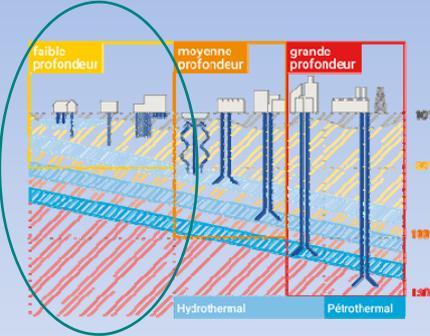




UEE
Urban & Environmental Engineering

La Géothermie: une opportunité énergétique





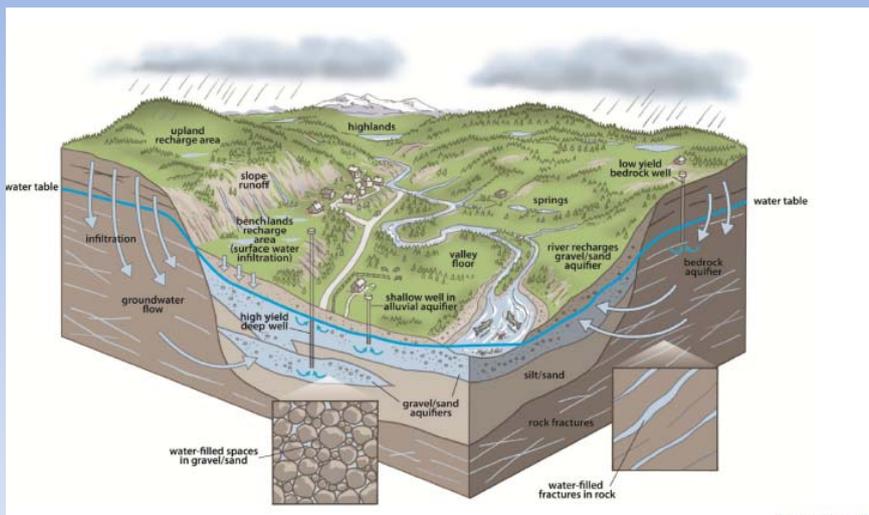
A. Dassargues



Hub Créatif Verviers 15/11/2022

1

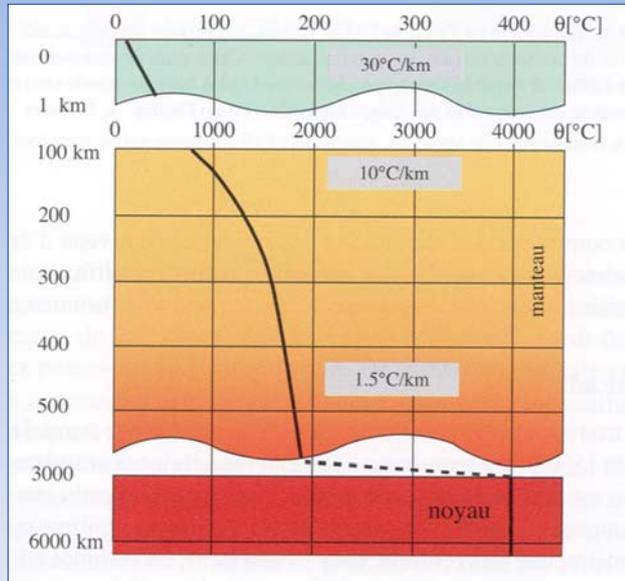
Utiliser le sous-sol pour exploiter/stocker de la chaleur ?



aquifères = formations géologiques perméables

2

Gradient géothermique



... environ
3° / 100 m
(hors anomalie)

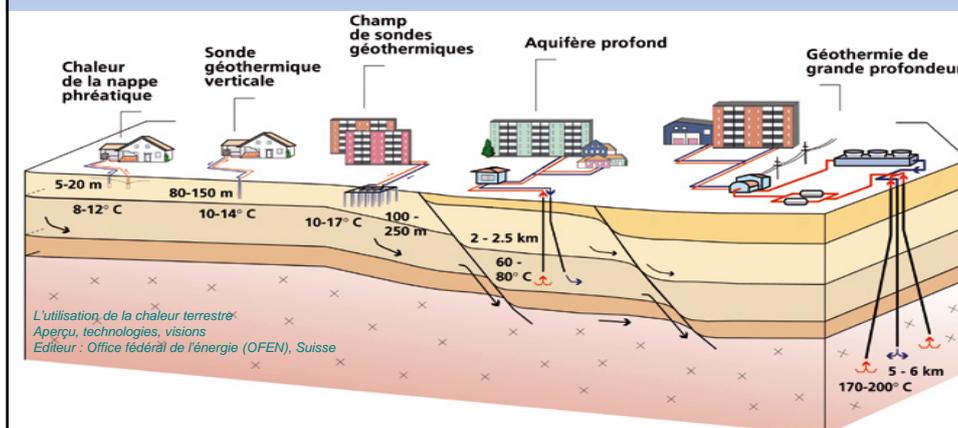
... en plus de la t°
moyenne annuelle
du lieu

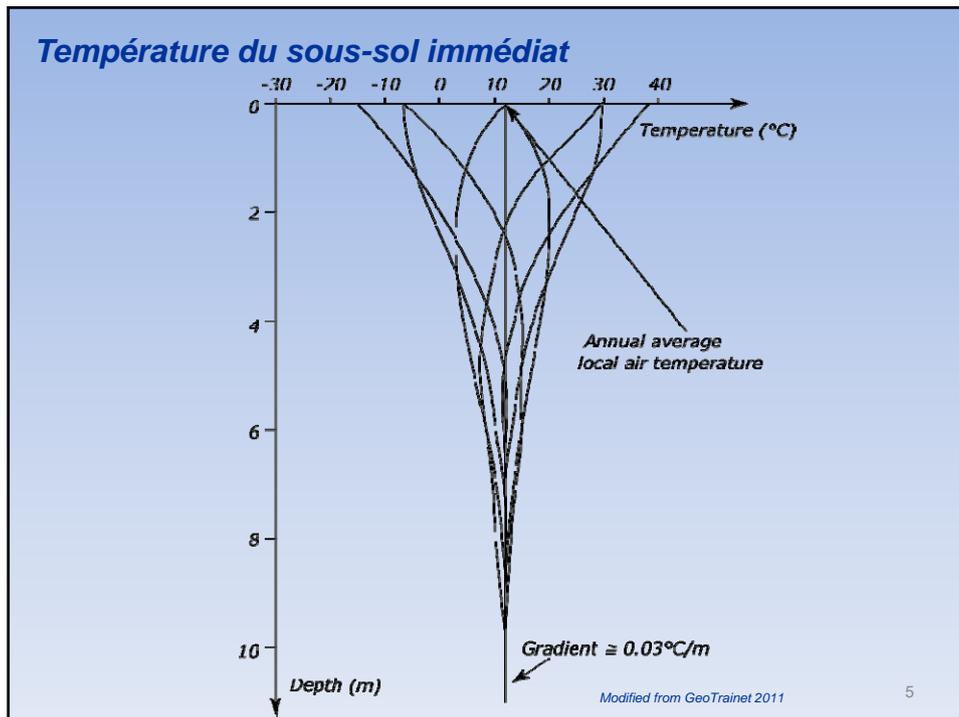
Exemple:
chez nous on peut
espérer 27° à 500
m (12° + 15°)

3

Différents types de géothermie

- faible profondeur forages + pompages
- qq dizaines de mètres, circuits fermés en forage
- d'anciennes mines noyées
- ... et géothermie profonde, et très profonde



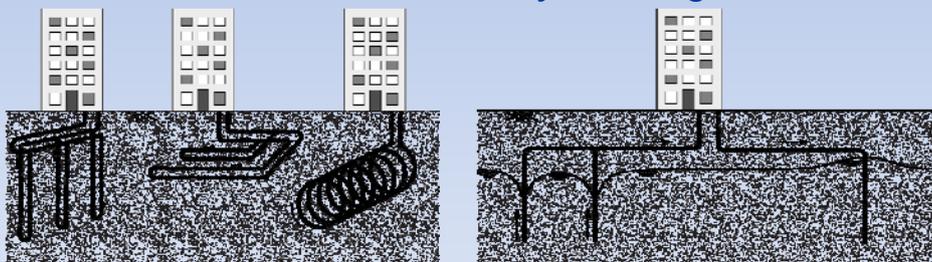


Systèmes de basse température

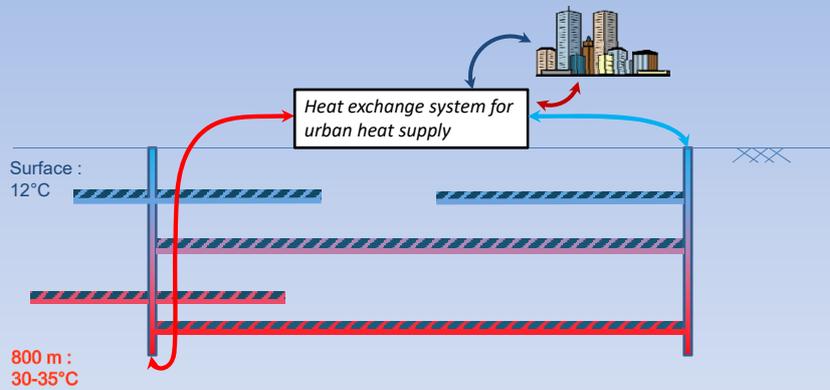
- avec pompes à chaleur
- circuits 'ouverts' ou circuits fermés

Il faut étudier et quantifier :

- les impacts sur le milieu
- l'efficacité (rendements) du système à court, moyen et long termes



Systèmes de basse température circuits 'ouverts' dans d'anciennes mines

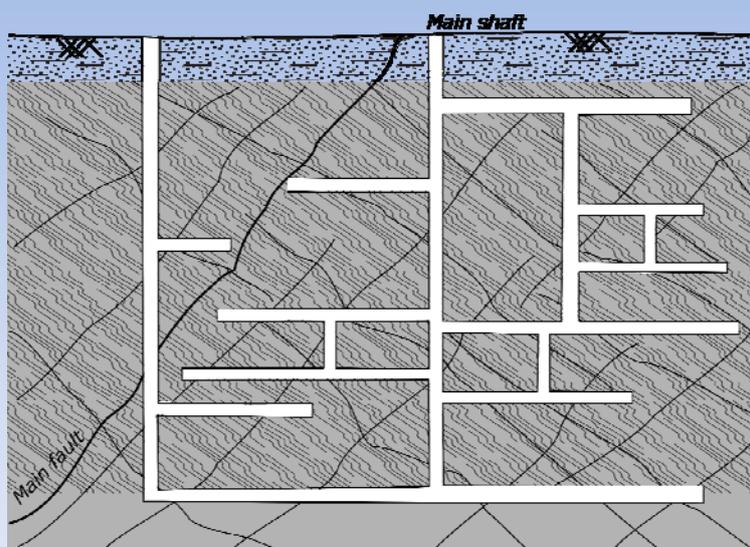


Difficultés

- géométrie complexe du sous-sol et des anciennes exploitations
- court-circuit possible entre point de pompage et réinjection

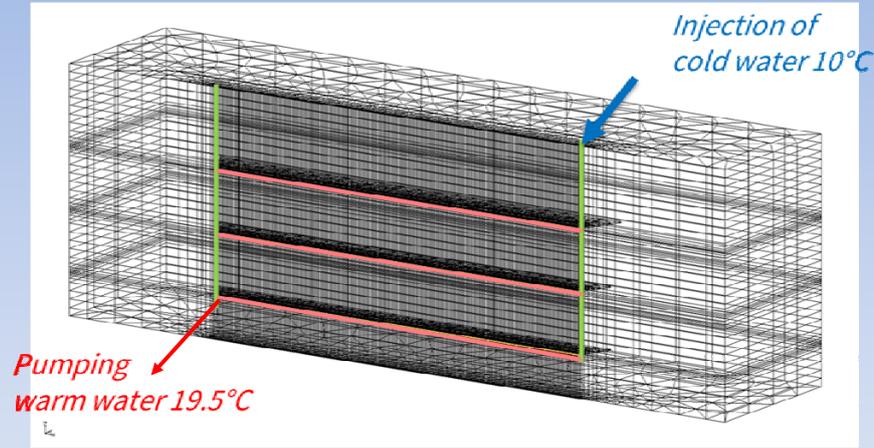
7

Systèmes de basse température circuits 'ouverts' dans d'anciennes mines



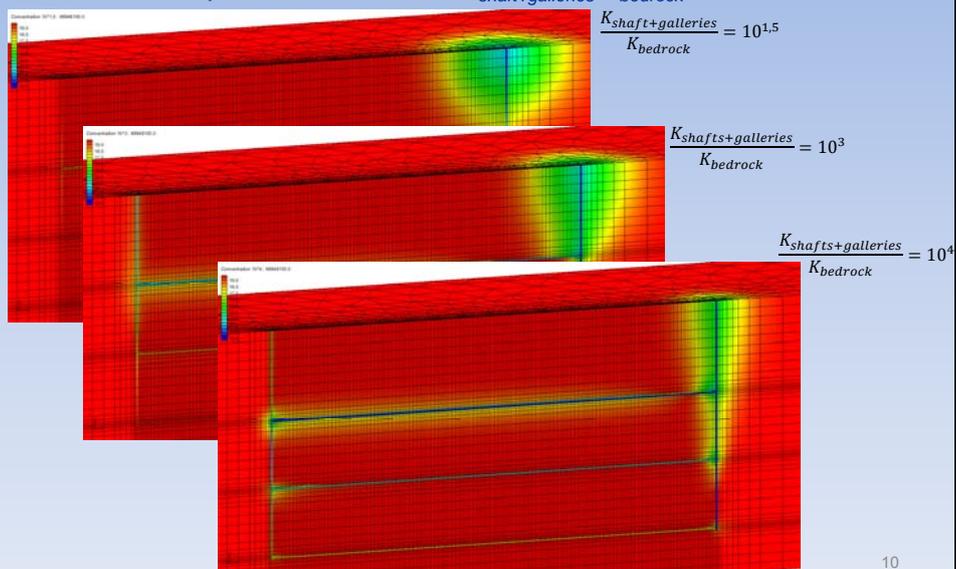
8

Systèmes de basse température
circuits 'ouverts' dans d'anciennes mines



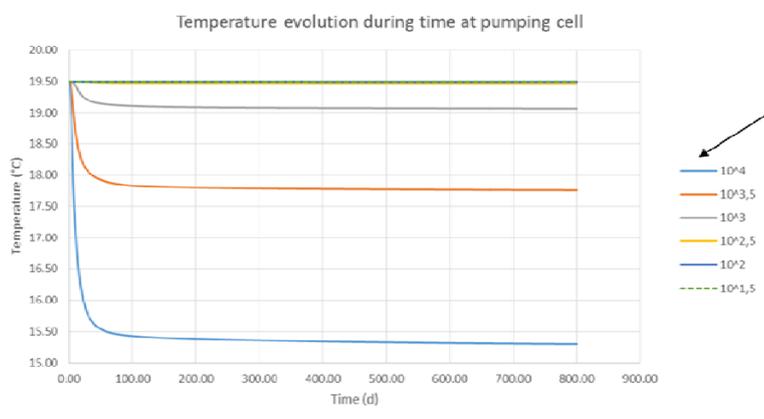
9

Systèmes de basse température
 'heat short circuit' **circuits 'ouverts' dans d'anciennes mines**
 simulations pour différents ratios $K_{shaft+galleries}/K_{bedrock}$



10

Systèmes de basse température circuits 'ouverts' dans d'anciennes mines



Contrasts of conductivity:

$$\frac{K_{shaft+galleries}}{K_{bedrock}}$$

- éviter les puits de grands diamètres non comblés
- à coupler à un réseau de chaleur de 4^{ème} ou 5^{ème} génération

11

Circuits 'ouverts' ou circuits 'fermés' ?

Critères de décision

- coût d'installation
- conditions du sous-sol
- impacts
- rendements

Coûts d'installation:

coûts circuits fermés > coûts circuits ouverts
sûrement pour puissances > 100 kW

Conditions du sous-sol:

conductivité hydraulique pour circuits ouverts

Impact: à étudier cas par cas

Rendement: à étudier cas par cas

12

Circuits 'ouverts' ou circuits 'fermés' ?

Pour circuit ouvert

$$\text{Puissance: } P = \frac{Q \cdot \Delta T \cdot c_{\text{water}}}{\left(1 - \frac{1}{\text{COP}}\right)} \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \text{°C} \cdot \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \text{°C}} \right]$$

Pour circuit fermé

Puissance: système vertical : 40 à 60 W/m,
système horizontal: 24 W/m²

+ interactions éventuelles entre sondes

13

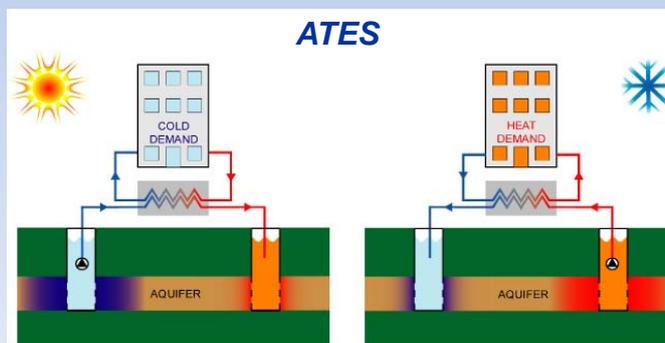
Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?

➔ Injection et pompage (système ouvert)

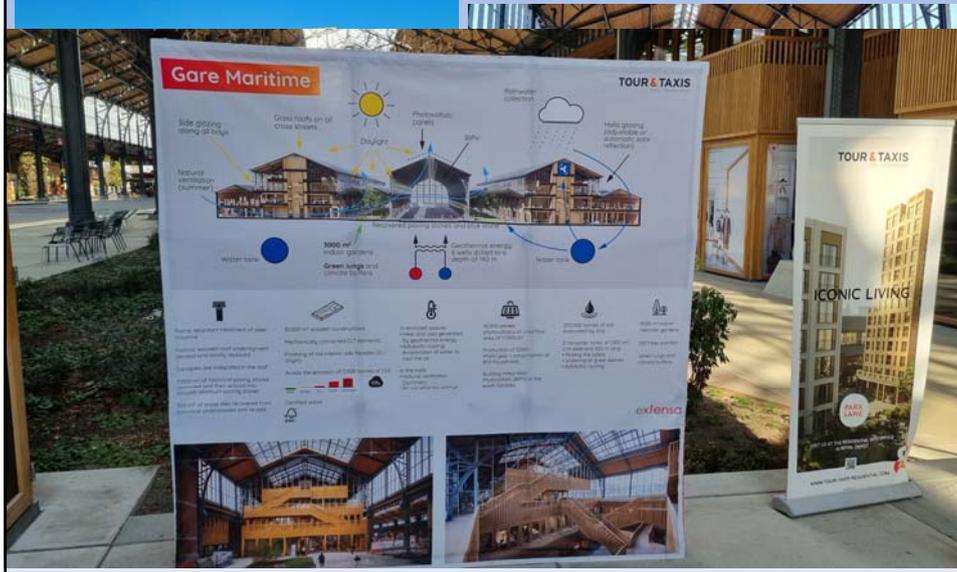
Les potentialités sont en principe grandes ...

... mais à vérifier en pratique

- jouer sur l'alternance saisonnière (geothermie + geocooling)
- espérer que la migration de chaleur au sein du sous-sol soit faible
- étudier les impacts
- étudier les rendements



Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?
 → efficacité et impact sont très liés : optimisation nécessaire

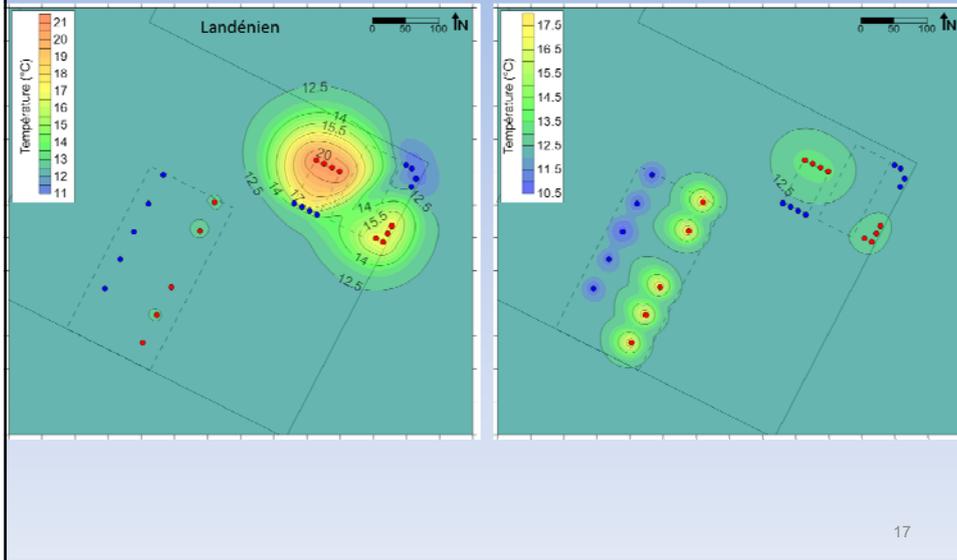


Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?
 → Efficacité et impact sont très liés : optimisation nécessaire



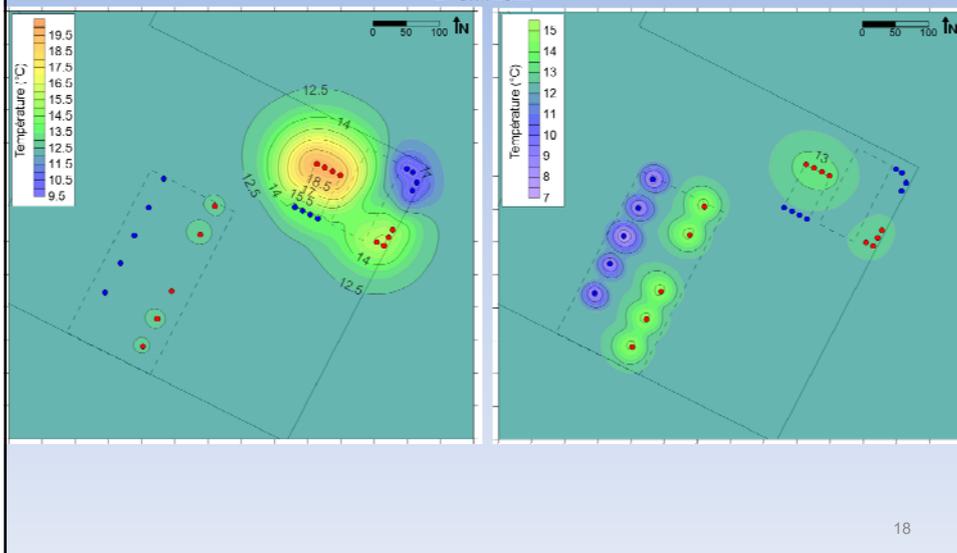
Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?
 → **Efficacité et impact sont très liés : optimisation nécessaire**

1^{er} octobre 2021

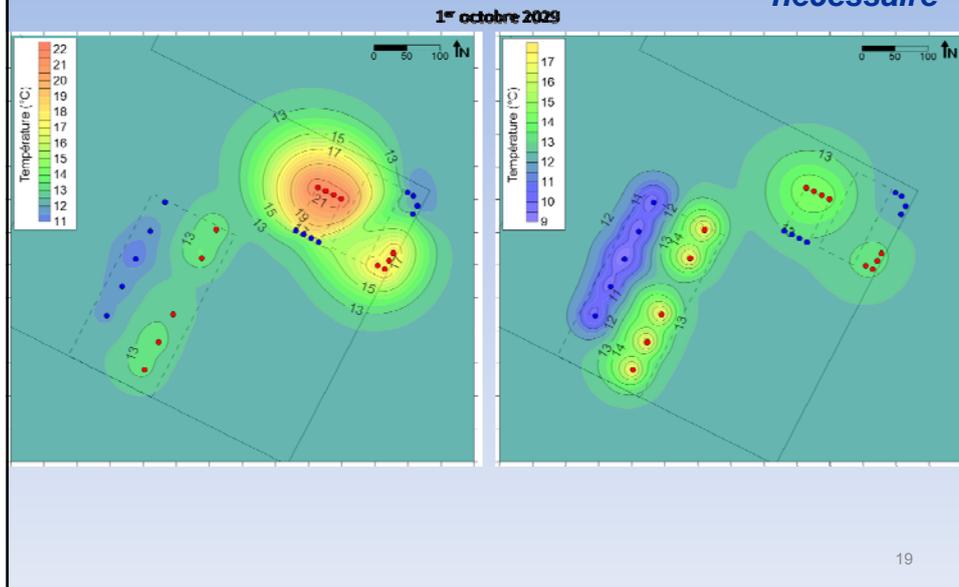


Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?
 → **Efficacité et impact sont très liés : optimisation nécessaire**

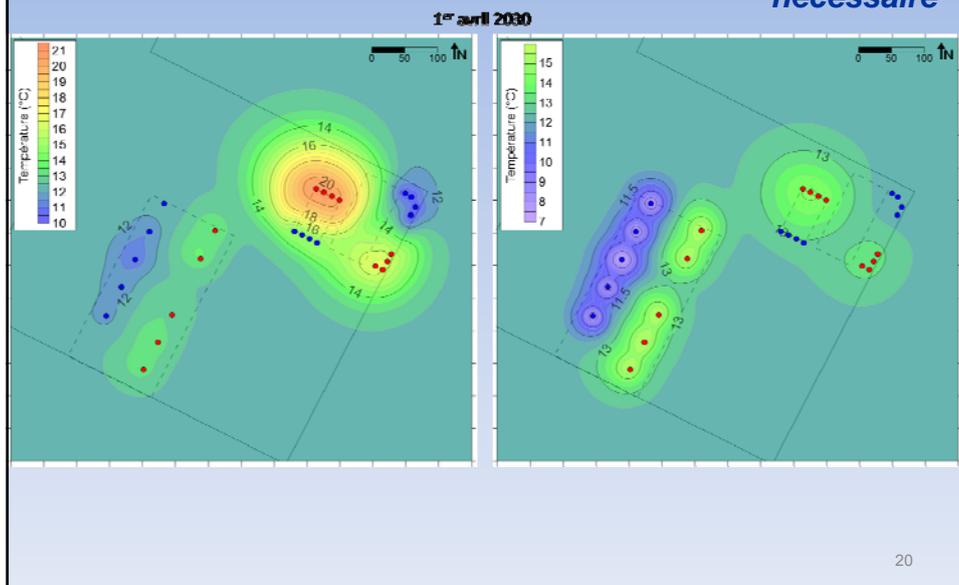
1^{er} avril 2022

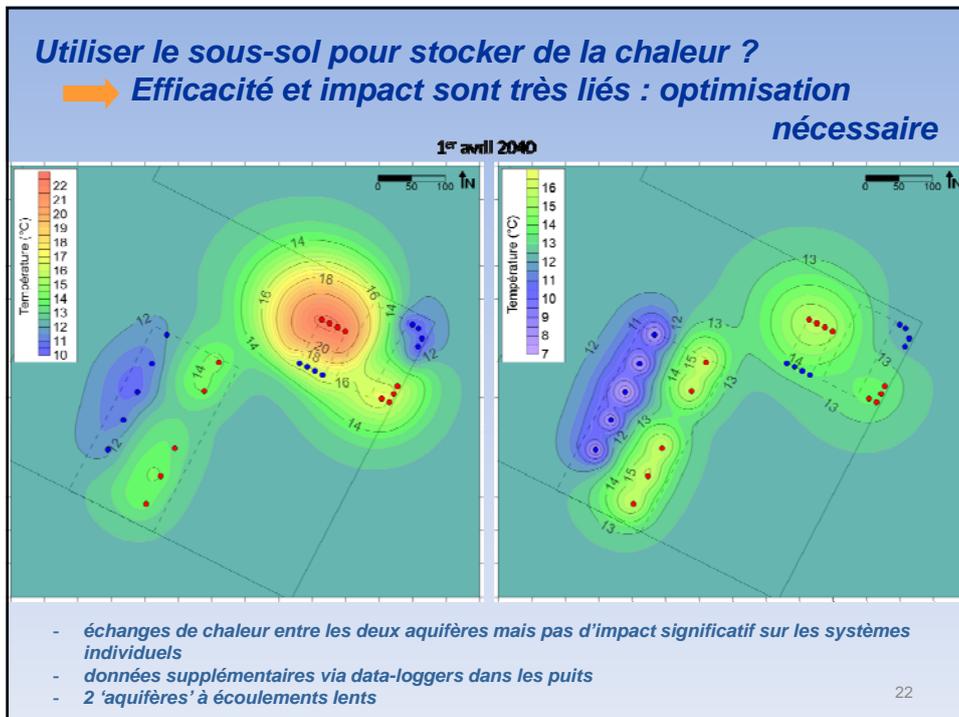
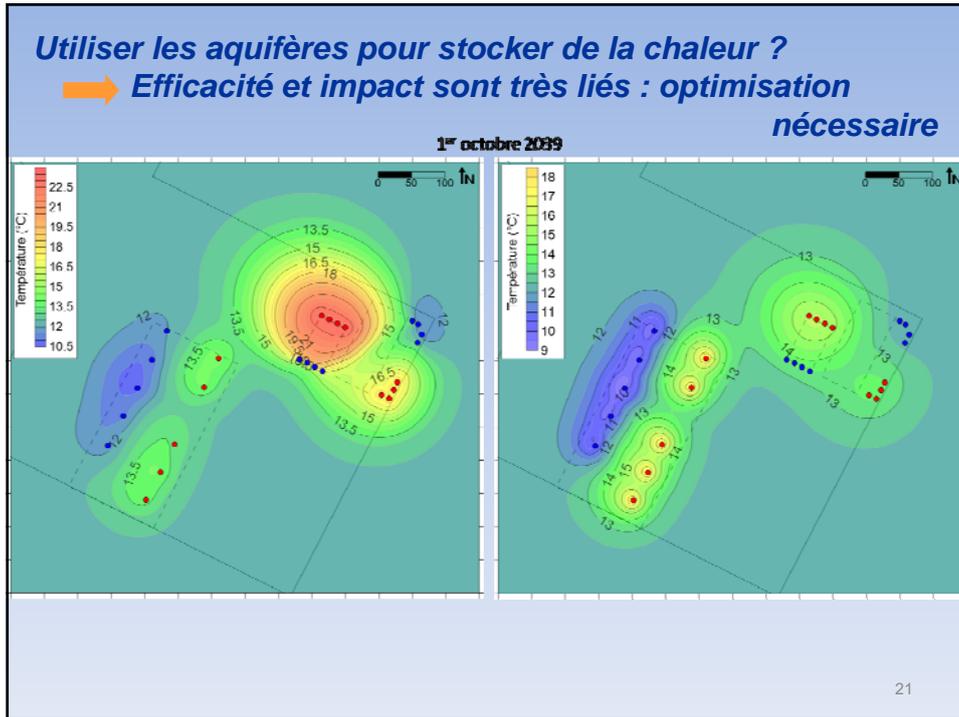


Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?
→ **Efficacité et impact sont très liés : optimisation nécessaire**



Utiliser les aquifères pour stocker de la chaleur ?
→ **Efficacité et impact sont très liés : optimisation nécessaire**

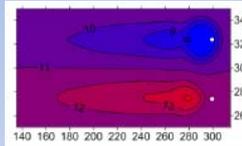




Impact/efficacité

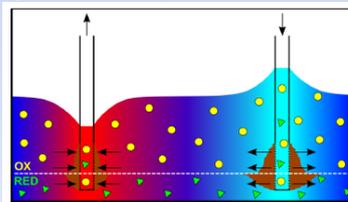
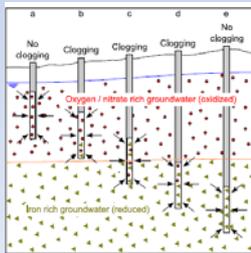
Aspects hydrodynamiques

- trouver les endroits où le compromis entre valeur de K et gradient hydraulique est acceptable pour inverser les puits à la saison suivante avec un maximum de rendement et un minimum d'impact sur les environs



Aspects hydrochimiques

- transport réactif accentué par les changements de température favorisant corrosion ou précipitations/clogging notamment près du puits de réinjection

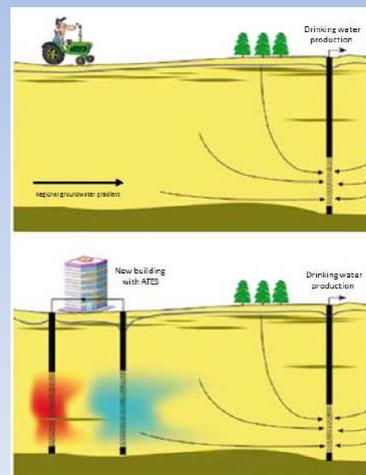


23

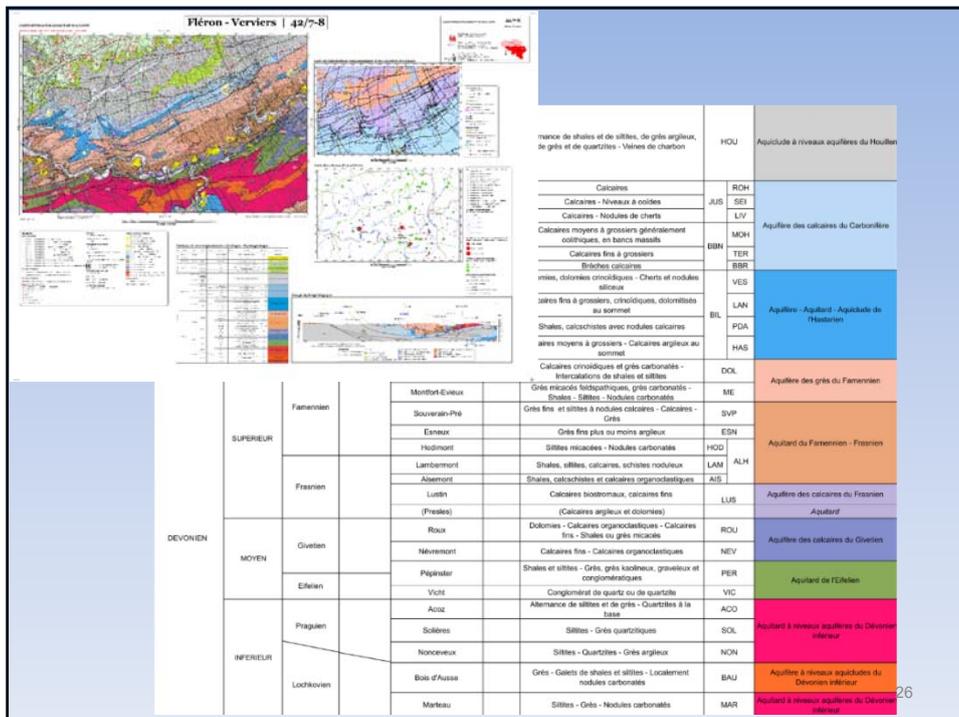
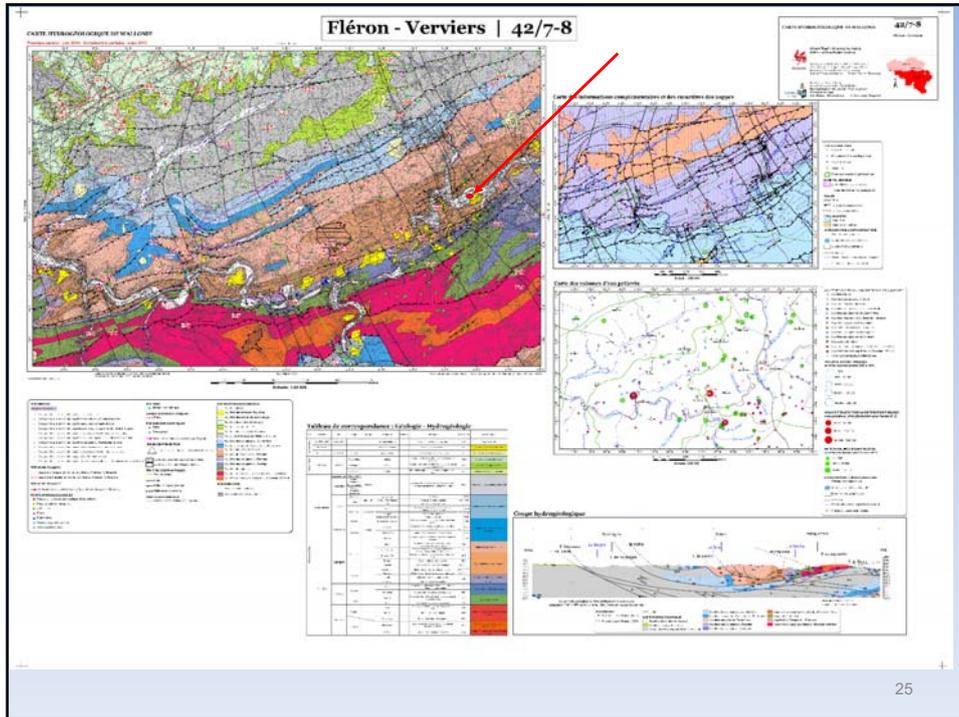
Beaucoup de réponses attendues de la phase d'étude et de caractérisation

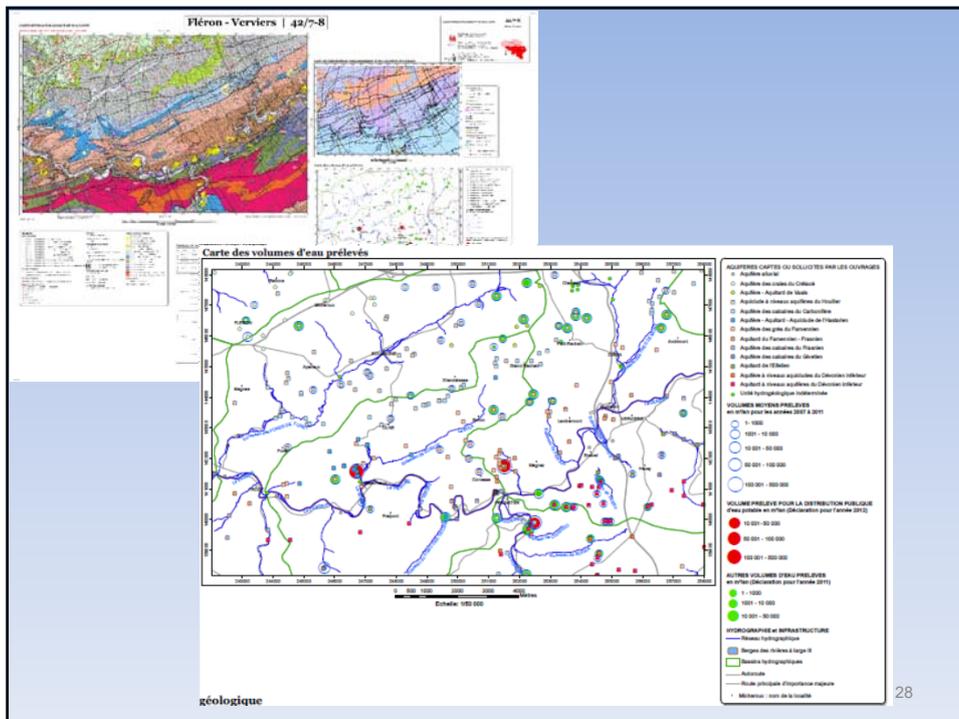
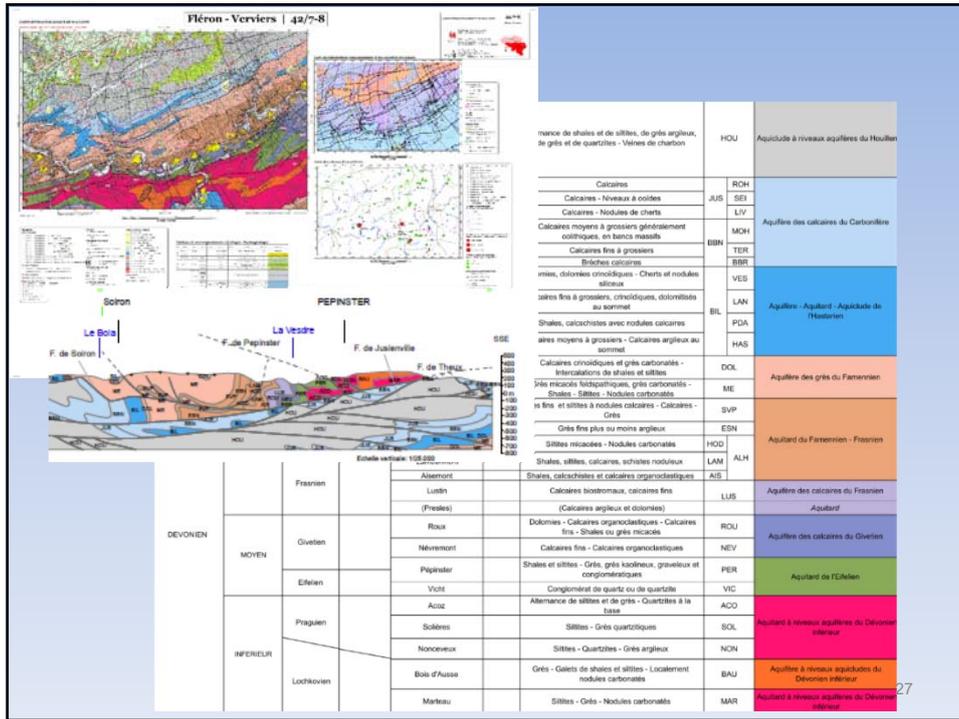
... nécessaires également pour le 'permitting'

- vérifier circonstances hydrogéologiques
- calculer rigoureusement les rabattements induits et remontées
- calculer rigoureusement les impacts potentiels au niveau la quantité et de la qualité des eaux souterraines
- appréhender l'hétérogénéité réelle et incertaine du site, et son influence potentielle sur les rendements et impacts
- calculer les rendements à long terme avec d'éventuels changements redox



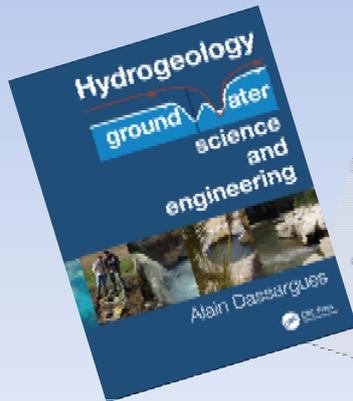
24





Spécifiquement en RW, il faut une

- **meilleure prise en compte des conditions du sous-sol par les acteurs**
- **meilleure prise en compte des spécificités d'un pompage pour des applications géothermiques par les autorités (administration)**



Merci !