

# géogéothermie

AUVERGNE - RHÔNE - ALPES

Webinaire 3/5   
La géothermie sur nappe

# 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



## Ordre du jour

- Introduction
- La définition de la ressource
- La définition du besoin
- Exemple de réalisation
- Conclusion

# QUIZZ: Qu'avez-vous retenu ?

-  Question 1 : Quelles sont les origines de la chaleur de la Terre ?
-  Question 2 : Quel est le gradient moyen de température dans le sol ?
-  Question 3 : Que permet de faire la géothermie ?

# Chapitre 1 : La définition de la ressource sur nappe

Aurélien Blondeau, Hydrogéologue à Ginger Burgeap

*[a.blondeau@groupeginger.com](mailto:a.blondeau@groupeginger.com)*



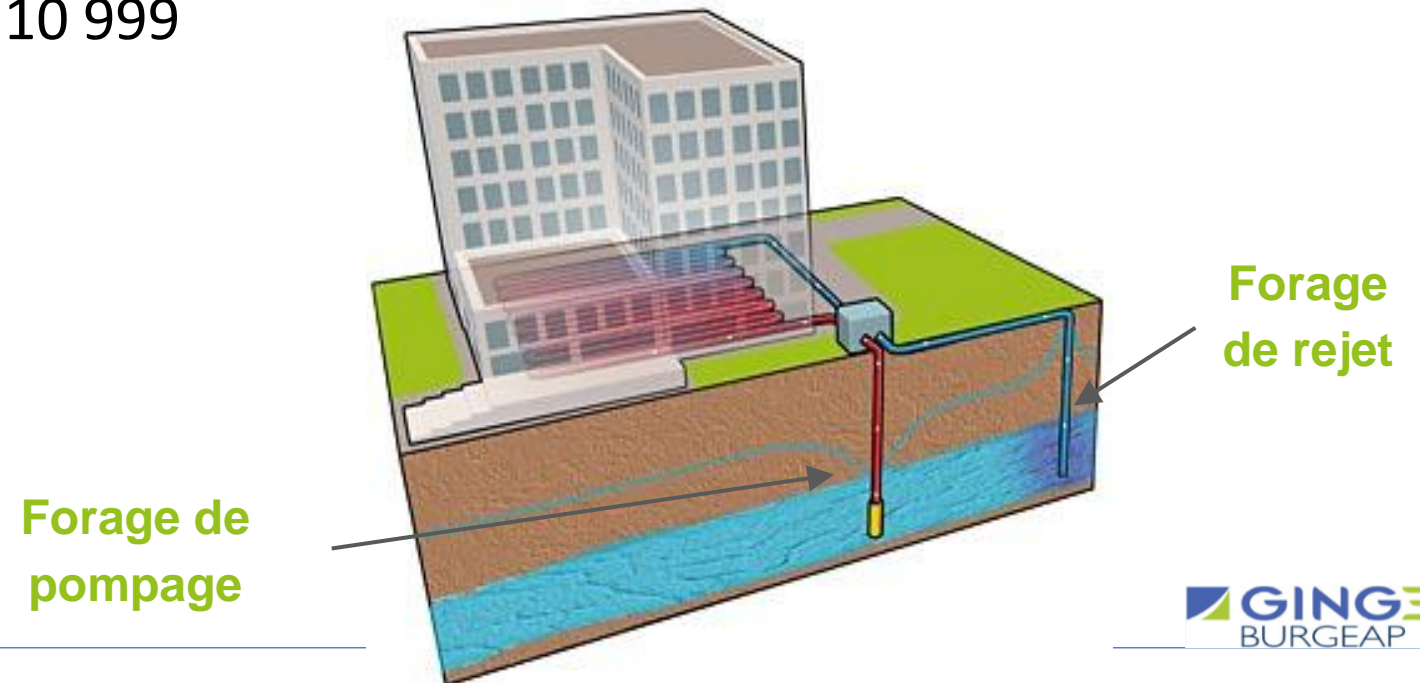
# Géothermie sur nappe

Objectif : caractériser la ressource exploitable pour un usage énergétique

- Principe
- Le cadre réglementaire
- Les étapes d'un projet de géothermie
- Éléments clefs du dimensionnement

# Principe de la géothermie sur nappe superficielle TBE :

- La géothermie sur nappe consiste à réaliser un échange thermique avec l'eau souterraine par l'intermédiaire d'un forage de pompage et d'un forage de rejet (circuit ouvert) ;
- La géothermie sur nappe est une technique courante qui se réfère à la norme NF X 10 999



# Principe de la géothermie sur nappe superficielle

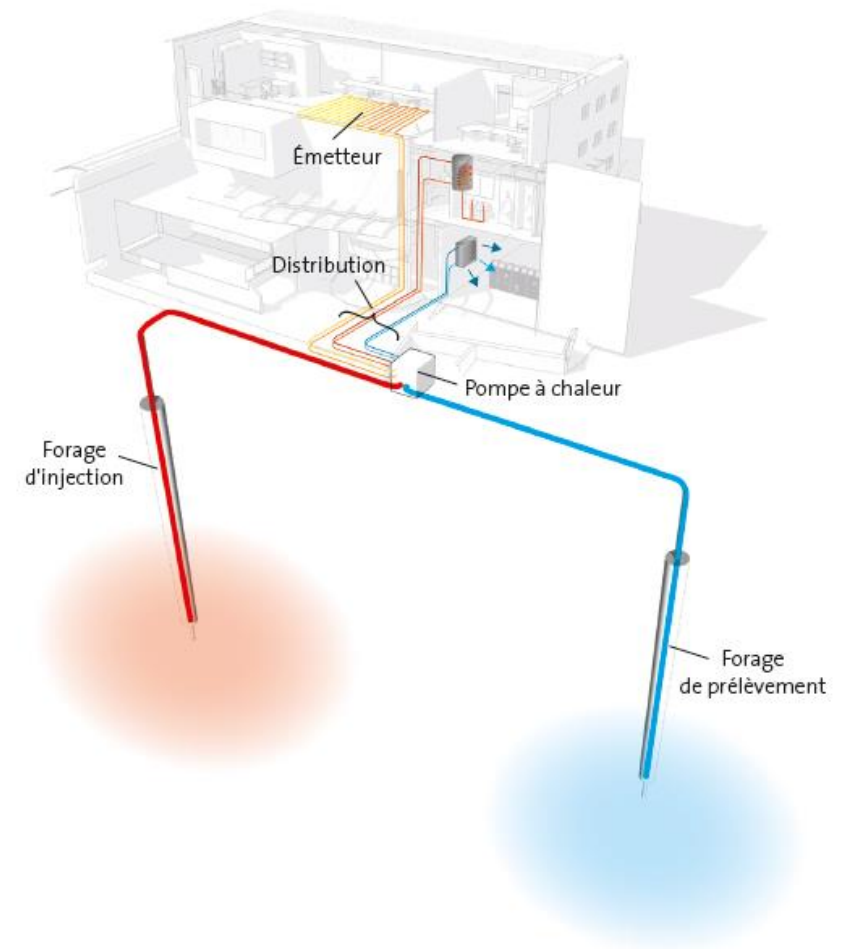
## TBE :

- Forages de profondeur de 10 à environ 200 m
- Doublet (2 forages) dans la nappe phréatique par pompage et réinjection
- Un circuit ouvert sans contact entre l'eau de nappe et les fluides extérieurs
- Un échange thermique avec l'eau de la nappe
- Une PAC géothermique



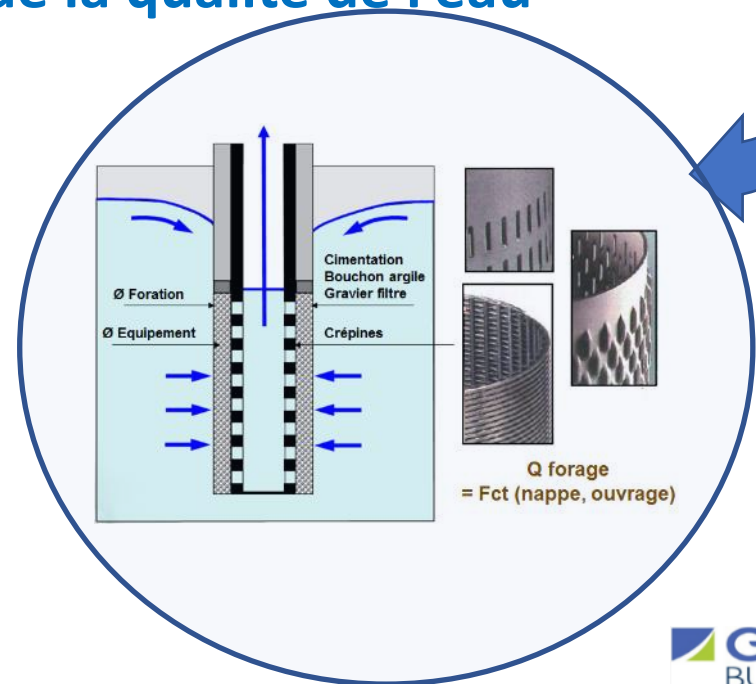
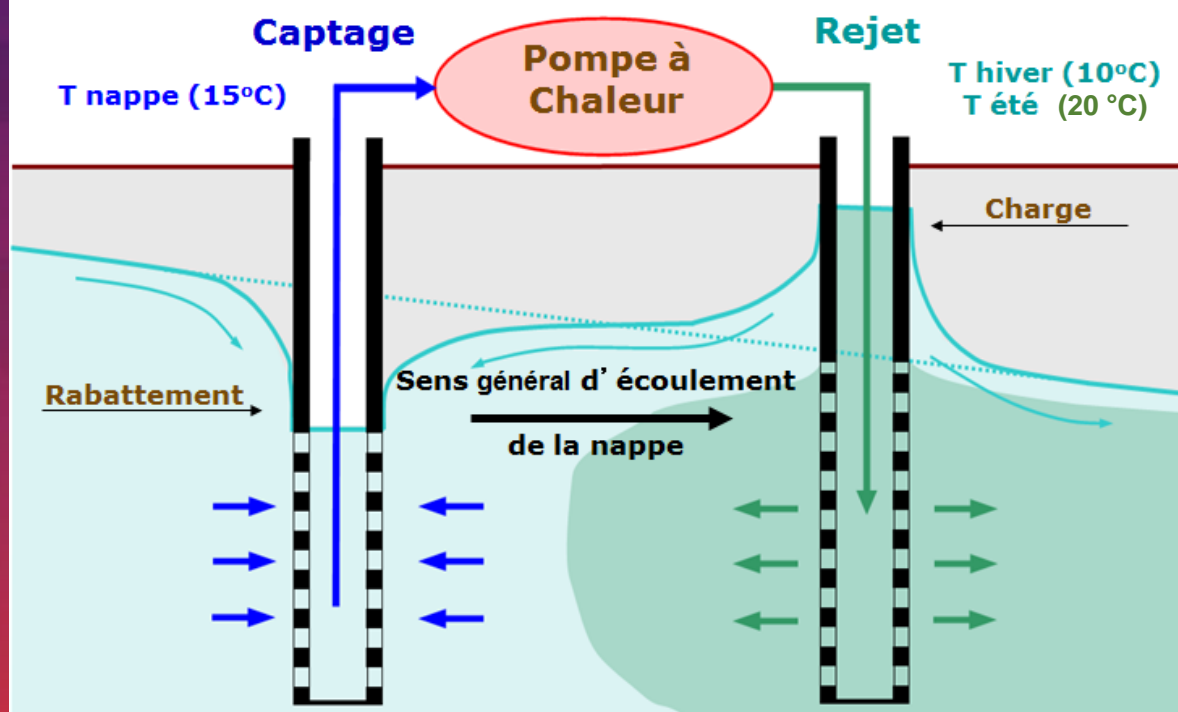
# Principaux éléments de la PAC géothermique sur nappe :

- Un ou plusieurs forages de pompage et forages de rejet
- Une pompe à chaleur (PAC)
- Un échangeur entre l'eau de forage et la PAC
- Un système de distribution/d'émetteur dans le bâtiment



## Principe d'exploitation :

- Doublet (1 forage de pompage/1 forage de réinjection)
- Puissance (kW) = Débit Q : fonction des caractéristiques de la nappe et de l'ouvrage
- Vigilance : Recyclage thermique – Colmatage – Réinjection
- Dimensionnement : fonction des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et de la qualité de l'eau



# La réglementation GMI (géothermie de minime importance)

## Cadre de la GMI

Eau prélevée et rejetée dans le même aquifère  
Température nappe < 25°  
Débit pompage/rejet < 80 m<sup>3</sup>/h  
Profondeur forage < 200 m  
Puissance échangée < 500 KW

## Cartographie GMI

Zone verte : télé-déclaration en ligne  
Zone orange : agrément expert  
Zone rouge : autorisation Code Minier



Foreur qualifié QualiForage dans tous les cas  
La cartographie GMI ne se substitue pas aux autres réglementations qui pourraient réglementer les forages (périmètres de protection de captages AEP, SAGE... etc.)

# L'autorisation Code Minier (hors GMI ou en zone rouge)

| Nécessite   | Contenu du dossier  | Délais   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Permis d'exploitation (PEX)</li><li>- Demande d'ouverture de travaux minier (DOT-M)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Description du demandeur et des capacités financières</li><li>- Descriptif de l'exploitation et des travaux (Volume d'exploitation, emplacement des forages, programme des travaux, débits calorifiques)</li><li>- Etude d'impact sur l'environnement</li></ul> | <p>Environ 15 mois (rédaction + instruction)</p> <p>-</p> <p>Dont avis Autorité environnementale et enquête publique</p> |

# Les étapes d'un projet de géothermie

**Etude de pré faisabilité**  
APS

**Objectif :**  
préfigurer une installation de géothermie sur tous ses aspects en limitant le cout d'investissement

**Base bibliographique**  
Vérifier l'existence d'une nappe « exploitable »

**Etude de faisabilité APD**

**Objectif :**  
vérifier les propriétés de la ressource avec un forage d'essai (+ tests de pompage) et la pérennité du système.

Intégrer précisément le projet dans le bâtiment

**MOE de la solution PRO, DCE, ACT, VISA, DET, AOR**

**Objectif :**  
faire réaliser la solution de géothermie dans les règles de l'art et gérer les interfaces avec les autres lots

**Exploitation maintenance**

**Objectif :**  
accompagner l'exploitation sur le suivi des paramètres clefs de la ressource, anticiper et corriger d'éventuelles dérives

# Les éléments clés du dimensionnement



SGV  
Doublet sur nappe

Taux de couverture

Régimes de température et performance

Systeme privé ou mutualisé ?  
Investisseur ?  
Exploitant ?  
Planning de réalisation



Choix d'un système de géothermie optimisé :

- Technico-économique (coût énergie maîtrisé)
- Objectifs environnementaux satisfaits : EnR, CO<sub>2</sub>
  - Gestion pérenne

# Eléments clés du dimensionnement – Volet ressource nappe :

- Débit exploitable de la nappe et sa pérennité dans le temps
- **Température de la nappe et delta T acceptable**
- Qualité des eaux (risque de colmatage filtre/échangeur/forage de réinjection)
- **Possibilités/contraintes de réinjection (risque remontée de nappe/inondation sous-sol)**
- Usages de l'eau à proximité et avoisinants (incidences sur ouvrages existants / infrastructures enterrées,...)
- **Contraintes du site : emplacement disponible /écartement des forages**

➔ **Importance : étude géothermique/hydrogéologique du potentiel exploitable**

# Éléments clés du dimensionnement – Volet ressource nappe : données techniques

- Contexte hydrogéologique
- Perméabilité de l'aquifère
- Productivité des forages
- Gradient hydraulique (pente de la nappe) : amont/aval  
écoulement de la nappe



# Relation Puissance disponible (KW) – Débit nappe :

- **P chaud KW =  $\frac{Q \times \Delta T \times 1,16}{(1 - \frac{1}{COP})}$**

- **P froid KW =  $\frac{Q \times \Delta T \times 1,16}{(1 + \frac{1}{CEER})}$**

- **P froid KW =  $Q \times \Delta T \times 1,16$  en géocooling (sans pompe à chaleur)**

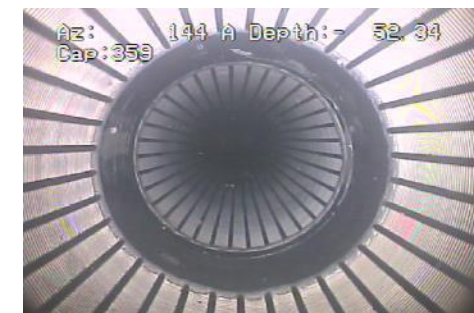
- *Q = débit d'eau de nappe (m<sup>3</sup>/h)*
- *ΔT = Ecart de température entre eau prélevée-réinjectée*
- *COP/CEER : Coefficient de performance/efficacité énergétique*

• Exemples :

| Puissance                           | Pour un débit d'eau de nappe de 50 m <sup>3</sup> /h avec delta T de 5 °C | COP/CEER |
|-------------------------------------|---|----------|
| P chaud KW                          | 373   | 4.5      |
| P froid KW                          | 237   | 4.5      |
| P froid KW en géocooling (sans PAC) | 290   |          |

# Dimensionnement des forages :

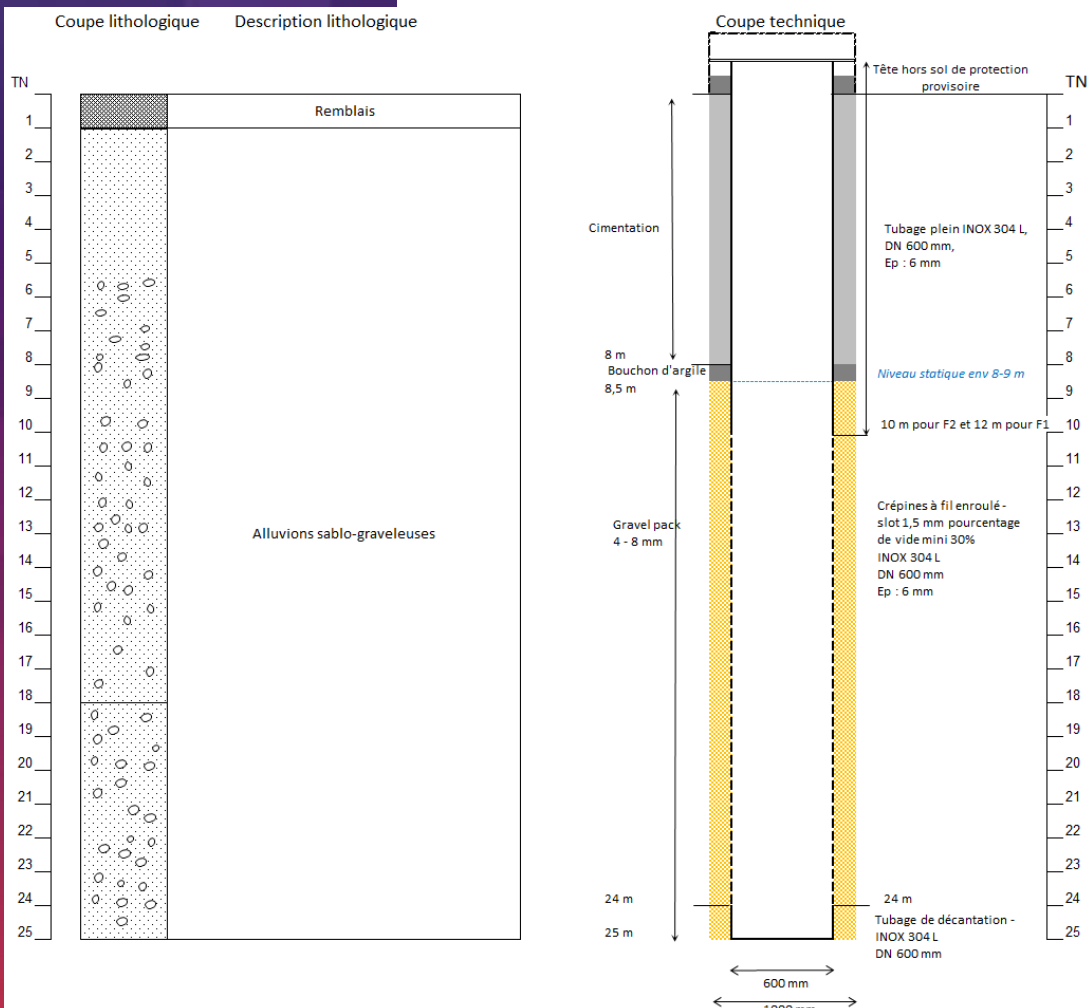
- Type d'aquifère : sables/ graviers/ galets /calcaire....
- Profondeur du forage
- Technique de forage
- Type d'ouvrage
- Crépine à adapter (type et ouverture) et massif filtrant
- Diamètre du forage à adapter au diamètre de la pompe immergée (donc au débit de pompage envisagé)



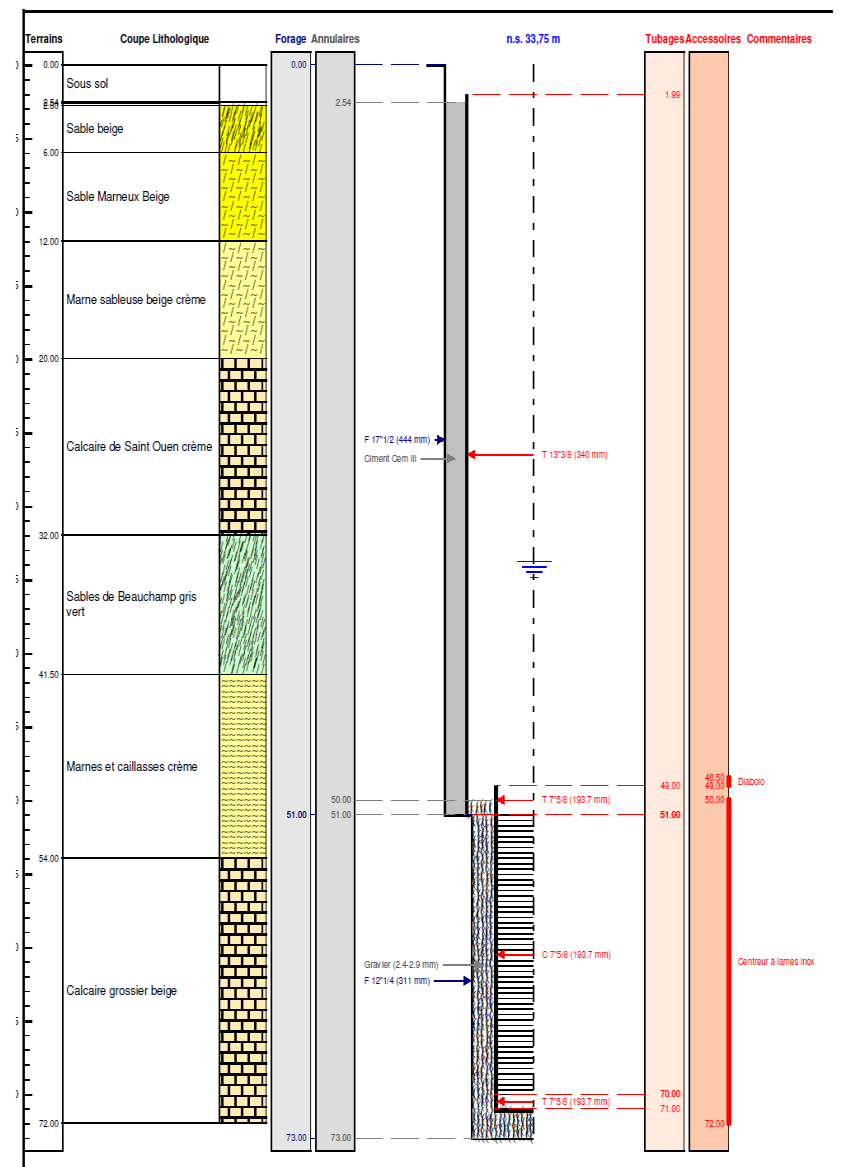
Crépines nervures repoussées

# Dimensionnement des forages :

- Coupe technique du forage à adapter au terrain



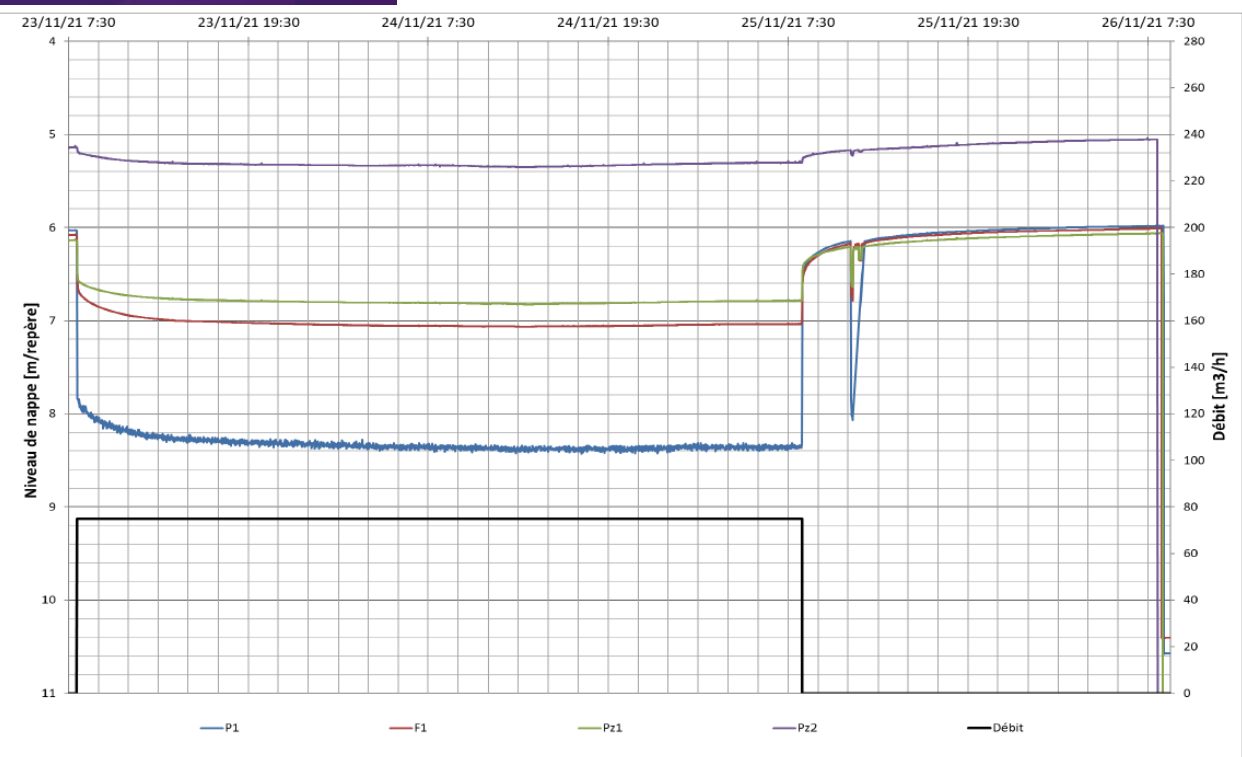
Protection des aquifères cimentation en tête adéquate



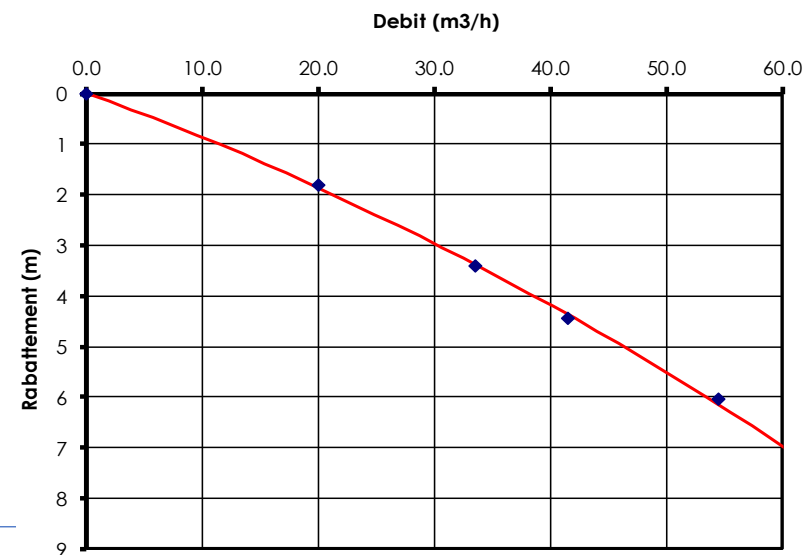
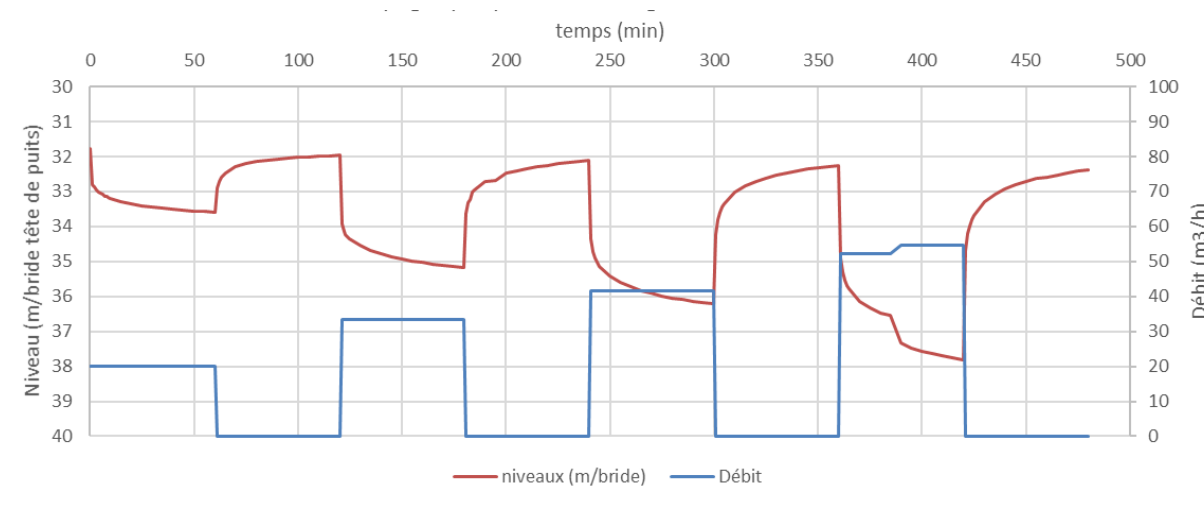
# Dimensionnement des forages :

- Test de pompage (par paliers et continu) pour définir le débit exploitable

Test de pompage continu



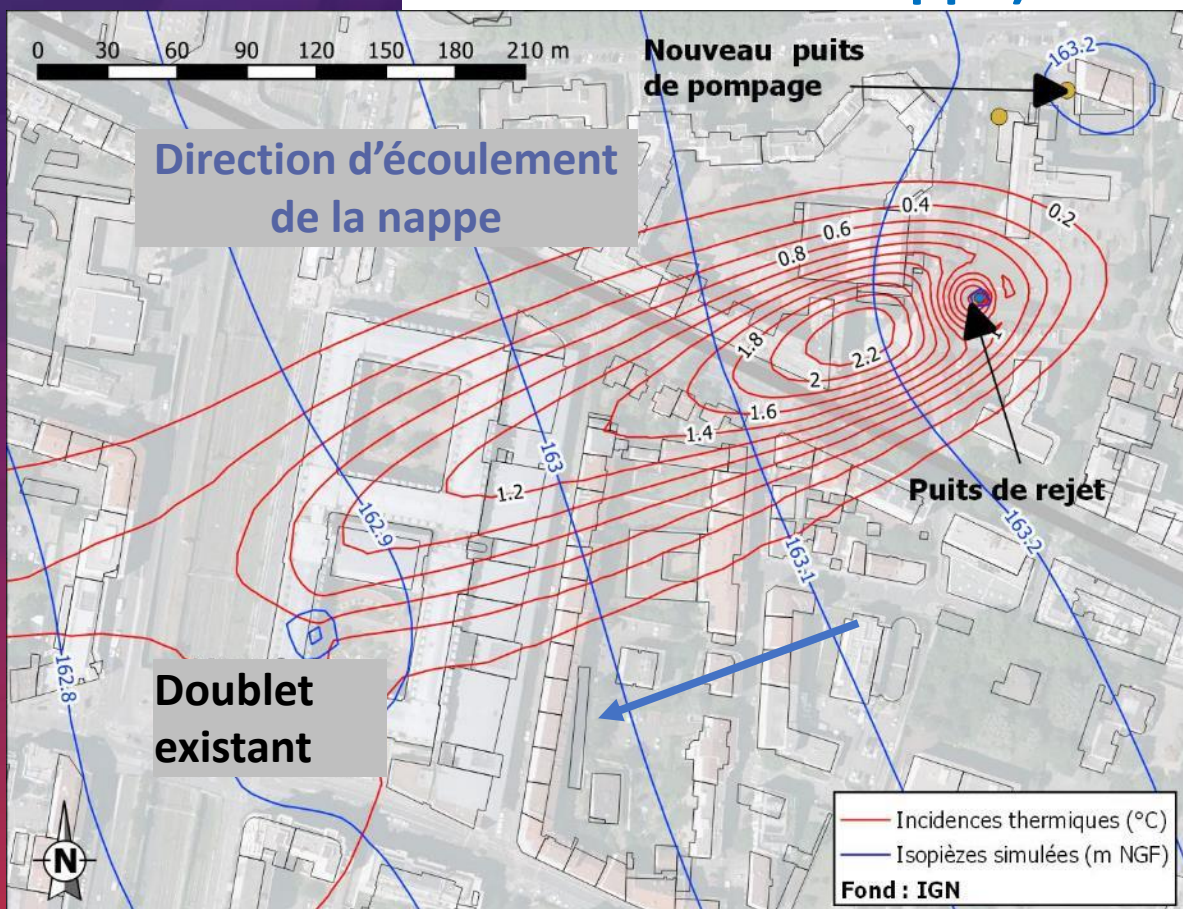
Test de pompage par paliers



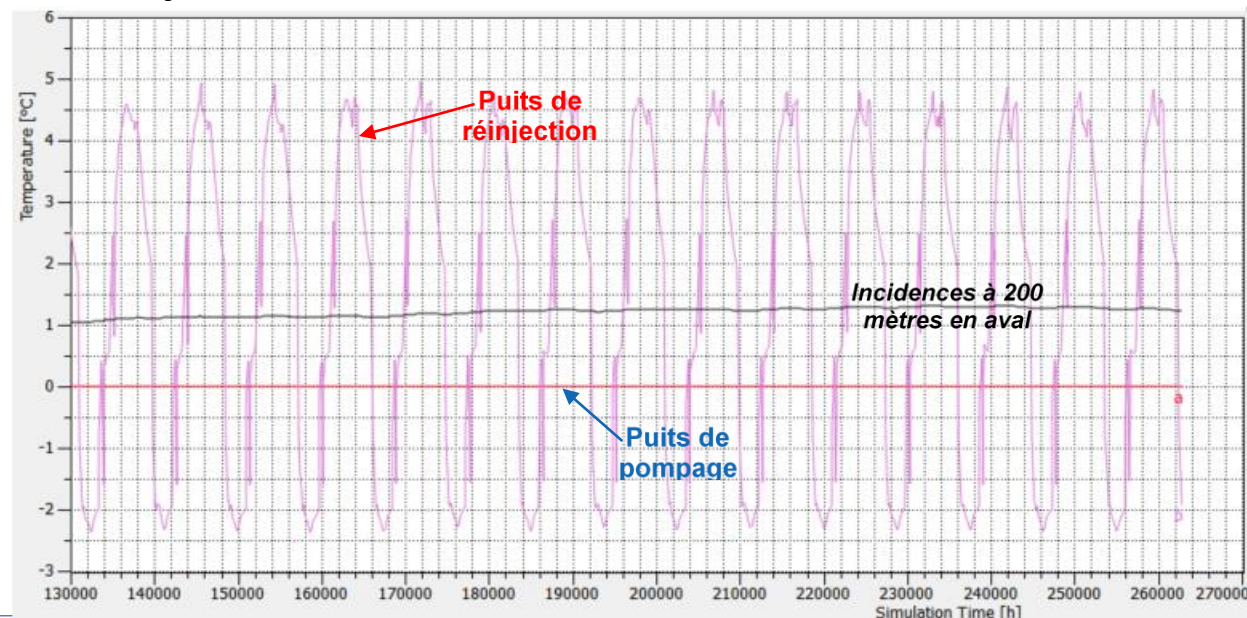
# Ecartement des forages /Recyclage :

Dimensionnement par modélisation numérique ou approche analytique :

- Vérification des incidences thermiques
- Vérification des incidences hydrauliques (remontée/baisse du niveau de nappe)

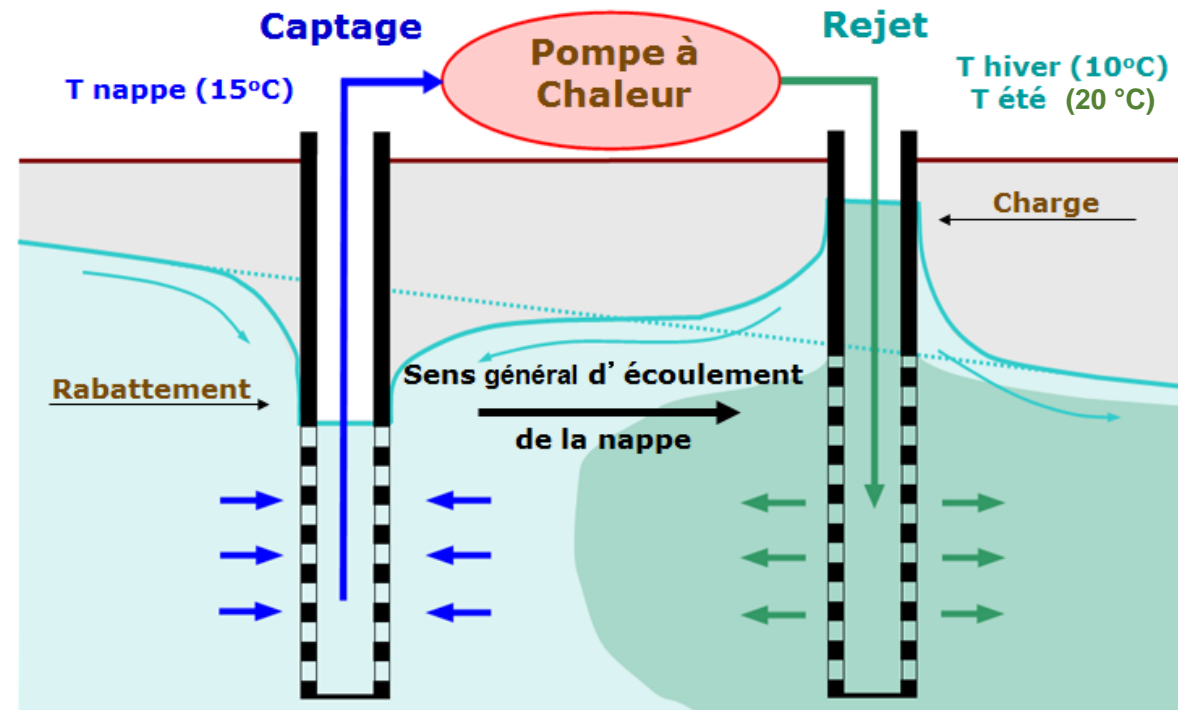


Incidences thermiques simulées après 30 années de cycles chaud/froid



# Ecartement des forages /Recyclage thermique :

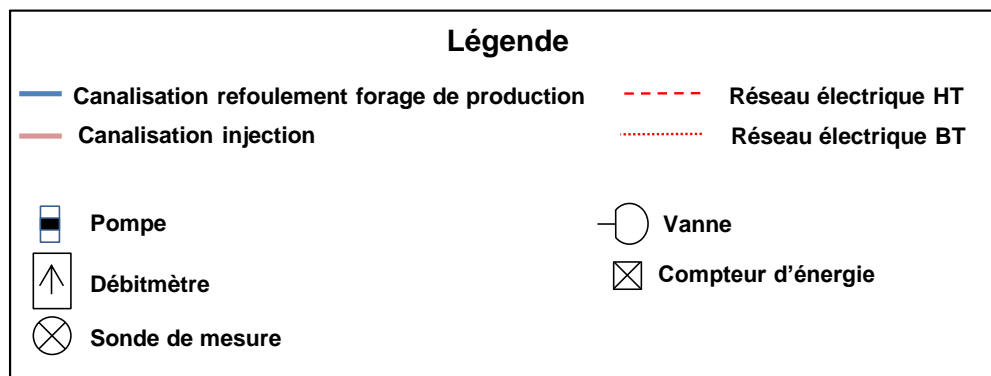
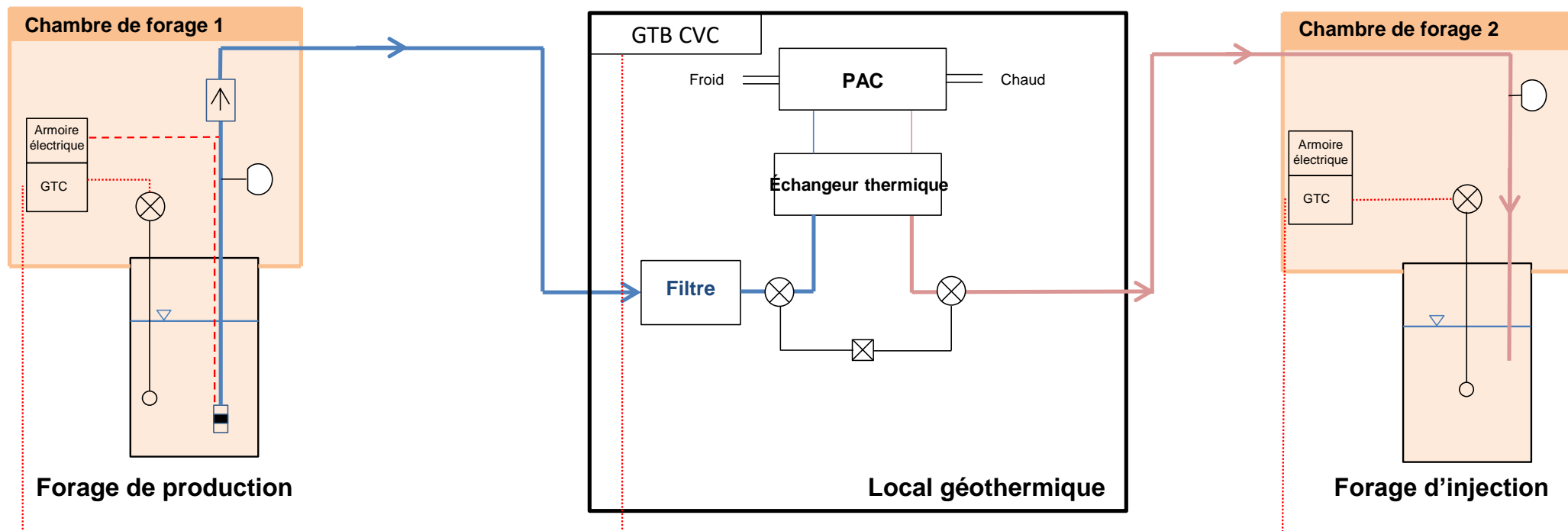
- Gradient hydraulique (pente de la nappe) : position amont/aval
- Perméabilité des formations
- Ecartement des forages : ratio  $\approx 100$  m



# Dimensionnement de la boucle primaire :

- Forage producteur / injecteur
- Pompe immergée
- Réseau hydraulique de jonction forage producteur / local technique PAC (échangeur)/forage injecteur
- Régulation du dispositif suivant les besoins du bâtiment :
  - ➔ Optimisation énergétique
- Instrumentation pour suivi de l'exploitation :
  - Débit / niveau d'eau
  - Température entrée/sortie
  - Pression entrée/sortie échangeur
  - Compteurs électrique et énergétique

# Dimensionnement de la boucle primaire :





# Dimensionnement de la boucle primaire :



# Intégration de la solution dans le projet :



NAPPE



# Exploitation du dispositif :

- **Suivi des paramètres avec vérification de la bonne application des consignes d'exploitation/régulation**
- **Bilan d'exploitation : forages / PAC / consommation**
- **Vérification de la bonne santé des forages : suivi du rendement annuel (productivité du forage) et à minima inspection caméra tous les 5-10 ans.**
- **Entretien/maintenance des équipements hydrauliques/électro-mécaniques**

# Géothermie sur nappe : avantages/contraintes

## AVANTAGES

## CONTRAINTE

Peu d'ouvrages nécessaires  
 Intégration plus simple  
 Meilleure performance énergétique du système  
 Géocooling possible  
 Grande puissance disponible suivant contexte et indépendante du besoin du bâtiment

Technologie dépendante du contexte hydrogéologique  
 Impacts à distance possible  
 Maintenance, suivi exploitation plus exigeant

# Chapitre 2 : La définition des besoins



David RICHARD du cabinet RV Ingénierie



# GÉOTHERMIE SUR NAPPE

20 Janvier 2023 | Webinar

# Sommaire

- 01 Définitions des besoins thermiques du bâtiment
- 02 Principes et usages
- 03 Schéma de principe géothermie sur nappe
- 04 Dimensionnement d'une pompe à chaleur Eau / Eau
- 05 Fluides frigorigènes
- 06 Déroulé d'un projet géothermique sur nappe

# Définitions des besoins thermiques du bâtiment

Détermination des déperditions et des apports depuis des logiciels de calculs : Pléiades, Perrenoud, etc....

Les déperditions et les apports (kW) :

- ✓ Vont refléter la puissance à installer
- ✓ Pour garantir qu'un niveau de température sera atteint et maintenu
- ✓ A rapprocher du débit au robinet

L'énergie thermique (MWh/an)

- ✓ Pour compenser ce qui « fuit » du bâtiment
- ✓ **Va refléter le montant de la facture**
- ✓ A rapprocher du volume d'eau à utiliser

A retenir :

- ✓ Le coût d'une installation de PAC est proportionnelle à sa puissance
- ✓ Une PAC surdimensionnée sera moins performante et aura une durée de vie + courte

**Il est fondamental de bien déterminer les besoins thermiques en puissance et en énergie annuel**

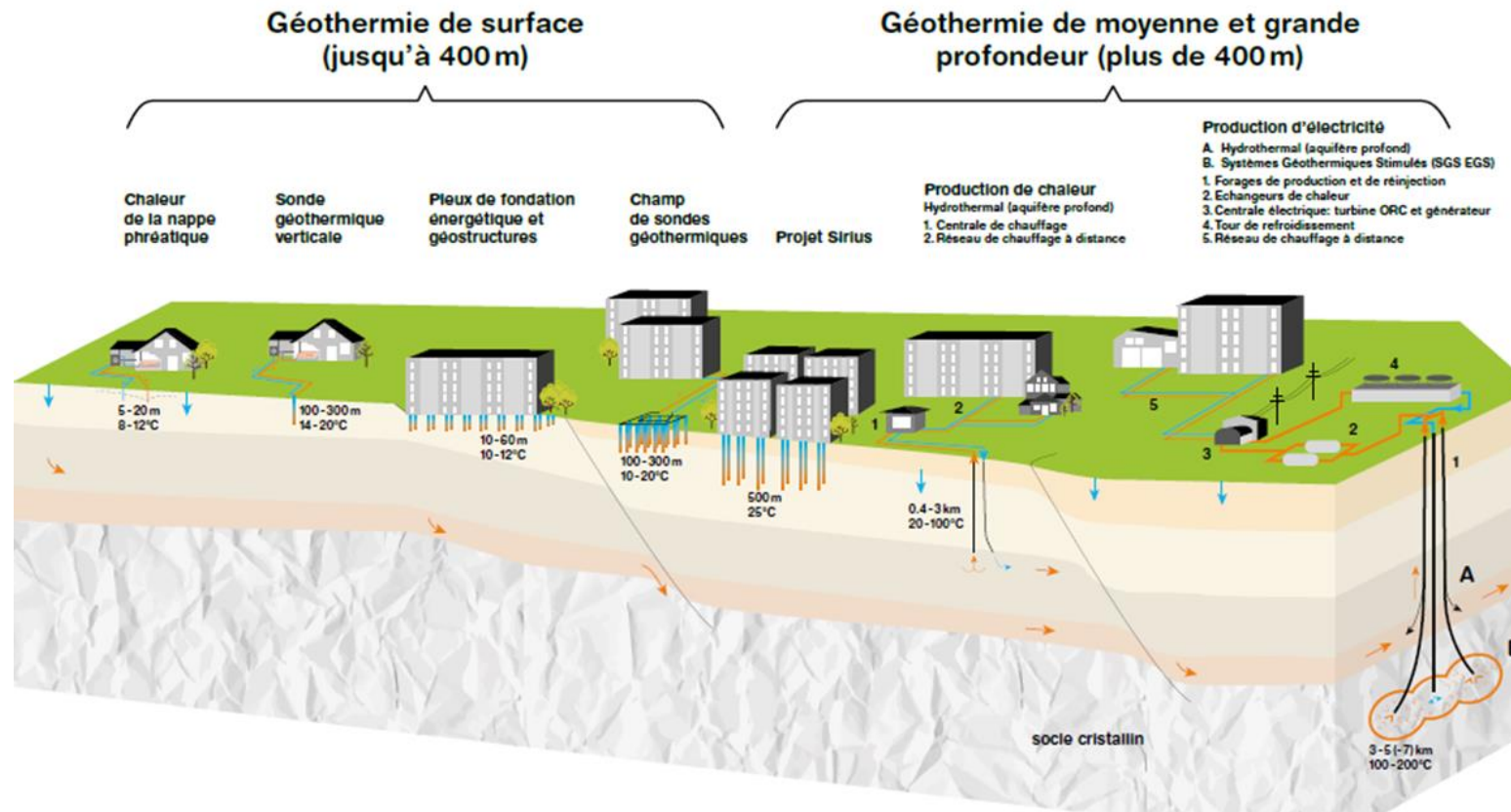




# Principes et usages

# Principes et usages

La géothermie de surface désigne les technologies exploitant une ressource géothermale de température inférieure à 30°C, se situant généralement à moins de 800 m de profondeur. Elle s'appuie sur la chaleur contenue dans le sous-sol, qui est une source d'énergie renouvelable, locale et disponible à toute heure et à toute saison.



# Principes et usages

Selon son dimensionnement, un système géothermique permet de couvrir, en partie ou en totalité, les besoins du particulier, des secteurs collectifs ou des secteurs tertiaires (hôpitaux, bureaux, écoquartiers ...), à savoir :

- Le chauffage
- L'eau chaude sanitaire
- La climatisation
- Le rafraîchissement

Une installation de géothermie de surface est constituée de 3 éléments principaux :

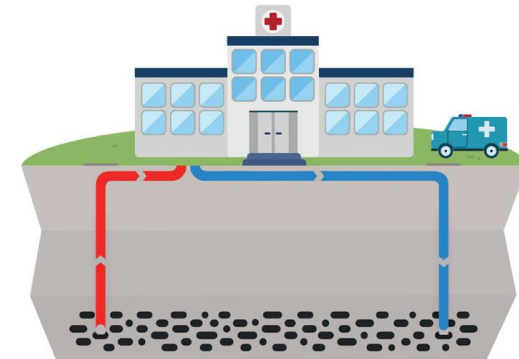
- un dispositif de captage : il amène les calories du sous-sol à la surface
- un dispositif de production : il valorise l'énergie du sous-sol afin de couvrir les besoins de chaud et/ou de froid
- un dispositif de régulation : il permet de gérer les différents modes de fonctionnement. L'installation de tels dispositifs permet de diminuer considérablement la facture énergétique par rapport à une solution conventionnelle.

# Principes et usages

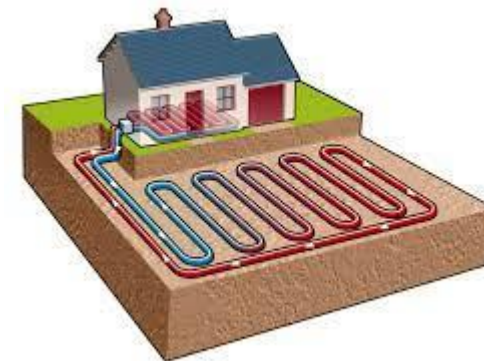
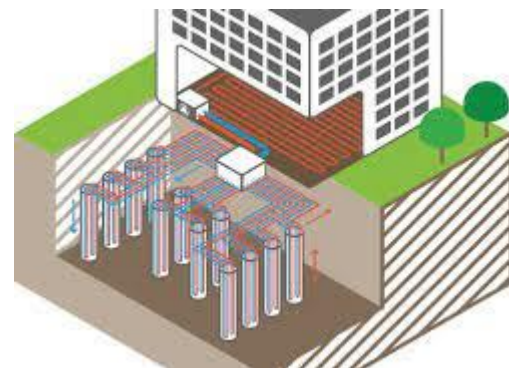
## Les captages : Les technologies en sous sol ... servent à évacuer le chaud ou le froid excédentaire

On peut classer en deux grandes catégories :

- **Boucle ouverte** : prélèvement d'une ressource et réinjection à température (un peu) différente. Ce qui nécessite la présence de cette ressource. Soit par exemple « Captage sur nappes »



- **Boucle fermée** : un fluide caloporteur sert de vecteur des calories/frigorifiques vers le sous-sol. Ce qui peut se faire n'importe où. Soit par exemple « Captage par sondes géothermiques verticales » ou « Captage horizontal »



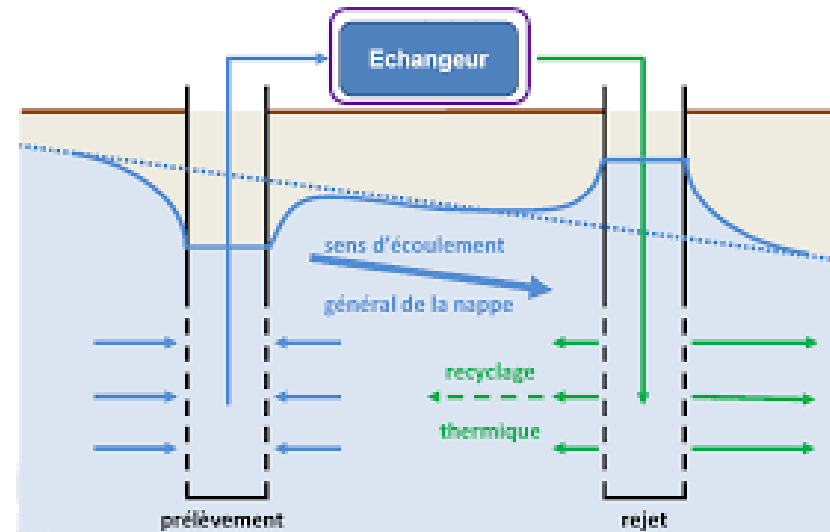
# Principes et usages

## Le captage sur nappes

### *Le principe*

En présence d'une nappe d'eau possédant un débit suffisant et située à une profondeur raisonnable, ce dispositif permet de capter les calories de l'eau.

Deux forages sont nécessaires pour la mise en œuvre de cette technique : un forage d'alimentation pour pomper l'eau à la surface, et un forage pour réinjecter l'eau refroidie (ou réchauffée dans le cas de la climatisation).



Il s'agit d'un captage extrêmement modulable : selon les caractéristiques de la ressource, il peut alimenter une maison ou un quartier entier.

# Principes et usages

## Le captage sur nappes

*A la conception, il faut en particulier :*

- Estimer le débit nécessaire (en lien avec la puissance installée et la variation de température de l'eau souterraine).
- Vérifier que l'eau réinjectée ne revient pas dans le forage de prélèvement (« bulle froide »).
- Vérifier que la qualité de l'eau permet un usage géothermique : il faudra parfois adapter l'échangeur thermique selon les risques de précipitation des composants dissous.

# Principes et usages

## Le dispositif de production : la pompe à chaleur (PAC)

Une pompe à chaleur (PAC) est un dispositif thermodynamique permettant de transférer les calories d'un milieu vers un autre. Ce dispositif permet par exemple de réchauffer une eau à 50°C à partir d'une ressource à 10°C.

Les performances d'une PAC sont indiquées par son coefficient de performances, ou COP. Il s'agit du ratio entre la puissance apportée sous forme de chaleur au logement et la puissance électrique absorbée par la PAC.

En géothermie, les COP sont de l'ordre de 5 : c'est-à-dire que pour 1 kW d'électricité absorbée par la PAC, cette dernière produit 5 kW de chaleur ou 4 kW de froid.

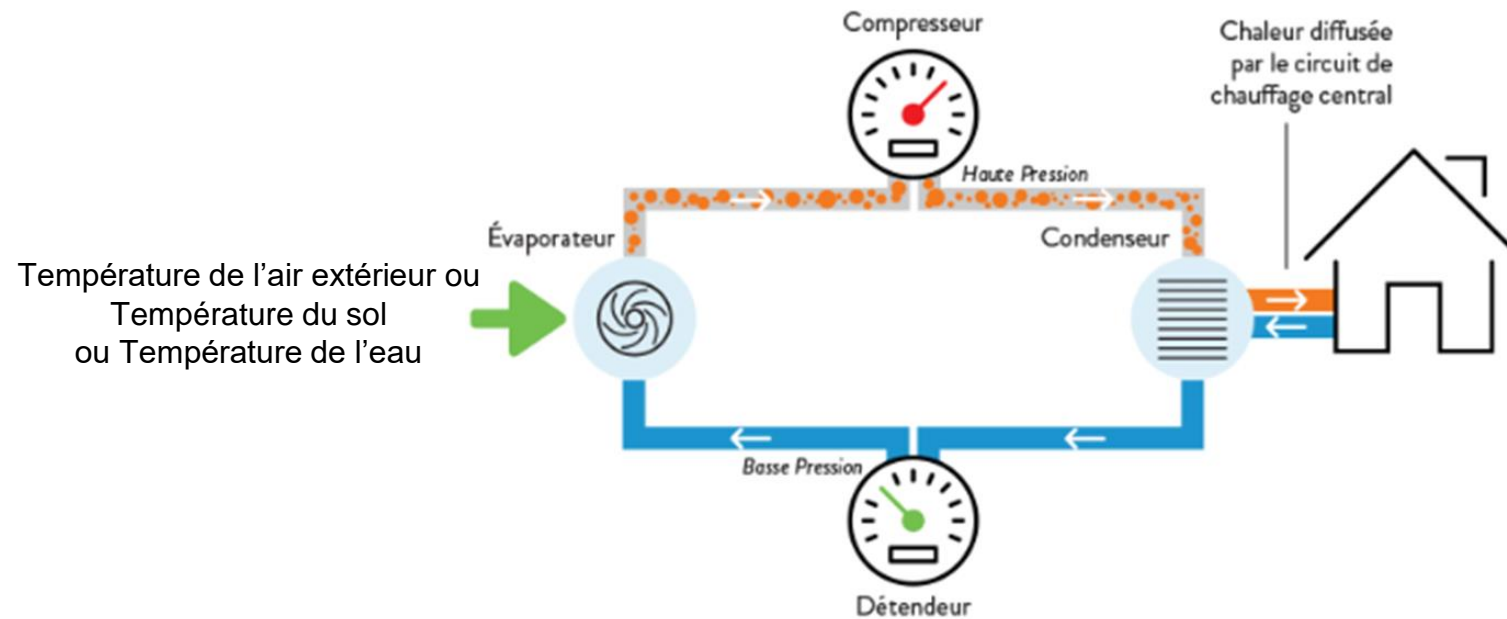
**Définition COP (rendement) = P. Chaud / P. Elec**

Concrètement, cela permet de diviser par 5 la facture énergétique payée par l'utilisateur.

# Principes et usages

## Le dispositif de production : la pompe à chaleur (PAC)

Le schéma suivant résume le fonctionnement d'une pompe à chaleur géothermique à compression.



- 1 : Les calories récupérées par l'évaporateur servent à évaporer le fluide frigorigène.
- 2 : Le gaz obtenu est ensuite comprimé dans un compresseur afin d'augmenter sa température.
- 3 : Il rejoint un condenseur dans lequel il devient liquide en libérant sa chaleur, qui est récupérée par l'eau du circuit de chauffage central.
- 4 : Puis il est détendu

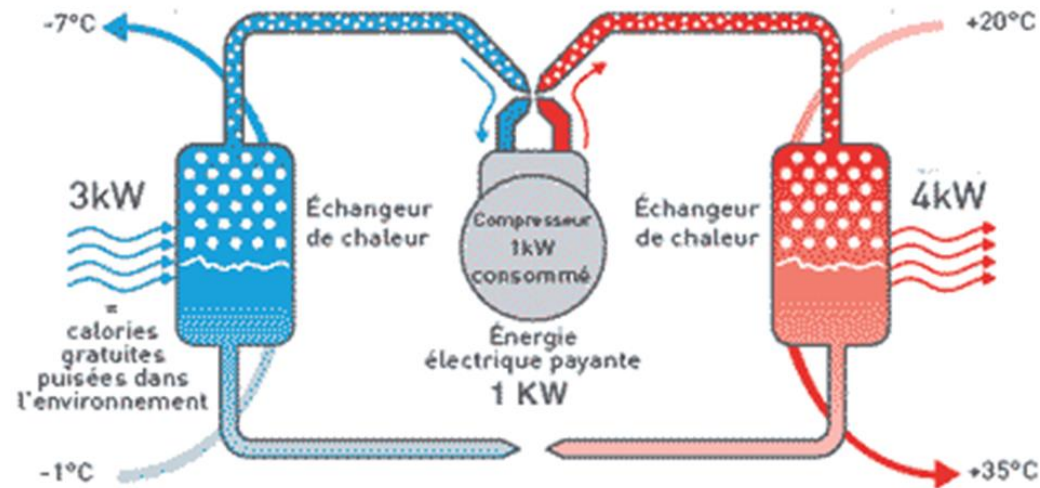


# Principes et usages

## Le dispositif de production : la pompe à chaleur (PAC)

Pourquoi dit on qu'une PAC utilise les ENR ?

**La pompe à chaleur n'est pas une énergie**, mais un système valorisant de l'énergie thermique. Elle consomme de l'électricité, qui peut être renouvelable.



Energie absorbée = Energie Restituée

Energie puisée dans l'environnement (évaporateur) + Energie électrique (compresseur) = Energie récupérée (condenseur)  
 $3 \text{ kW} + 1 \text{ kW} = 4 \text{ kW}$

L'énergie puisée dans l'environnement est gratuite et renouvelable

# Principes et usages

## Le dispositif de production : la pompe à chaleur (PAC)

### Quels sont les besoins qu'on peut satisfaire ?

#### Chauffage

- Idéalement avec des émetteurs à basse température
- Piscine, autre process

#### Eau chaude sanitaire (ECS)

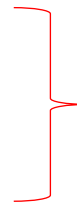
- Préchauffage ou chauffage complet

#### Froid (dont process : déshumidification)

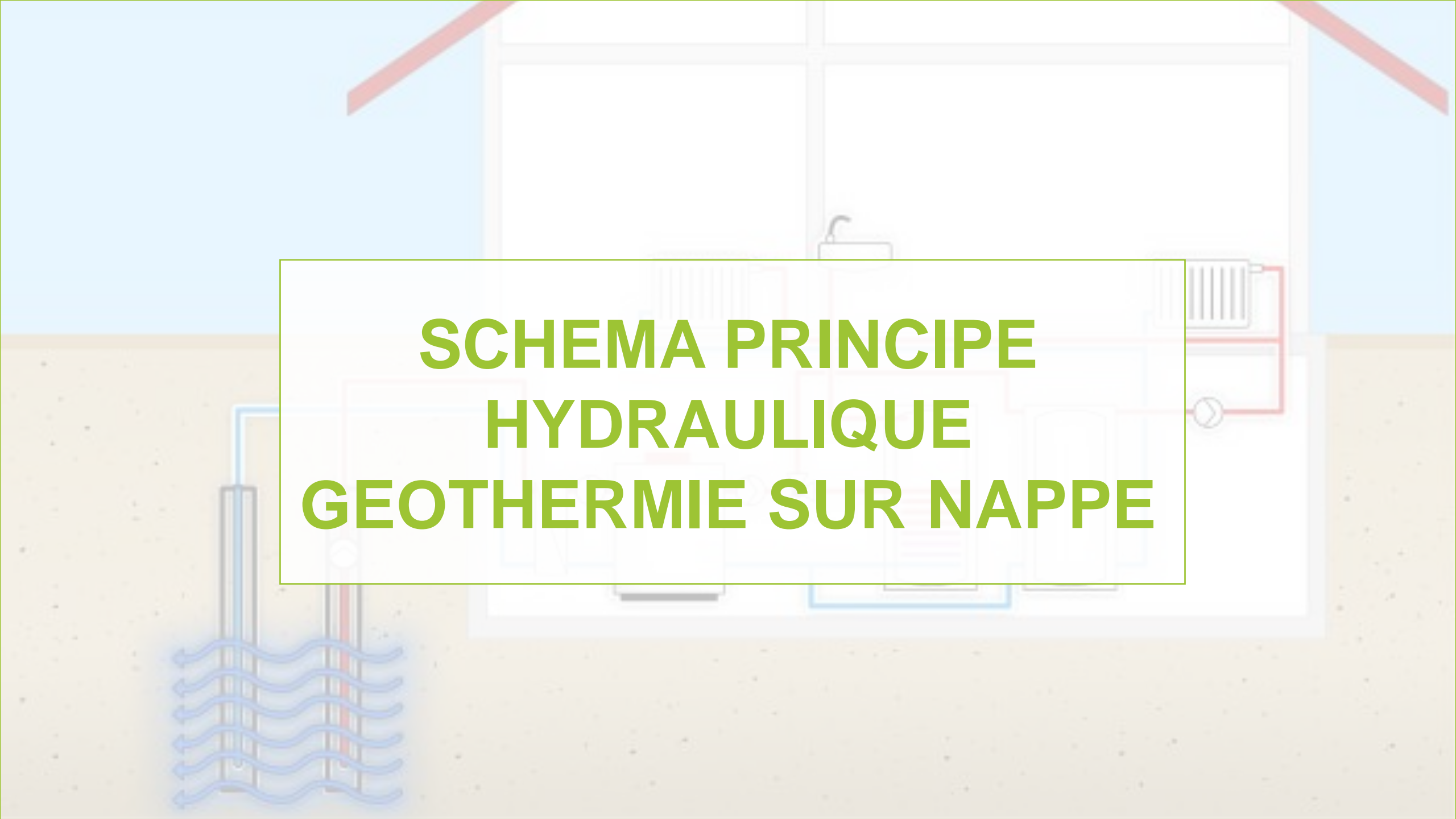
- Géo-cooling (froid passif)
- Climatisation (froid actif)



Production excédentaire de froid, à stocker ou à dissiper dans le sous-sol



Production excédentaire de chaud, à stocker ou à dissiper dans le sous-sol

The diagram shows a cross-section of a house and the ground below. Inside the house, there is a boiler, a pump, and radiators. A network of pipes connects these components to a well in the ground. The well has two vertical pipes: an outer one with a red cap and an inner one with a blue cap. A blue coil of pipes is located at the bottom of the well. Blue arrows indicate the flow of water from the coil up the inner pipe, and red arrows indicate the flow of water from the boiler down the outer pipe. The ground is depicted as a light brown soil layer.

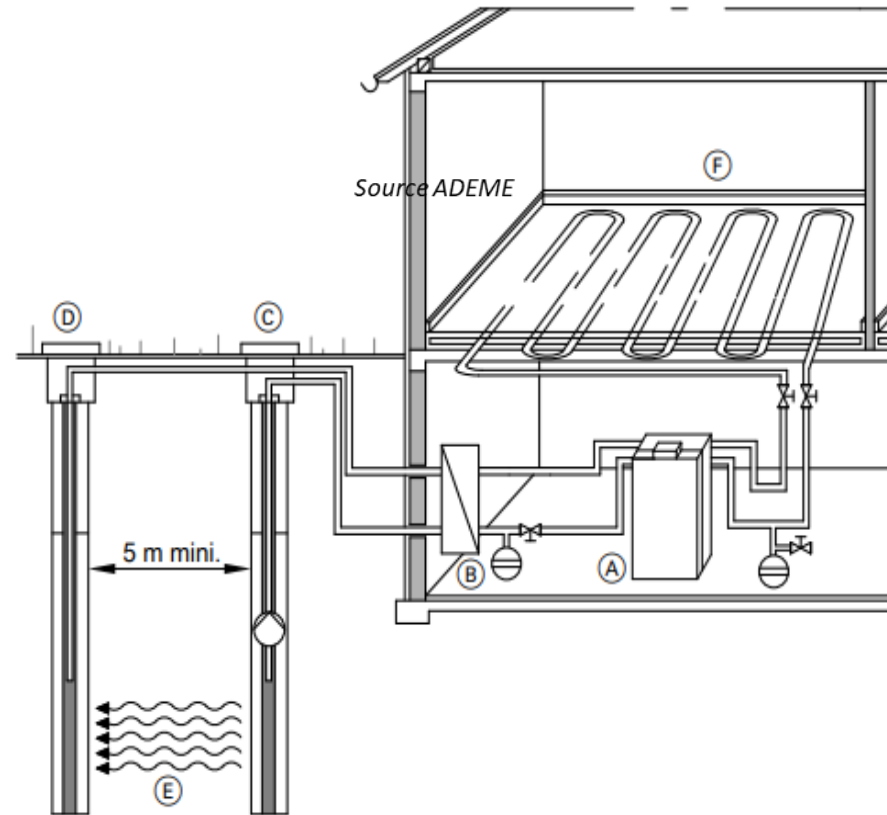
**SCHEMA PRINCIPE  
HYDRAULIQUE  
GEOOTHERMIE SUR NAPPE**

# Schéma de principe géothermie sur nappe

## Principe

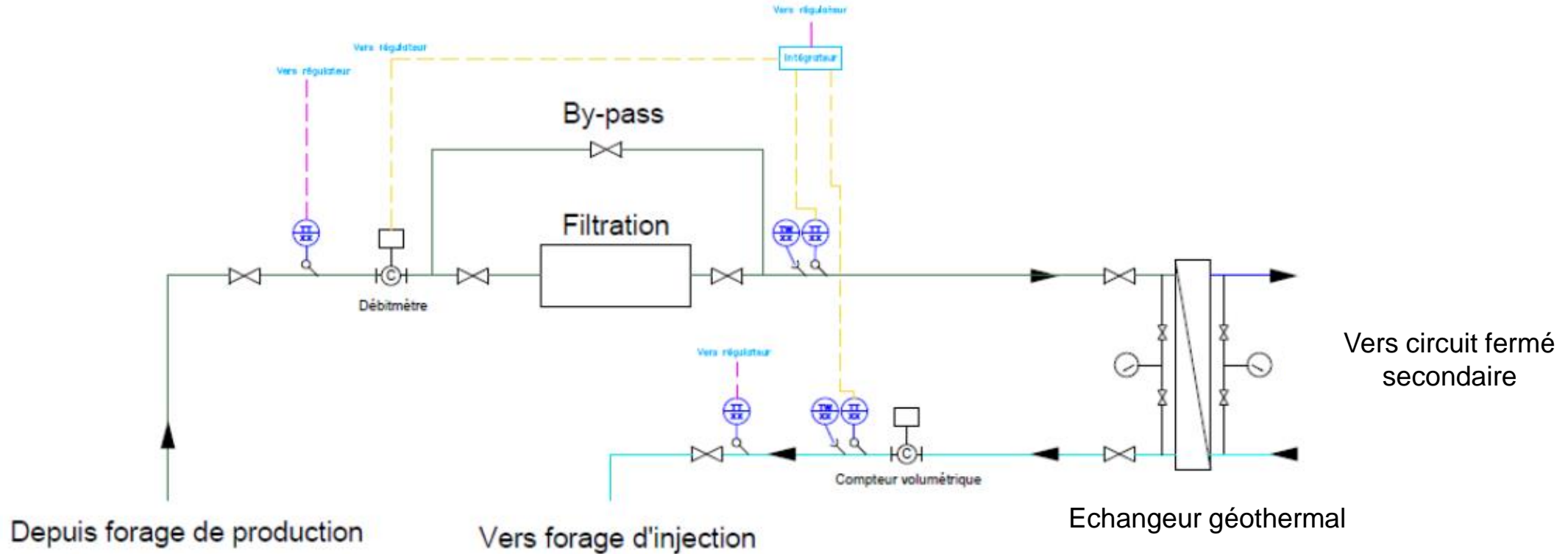
Récupération d'énergie à partir de l'EAU

Un circuit primaire OUVERT + un circuit intermédiaire glycolé



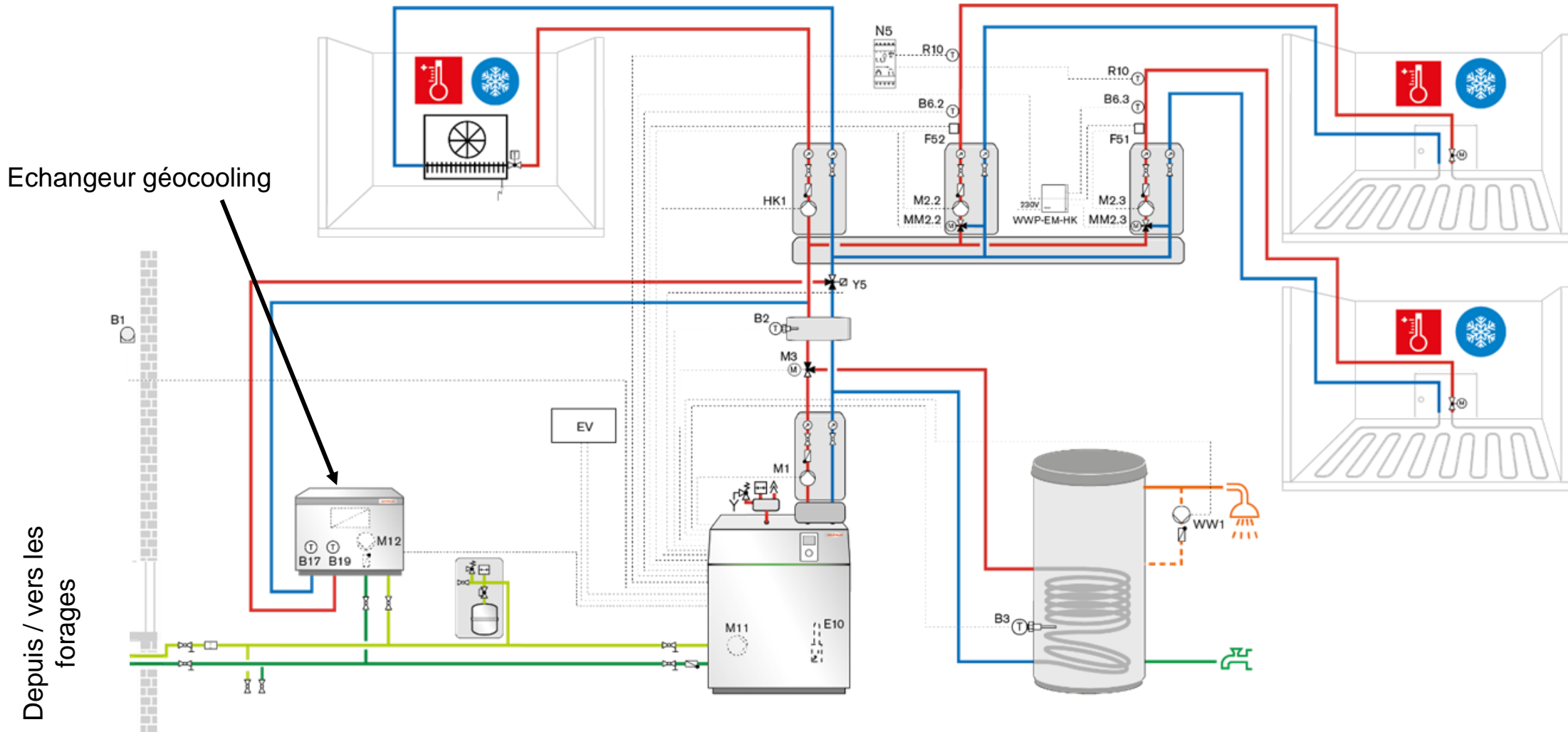
# Schéma de principe géothermie sur nappe

## Schéma de principe hydraulique « Circuit primaire NAPPE »



# Schéma de principe géothermie sur nappe

## Schéma de principe hydraulique « Circuit secondaire fermé » avec géocooling



A schematic diagram of a water-to-water heat pump system. The diagram shows a cross-section of a house with a red roof. Inside, there are two radiators, a sink, and a central unit. A blue loop of pipes connects the house to a ground loop in the soil, which consists of two vertical pipes with horizontal wavy lines between them. A red loop of pipes connects the house to a central unit. The central unit has a blue loop connected to the ground loop and a red loop connected to the house. A pump is shown in the red loop between the house and the central unit. The text 'Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau' is overlaid in a green box in the center of the diagram.

# Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau

# Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau

## Les bases du dimensionnement

Il est fondamental de bien déterminer les besoins thermiques en puissance et en énergies annuelles

$$\text{Puissance calorifique PAC} + \text{Pappoint} = 1,2 \times \text{Déperditions}$$

Ratio :

Eau glycolée / Eau = 80 - 90 % des déperditions

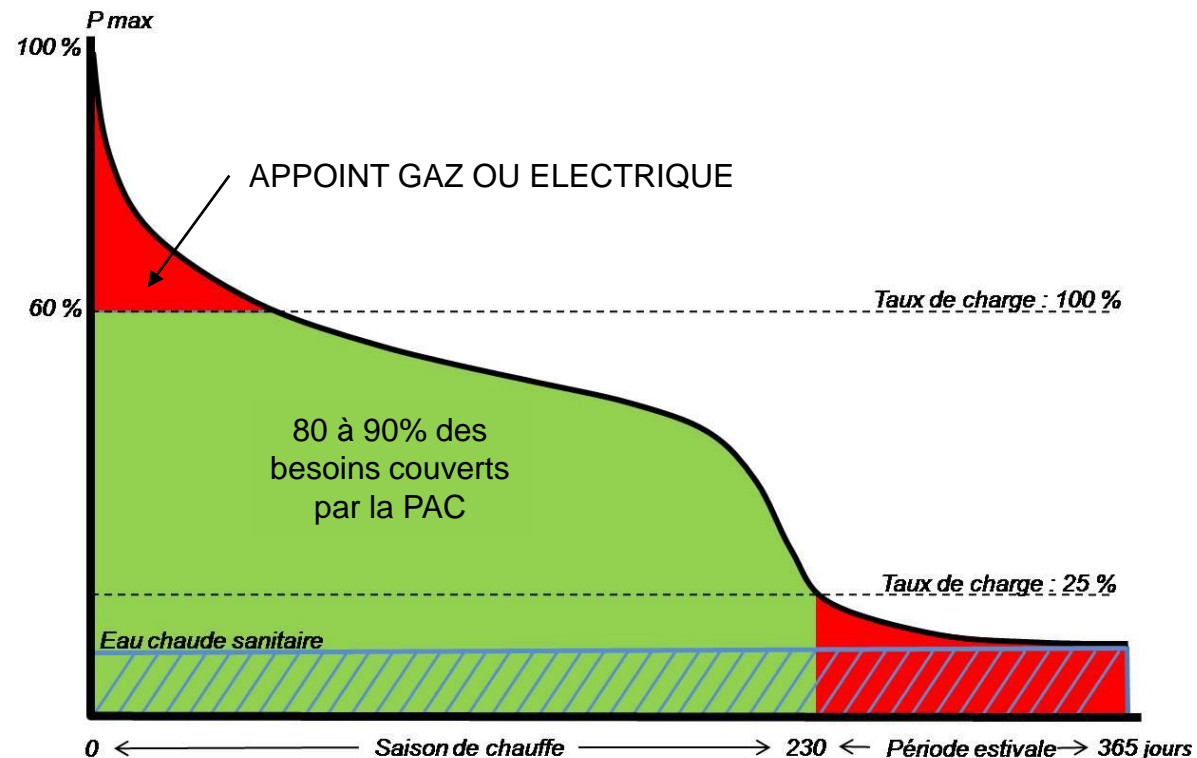


# Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau

## Détermination de la puissance PAC et de l'appoint selon la monotone des puissances de chauffage

Une monotone de puissance est une courbe permettant de représenter, sur une saison de chauffe, le pourcentage de temps de sollicitation de différents degrés de puissance d'une génération

L'analyse de cette dernière permet d'optimiser au maximum l'évaluation de la puissance ainsi que le taux de couverture de différents systèmes



# Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau

## Points de vigilance

- Le positionnement de PAC en milieu fermé >> identification d'un local technique
  - L'approvisionnement du gestionnaire d'électricité
  - L'adaptation des réseaux et émetteurs existants au fonctionnement PAC
  - L'évolution des performances d'une PAC et régimes de températures
- Les performances d'une PAC varient selon :
- La température à laquelle la chaleur est évacuée (départ chauffage)  
Celle à laquelle le froid est évacué (départ géothermie). Plus le milieu au sein duquel on évacue le froid a une température élevée, plus le froid sera facile à évacue
- Les conditions de fonctionnement (Delta T, Débit ) : Privilégier la chaleur douce (basse T°) et le froid doux. Cela impacte le choix et la taille des émetteurs. Le gain sur la performance des PAC est énorme
  - Les volumes en eau
  - La qualité d'eau

# Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau

## Dimensionnement des puits d'une PAC eau / eau

### Forage

Nappe se situe généralement entre 10 et 25 m de profondeur

### Pré-dimensionnement

Puissance géothermique (kW)

= Besoins en chaud ou froid - (Besoins en chaud ou froid / COP PAC)

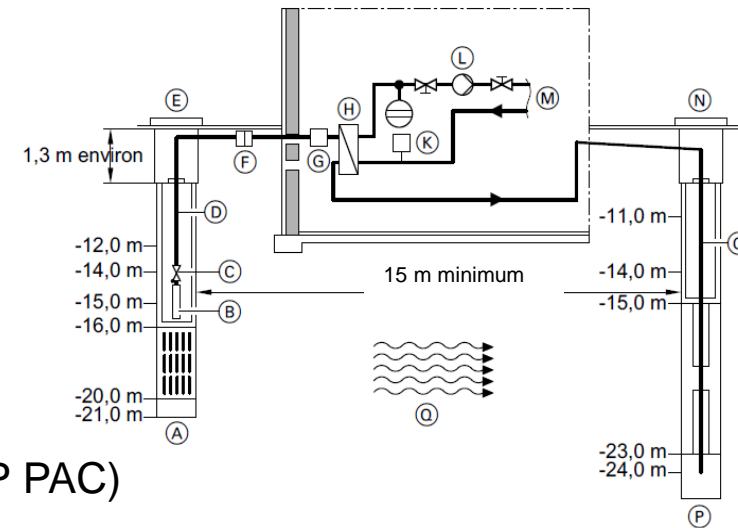
Débit d'eau à capter dans la nappe Q

= Puissance géothermique / (1,16 x  $\Delta T$  échangeur)

= Puissance géothermique / (1,16 x 6)

= ??? m<sup>3</sup>/h

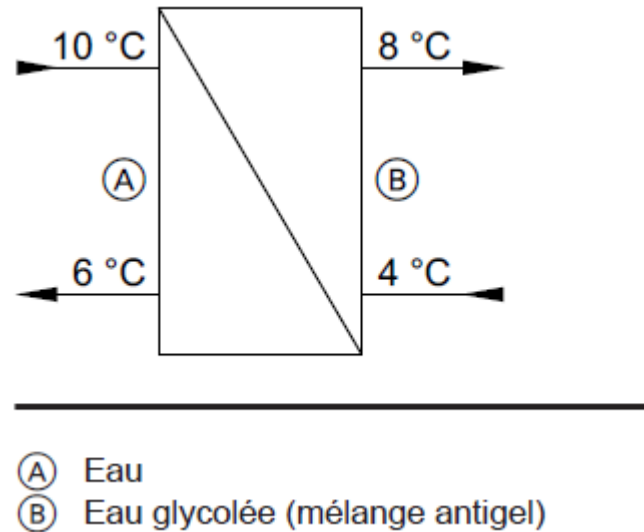
Implantation : Espacement des sondes entre-elles à respecter d'au minimum 15 m



- |  |   |
|--|---|
| (A) Puits d'aspiration                                       | (K) Aquastat de surveillance de protection contre le gel circuit primaire |
| (B) Pompe sur nappe phréatique                               | (L) Pompe primaire (intégrée suivant le type)                             |
| (C) Clapet de retenue  | (M) Vers la pompe à chaleur   |
| (D) Conduite d'aspiration                                    | (N) Puits   |
| (E) Puits  | (O) Conduite de refoulement   |
| (F) Filtre à tamis (non fourni)                              | (P) Puits de réinjection  |
| (G) Contrôleur de débit circuit sur nappe phréatique         | (Q) Sens d'écoulement de la nappe phréatique                              |
| (H) Échangeur de chaleur de séparation circuit intermédiaire |   |

# Dimensionnement d'une PAC Eau / Eau

## Dimensionnement de l'échangeur de séparation d'une PAC Eau / eau



### Exemple :

$P_{\text{frigo}} 10^{\circ}/35^{\circ}\text{C} = 23,7 \text{ kW}$

Puissance échangeur =  $P_{\text{frigo}} = 23,7 \text{ kW}$

Débit de forage mini =  $P_{\text{echangeur}} / (1,163 \times (T_{\text{nappe}} - T_{\text{retour nappe}})) = 23,7 / (1,163 \times 4) = 5,1 \text{ m}^3/\text{h}$

A 3D perspective rendering of a refrigeration system. The system consists of several large, light-colored refrigeration units with multiple fans on top. These units are connected by a network of pipes, with blue pipes for the liquid line and orange pipes for the gas line. The pipes are supported by metal brackets. The background is a plain, light-colored surface.

# Fluides frigorigènes

# Fluides frigorigènes

**Les manipulations de fluides nécessitent l'attestation de capacité... mais également la mise en service de PAC même si aucune intervention sur le circuit frigo**

Dès que le circuit n'est pas « hermétique » d'usine

Dès que la quantité de fluide dépasse 2kg



## **Norme NF-EN 378:**

Différents type de dangerosité des fluides frigorigènes

Besoin d'un local technique dédié dans certains cas

Besoin de ventilation dans certains cas

**Fluides les plus fréquents (R410A, R407C, R134a, R404A, R417A et CO<sup>2</sup>) sont classés en catégorie A1**

Non inflammable et faible toxicité

**R32 : Classe A2L faible toxicité et faiblement inflammable**

**Fluides plus rares (propane, ammoniac, divers autres fluides spécifiques)**

Propane: inflammabilité élevée (classement A3)

Ammoniac (PAC gaz): toxicité très élevée

Et le R1234ze qui est A2 et qui va sans doute progressivement remplacer les fluides actuels

# Fluides frigorigènes

Si les PAC sont installées dans un local technique inoccupé: il n'y a pas de limite de volume de gaz  
Mais, par exemple, si les seuils suivants sont dépassés des contraintes de ventilation s'imposent

R410A: 0,44 kg/m<sup>3</sup>

R407C: 0,31 kg/m<sup>3</sup>

R134a: 0,25 kg/m<sup>3</sup>



◦ **Ventilation normale du local si seuil dépassé:**

4 volumes/heure avec aspiration en point bas si gaz plus lourd que l'air



◦ **Ventilation d'urgence du local**

Si moins de 25 kg de fluide A1 : non nécessaire

Sinon, un détecteur de fuite et une ventilation d'urgence avec :

Une aspiration en point bas si le gaz est plus lourd que l'air

Un débit maximal de:  
15 volumes/heure

Un débit minimal de:  
 $50 \times \text{masse}^{0,67}$

The background is a collage of three images: a 3D architectural model of a house with red and blue arrows indicating airflow, a laptop screen displaying a software interface with various settings and buttons, and a hand holding a pen writing on a technical drawing or blueprint.

# Déroulé d'un projet géothermie



# Déroulé d'un projet géothermie

## Les études

### Identification du projet et des besoins

Localisation

Type de bâtiment

Besoins estimés kW (CH+ECS)

Conso. annuelles estimées MWh (CH+ECS)

Bureau d'études fluide/thermique

### Evaluation de la ressource géothermique\*

GEOOTHERMIE SUR NAPPE

Débits envisageables

Profondeurs forages 10 à 25 m (à confirmer)

Contexte réglementaire GMI Zone verte (favorable) ou orange (à confirmer) ou rouge (défavorable)

Hydrogéologue et Bureau d'études fluide

*\* Nota : Les ressources géothermiques et leurs potentiels indiqués seront à préciser en phase études avec l'appui d'un bureau d'études hydro-géologue. Ces coûts sont extrêmement variables suivant le débit, la profondeur, la géologie et l'instrumentation.*

### Couts estimatifs et Aides financières

Etude de faisabilité : Prise en charge à 70 % par l'ADEME

Les aides Ademe ne seront délivrées que lorsque le bureau d'étude a une des qualifications OPQIBI 2013 et/ou 1007 :

2013: Ingénierie des installations de production utilisant l'énergies géothermique

1007: Etude des ressources géothermiques

Maitre d'ouvrage et ses conseils

Aides forfaitaires pour les installations de PAC produisant de la chaleur 25€ / MWh Enr (sur 20ans)

# Déroulé d'un projet géothermie

## Les travaux

- ✓ En local technique (pompe à chaleur, ballon tampon, auxiliaires, ...), dont asservissement et régulation : **chauffagiste / frigoriste** avec la certification Qualibat géothermie 5232/RGE
- ✓ En sous-sol, dont liaisons au bâtiment : **foreur/terrassier** avec la certification qualiforage/RGE délivrée par Qualit'ENR
- ✓ Dans le bâtiment (mise en place ou changement d'émetteurs) : **chauffagiste**



**Merci pour votre attention**

## Chapitre 3 : Exemple de réalisation

Le stade Groupama Stadium de  
l'Olympique Lyonnais

Stéphane JALON

Directeur Agence Commerciale Tertiaire  
Santé, DALKIA Rhône Alpes

# RAPPEL DU CONTEXTE & ENJEUX CLIENT

## Contexte

- **59 300** places
- **1<sup>er</sup> stade** en France financé par du privé (modèle anglo-saxon)
- **Stade 2.0**
- Réception de ce nouveau stade juste avant l'arrivée de **l'Euro 2016**
- **38** évènements match day / an à minima



## Enjeux Client

- **Fiabilité** d'exploitation
- **Coûts** maîtrisés & visibilité budgétaire
- **Performance énergétique**
- Insertion
- Développement **durable**

Démarrage début 2016 des prestations

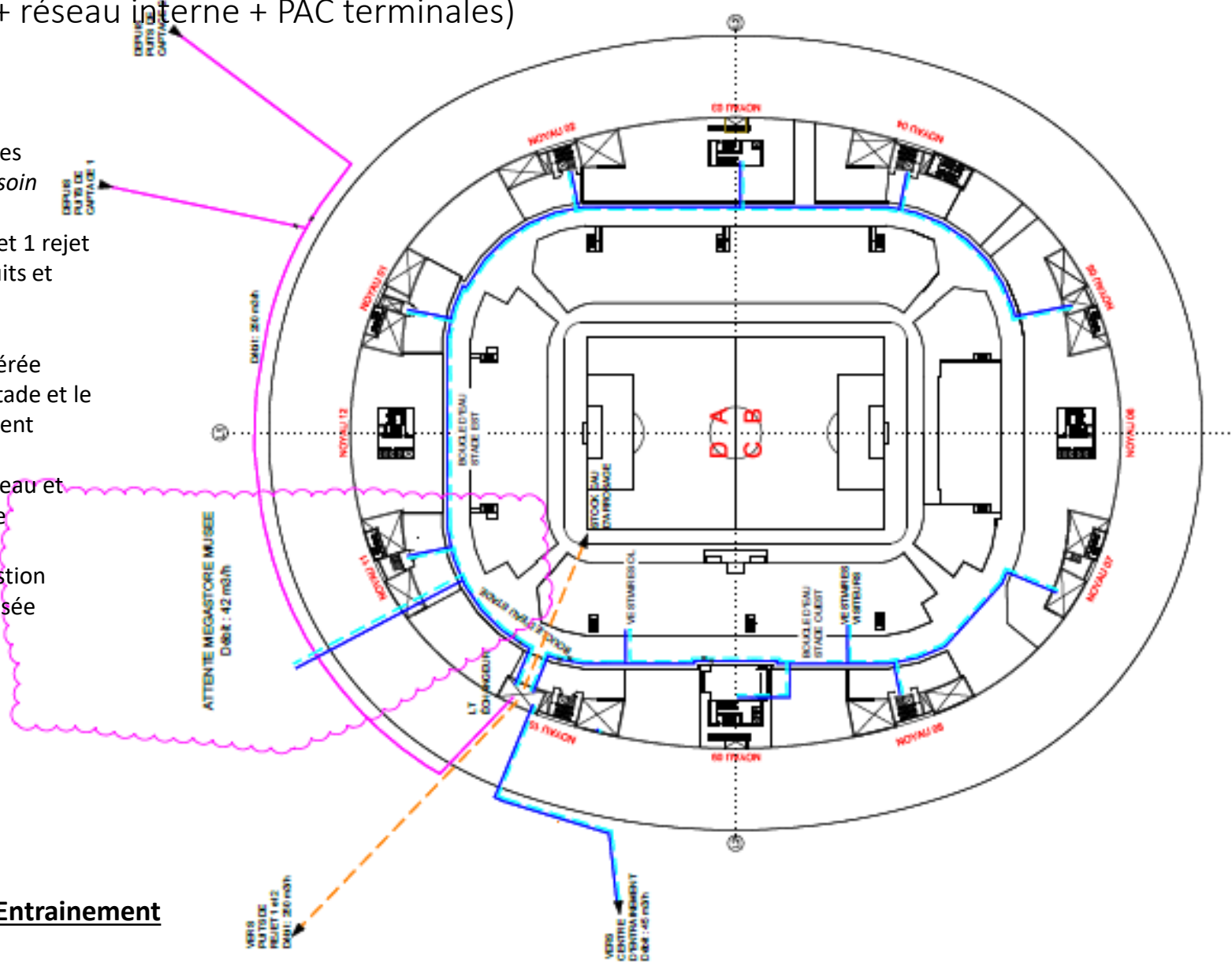
+ 16 mois avant : expertise pré-exploitation

## Visite des installations techniques



Le principe : Type d'installation : boucle d'eau tempérée via géothermie (thermofrigo-pompes sur nappe + réseau interne + PAC terminales)

- 3 thermorigopompes  
*Zoom besoin*
- 2 Puits de captage et 1 rejet avec pompes de puits et échangeurs
- Boucle d'eau tempérée commun entre le stade et le centre d'entraînement
- Gestion de loi sur l'eau et impact sur la nappe
- Maintenance et gestion énergétique optimisée



Et connexion Centre Entraînement



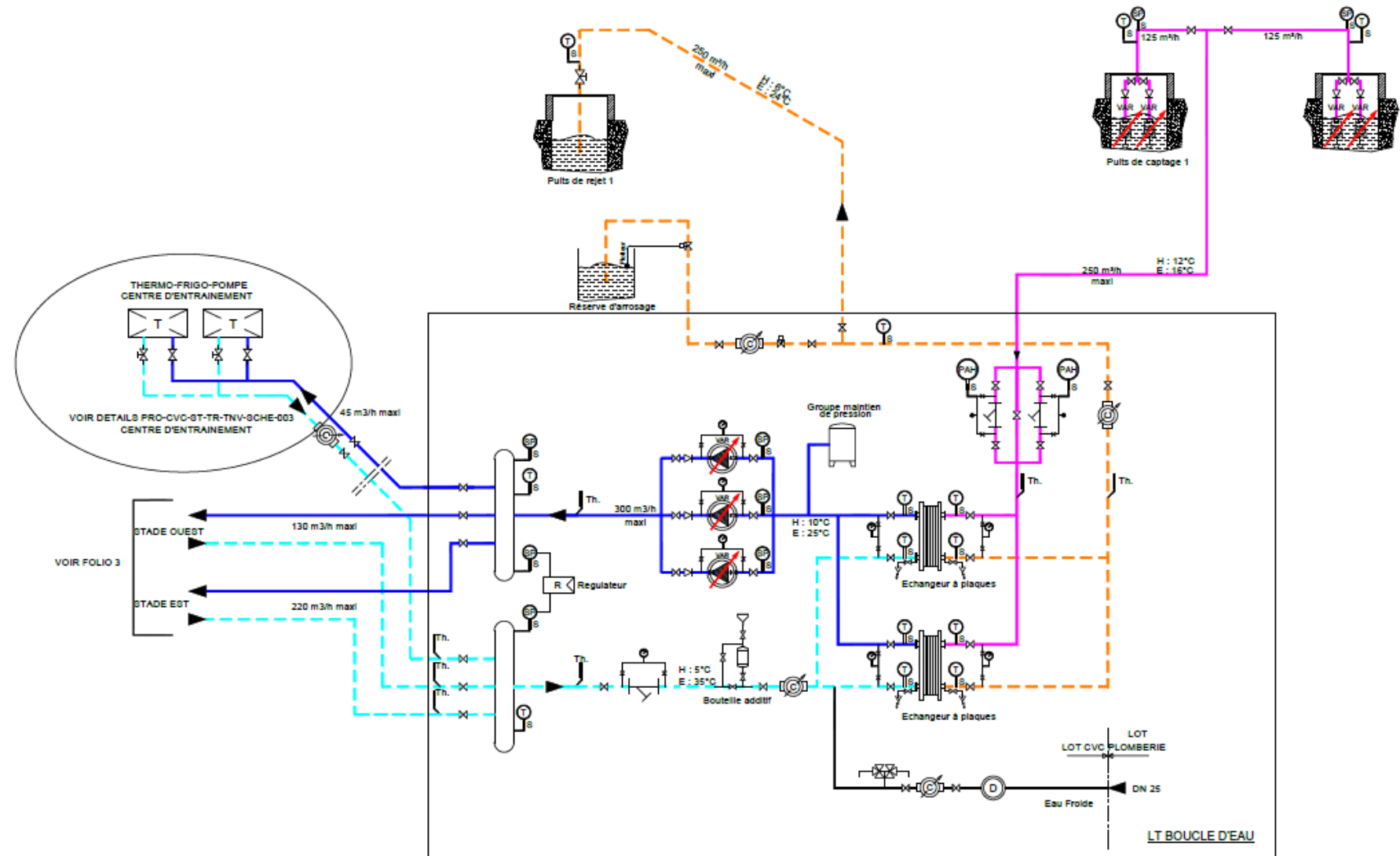
| ION | LOCALISATION  | NOMENCLATURE  |
|-----|---------------|---------------|
| 3   | CVC ST TZ TNV | SCHE 0001 E03 |

Echelle : sans  
Date du document : 29/02/2012



PRINCIPE DE DISTRIBUTION :  
EAU DE NAPPE  
BOUCLE D'EAU

# Le plan hydraulique :





- Des conso énergétiques optimisées
- Du confort garanti pour l'occupant
- Séquencement de démarrages et d'arrêt en fonction des événements
  
- Les principales caractéristiques des puits de prélèvement sont :
  - Type : Forage dans la nappe de l'Est Lyonnais.
  - Nombre d'ouvrages : Profondeur totale : 21 m
  - Débit horaire nominal par pompe : 125 m<sup>3</sup> /h (réel de 30 à 100 m<sup>3</sup>/h)
  - Débit autorisé : 250 m<sup>3</sup>/h au total maximum

# Quel contrat d'exploitation ?

## Contrat très global intégrant :

- les installations multitechniques  
**dont la géothermie et sa boucle d'eau tempérée**
- le second œuvre et aménagements
- le bâti et les voiries
- les présences en match day

## Portant sur :

- La maintenance (P2)
- Le gros entretien et renouvellement (P3)
- Et la performance énergétique

*= +- TOUT sauf gardiennage, nettoyage, wifi, cashless, sonorisation, audiovisuel*

## GROUPAMA STADIUM



**GREENPILOT  
PERFORMANCE ++**

# Expertise au jour le jour

## Nos missions :

- Organisation flexible / évènements
- Internalisation maximale
- Présence tous les jours (ERP)
- Savoir faire dans le pilotage global + expertises fortes en :

### Centre de Services électriques



### Spécialistes bâtiment



### Pôle électrique

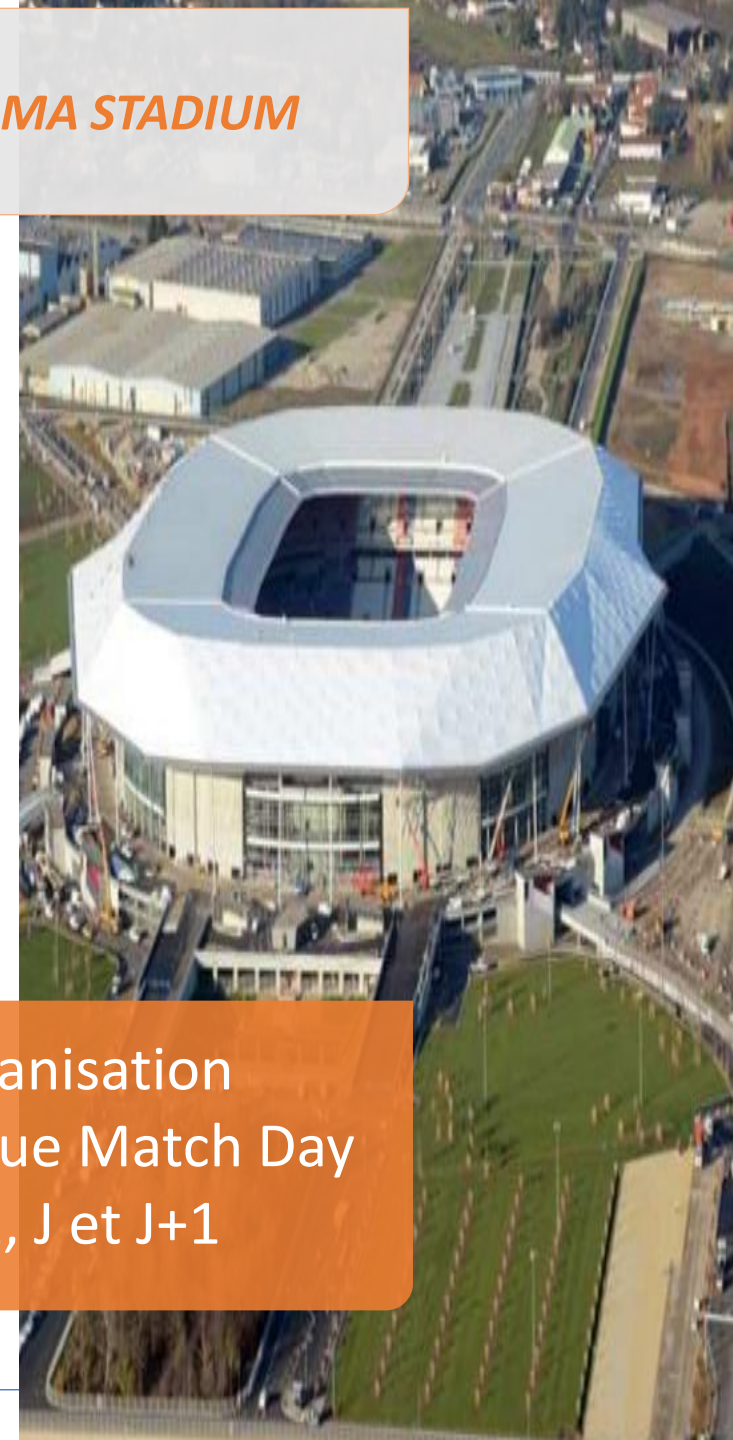


### Secteur froid



*GROUPAMA STADIUM*

Organisation  
spécifique Match Day  
J-1, J et J+1



# Expertises en amont pour garantir les performances

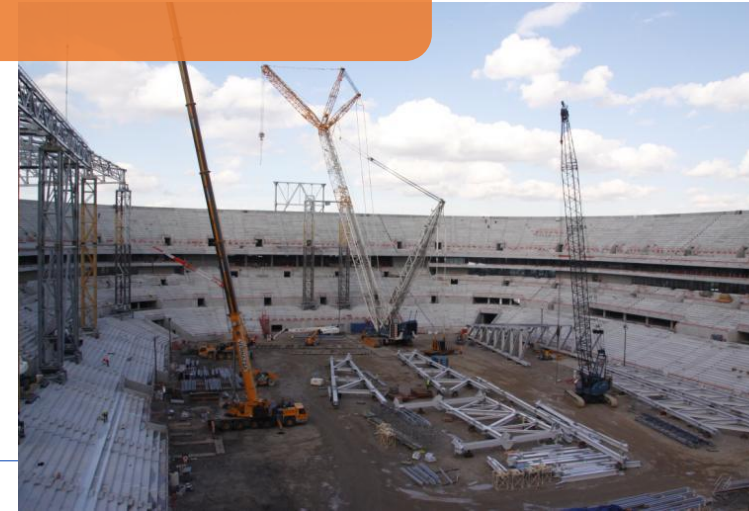
## Nos missions :

- Contribution aux **études EXE** et **suivi de chantier**
- Participation à la **définition des OPR** et des **tests de marche à blanc**
- **Assistance client** aux OPR
- Mise en place de notre exploitation (**outils, GMAO ...**) pour être **100% prêt au démarrage**
- Mise en place du **DEM** (dossier d'exploitation maintenance)
- Une équipe de **4 personnes** dont **un chef de site en phase M0**

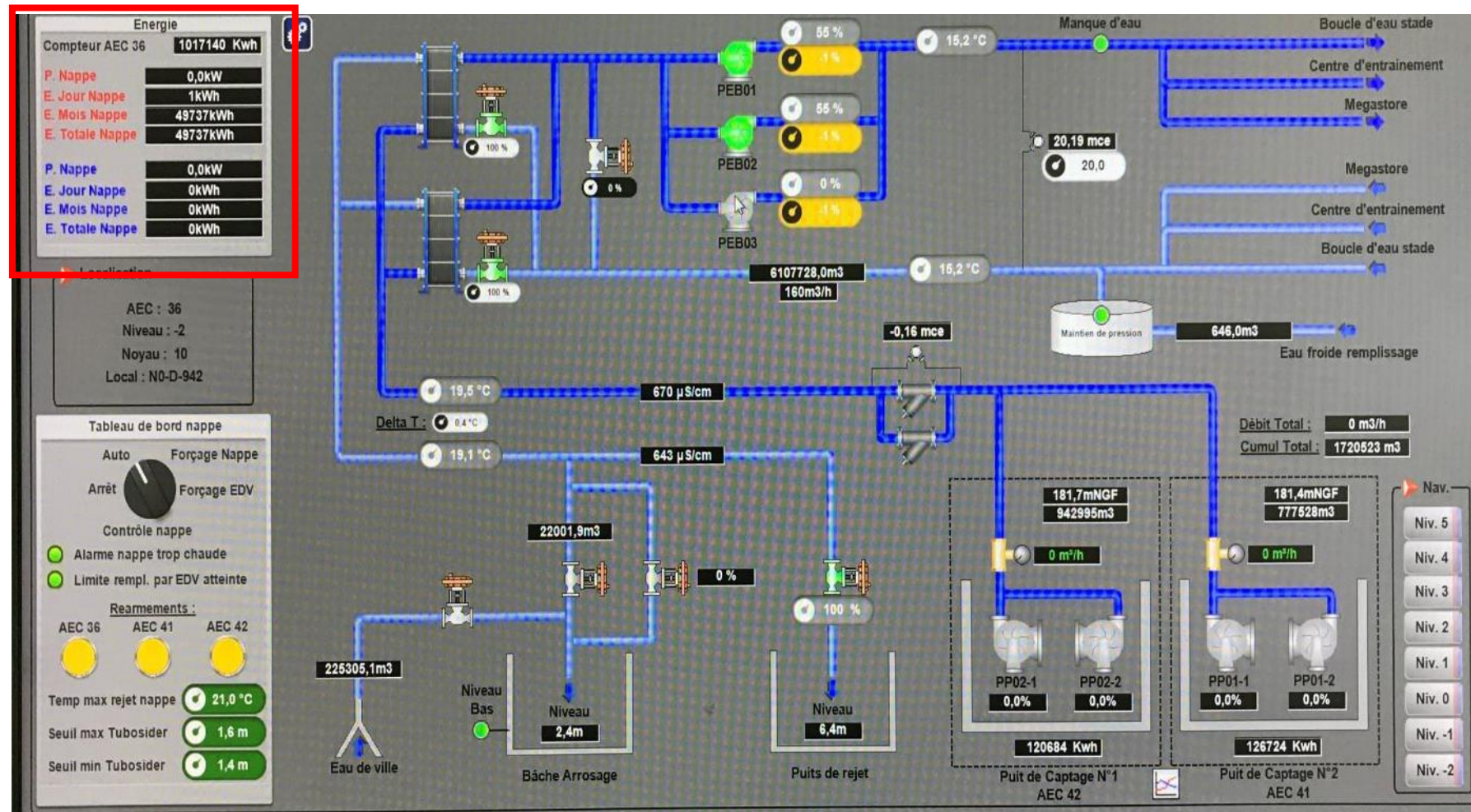
GROUPAMA STADIUM



16 MOIS  
DE PHASE M0



## Synoptique gestion géothermie stade



Surveillance T° rejet

Loi sur l'eau : respect de  $15^\circ + 8$  (delta maxi) => réglé /  $22^\circ$  (maxi  $25^\circ$  rejet)

=> beaucoup d'automatismes & des modifications et optimisations faites par DALKIA !



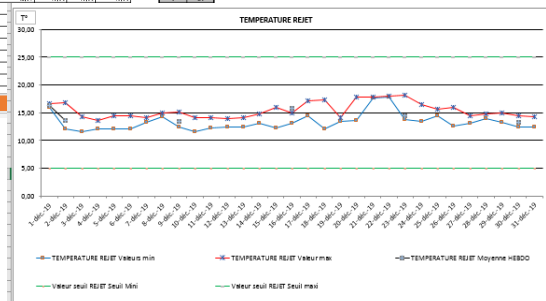
La conduite énergétique au quotidien est un challenge de tous les jours

# LOI SUR L'EAU

## REPORTING MENSUEL GEOthermie

## ANALYSE FONCTIONNELLE BOUCLE D'EAU

| DATE      | TEMPERATURE PRELEVEM |       |               | TEMPERATURE REJET |       |               |       |       |               | Seuil |     |    |
|-----------|----------------------|-------|---------------|-------------------|-------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-----|----|
|           | min                  | max   | Moyenne HEBDO | min               | max   | Moyenne HEBDO | min   | max   | Moyenne HEBDO | Min   | Max |    |
| 1-déc-19  | 8,71                 | 9,31  | 9,04          | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 2-déc-19  | 14,94                | 15,93 |               | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 3-déc-19  | 14,83                | 15,33 |               | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 4-déc-19  | 14,83                | 15,02 |               | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 5-déc-19  | 14,88                | 15,15 |               | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 6-déc-19  | 14,78                | 15,12 |               | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 7-déc-19  | 15,06                | 15,25 |               | 12,50             | 15,54 | 15,96         | 14,67 | 16,69 | 16,24         | 5     | 25  |    |
| 8-déc-19  | 15,18                | 15,15 | 15,17         | 14,33             | 14,24 | 14,29         | 14,37 | 14,38 | 14,39         | 13,63 | 5   | 25 |
| 9-déc-19  | 15,06                | 15,19 |               | 13,22             | 12,42 | 12,90         | 13,30 | 13,30 | 13,30         | 5     | 25  |    |
| 10-déc-19 | 14,95                | 15,05 |               | 12,25             | 12,05 | 12,15         | 12,10 | 12,10 | 12,10         | 5     | 25  |    |
| 11-déc-19 | 14,57                | 15,10 |               | 12,25             | 12,23 | 12,60         | 12,72 | 14,34 | 13,32         | 5     | 25  |    |
| 12-déc-19 | 15,00                | 15,28 |               | 12,09             | 12,25 | 12,67         | 13,03 | 13,09 | 13,09         | 5     | 25  |    |
| 13-déc-19 | 15,00                | 15,22 |               | 13,30             | 12,46 |               |       |       |               |       |     |    |
| 14-déc-19 | 15,10                | 15,20 |               | 13,04             | 13,12 |               |       |       |               |       |     |    |
| 15-déc-19 | 14,99                | 15,65 | 15,36         | 12,54             | 12,23 |               |       |       |               |       |     |    |
| 16-déc-19 | 15,11                | 15,26 |               | 13,62             | 13,07 |               |       |       |               |       |     |    |
| 17-déc-19 | 15,10                | 17,79 |               | 14,20             | 14,42 |               |       |       |               |       |     |    |
| 18-déc-19 | 15,00                | 15,29 |               | 14,00             | 12,12 |               |       |       |               |       |     |    |
| 19-déc-19 | 15,15                | 15,52 |               | 13,52             | 13,24 |               |       |       |               |       |     |    |



- CAPTAGE
- CONDUCTIVITE
- DEBIT
- TEMPERATURE
- POMPES VOLUME /HEURES
- FCT

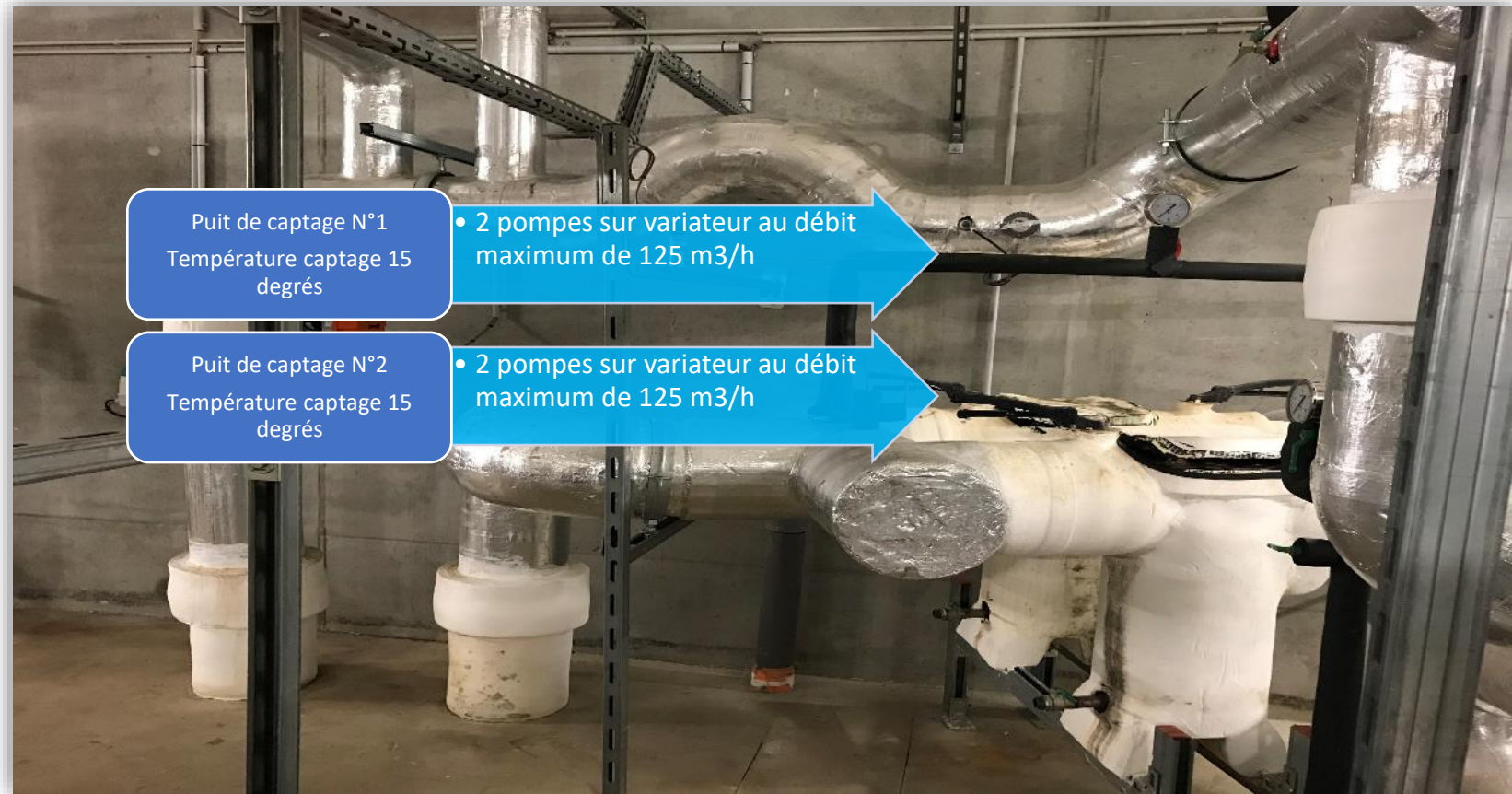
### En hiver :

- La boucle d'eau se régule entre 10 et 15°C (mode évacuation des frigories).

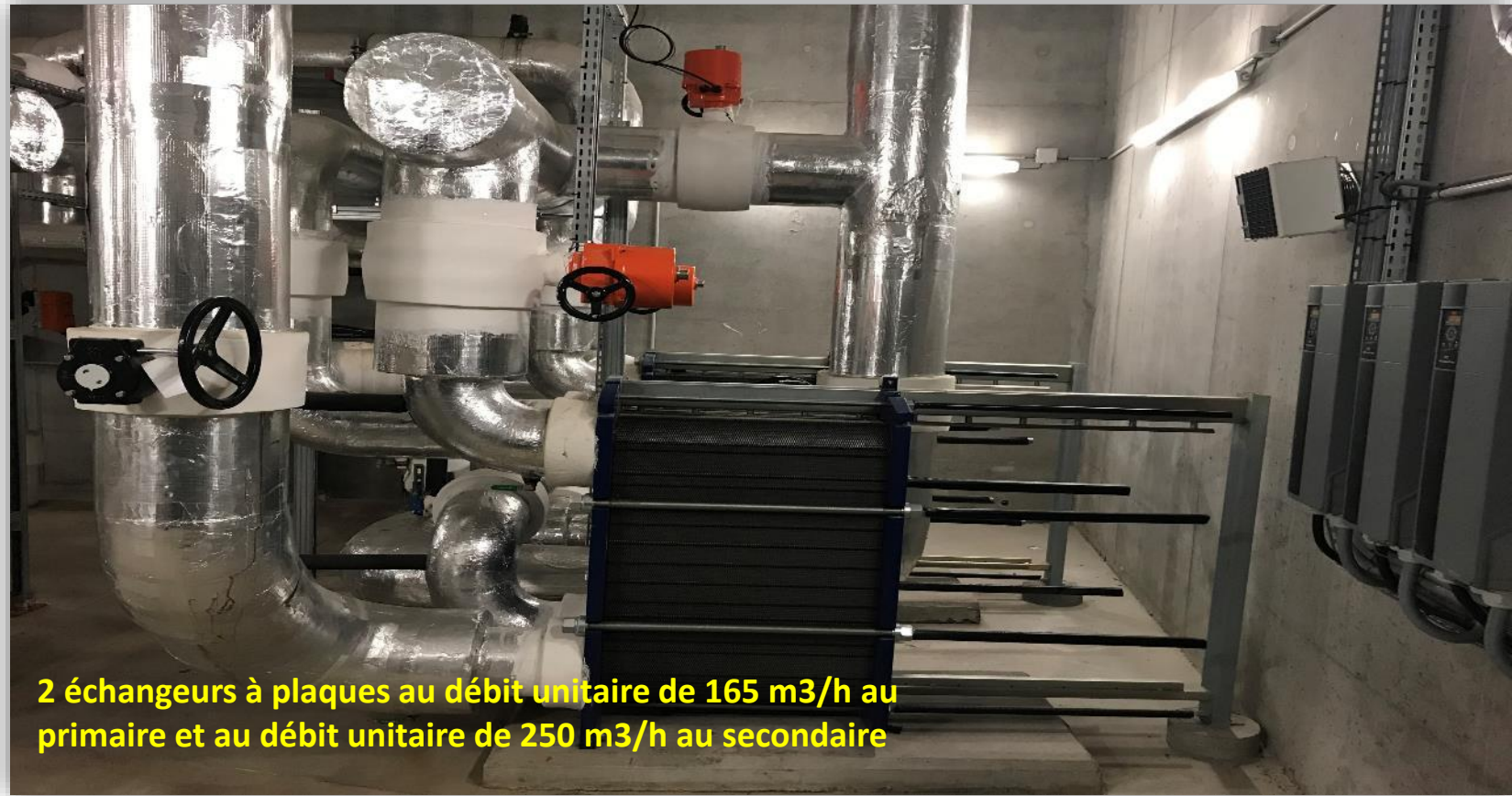
### En été :

- La boucle d'eau se régule entre 25 et 28°C (mode évacuation des calories).
- Une limite de deltaT de 8°C est paramétrée dans l'automate pour éviter que la température de rejet ne dépasser les 25°C.
- Si le delta est supérieure à 8°C alors le débit des pompes augmente afin de le réduire.
- Une fois le débit maxi des deux pompes atteint (et un deltaT toujours supérieur à 8°C), alors les vannes de bypass échangeur se ferment progressivement afin de diminuer la puissance échangée.

# Arrivée du puit de captage



# Echangeurs puits / réseaux tempérés



2 échangeurs à plaques au débit unitaire de 165 m<sup>3</sup>/h au primaire et au débit unitaire de 250 m<sup>3</sup>/h au secondaire



# Pompes boucle réseau eau tempérée



# Quelles spécificités de maintenance / suivi ?

- Qualité d'eau du réseau
  - Contrôle des sondes + dernièrement audit Sondalp pour contrôler les niveaux
  - Contrôle des 3 Piezo trimestriellement (niveau, T°, ...)
  - Suivi du Cop moyen chaud et Froid
  - Suivi de la loi d'eau en continu +> renvoi des enregistrements au client et à l'organisme de contrôle
  - Bien faire sa maintenance des pompes
-

# Merci de votre attention !

## Contacts AURA-EE

Nicolas PICOU, chargé de mission ENR thermiques  
06 99 92 94 33 / nicolas.picou@auvergnerhonealpes-ee.fr

Noémie ZAMBEAUX, chargé de mission ENR et Bâtiment  
06 11 79 47 82 / noemie.zambeaux@auvergnerhonealpes-ee.fr

## Contact TENERRDIS

Géraldine CARPENTIER, chargé d'innovation  
06 88 25 04 49 / geraldine.carpentier@tenerrdis.fr

