



7<sup>ème</sup> Journée de l'APRONA

# Les pompes à chaleur sur nappe et les sondes géothermiques

Réglementation et expériences  
franco-germano-suisse

**Synthèse**



# Sommaire

<b>1. Etat du marché</b> .....	<b>- 4 -</b>
<b>A. Bas-Rhin/CUS</b> .....	<b>- 4 -</b>
<b>B. Secteur de Lyon</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>C. Allemagne et Suisse</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>2. Réglementation</b> .....	<b>- 5 -</b>
<b>A. En France</b> .....	<b>- 5 -</b>
A.1. Certification en France .....	- 7 -
A.2. Secteur de Lyon .....	- 7 -
<b>B. Outre Rhin</b> .....	<b>- 7 -</b>
B.1. Bade-Wurtemberg .....	- 7 -
B.2. Bâle-Campagne.....	- 8 -
<b>3. Exploitation</b> .....	<b>- 9 -</b>
<b>4. Etudes de cas</b> .....	<b>- 10 -</b>
<b>A. Lyon</b> .....	<b>- 10 -</b>
<b>B. Strasbourg</b> .....	<b>- 10 -</b>
<b>5. Systèmes d'information</b> .....	<b>- 11 -</b>
<b>A. Bade-Wurtemberg</b> .....	<b>- 11 -</b>
<b>B. Bâle-Campagne</b> .....	<b>- 12 -</b>
<b>C. Alsace</b> .....	<b>- 12 -</b>
<b>D. Rhône-Alpes</b> .....	<b>- 12 -</b>
<b>6. Conclusions</b> .....	<b>- 13 -</b>
<b>LEXIQUE</b> .....	<b>- 15 -</b>

La synthèse ci-après a été faite à partir des présentations (disponibles sur le site de l'APRONA) et des discussions ayant suivies.

L'augmentation des coûts de l'énergie au cours des dernières années a eu pour conséquence un intérêt croissant pour les énergies alternatives. Parmi ces énergies, la géothermie de faible profondeur, exploitant le potentiel calorique de la nappe phréatique, a suscité un réel engouement dans notre région. Ce potentiel, lié au volume important de la nappe d'Alsace, a entraîné un fort développement des pompes à chaleur eau/eau depuis les années 1980. Plus récemment, sont apparues les premières sondes thermiques.

Face à cette nouvelle forme d'exploitation d'une des multiples qualités de la nappe, il nous a semblé intéressant de faire un point détaillé sur ce phénomène.

Pour cela, au cours de la journée du 21 octobre 2010, le côté réglementaire a été précisé. Un point sur le développement des installations a été fait. Le côté technique du matériel a été abordé ainsi que sa mise en œuvre et la formation des installateurs. Les risques pour la nappe liés à l'intérêt croissant suscité par ces installations ont été présentés tant du point de vue qualitatif que quantitatif. Enfin, nos partenaires allemands et suisses ont fait un état des lieux dans leur pays respectifs.

## 1. Etat du marché

### A. Bas-Rhin/CUS

Dans le Bas-Rhin, 741 installations ont été réalisées en 2009 par le groupe ES:

	Sondes géothermiques	PAC sur nappe	TOTAL
<b>Collectif neuf</b>	14	164	178 (24%)
<b>Maisons neuves</b>	46	93	139 (19%)
<b>Rénovation</b>	43	381	424 (57%)
<b>TOTAL</b>	103 (14%)	638 (86%)	

Les chiffres de 2010 sont en régression.

Les industriels diversifient leur gamme et diminuent la puissance des installations.

Selon l'enquête réalisée par la CUS en 2007-2008 (200 propriétaires interrogés, 1/3 de réponses) :

- > le mode d'utilisation est concentré à 75% sur la climatisation seule
- > les propriétaires/gestionnaires sont peu enclins à transmettre les informations sur les volumes prélevés
- > il y a une inadéquation entre les volumes pompés et le mode d'utilisation

## **B. Secteur de Lyon**

Selon le BRGM Rhône-Alpes, les PAC sur nappe dans le secteur de Lyon sont réparties ainsi :

Débit de pompage	Nature du bâtiment	Représentation en nombre	Représentation en volume prélevé	Puissances d'installations équivalentes (approximation)
<i>Débit nul ou non renseigné</i>	#	8,5%	0 %	
Installations de moins de 5 m <sup>3</sup> /h	Habitation individuelle, mode chauffage essentiellement	8,5 %	0,2 %	P < 50 kW
Installations entre 5 et 50 m <sup>3</sup> /h	Petit tertiaire, bâtiments communaux	31,8 %	7,3 %	50 kW < P < 500 kW
Installations de débit supérieur à 50 m <sup>3</sup> /h	Gros tertiaire, résidentiel collectif	51,2 %	92,5 %	P > 500 kW

## **C. Allemagne et Suisse**

Au Bade-Wurtemberg, en octobre 2010, 21 000 (dont 1600 dans le fossé rhénan) forages pour sondes géothermiques (soit 8200 installations) et 920 (dont 460 dans le fossé rhénan) PAC sur nappe sont recensées.

Le nombre de sondes géothermiques installées a nettement progressé à partir de 2006 suite à la montée du prix du pétrole et au lancement d'un programme de soutien financier. Par contre, depuis 2009, la conjoncture et le problème de Staufen (détérioration d'habitat) ont entraîné la diminution de l'attrait pour ce type d'installation.

Dans le canton de Bâle-Campagne, il y a environ 700 sondes géothermiques (fort développement du fait de lacunes réglementaires) et seulement une vingtaine de PAC sur nappe.

## **2. Réglementation**

### **A. En France**

Plusieurs codes s'appliquent indépendamment les uns des autres, suivant l'usage du forage : Code de l'environnement, Code minier et Code général des collectivités territoriales.

Au titre du Code de l'environnement, le maître d'ouvrage doit déclarer ou demander une autorisation :

- > lorsqu'il fore, prélève ou re-injecte dans la ressource en eau, auprès de la DDT
- > selon le type de pompe à chaleur, dans le cadre d'une ICPE, auprès de la DREAL

Pour l'exploitation d'un gîte minier, le Code minier demande, au-delà d'une profondeur de 100m ou d'une puissance de 200 thermies, un titre minier et une autorisation d'ouverture de travaux miniers.

Le Code général des collectivités territoriales indique que tout prélèvement, puits ou forage réalisé à des fins d'usage domestique de l'eau fait l'objet d'une déclaration auprès du maire de la commune concernée depuis janvier 2009.

*Les éléments de cet encadré sont issus de la présentation qui aurait due être faite par la DDT 68*

Pour la mise en place de pompe à chaleur, selon l'article R214-1 du Code de l'Environnement un dossier (déclaration ou autorisation) doit être déposé auprès de la MISE (DDT en Alsace).

Celui-ci peut être concerné par différentes rubriques de la nomenclature :

- rubrique 1.1.1.0 : déclaration des ouvrages de prélèvement et rejet
- rubrique 1.1.2.0 : déclaration pour un volume annuel prélevé compris entre 10.000 et 200.000 m<sup>3</sup>  
ou autorisation pour un volume annuel prélevé supérieur à 200 000 m<sup>3</sup>
- rubrique 5.1.1.0 : déclaration pour un volume rejeté supérieur à 8 m<sup>3</sup>/h ou autorisation pour un volume rejeté supérieur à 80 m<sup>3</sup>/h

Les articles R214-1 à R214-6 sont applicables aux installations :

- ne figurant pas à la nomenclature des installations classées,
- aux IOTA réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée, et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux, la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants.

L'article R214-5 définit ce qu'est l'usage domestique : [...] En tout état de cause, est assimilé à un usage domestique de l'eau tout prélèvement inférieur ou égal à 1 000 m<sup>3</sup> d'eau par an [...]

L'installation d'un compteur volumétrique est obligatoire sur chaque installation, même chez le particulier. Par contre, le relevé du compteur n'est pas obligatoire.

Lorsqu'une sonde géothermique n'est plus en activité, le puits doit être bouché selon les instructions données par la DREAL dans l'autorisation du permis d'exploiter, le circuit est vidangé et le forage est rempli par un produit inerte comme le ciment.

Le foreur est responsable du forage et des conséquences sur le sous-sol alors que l'installateur est responsable de l'étude thermique et de la réalisation des travaux.

## **A.1. Certification en France**

QualiPAC est un critère obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2011 pour les certificats d'économie d'énergie.

La directive européenne sur les énergies renouvelables impose à tous les états membres d'avoir à compter de 2012, un système de qualification / certification des installateurs d'énergies renouvelables.

A partir du 4 juillet 2011, la détention de l'attestation de capacité pour manipulation des fluides frigorigènes est obligatoire.

## **A.2. Secteur de Lyon**

A Lyon, la MISE a harmonisé les différentes prescriptions et la réglementation pour les PAC sur nappe est la suivante :

- > Classe I (<5m<sup>3</sup>/h ; <50kW) : pas de contrainte sur les rejets et simple déclaration de l'ouvrage pour les installations non ICPE et non soumises à la Loi sur l'eau
- > Classe II (5-50m<sup>3</sup>/h ou 50-500kW) ayant un régime déclaratif (au titre ICPE ou Loi sur l'Eau) : une simple information des communes
- > Classe III (>50m<sup>3</sup>/h ou >500kW) ayant un régime d'autorisation (au titre ICPE ou Loi sur l'Eau) : l'avis (favorable ou non) des communes est requis
- > Autres obligations
  - Conditions sur les températures de rejet : T°Max = 30°C et ΔT° = 10 °C
  - Renforcement du suivi avec transmission des données de débit et température

## **B. Outre Rhin**

### **B.1. Bade-Wurtemberg**

La réglementation est différente selon les différents Länder d'Allemagne. Le Bade-Wurtemberg est particulièrement attentif à cette problématique et donc plus restrictif.

Il y a des exigences fondamentales pour les PAC sur nappe :

- > Eau extraite uniquement destinée au fonctionnement de la pompe à chaleur
- > Extraction uniquement à partir de l'aquifère supérieur
- > Réinjection dans le même aquifère de la totalité de l'eau souterraine extraite
- > Réinjection de l'eau sous le niveau de la nappe
- > Restitution intégrale, pas d'apport ni de perte
- > Construction des puits avec des têtes de puits étanches au ruissellement et des couvercles
- > Utilisation de matériau anticorrosion

Il y a également des recommandations concernant les températures :

- > Écart de température admissible de l'eau à réinjecter par rapport à la température de l'eau extraite:  $\pm 6$  °C
- > Température minimum de l'eau réinjectée : 5 °C
- > Maximum de l'eau réinjectée : 20 °C

Pour les sondes géothermiques du Bade-Wurtemberg, des recommandations pendant les travaux de mise en place sont à respecter :

- > Pour les Karst : interruption du forage en cas de perforation d'une cavité
- > Pour les puits artésiens : prévoir du matériel d'intervention adéquat
- > Contre les risques liés aux sulfates : dès la rencontre de couches de gypse ou d'anhydrite, le forage doit être interrompu et remblayé jusqu'au-dessus du niveau de sulfate + suivi des travaux de forage par un géologue expérimenté

Il y a aussi des restrictions à respecter selon la zone : les sondes géothermiques sont interdites en zone de protection rapprochée et éloignée de type A.

## B.2. Bâle-Campagne

Le canton de Bâle-Campagne a fait le choix d'une analyse différenciée. En effet, d'une part l'ancienne réglementation sur les zones AU était trop restrictive mais il y a avait également des risques sur d'autres zones.

La procédure réglementaire est la suivante : en amont, il est décidé si le projet est autorisé puis un bureau fait des recommandations plus poussées s'il y a un risque.

Pour les sondes géothermiques, il existe un cahier des charges standard :

- > Caractéristiques du forage d'essai
- > Maximum 200 m
- > Uniquement des systèmes fermés
- > 3 m de distance par rapport à la limite de propriété
- > Equipement du forage adapté à la technique en cours et personnel qualifié
- > Liste des fluides caloporteurs
- > Surveillance des fuites

A cela s'ajoute des règles spécifiques à respecter pour chacun de ces cas :

- > Interdiction dans les karsts et sous conditions dans les formations calcaires
- > Zone à aquifères multiples :
  - interdiction de mettre en correspondance des aquifères différents
  - distance à l'aquifère inférieur : 10 m minimum ou 10% de la longueur du forage
- > Artésianisme :
  - Interdiction dans la zone d'artésianisme
  - distance à l'aquifère artésien : 10 m minimum ou 10% de la longueur du forage
- > Interdiction dans les zones de sources (montagne) et de subsosion (dissolution souterraine, Keuper ou anhydrite)

Pour les PAC sur nappe, des règles ont également été mises en place :

- > Restitution des prélèvements dans l'aquifère d'origine
- > Nécessité d'avoir une concession
- > Modélisation hydrodynamique et thermique
- > Rapport hydrogéologique

### 3. Exploitation

Les problèmes qui peuvent être rencontrés pour les sondes géothermiques sont dû à :

- > un sous dimensionnement de l'installation qui entraîne le gel du sous-sol et donc un manque de calories devant être compensé par l'ajout de sonde
- > mauvais choix du ciment pour le forage (qui devrait être fait selon les résultats d'analyses des déblais)
- > un manque d'étanchéité car le bouchon de ciment ne résiste pas en période de gel

L'utilisation du glycol de type alimentaire pour les sondes géothermiques ne présente aucun risque en cas d'écoulement. Les éventuelles fuites sont surveillées via un système d'alarme en cas de chute de pression.

Selon les retours d'expériences, les fuites ne se font pas au niveau de la sonde mais en surface au niveau du raccordement entre la sonde et le collecteur (ex. coup de pelle).

Le rejet d'eau fait varier le potentiel redox favorable à la précipitation d'éléments tels que le fer, le manganèse ou le calcium, entraînant une prolifération bactérienne et la corrosion du puits. Il existe des puits protégés contre la corrosion. Nous rappelons que le rejet en nappe d'eau contaminée par des produits toxiques est interdit par la réglementation du SAGE III-nappe-Rhin.

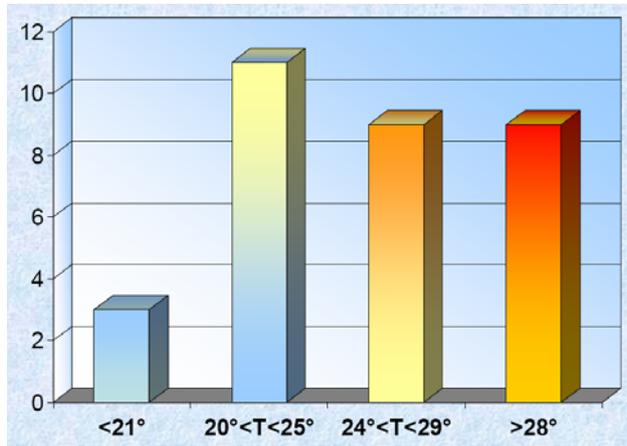
D'autres systèmes existent avec des fluides caloporteurs tel que le CO<sub>2</sub> mais ils ne sont pas connus en France.

En remplacement du glycol, on pourrait utiliser de l'eau uniquement mais elle a l'inconvénient d'être moins résistante au gel.

## 4. Etudes de cas

### A. Lyon

Les températures de rejet ont été mesurées sur 32 sites répertoriés sur la ville de Lyon :



Les études récentes menées ou initiées concernent l'état microbiologie et la bactériologique de la nappe (présence avérée de certaines souches bactériennes, étude exploratoire indiquant l'absence de facteurs de risque), la mise à jour des inventaires, le maintien d'un registre des PAC et le bilan annuel de la situation.

Les perspectives suivantes sont visées :

- > Développer la connaissance, avec la donnée de terrain en capitalisant l'information sur les PAC (base de données unique des exploitations) et en acquérant de l'information sur les eaux (base de données des T° pompées/rejetées et dispositif de suivi des eaux de nappe)
- > Etudier les phénomènes, pour mieux comprendre avec :
  - l'étude « ponctuelle » ImpAC avec la Ville de Lyon ayant pour objectifs d'évaluer l'impact physico-chimique et microbiologique de rejets chauds sur un aquifère
  - l'étude « globale » hydrogéologique et thermique qui permettra d'évaluer les sources de perturbations thermiques et leurs influences et de proposer des outils de gestion à l'échelle de l'aquifère

### B. Strasbourg

L'impact de l'usage thermique de la nappe sur la qualité de la ressource est évalué sous différents aspects :

- > Impact quantitatif
  - Sur la ressource en eau de l'agglomération en cas de rejet au réseau superficiel (bilan déficitaire pour l'aquifère mais très localisé)
  - Sur les ouvrages environnants

- > Impact qualitatif
  - Pollutions bactériennes et algales sur les puits de rejets
  - Pollutions accidentelles au droit du/des captages ou du site
  - Modification du potentiel redox au droit du captage et dans l'environnement immédiat
  - Remobilisation de pollution historique, modification des conditions d'autoépuration d'un panache de pollution historique
  - Risque de pollution par les sondes géothermiques
  
- > Impact sur la température de la nappe
  - Ponctuel puis atténué en aval (panache thermique)
  - Rémanence de l'impact
  - Effet cumulatif par secteur subissant une forte pression

Les orientations prises par la CUS dans les années à venir ont pour but d' :

- > Améliorer la qualité des données recensées par :
  - Mise en place d'une prise de contact individuel pour les nouvelles PAC recensées et vérification/correction les données historiques du fichier PAC
  - Intégration les forages à usage domestique déclarés en mairie et raccordés à une PAC
  - Incitation des porteurs de projet CUS à équiper les points de captage (températures et débits)
  
- > Améliorer le diagnostic de la température de la nappe par des suivis en continu et périodique et des suivis ciblés par secteur
  
- > Améliorer la transmission de l'information en réalisant une page internet avec les informations adaptées à différentes cibles (particuliers / professionnels / foreurs / porteurs de projet ...)

## 5. Systèmes d'information

### **A. Bade-Wurtemberg**

Le Bade-Wurtemberg utilise un logiciel de calcul des champs thermiques pour les PAC sur nappe et met à disposition un modèle géologique 3D de la géothermie de surface qui donne des renseignements et des explications pour la mise en œuvre d'installations jusqu'à 400 m de profondeur

([http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/geothermie/is\\_geothermie](http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/geothermie/is_geothermie)) avec :

- > 25 couches géologiques avec des caractéristiques différentes
- > Variabilité spatiale des couches (roches différentes)

Pour l'information de l'administration, mais aussi des bureaux d'études et des citoyens, sur les procédures d'autorisation, les documents requis ainsi que les conditions de réalisation et d'exploitation des installations géothermiques, le gouvernement du Bade-Wurtemberg a

édité des guides permettant de faire le choix de la technique utilisée : sondes géothermiques, aquathermie ou capteurs enterrés horizontaux ([www.erdwaerme.baden-wuerttemberg.de](http://www.erdwaerme.baden-wuerttemberg.de)).

## ***B. Bâle-Campagne***

Le canton de Bâle-Campagne s'est doté d'un geoportail (<http://www.geo.bl.ch>) c'est-à-dire d'un système de visualisation de données spatiales présentant des cartes sur divers sujets (eaux souterraines, eaux usées, occupation du sol, risques naturels, bruit...)

## ***C. Alsace***

En Alsace, le BRGM dispose des cartes Aquapac datant de 1985 et qui renseignent sur les débits et la qualité de l'eau. Le site de la BRAR cartographie les estimations de débits, la courbe piézométrique de la nappe d'Alsace et les forages répertoriés.

En parallèle, l'APRONA dispose d'un réseau piézométrique régional dont les résultats sont accessibles sur son site ([www.aprona.net](http://www.aprona.net)).

## ***D. Rhône-Alpes***

Dans la région Rhône-Alpes, il existe :

- > L'observatoire régional des PAC/CLIM
- > L'observatoire des aquifères exploités
- > L'évaluation de l'impact des installations géothermiques
- > L'animation de la filière
- > L'atlas des potentialités géothermiques

## 6. Conclusions

Les dysfonctionnements les plus importants liés aux installations géothermiques de faible profondeur ont pour origine le forage et la méconnaissance des caractéristiques géologiques locales. Ceux-ci ont parfois des conséquences géotechniques, géologiques et financières très importantes comme dans le cas de Staufen en Allemagne. L'ensemble des partenaires de cette journée a déploré l'absence de **qualification requise pour les foreurs**. En effet, les bonnes pratiques passent aussi par la formation initiale, en amont des formations professionnelles proposées par Qualit'EnR qui ne peuvent pas couvrir à elles seules les connaissances nécessaires en électricité, géologie, chauffage, forage, calcul thermique, ...

La réglementation est plus stricte chez nos voisins allemands et suisses en ce qui concerne les **sondes thermiques**. Ceci s'explique par le peu d'intérêt pour cette technique actuellement en Alsace, la présence de la nappe proche et abondante ayant plutôt favorisé le développement de l'aquathermie (pompage directement dans la nappe et rejet après prélèvement des calories).

De par la spécificité de sa nappe (abondance et accessibilité facile), la réglementation nationale n'est pas forcément adaptée à l'Alsace. Profitant de l'expérience de nos voisins, il serait judicieux d'anticiper et d'élaborer un **projet de réglementation locale** pour les sondes géothermiques et l'aquathermie avant tout développement massif ou apparition des premiers problèmes.

Selon les profondeurs atteintes et l'usage des installations, il est fait appel au Code minier, au Code de l'environnement ou au Code des collectivités publiques. La complexité de la réglementation entraîne la multiplication des forages ou des installations non autorisés, non déclarés et ainsi le risque de perte de rendements. Selon la profondeur du forage, plusieurs lacunes sont soulevées :

- > Une déclaration en mairie doit être faite pour tout prélèvement, puits ou forage réalisé à des fins d'usage domestique de l'eau mais les mairies ne sont généralement pas informées à part en cas de problème de conflit d'usage
- > un forage compris entre 10 et 100 m doit être déclaré auprès de la DREAL qui estime ne recenser que 30 à 40% des ouvrages équipés. Une pédagogie est à mettre en place auprès des installateurs et foreurs pour que ces déclarations soient faites systématiquement.
- > Pour un forage < 100m de profondeur, il n'y a aucun contrôle sur les données fournies, ni sur la conformité des travaux et aucune prescription sur la fin de vie. Pourquoi ne pas éditer une **documentation fournissant les règles de bonnes conduites** pour entretenir l'ouvrage tout au long de son utilisation mais aussi en fin de vie ?

Le manque d'**informations** claires et disponibles facilement ressort également de cette journée tant pour les collectivités que pour les bureaux d'études et les particuliers. Un site Internet simple d'accès et reprenant la démarche à suivre pourrait être mis en place et permettrait d'améliorer la co-gestion de la ressource. Ce serait également l'occasion d'harmoniser les différentes bases de données existantes des différents services de l'Etat et d'inciter à la transmission de données et à leur exploitation.

Dans le cadre de l'amélioration de la connaissance, une piste à explorer également serait la signature d'un accord avec les sociétés de maintenance assurant les différents contrôles de bon fonctionnement qui feraient également un suivi complémentaire (température, débit, ...).

## LEXIQUE

<b>APRONA</b>	Association pour la PROtection de la Nappe phréatique de la plaine d'Alsace
<b>BRAR</b>	Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan
<b>BRGM</b>	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
<b>CUS</b>	Communauté Urbaine de Strasbourg
<b>DDT</b>	Direction Départementale des Territoires (regroupe les anciennes DDE et DDAF depuis 2010)
<b>DREAL</b>	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (regroupe les anciennes DIREN, DRIRE et DRE depuis 2010)
<b>ES</b>	Electricité de Strasbourg
<b>ICPE</b>	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
<b>IOTA</b>	installations, ouvrages, travaux ou activités
<b>MISE</b>	Mission Inter-Services de l'Eau
<b>PAC</b>	Pompe A Chaleur
<b>SAGE</b>	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux