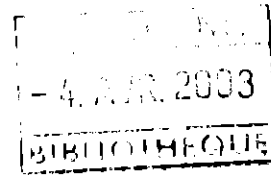


Document public



Avis sur un dossier de déclaration pour l'exploitation d'une pompe à chaleur sur nappe (Paris 5^{ème})

BRGM/RP-52196-FR
février 2003

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM PSP03IDF02

L. Albouy
Avec la collaboration de
J.F. Vernoux

Mots clés : Pompe à chaleur, Installation classée, Paris, Nappe du Lutétien

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Albouy L. avec la collaboration de Vernoux J. - Avis sur un dossier de déclaration pour l'exploitation d'une pompe à chaleur sur nappe (Paris 5^{ème}). BRGM/RP-52196-FR, 10 p.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre des actions du BRGM d'appui scientifique et technique aux services chargés de la police de l'eau, le Service Technique Interdépartemental d'Inspection des Installations Classées (STIIC) a sollicité l'appui technique du Service Géologique Régional d'Ile-de-France pour un avis sur le dossier de déclaration par la société SEFRI-CIME de l'exploitation d'une pompe à chaleur sur nappe au 24, rue de Poissy Paris 5^{ème}.

La solution technique retenue est la solution « thermofrigopompe sur nappe » avec un système de doublet (pompage / réinjection) dans la nappe du Lutétien / Yprésien.

L'opération apparaît envisageable sous réserve que soit démontrée une bonne maîtrise de la réinjection en nappe, notamment en pointe, sans impact sur les bâtiments en sous-sol susceptibles d'exister dans le voisinage. Pour cela un test d'injection longue durée devra être réalisé.

Sommaire

1. Introduction.....	5
2. Contexte hydrogéologique	6
3. Incidence du projet sur les ouvrages existants	7
4. Incidence du projet sur la stabilité des bâtiments.....	9
5. Conclusion	10

1. Introduction

Dans le cadre des actions du BRGM d'appui scientifique et technique aux services chargés de la police de l'eau, le Service Technique Interdépartemental d'Inspection des Installations Classées (STIIC) a sollicité l'appui technique du Service Géologique Régional d'Ile-de-France.

Origine de la demande :	Préfecture de Police de Paris Direction de la Protection du Public Sous-Direction de la Sécurité du Public Service Technique Interdépartemental de l'Inspection des Installations Classées
Demandeur	Alexis RAFA (commissaire inspecteur)
Objet de la demande	Avis sur le dossier de déclaration par la société SEFRI-CIME de l'exploitation d'une pompe à chaleur sur nappe au 24, rue de Poissy Paris 5 ^{ème}
Date de la demande	23/10/2002
Pièces jointes	Un exemplaire du dossier comportant la notice d'incidence : « Ancien collège des Bernardins, installation de production thermorifique par thermofrigopompes sur nappe ; dossier de déclaration d'installation classée », ALTO Ingénierie S.A., juillet 2002
Réf dossier	DPP/SDSP/5 ^{ème} B N° 6073D
mission demandée au BRGM	avis sur l'incidence du projet sur les ouvrages à proximité et la stabilité des bâtiments. Proposition éventuelle de prescriptions

Le projet concerne un système de production thermique et frigorifique dans le cadre de la réhabilitation du collège des Bernardins. La solution technique retenue par ALTO S.A. est la solution « thermofrigopompe sur nappe » avec un système de doublet (pompage / réinjection) dans la nappe du Lutétien / Yprésien.

2. Contexte hydrogéologique

Le système hydrogéologique concerné présente deux réservoirs superposés en communication : la nappe des alluvions en relation hydraulique avec la Seine et les formations du Lutétien et de l'Yprésien, sous-jacentes. Le niveau piézométrique du système (niveau statique mesuré dans le forage test = -7,86 m /sol) tend à s'équilibrer avec le niveau de la Seine. Il est sensible à la propagation des ondes de crues.

Suivant les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe recensées sur des ouvrages comparables au projet, une productivité de l'ordre de 30 m³/h a été envisagée comme hypothèse pessimiste. Pour satisfaire les besoins estimés (débit maximal prévisionnel de 60 m³/h), l'étude préalable prévoyait donc la réalisation de deux forages de production de 30 m³/h. Mais un forage test a montré la présence d'une ressource importante (débit spécifique de 15 m³/h/m) permettant de valider la disponibilité du débit requis sur un seul forage. Ainsi la solution envisagée est celle d'un doublet (un forage de puisage et un forage de réinjection).

Le forage de production disposera d'un tubage en acier de 0 à 10 mètres, avec cimentation à l'extrados du tubage pour isoler la nappe des alluvions et d'un tubage PVC crépiné entre 10 et 25 mètres pour prélever l'eau dans les calcaires du Lutétien, sans entrer dans les sables de l'Yprésien. Après développement de l'ouvrage par air-lift, les tests par pompage permettront de déterminer le débit maximal d'exploitation et de mesurer l'incidence réelle du forage. Le forage sera équipé d'une pompe dont la capacité de prélèvements permettra de délivrer un débit de 60 m³/h. Il disposera d'autres éléments communément employés dans ce type d'installation.

Le rapport ne fait pas état de l'équipement du forage de réinjection.

3. Incidence du projet sur les ouvrages existants

Dans le secteur du projet, comme l'indique le bureau d'étude, la nappe du Lutétien est en relation avec la nappe des alluvions par absence du niveau semi-perméable des Marnes et Caillasses du Lutétien. La nappe est libre, avec des fluctuations de 2 à 4 m, et en relation avec la Seine.

Les calculs théoriques d'incidence ont été faits avec deux valeurs de transmissivité très élevées (0.09 et 0.1 m²/s) et deux valeurs d'emménagement de nappe semi-captive (2.8 et 3.5 10⁻³). Les données disponibles au BRGM indiquent plutôt des valeurs de transmissivité comprises entre 0.01 et 0.001 m²/s pour la nappe du Lutétien. Par ailleurs l'essai de débit réalisé le 30 mai 2002 sur le forage d'essai donne une transmissivité de 0.038 m²/s et un coefficient d'emménagement de 0.35 (vraisemblablement surestimé)

Ces fortes valeurs de transmissivité conduisent à déterminer des rabattements induits très faibles (de quelques centimètres) et donc une incidence non significative du pompage sur la nappe, incidence qui sera précisée à la suite des pompages d'essai.

Si on reprend un des calculs du rapport correspondant à un prélèvement de 17,4 m³/h pendant 1 mois avec $T = 0.09 \text{ m}^2/\text{s}$ et $S = 2.8 \cdot 10^{-3}$, le calcul donne un rabattement de 2.5 cm à 750 m du forage. Avec $T = 0.01$, le rabattement devient alors de 14 cm et avec $T = 0.001$, de 56 cm.

Si on prend la transmissivité calculée lors de l'essai de pompage ($T = 0.036$) et un coefficient d'emménagement de 0.03 (ce qui apparaît plus réaliste que 0.35), le rabattement est de 2.7 cm.

Le rapport indique que les débits réinjectés seront identiques aux débits prélevés. La réinjection devrait être prise en compte dans le calcul d'incidence. L'incidence sera **globalement** diminuée, mais il est important de la simuler aux différentes périodes de l'année, dans la mesure où les conditions d'exploitation sont très variables.

Souvent le **rendement du forage d'injection** est inférieur à celui du forage de pompage. On constate en pratique, qu'il n'y a pas réversibilité des écoulements. L'injection fait intervenir les mêmes paramètres hydrauliques ou hydrogéologiques que lors du pompage (transmissivité, coefficient d'emménagement, limites de la nappe, débit, durée), mais ils n'agissent pas avec la même valeur. En particulier, il y a une **réaction d'amortissement**, qui dépend notamment de la surface piézométrique, laquelle ne prend pas une forme symétrique à celle du rabattement. Cette moindre performance du pompage d'injection fait que, parfois, il faut envisager un second forage d'injection pour exploiter le débit donné par un seul forage de production. Dans les cas où le débit à réinjecter est important et où le niveau naturel de la nappe est haut (par exemple aquifère à proximité d'une réalimentation par un fleuve), il faut envisager parfois 3 forages de réinjection pour un seul forage de production.

Concernant les caractéristiques chimiques de la nappes, on a affaire à une eau assez fortement minéralisée avec d'importantes quantités de sulfates. Une analyse chimique sommaire a été réalisée sur le forage d'essai (conductivité, TH, TAC). On peut

regretter l'absence d'analyse des anions / cations, qui aurait pu être comparée au données connues (cf. tableau ci-dessous).

	Valeurs connues pour la nappe du Lutétien	Analyse mai 2002
température		16 °C
Conductivité à 20°	1100 (moyenne)	1870
TH	45 – 120	85
TAC		45
Cl-	19 – 65 mg/l	
SO4—	230 à 860 mg/l	
CA++	171 – 385 mg/l	
Mg++	49 – 87 mg/l	
Fe++	0.1 – 0.8 mg/l	

Selon le rapport du bureau d'études, la qualité de l'eau utilisée ne sera pas altérée. La température de la nappe étant de 14 à 15 °C, l'eau réinjectée aura une température de 8°C en hiver et de 21°C en été.

L'eau du Lutétien contient des éléments en solution du gypse sans toutefois être saturée par rapport au gypse (dans ce cas les valeurs en SO4 sont supérieures à 1 g/l, et plus élevées en Ca et peuvent même être de l'ordre de 500 mg/l ; cf. par exemple l'ouvrage 01546X0024). Il peut y avoir une modification de la composition de l'eau après refroidissement, car les carbonates ont une solubilité rétrograde (plus solubles à basse température). La salinité devrait en principe augmenter légèrement à 9 °C. Toutefois le risque de précipitation de gypse (et donc de colmatage) est très faible. Par contre à 21 °C, on devrait observer une légère précipitation de calcaire. A moyen terme, l'impact est quasiment nul car ce gypse ou ce calcaire devrait être dissous la saison suivante avec l'inversion des conditions d'injection.

4. Incidence du projet sur la stabilité des bâtiments

Dans la description du milieu dans lequel s'inscrit l'opération, le rapport ne précise pas si la zone est inondable. Néanmoins les cotes mentionnées semblent indiquer que le projet se situe à 2,5 mètres au-dessus des plus hautes eaux estimées de la Seine en crue.

Le projet se situe en zone urbanisée, mais le rapport n'évoque pas la présence éventuelle de bâtiments en sous-sol dans le voisinage. Le niveau statique mesuré le 30/05/2002 était à 7.86 m de profondeur. En reprenant les paramètres utilisés dans le chapitre précédent, ($T = 0.036$ et $S = 0.03$), on peut calculer le rabattement à proximité de forage : il serait de 11.4 cm à 10 m de distance. L'impact apparaît donc faible.

Enfin, un contrat de maintenance régulière est prévu pour suivre les ouvrages et leurs équipements.

5. Conclusion

En conclusion l'opération apparaît envisageable sous réserve que soit démontrée une bonne maîtrise de la réinjection en nappe, notamment en pointe, sans impact sur les bâtiments en sous-sol susceptibles d'exister dans le voisinage. L'impact combiné pompage / injection n'a pas été abordée dans le rapport.

Pour cela un test d'injection longue durée (au minimum pendant 24 heures et de préférence pendant 72 heures) sera réalisé afin de reconnaître la capacité d'absorption de la nappe, de mesurer le débit maximal de réinjection et la remontée provoquée de la nappe par l'injection, de telle sorte que celle-ci soit acceptable pour les infrastructures existantes en sous-sol dans le voisinage.