Gymnase (COVID)

Couverture = 99% (idem prévisionnel)

Année 1 (oct-19 à sept-20) :

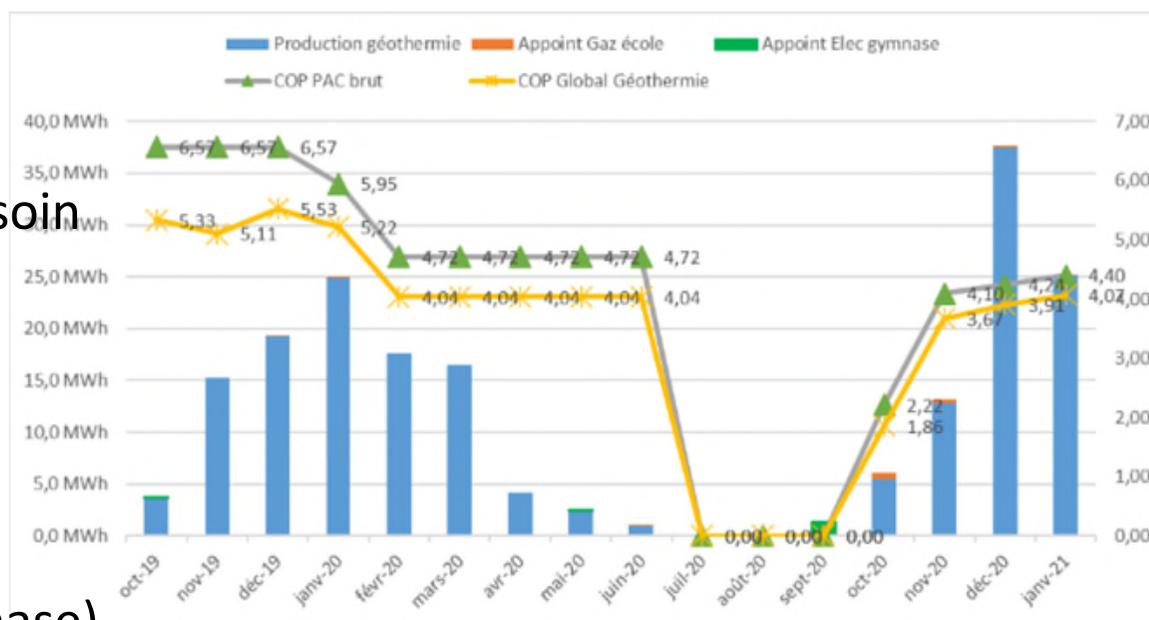
COP PAC = 5,4 / global = 4,5

-20% de fourniture (fermeture Gymnase)

Début année 2 :

COP PAC = 4,2 (dérèglage PAC !!)

+21% de fourniture (Gymnase = scolaire)



Understanding today.
Improving tomorrow.

Exploitation

- Suivi exploitation
- Performances
- Maintenance

Partie production

- **Pompe à chaleur / Machine à Absorption :**
 - Contrôle d'étanchéité fluide frigorigène (réglementaire – périodicité selon catégorie et charge)
 - Vérification réglages (sécurités, plages de fonctionnement, lois d'eau, asservissements)
- **Les équipements associés (pompes, ballon, métrologie) :**
 - Etat visuel général et contrôles (températures/pressions)
 - Vérification des réglages de fonctionnement (régulation, loi d'eau)
 - Métrologie (compteur, sondes niveau, pression)

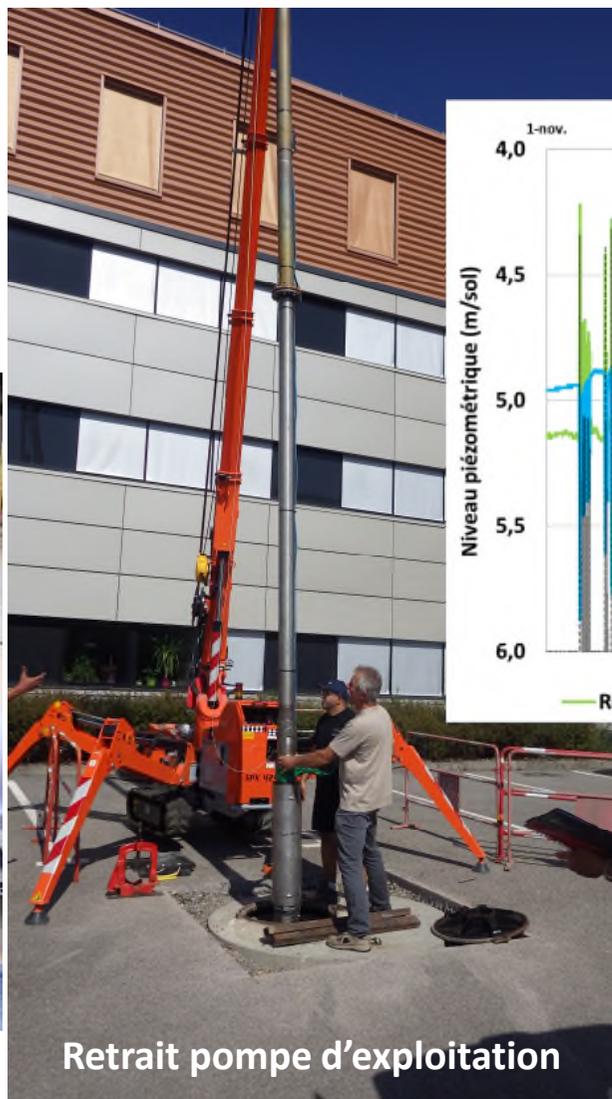


Exploitation

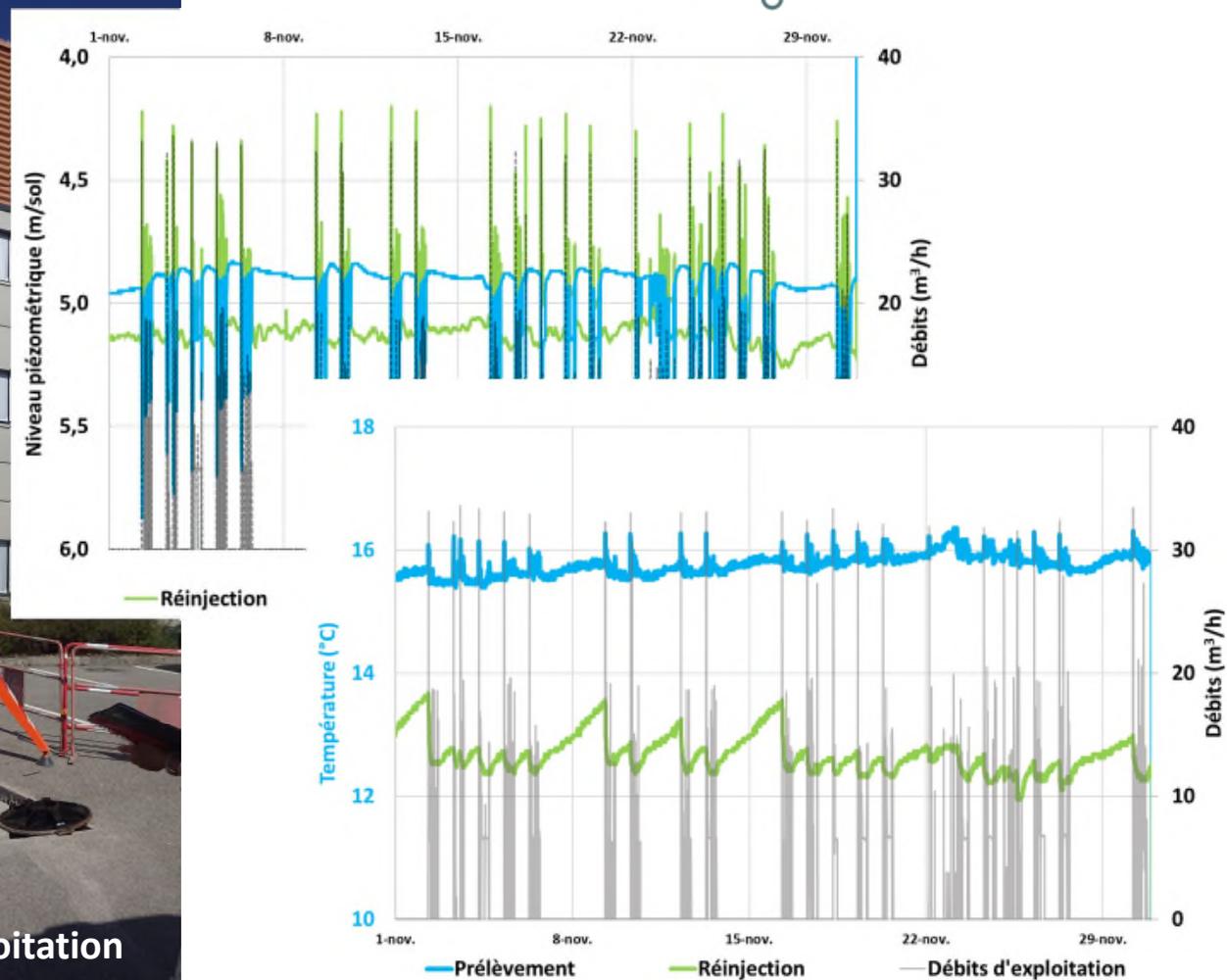
- Suivi exploitation
- Performances
- Maintenance



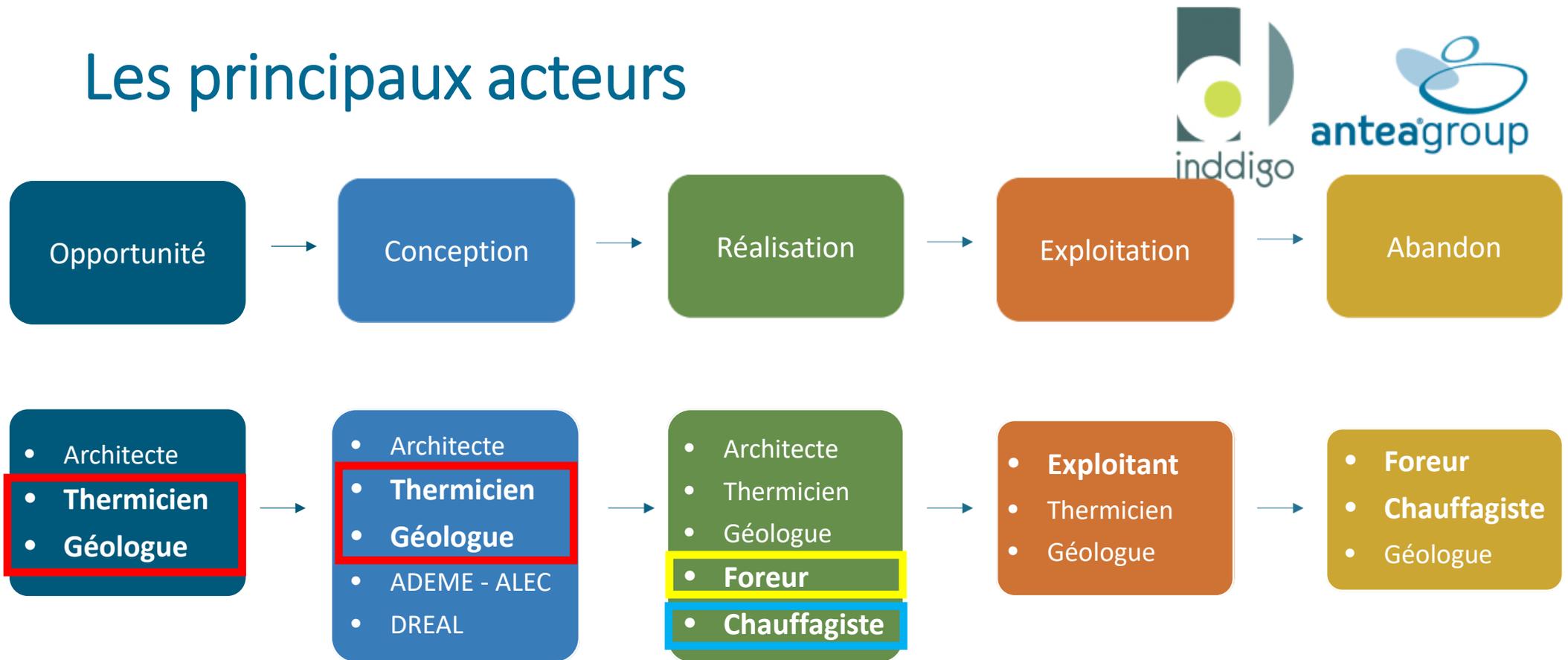
Inspection vidéo de forage



Retrait pompe d'exploitation



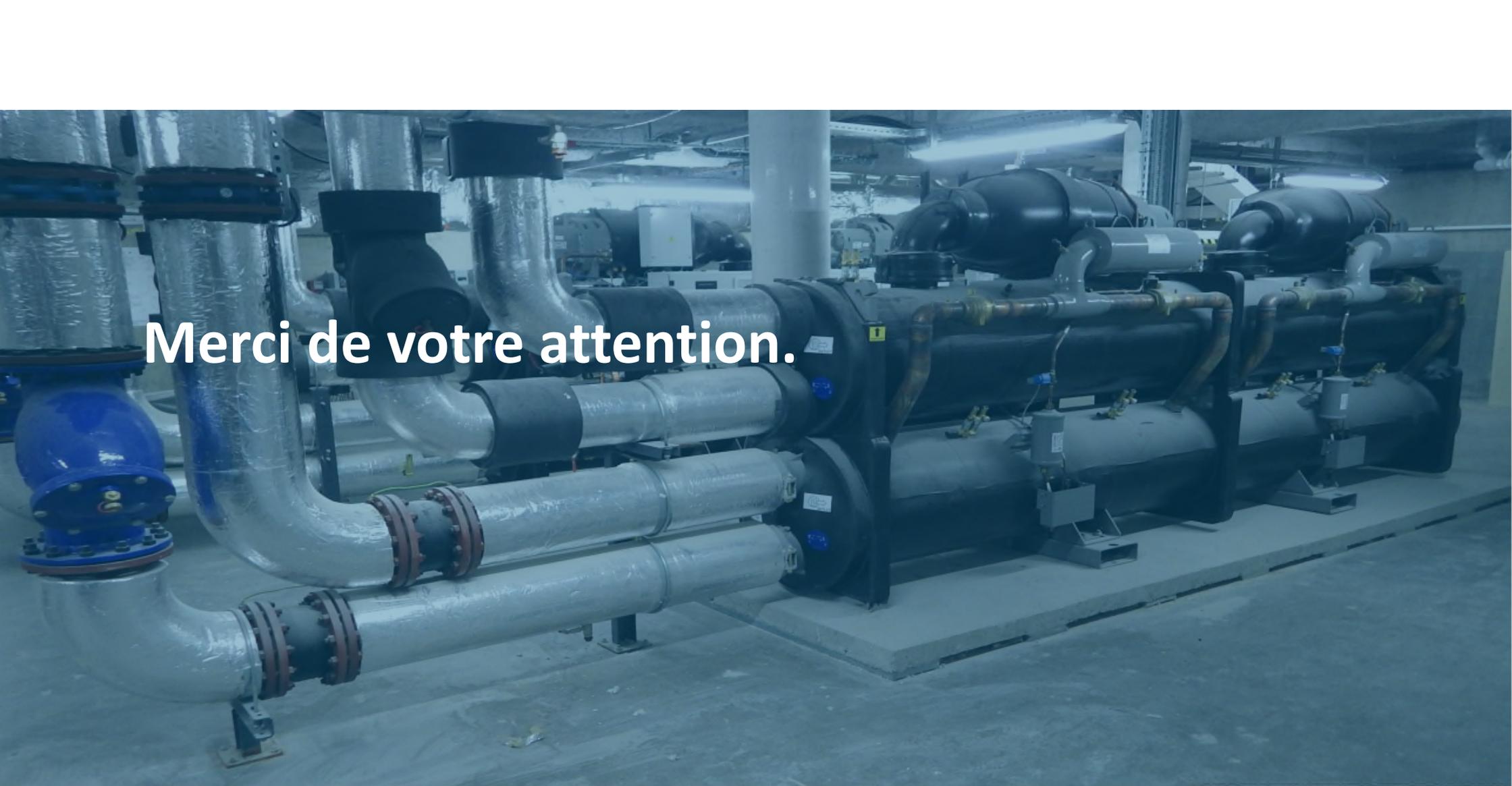
Les principaux acteurs



Points de vigilance : des acteurs compétents => une bonne conception => un chantier maîtrisé



Understanding today.
Improving tomorrow.



Merci de votre attention.

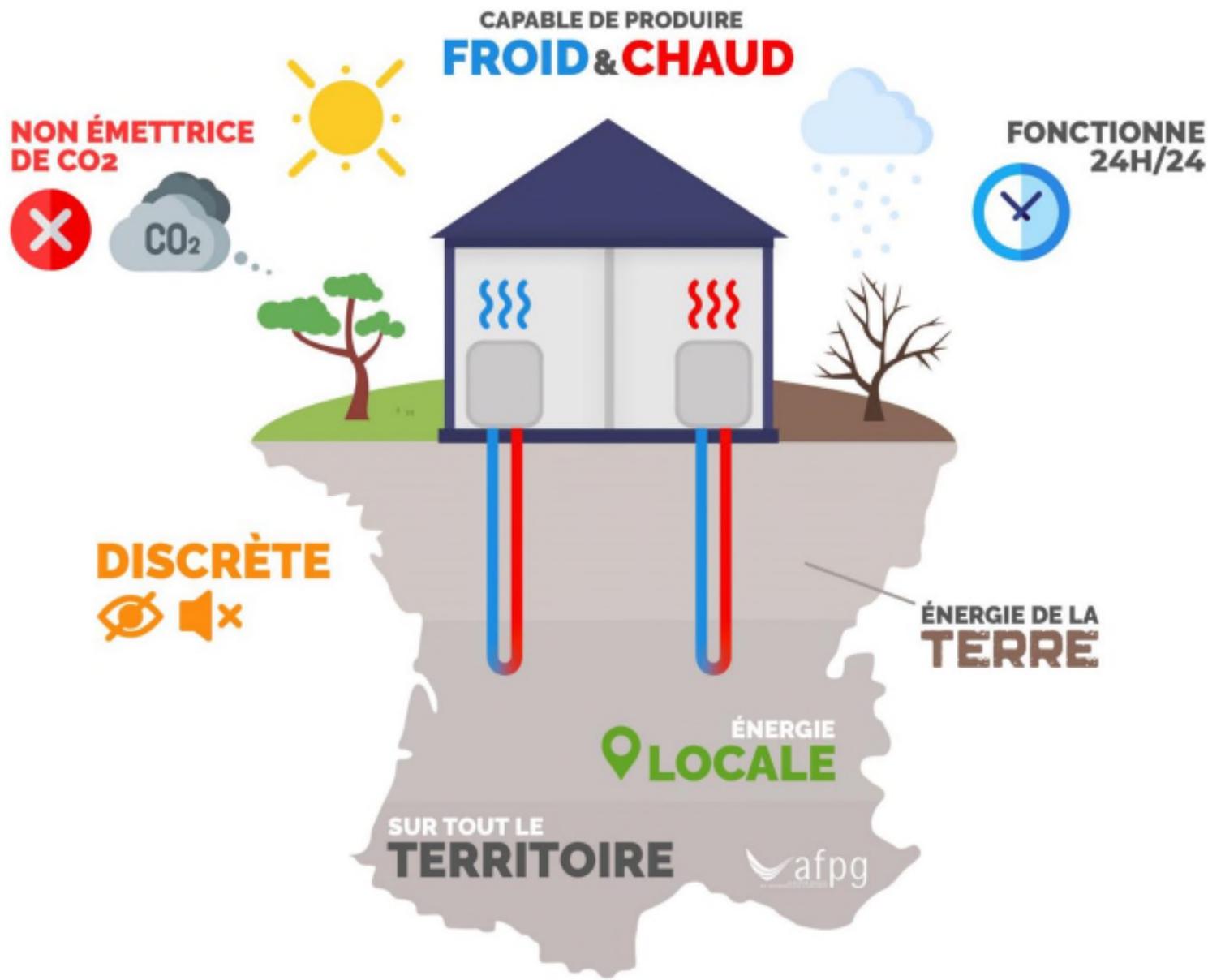
Romain GENET
Référent géothermie
Inddigo

Bureau : +33 (0) 4 79 69 94 11
Mobile : +33 (0) 06 08 00 03 98
R.GENET@inddigo.com

Edouard TISSIER
Référent géothermie
Antea Group

Bureau : +33 (0) 4 37 85 19 60
Mobile : +33 (0) 6 24 50 54 41
edouard.tissier@anteagroup.fr





Understanding today.
Improving tomorrow.

Les applications de la géothermie



Understanding today.
Improving tomorrow.