



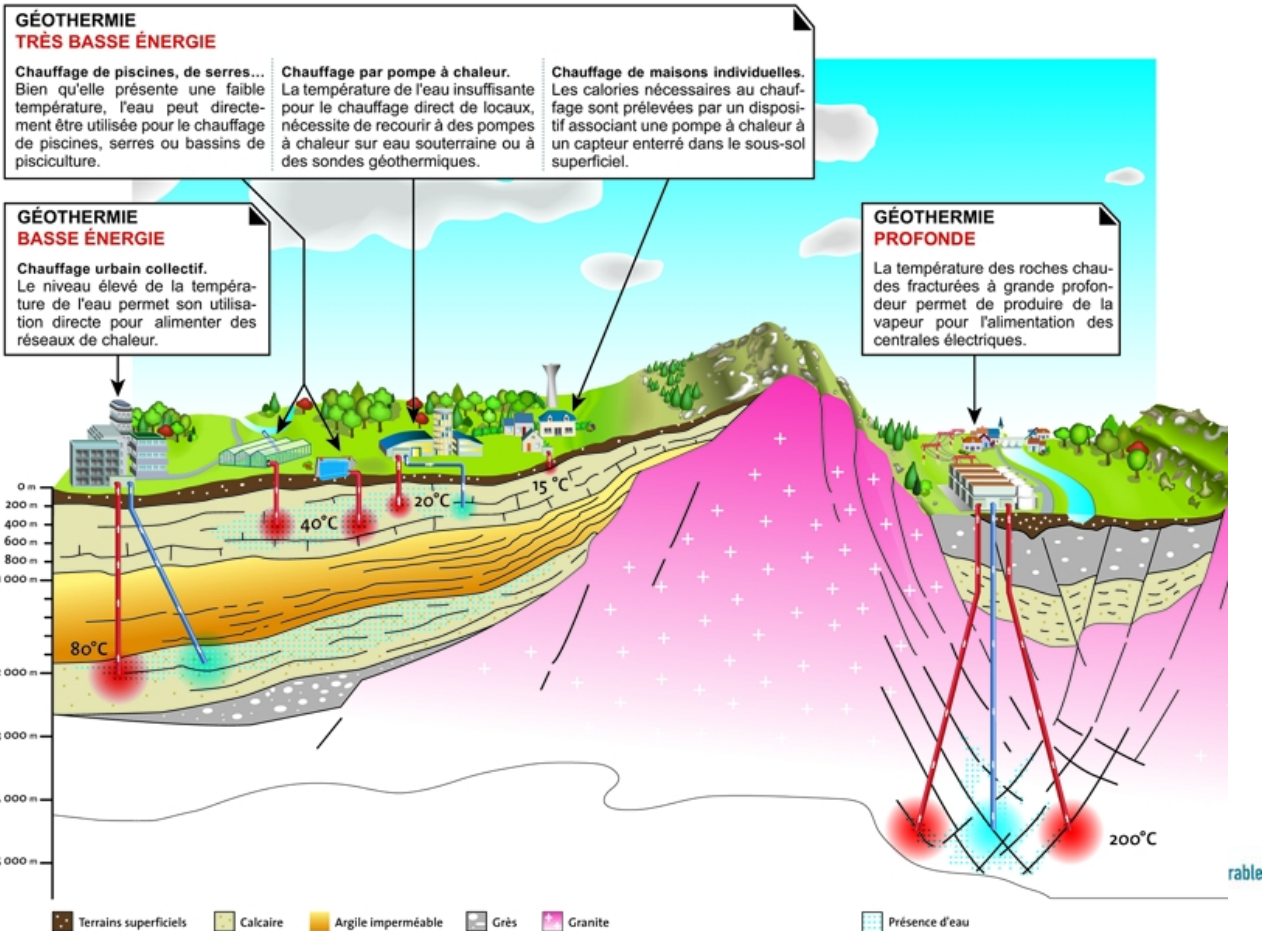
Pompes à chaleur géothermiques sur aquifère : quels enjeux environnementaux?

Atelier technique ALE, 7 juillet 2009

R. Chartier

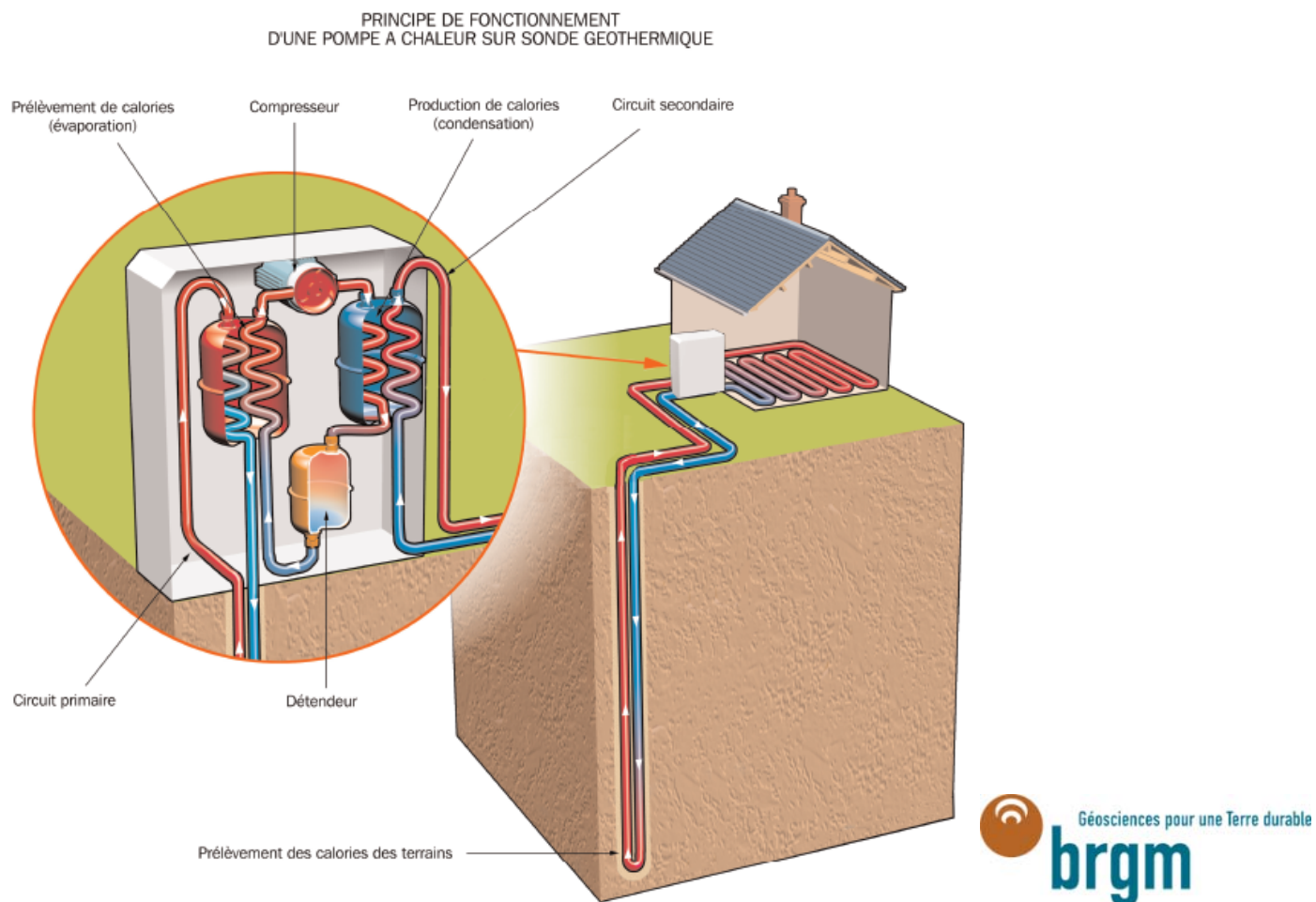
Géothermie

> Principes



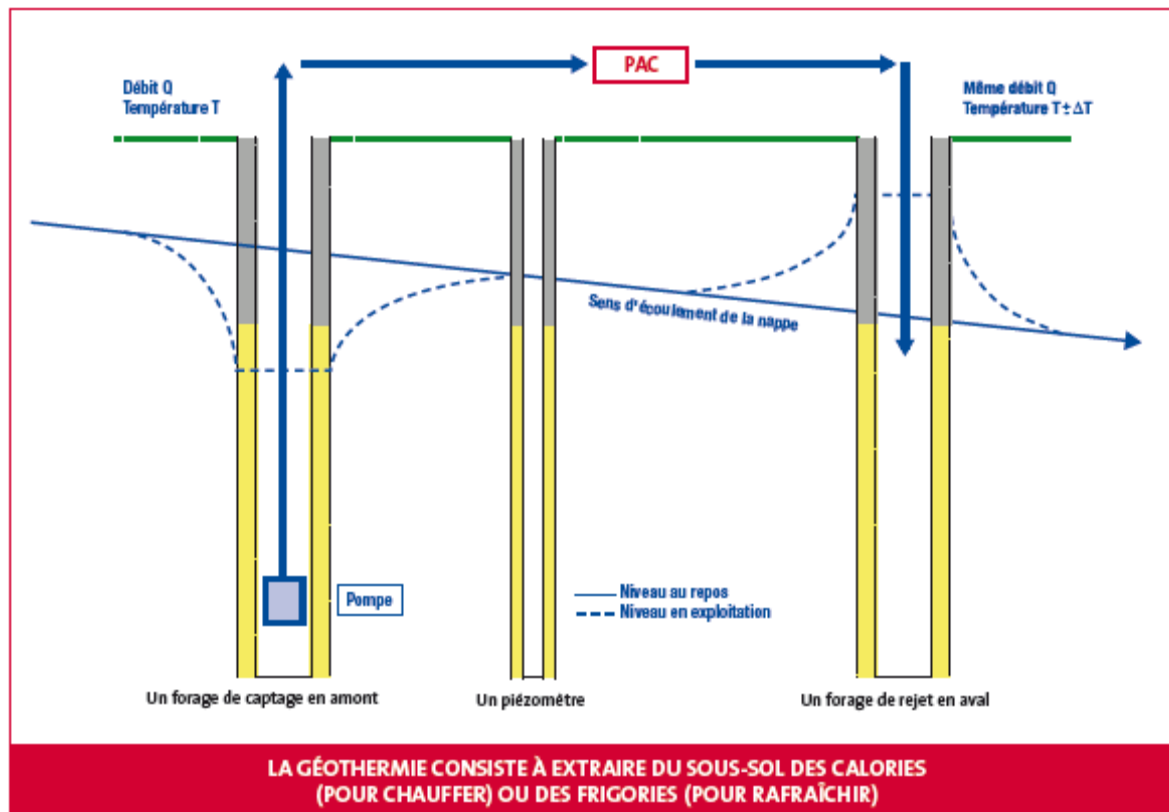
Pompes à chaleur géothermiques PAC/CLIM

> PAC/CLIM – principes



Pompes à chaleur géothermiques PAC/CLIM

> PAC/CLIM géothermiques sur aquifère



© Archambault

Effets et enjeux des PAC/CLIM

> Effets sur l'aquifère :

- Source de perturbation :
 - Injection d'une eau de température différente de celle de l'aquifère
- Effets :
 - Directs : modification de la température de la nappe à proximité ou à distance du/des point(s) de réinjection
 - Indirects : modification de la bio-physico-chimie des eaux
- Nature et importance des effets variables
 - selon la sensibilité / inertie du milieu
 - en termes d'extension spatiale & temporelle
 - en termes d'effets associés (bio-physico-chimiques)

> Distinction de 3 types d'enjeux :

- Performances et pérennité des installations
- Partage de l'usage de la ressource entre installations
- Maîtrise des impacts générés sur le milieu de réinjection

PAC/CLIM – 1) Enjeu de performance

> Performance et pérennité

- Effets générés par l'exploitation sur l'installation :
 - Colmatage
 - Corrosion
- Origines :
 - perturbations physiques, chimiques, bactériologiques
- Principaux effets :
 - Colmatage par dépôts de carbonates et sulfates, d'hydroxydes ferriques, de biofilms bactériens, agrégation particulaire
 - Corrosion des tubages
- Paramètres à connaître : physico-chimie des eaux
 - pH
 - potentiel Red-Ox
 - composés dissous
 - présence de bactéries

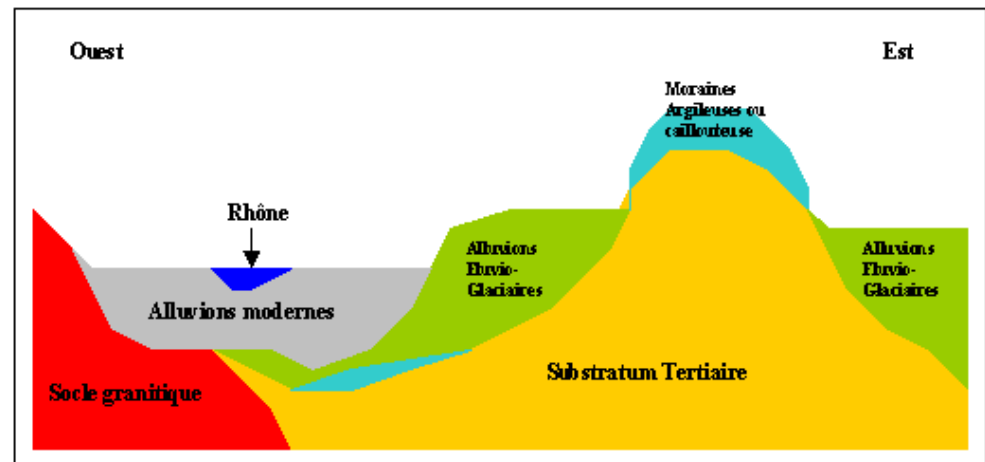


PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

> Examen sur Lyon - Villeurbanne

- Géologie :

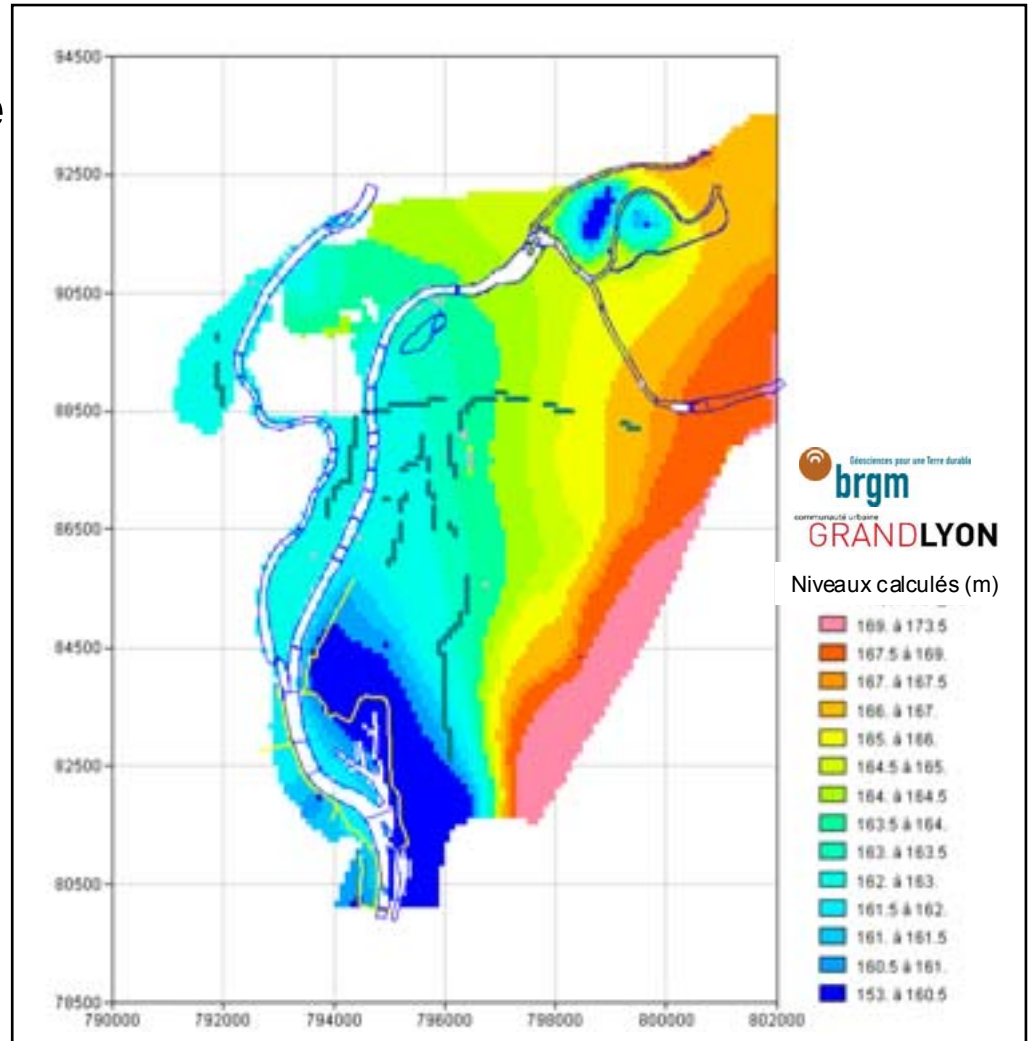
- Substratum tertiaire (molasse)
- Moraines
- Alluvions Fluvio-glaciaires
- Alluvions modernes



PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

> Examen sur Lyon - Villeurbanne

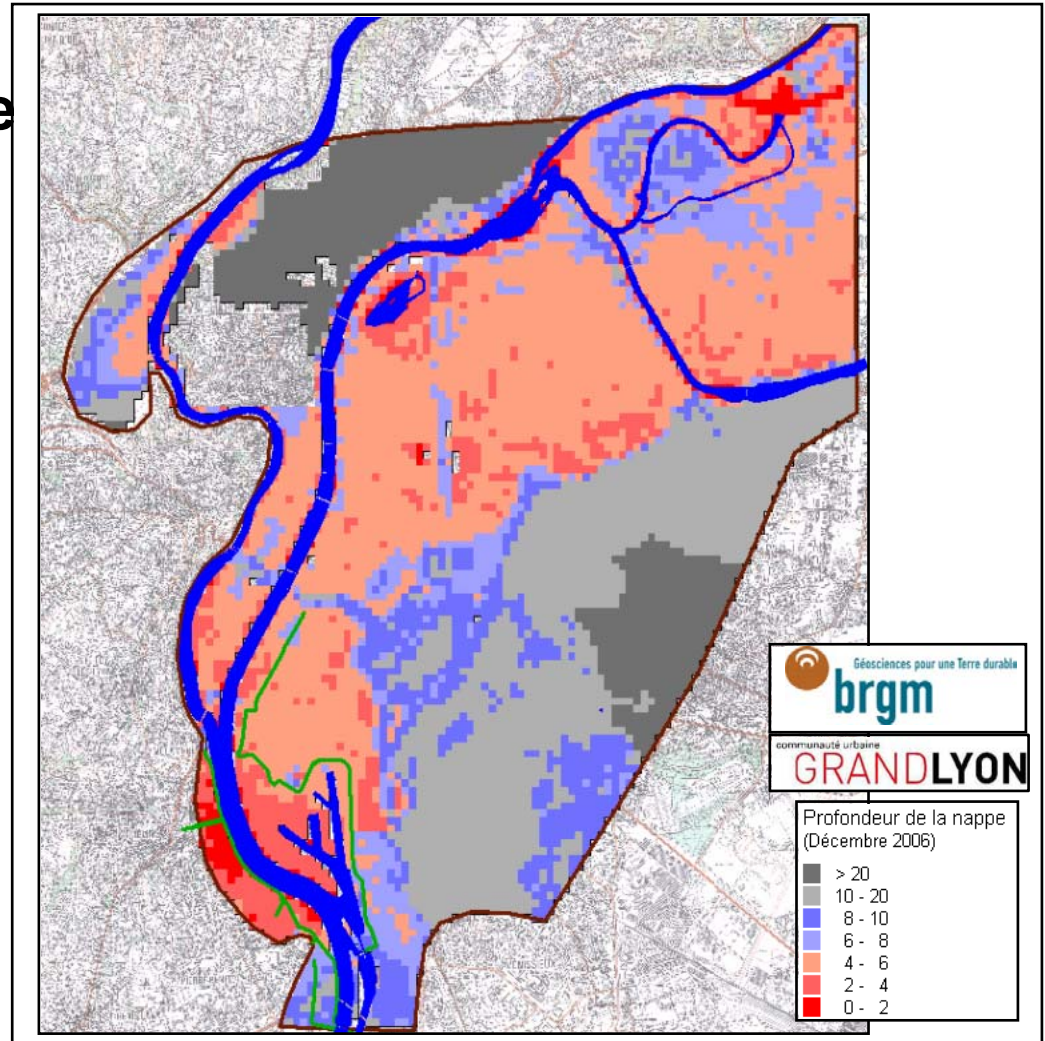
- Nappe superficielle
 - Drainage
EW au Nord
NS au Sud



PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

> Examen sur Lyon-Villeurbanne

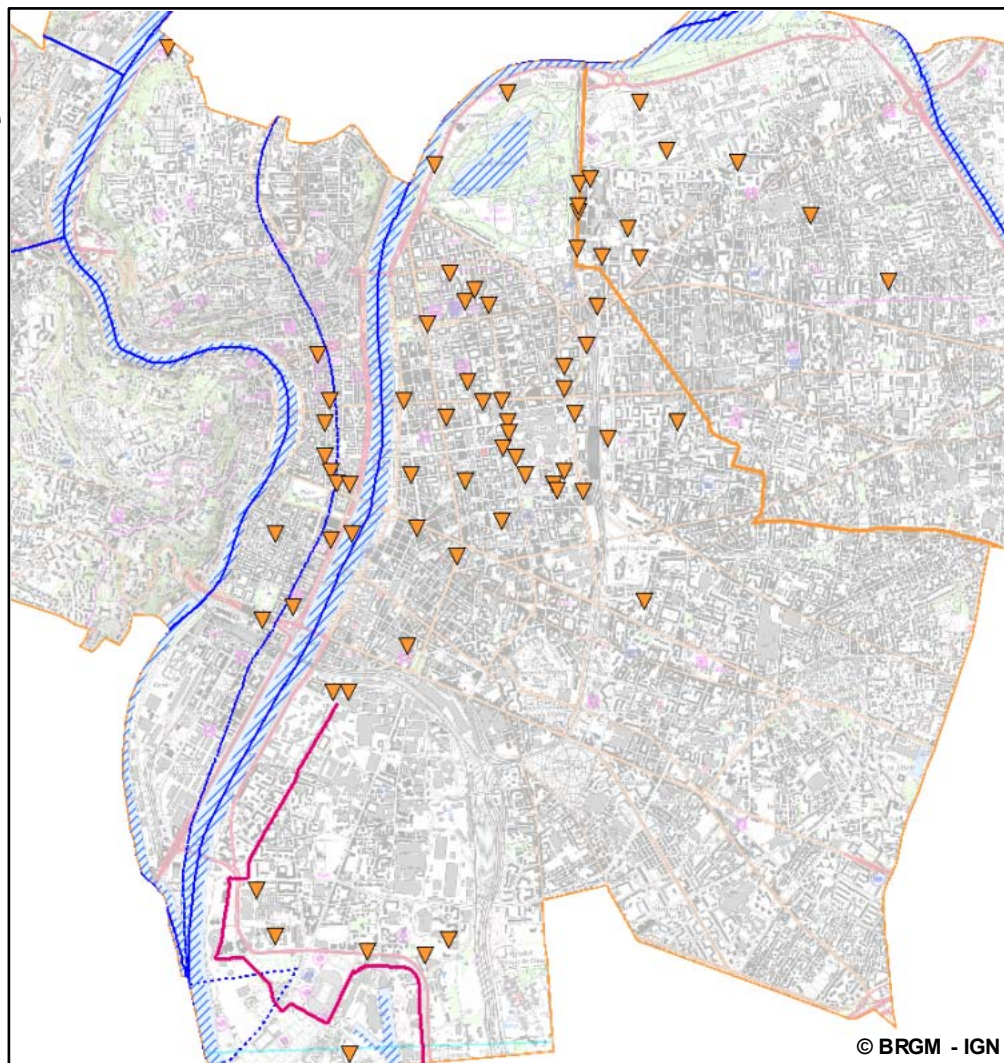
- Accessibilité de la ressource :
 - examen de la profondeur de la nappe



PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

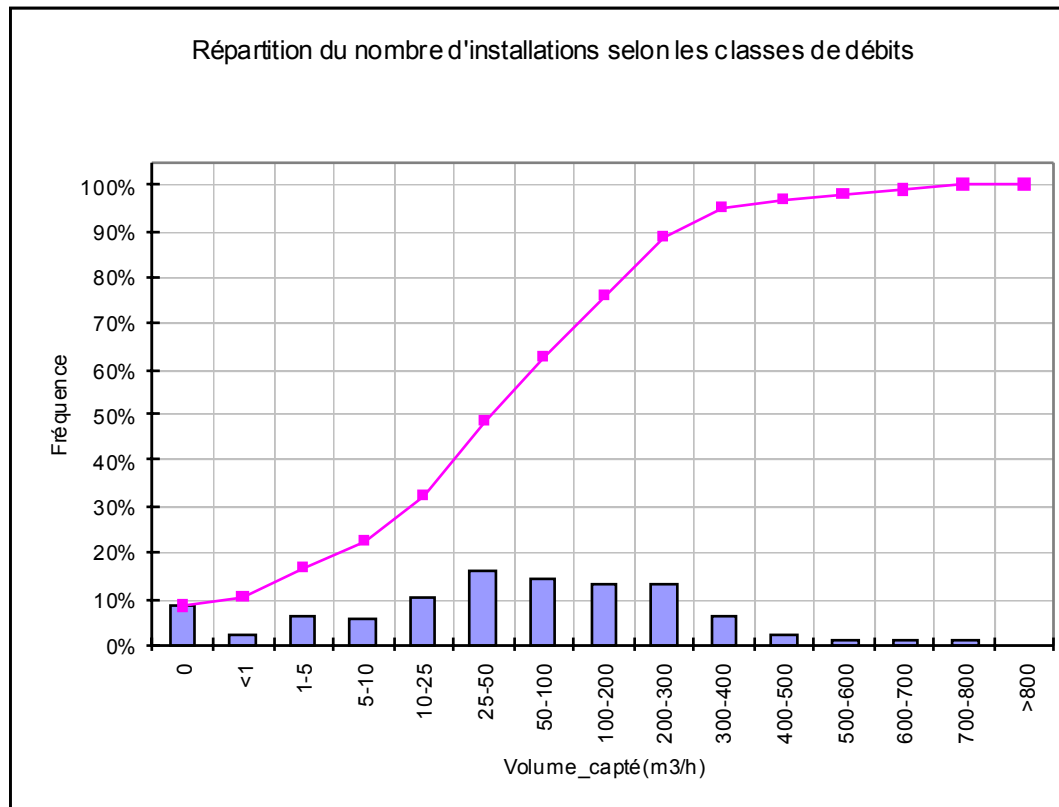
> Examen sur Lyon - Villeurbanne

- Source :
 - Redevances AERMC 2007
- PAC/CLIM
 - 130 installations
 - Rejet :
 - * Nappe : 107
 - * Egouts: 15
 - * Eaux sup. : 8
 - N.B. : 27 install. non loc. sur carte



PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

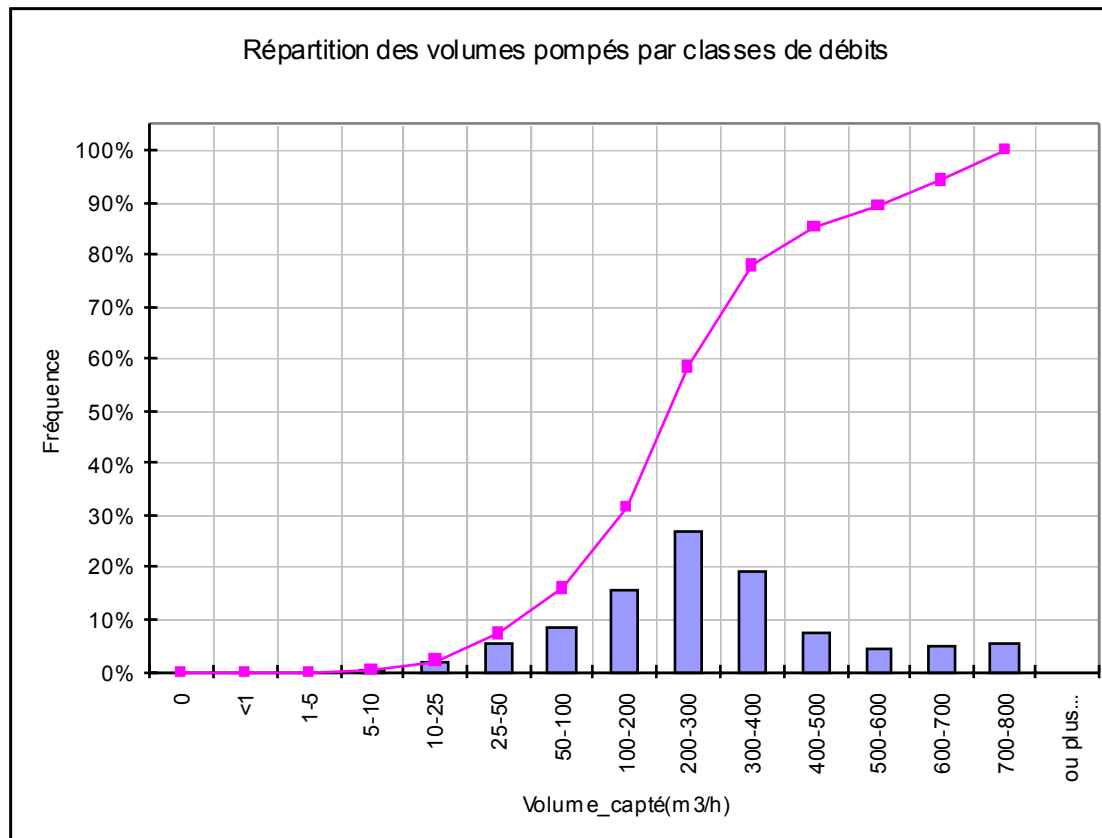
> Distribution des installations / classes de débit



Volumes annuels \Rightarrow Débits : calculs pour 220j/an et 10h/j

PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

> Distribution des volumes pompés / classes de débit

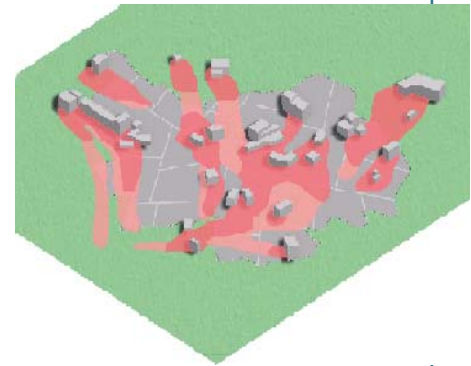


Volumes annuels \Rightarrow Débits : calculs pour 220j/an et 10h/j

PAC/CLIM – 2) Enjeu du partage de la ressource

> Usage de la ressource

- Constats :
 - Usage généralisé de la nappe superficielle avec restitution dans les eaux souterraines
 - Dissémination générale des PAC/CLIM sur les secteurs d'intérêt
 - Fortes concentrations sur 2 secteurs particuliers
 - Presqu'île et Part-Dieu
 - Etudes HORIZON (1998-2000)
 - Large moitié des installations avec des rejets > 25°C, jusque 30°
- Risques :
 - Interférences entre installations, compte tenu des distances entre elles
 - au plan hydraulique
 - au plan thermique
 - au plan effets bio-physico-chimiques associés
 - Exemple: pertes de performance associées
 - cas avérés sur la Presqu'Île (rehaussement de la température des eaux pompées)



PAC/CLIM – 3) Enjeu de la qualité des eaux

> Quelle connaissance des impacts sur le milieu de réinjection ?

- Historique synthétique des études locales :
 - 1998-2000 - Etude pour le SNRS (Serv. Navig. Rhône Saône)
Synthèse hydrogéologique et thermique des forages pompes à chaleur (Horizon, 1998, 2000, 2001, 2002)
 - 2000 - Appui au SNRS
Guide d'installation des systèmes de mesures concernant les échangeurs thermiques eau / eau (BRGM)
 - 2006 – Préoccupations du GRAND LYON
Liens entre température des eaux et développement bactérien
 - 2007 – Préoccupations de la VILLE DE LYON
Evolution de la géothermie sur le territoire de la commune
 - 2009 – Appui du BRGM aux service de l'état (SNRS, DDAE, DREAL)
Modalités de suivi et limites de rejets pour les PAC/CLIM selon différentes classes de débits

PAC/CLIM – 3) Enjeu de la qualité des eaux

> **Connaissance limitée / morcelée des sources de perturbations & des impacts des PAC/CLIM sur la nappe :**

- Absence de dispositif de surveillance conçu et dédié au suivi thermique
- Absence de collecte des données sur les eaux en sortie de PAC/CLIM
 - données acquises par les exploitants, non consolidées ni valorisées
- Quelques données disponibles, mais d'origines diverses
 - Suivis « dynamiques » (eaux pompées sur puits en activité)
 - Suivis « statiques » (sondes piézom. mais profondeurs variables / non étudiées)
 - Mesures ponctuelles sur ouvrages non suivis (piézomètres à d'autres usages)
- Etudes partielles
 - Territoires restreints, recensements à mettre à jour, base de données multiples
- Influences multiples non étudiées
 - Saisons, proximité des cours d'eau, proximité installations PAC-CLIM, présence de structures enterrées

> **Constats avérés**

- Certains secteurs caractérisés par des maxima de températures entre 18°C et plus de 20°C
 - Presqu'île, Part-Dieu, Rhône rive gauche, Gerland

PAC/CLIM – 3) Enjeu de la qualité des eaux

> Importance des impacts sur les eaux souterraines

- Quelques gammes de températures issues des chroniques récentes acquises sur différents ouvrages

SECTEURS	RESEAU GRAND LYON (sondes piézométriques)	RESEAU ICSP QUALITE (mesures ponctuelles)	PUITS SURVEILLES PAR LA VILLE DE LYON (eaux pompées)
Saône et Vaise	14 – 15°C		15°
Presqu'île	15 – 16°C	...– 20°C	
Tête d'Or	13 – 17 °C		11 – 21°C
Part Dieu	16 – 18°C		17 – 19°C
Proximité Rhône RG	15 – 20°C		7 – 18°C (*)
Gerland	15 – 17°C	18 – 24°C (*)	8 – 18°C (*)
Villeurbanne	15 – 16°C	9 – 10°C (#)	
Ly on Est	15 – 17°C	...– 20°C	

Attention : seuls extrema reportés, valeurs brutes non synchrones, non sélectionnées ni interprétées

(*) Influence Fleuve, (+) ouvrage influencé avec fortes variations, (#) localement

PAC/CLIM – 3) Enjeu de la qualité des eaux

> **Connaissance des impacts sur les eaux souterraines** Quels effets induits par une hausse de température ?

- Constat :
 - Historiquement : études \Rightarrow Installations (protection, durabilité...)
 - Récemment : études \Rightarrow Bonnes pratiques (forages, risques de pollutions induites, rebouchage)
 - Actuellement, mais très récemment : questionnement =
Impacts induits par la hausse de la température des eaux ?
Risques de remise en cause de certains usages des eaux ?
- Références réglementaires :
 - Réglementation nationale transposant des objectifs européens
Valeur-seuil applicable à l'échelle nationale : 25°C
(mise en œuvre SAGE)

PAC/CLIM – 3) Enjeu de la qualité des eaux

> Enjeux environnementaux : impacts sur les eaux souterraines

- Enjeux environnementaux : vis-à-vis de la qualité des milieux
 - perturbations chimiques du milieu et déséquilibre (pH, Redox, minéralisation ...)
 - mobilisation des composés naturellement présents dans les eaux ou les sols (minéraux, métaux)
 - mobilisation de composés issues de pollutions anthropiques présents dans les eaux (composés organiques, métaux – minéraux)
- Enjeux vis-à-vis des écosystèmes
 - risques de prolifération de microorganismes, déséquilibres microbiologique - bactériologiques
 - préservation des écosystèmes aquatiques de surface (et souterrains), considérant les interactions entre les nappes et les cours d'eau

PAC/CLIM – 3) Enjeu de la qualité des eaux

> Enjeux environnementaux : impacts sur les eaux souterraines

- Enjeux vis-à-vis des usages existants
 - maintien des usages connus : alimentation des fontaines publiques, irrigations d'espaces verts et de jardins collectifs, usages industriels spécifiques, PAC/CLIM
- Enjeux « biens matériels » associés
 - réseaux enterrés, structures ...
- Enjeux sur les équilibres hydriques
 - restitution dans un autre milieu que celui du prélèvement seulement
 - modification de l'équilibre entre 2 aquifères

Conclusions

- > Au-delà de l'enjeu « énergétique »,
3 autres enjeux de natures différentes
à intégrer dans la démarche de développement des PAC/CLIM
 - Pour soi-même
 - *Etudier, mettre en place et exploiter une PAC/CLIM requiert un savoir faire et une surveillance*
 - En tant qu'exploitant, l'enjeu est garantir la performance et la pérennité de son installation
 - Pour les autres
 - *La ressource géothermale, sur le territoire de l'agglomération lyonnaise, n'est vraisemblablement pas illimitée*
 - De façon collective, l'enjeu est celui du partage équilibré de l'usage de cette ressource
 - Pour l'environnement
 - *Différentes sources de perturbations se concentrent dans les eaux souterraines, avec des effets variables en intensité et en durée*
 - De façon globale, l'enjeu est la connaissance et la maîtrise des impacts générés sur le milieu afin de se limiter à ce qui est acceptable par celui-ci

Orientations

- > **Objectifs pour le développement de la géothermie sur aquifère et pour le territoire de l'agglomération lyonnaise en particulier**
 - Encadrer la géothermie sur aquifère
 - / compte tenu des températures des eaux de nappe
 - / en dépit du manque de connaissance sur les effets induits
 - afin de permettre un développement maîtrisé
 - afin de garantir le respect des règles de l'art et la réglementation (normes de qualité, chartes, déclaration des ouvrages)
 - en veillant à garantir un accès partagé à l'usage de la ressource
 - Développer des programmes de connaissance et d'étude
 - intégrant la surveillance du fonctionnement des installations existantes
 - axés spécifiquement sur les composantes à enjeux (bio-physico-chimie)
 - en ayant recours à des sites expérimentaux réels (essais *in situ*)
 - Initier des études de R&D
 - Liens Température – Microbiologie (étude BIOTHERMEX en cours – BRGM)
 - Stockage thermique souterrain (alluvions/ molasse)
 - Autres ressources thermiques

Perspectives

> Agglomération lyonnaise

- Services de l'état : Préfecture (avec DREAL, SNRS, DDAE)
 - actions en cours afin de consolider et harmoniser les prescriptions réglementaires relatives aux PAC/CLIM sur le secteur de l'agglomération lyonnaise
- Collectivités territoriales : Ville de Lyon – Grand Lyon
 - réflexions en cours sur les conditions permettant de garantir le développement maîtrisé de la géothermie sur le territoire

> Région Rhône-Alpes

- DREAL - Ministère de l'écologie MEEDDM
 - étude confiée au BRGM pour un ATLAS régional des potentialités géothermiques



Pompes à chaleur géothermiques sur aquifère : quels enjeux environnementaux?

Atelier technique ALE, 7 juillet 2009

R. Chartier