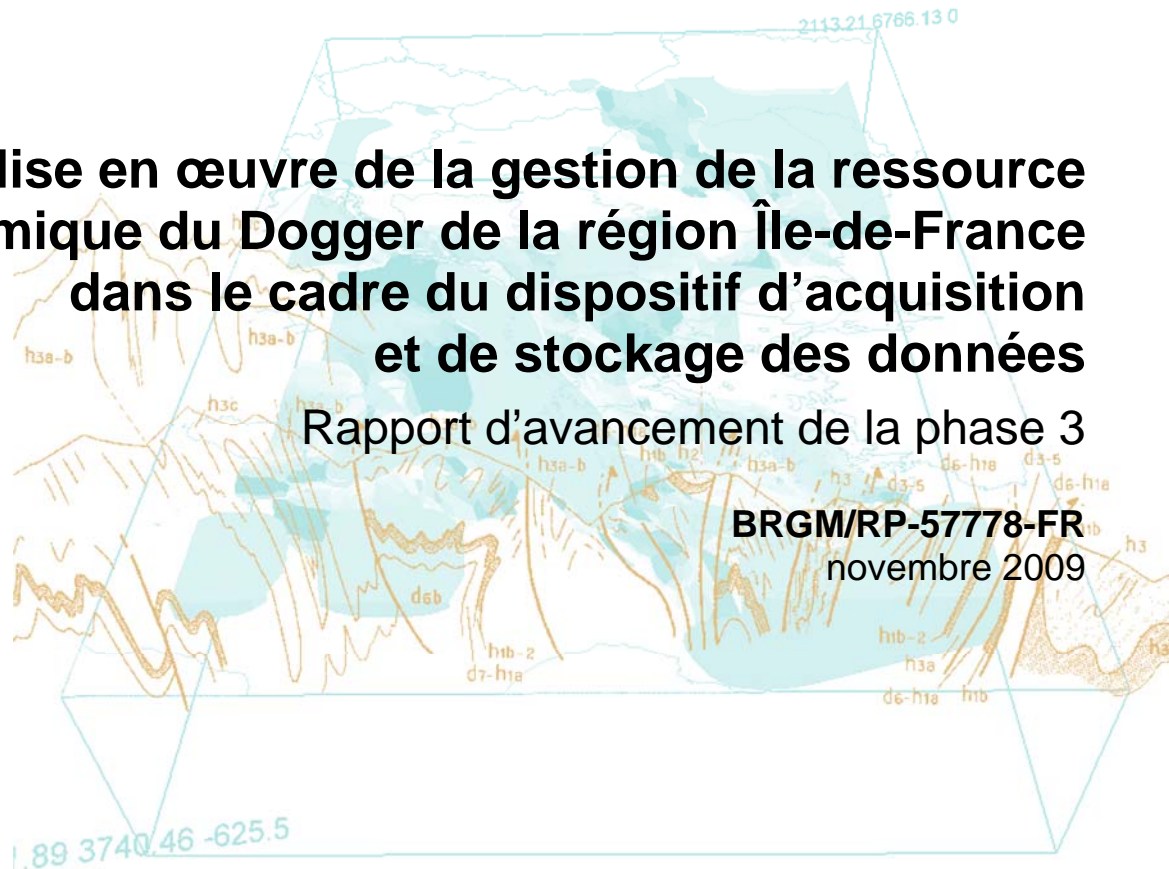




Mise en œuvre de la gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Île-de-France dans le cadre du dispositif d'acquisition et de stockage des données

Rapport d'avancement de la phase 3

BRGM/RP-57778-FR
novembre 2009



Mise en œuvre de la gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Île-de-France dans le cadre du dispositif d'acquisition et de stockage des données

Rapport d'avancement de la phase 3

BRGM/RP-57778-FR

novembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des opérations (projets) de Service public du BRGM 2005-cdg506

O. Goyeneche

Avec la collaboration de

H. Lesueur, M. Le Brun, V. Hamm

Vérificateur :

Nom : Alain DESPLAN

Date : 3 août 2010

Signature :



Approbateur :

Nom : Romain VERNIER

Date : 3 août 2010

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Avertissement

*Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur : **ADEME**, en 2 exemplaires, conformément aux termes de la convention.*

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait, et, des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots-clés : Géothermie, Réservoir géothermique, Île-de-France, Bassin parisien, Dogger, Doublet de forages, Triplet de forages, Modélisation d'un réservoir, Base de données

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

Goyeneche O., Lesueur H., Le Brun M., Hamm V. (2009) - Mise en œuvre de la gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Île-de-France dans le cadre du dispositif d'acquisition et de stockage des données - Rapport d'avancement de la phase 3. BRGM/RP-57778-FR, 67. p., 4 ann.

Synthèse

Ce rapport est un document d'étape prévu au 25^e mois la Convention ADEME-BRGM n° 0705C0040 du 8 juillet 2007 et à l'avenant n° 1 du 4 août 2009 auxquels il se réfère, dont l'objet est la mise en œuvre d'un Observatoire de données exploitant la Base Dogger élaborée antérieurement.

Cette convention constitue la phase 3 du programme de « Gestion du Dogger ».

Le rapport fait un point d'avancement sur les deux séquences prévues dans le programme de la phase 3 du projet, à savoir :

- Le fonctionnement de la Base Dogger et notamment la collecte des données d'exploitation des 33 sites géothermiques en activités de la région parisienne par l'envoi formel et régulier par les exploitants des sites considérés, de fichiers Excel dédiés, le tri et la validation des ces données par les deux bureaux d'étude sous-sol dûment mandatés pour cette mission. Enfin, cette séquence du programme prévoit la mise en œuvre de requêtes de routine pour l'intégration de ces données dans la base et leurs extraction par les ingénieurs chargés de modélisation du Dogger, dans un format conforme à leurs attentes.
- L'interprétation des données et la modélisation du réservoir, selon les deux axes retenus :
 - la poursuite, entamée dans le cadre de la phase 2 du projet, de la compréhension des processus géochimiques majeurs pouvant être à l'origine du concept de précurseurs chimiques de percée thermique aux puits producteurs des doublets ;
 - la modélisation hydraulique et thermique du réservoir du Dogger en termes d'une part, de détermination de l'extension des bulles froides autour des forages d'injection des doublets dans le Val-de-Marne et la Seine-Saint-Denis à forte densité d'opérations géothermiques puis à une échelle régionale ; d'autre part, d'analyse comparative de divers scénarios de réhabilitation de doublets géothermiques en cas de vétusté ou de manifestation de la percée thermique.

Ce travail d'avancement se poursuivra au premier semestre 2010 pour s'achever par la publication du rapport final du programme de la phase 3 du projet de « Gestion du Dogger ».

Sommaire

1. Introduction	7
2. Animation et gestion du projet.....	9
2.1. RÉUNION DE LANCEMENT DU PROJET	9
2.2. RÉUNION DU COMITÉ DE PILOTAGE	9
3. Fonctionnement de la Base Dogger	11
3.1. ÉTAT DU PROCESSUS D'ACQUISITION DES DONNÉES	11
3.2. ÉTAT DU PROCESSUS D'UTILISATION DE LA BASE	12
4. Interprétation et modélisation du réservoir du Dogger	13
4.1. APPROCHE GÉOCHIMIQUE.....	13
4.2. APPROCHE HYDRO-THERMIQUE	14
4.2.1. Présentation des résultats intermédiaires relatifs à l'extension actuelle des bulles froides autour des puits injecteurs des doublets en cours d'exploitation en Île-de-France	15
4.2.2. Présentation des premiers résultats de modélisation de l'impact thermique et hydraulique sur l'exploitation de l'aquifère du Dogger pour différents scénarios de réhabilitation d'un doublet géothermique type	20
5. Conclusion	23

Liste des annexes

Annexe 1 : Compte rendu de réunion de lancement du projet de gestion Dogger - Phase 3 du 8 novembre 2007	25
Annexe 2 : Compte-rendu de réunion du Comité de Pilotage du 28 juillet 2009.....	65
Annexe 3 : Présentation du courrier de relance type envoyé par les bureaux d'études sous-sol aux maîtres d'ouvrage des 33 opérations en cours d'exploitation en Île-de-France et du fichier Excel à renseigner en données d'exploitation	75
Annexe 4 : Rapport – Contribution à la modélisation hydraulique et thermique du réservoir du Dogger	81

1. Introduction

Le projet de « Gestion du réservoir du Dogger » a pour but de fournir aux pouvoirs publics, aux maîtres d'ouvrages des opérations géothermiques de la région parisienne, à leurs exploitants ou délégataires et aux bureaux d'études associés, une méthode pour une prévision à moyen et long termes de la durée de vie des opérations de chauffage de réseaux de chaleur urbains.

Le projet «Gestion du réservoir du Dogger - Phase 3 » fait suite aux différentes phases qui l'ont précédé :

- **phase 1** de octobre 2001 à novembre 2002 : conception générale et construction de la base de données dite Base DOGGER ;
- **phase 2** de décembre 2002 à mars 2005 : intégration des données disponibles et conception d'une méthode d'interprétation.

La Phase 3 du projet, dont l'objectif est la mise en place d'un « Observatoire du réservoir du Dogger », prévoit de procéder à l'amélioration de la connaissance du comportement de cet aquifère qui ne peut faire l'objet d'une observation directe. Il doit également permettre aux maîtres d'ouvrages ou à leurs délégataires d'anticiper, autant que faire se peut, la dégradation pressentie de la capacité thermique du réservoir au droit de chaque doublet (percée thermique) et de leur permettre d'être prêts à prendre les mesures adaptées.

Cette phase du projet est subdivisée en deux séquences, au niveau du cahier des charges de l'étude et dans la convention BRGM/ADEME à laquelle il se réfère :

- fonctionnement de la Base DOGGER avec acquisition pérenne des données d'exploitation des ouvrages et conditions d'utilisation de la base ;
- interprétation et modélisation du réservoir à partir des données renseignées dans la Base, tant du point de vue hydrodynamique et thermique que géochimique.

Il convient en outre de noter que, dans le cadre de la présente phase du projet, un travail de modélisation complémentaire, intitulé étude de « Modélisations de l'impact thermique et hydraulique pour différents scénarios de réhabilitation par triplet ou doublet d'un doublet géothermique type du Dogger », a été initié.

Ce document, qui est joint en annexe au présent rapport d'avancement, est le résultat d'une première phase de réflexion sur la réhabilitation d'un doublet géothermique au Dogger. La comparaison entre les différentes solutions de réhabilitation retenues sera étayée, dans un second temps, par l'ajout de deux autres critères prenant en compte les bilans énergétiques et les surfaces d'emprise de la bulle froide normalisées par rapport à l'installation initiale en doublet.

2. Animation et gestion du projet

2.1. RÉUNION DE LANCEMENT DU PROJET

Réunion du 8 novembre 2007 : voir compte-rendu en Annexe 1.

2.2. RÉUNION DU COMITÉ DE PILOTAGE

Réunion du 28 juillet 2009 : voir compte-rendu en Annexe 2.

3. Fonctionnement de la Base Dogger

La phase 2 du projet, dont le rapport a été publié en mars 2005 sous le titre « Mise en œuvre d'un système de gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Ile-de-France » (référence : BRGM/RP-53782-FR), a été consacrée à la mise en place d'une méthodologie de collecte des données de fonctionnement de la boucle géothermale auprès des exploitants de 21 (15 sites exploités par la société Dalkia et 6 sites par Elyo) des 33 sites géothermiques de la région parisienne (sur 34, Melun-l'Almont n'a pas souhaité s'associer au projet).

Dans la présente séquence de la phase 3 du projet, il est programmé d'étendre l'acquisition des données à l'ensemble des paramètres de fonctionnement (14 paramètres répartis en cinq rubriques : pression, température, débit, puissance électrique, corrosion).

Dans cette séquence, il s'agit également de finaliser par le biais de « routines » appropriées les modes d'administration pour l'alimentation et l'utilisation de la Base Dogger

3.1. ÉTAT DU PROCESSUS D'ACQUISITION DES DONNÉES

Le temps écoulé entre les prises de contact établies au début de l'année 2005 avec les deux sociétés d'exploitation contractuellement engagées sur le plus grand nombre de sites de la région parisienne et la date de notification du début de la phase 3 du projet, le 8 octobre 2007, n'a pas permis de mobiliser les bureaux d'étude sous-sol et les exploitants dans l'application des procédures arrêtées.

Il a donc été nécessaire de reprendre ce travail selon la procédure suivante :

- obtenir des deux bureaux d'études sous-sol un état des lieux précis des capteurs disponibles sur chaque site pour la collecte des 14 paramètres souhaités, en distinguant les sites dotés d'une GTC permettant d'obtenir par extraction les informations au pas horaire, des sites où les relevés sont réalisés manuellement et qui nécessiteront le transfert des données sur un fichier Excel dédié ;
- intégrer les données issues du télé-suivi des installations géothermiques qui ont fonctionné entre 1989 et 1993 environ ;
- récupérer les données d'exploitation non intégrées à la Base Dogger entre le 1er janvier 2005 et le 31 décembre 2009 ;
- enfin, mettre en service, dès le 1er janvier 2010, la collecte régulière des données sur l'ensemble des sites géothermiques de la région parisienne.

Pour y parvenir, une commande de sous-traitance a été passée par le BRGM, dans le cadre du projet, le 31 juillet 2009 à GPC I&P et le 5 août 2009 à CFG Services, afin de mettre en œuvre les points 1, 3 et 4 ci-dessus.

On trouvera en Annexe 3 au présent rapport, un courrier type, élaboré en commun par le Département Géothermie du BRGM et les bureaux d'études sous-sol, ainsi qu'un tableau au format Excel des données à collecter par les exploitants des sites.

Des routines d'intégration des données dans les différentes tables ont été élaborées pour alimenter la Base Dogger, à partir des relevés issus des sites géothermiques

L'action n° 2, ci-dessus, est en cours de réalisation à partir des bandes magnétiques contenant les fichiers de valeurs collectés au cours des années 1989 à 1994. Ce travail intermédiaire sur une période donnée d'acquisition servira de test au processus d'acquisition continue des données d'exploitation, quelles que soient la nature et l'origine des fichiers de données transmis au BRGM via les sociétés de service du sous-sol.

3.2. ÉTAT DU PROCESSUS D'UTILISATION DE LA BASE

Des routines d'extraction des données contenues dans la base sont en cours de construction. Elles permettront à chacun des utilisateurs, notamment aux modélisateurs, de disposer d'informations fiables et suffisamment nombreuses pour affiner les modèles hydrodynamiques et géochimiques développés.

4. Interprétation et modélisation du réservoir du Dogger

4.1. APPROCHE GÉOCHIMIQUE

Du point de vue de la géochimie, l'interprétation des données, initiée au cours de la phase 2 du projet pour un nombre limité d'opérations, consiste à extraire le maximum d'informations utiles des signaux chimiques restitués au puits de production. Cette démarche nécessite l'exploitation des résultats des mesures ponctuelles et périodiques et une capitalisation de l'expérience acquise en ce qui concerne la compréhension des processus.

La phase 2 du projet qui s'est achevée au printemps 2005 a, en effet, abordé cette problématique de la « percée chimique » en estimant que la dynamique des transferts de traceurs chimiques dans le réservoir pouvait être un bon précurseur de la percée thermique avec une cinétique 3 à 5 fois plus rapide.

L'étude de la composition chimique des fluides de quatre doublets représentatifs de la variabilité des domaines géographiques du Dogger en région parisienne (Coulommiers pour la zone est de Paris, Créteil pour le Val-de-Marne, Ris-Orangis pour le sud et Clichy-sous-Bois pour la Seine-Saint-Denis) avait permis de conclure :

- en termes de recherche de précurseurs :
 - déséquilibre systématique du potentiel Redox (pe),
 - Mackinawite, Calcite, Aluminosilicates saturés partout,
 - Anhydrite et Fluorite, sub-saturées à saturées à Coulommiers et Créteil et sous-saturées à Ris-Orangis et Clichy,
 - Sidérite sous-saturée pour tous les forages sauf Ris-Orangis,
 - Calcédoine proche de la saturation partout et potentiellement indicatrice de refroidissement ;
- en termes de modélisation géochimique, dans l'approche méthodologique qui a été retenue :
 - recensement de contraintes pratiques de la modélisation des sites et de l'interprétation des données. L'analyse de la problématique générale doit prendre en compte la quantification, en un plus grand nombre de points possible de la boucle géothermale, des signaux qui traduisent les processus et les interactions hydrodynamique, thermique et chimique dans le doublet. La modélisation doit en outre formuler avec précision des processus chimiques qui sont, pour certains d'entre eux, établis sur des hypothèses à évaluer.

La connaissance détaillée de la structure du réservoir (évolution des régimes d'exploitation au cours du temps, description de la stratification et de la continuité hydraulique entre les deux forages d'un doublet) doit également être améliorée

pour valoriser les informations chimiques et préciser la structure du réservoir équivalent.

Enfin, la connaissance de l'emprise du volume injecté dans le réservoir et des interférences avec des opérations voisines ont une incidence directe sur la modélisation conjointe thermique et chimique.

- prise en compte d'un modèle conceptuel global incluant le réservoir et la boucle géothermale. Le modèle phénoménologique schématique élaboré au cours de la phase 2 comprend le puits de production, l'échangeur, le puits d'injection et le réservoir. Dans ce modèle, le bilan, en terme de flux de sulfures en tête de puits producteur, intègre la contribution (R) due au processus de recyclage du réservoir parvenant en fond de puits de production à laquelle s'ajoute la production de sulfures dissous par les processus bactériens et la réduction des sulfates (B) et à laquelle on retranche, enfin, la consommation de sulfures dissous pour la production de dépôts (D) associée aux processus de corrosion et de précipitation. Les 2 derniers termes de cette équation ont été globalisés en (B-D). Ce terme a alors été estimé en utilisant les résultats d'analyse dans les premières années d'exploitation du doublet quand R était nul ou faible.
- Examen de la réponse de deux groupes de doublets-type : l'un constitué de sept doublets du nord-est du Val-de-Marne (Alfortville, Bonneuil-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Créteil, Maisons-Alfort I et II, Sucy-en-Brie), le second constitué des quatre doublets de Meaux, pour évaluer la méthode proposée.
- Compléter et étendre la compréhension des processus thermodynamiques et chimiques à l'origine du concept de précurseurs chimiques, c'est-à-dire reprendre l'examen des minéraux potentiels étudiés au cours de la phase 2 sur les sites de Coulommiers, Créteil, Ris-Orangis et Clichy-sous-Bois, à savoir : Fe(+2), S(-2), HS-, SO₄(-2), pH, pe, Mackinawite, Calcite, aluminosilicates, Anhydrite, Fluorite, Sidérite, Calcédoine, en intégrant les résultats d'analyse accumulés par les sociétés de services entre le 1/01/05 et le 31/12/09, en étendant aux éventuels nouveaux dépôts repérables, en identifiant les paramètres prépondérants à suivre périodiquement et en faisant ressortir les tendances évolutives.
- Validation du modèle conceptuel proposé en phase 2 sur les deux groupes de doublets du nord-est du Val-de-Marne et de Meaux en l'étendant aux doublets de la Seine-Saint-Denis.
- Synthèse et limites de l'apport des données géochimiques pour la prévision du déclin énergétique des doublets par une amorce de modélisation simplifiée des « fronts géochimiques » de un ou deux traceurs repérés.

Cette tâche sera réalisée en étroite collaboration avec l'équipe chargée de la modélisation hydrodynamique et thermique du Dogger.

4.2. APPROCHE HYDRO-THERMIQUE

La modélisation hydro-thermique du réservoir du Dogger a été élaborée selon deux axes d'approche :

- Le premier concerne la détermination de l'extension des bulles froides autour des forages d'injection des doublets à une échelle territoriale dans les zones à forte

densité d'opérations (Val-de-Marne et Seine-Saint-Denis) puis à une échelle régionale. La connaissance de ces zones où le fluide géothermique présenterait une température inférieure d'au moins 3 °C par rapport à la température d'origine du réservoir est d'un intérêt fondamental pour le développement de nouvelles opérations de géothermie en Ile-de-France ;

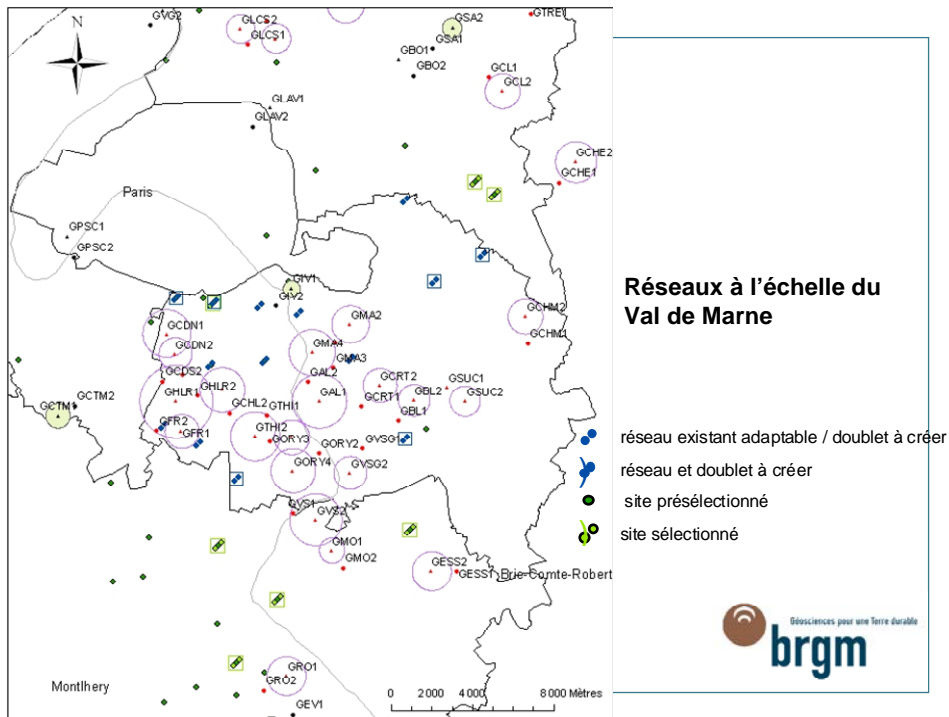
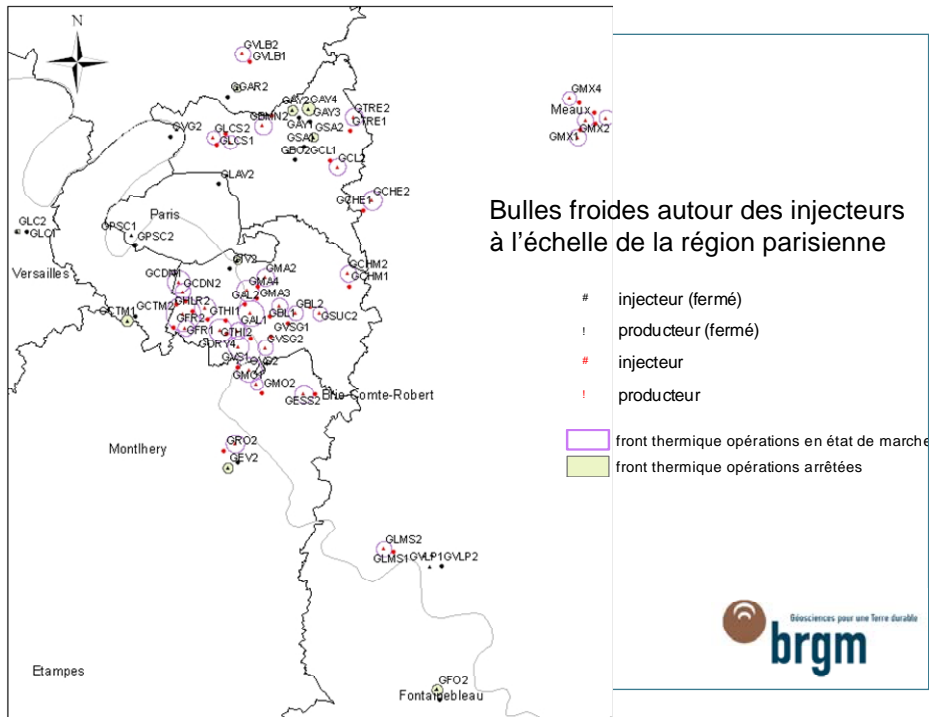
- Le second s'intéresse à une analyse comparative de divers scénarios et schémas de réhabilitation de doublets géothermiques qui pourraient être atteints par un état de vétusté rendant leur exploitation inacceptable en termes de sécurité et de protection de l'environnement, ou dont le puits producteur serait soumis à la percée thermique attendue.

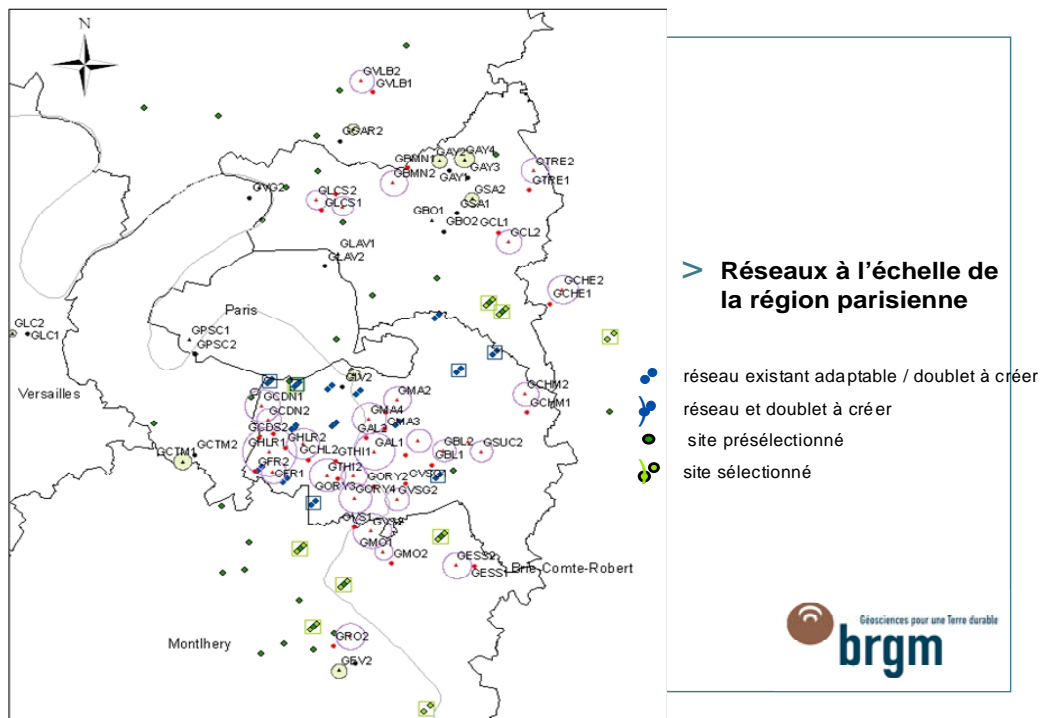
4.2.1. Présentation des résultats intermédiaires relatifs à l'extension actuelle des bulles froides autour des puits injecteurs des doublets en cours d'exploitation en Île-de-France

Cette présentation de résultats intermédiaires, que l'on trouvera, ci-après, sous la forme de diapositives élaborées par Morgane Le Brun et Virginie Hamm du BRGM et présentées lors du Comité de Pilotage du projet en 28 juillet dernier, a permis d'estimer l'extension des perturbations thermiques autour des puits d'injection à partir de deux méthodes d'approche complémentaires : le calcul analytique appliqué ici à l'ensemble de la région parisienne et la modélisation numérique appliquée aux opérations du Val-de-Marne.

La *voie analytique* permet de déterminer l'extension des bulles froides pour les opérations arrêtées ou en cours d'exploitation. Dans les représentations cartographiques ci-après, les données issues de la Base Dogger sont limitées au 31/12/2004, les volumes injectés pris en compte étant alors extrapolés. Le modèle analytique utilise la vitesse de propagation du front thermique au puits injecteur considéré comme puits unique (absence de déformation par le débit pompé au puits producteur du doublet ou par les doublets voisins). En outre, le réservoir aquifère est résumé à une structure homogène dont l'épaisseur productrice est celle connue au droit du puits injecteur et ne prenant pas en compte le rôle tampon des épontes.

Cette approche permet de repérer les zones soumises à d'importants risques de refroidissement de la formation réservoir, du fait notamment de la densité des opérations (Val-de-Marne) et de déterminer des zones de développement préférentielles en fonction de la qualité de la ressource et de l'existence de réseaux de chaleur pour qualifier les besoins.





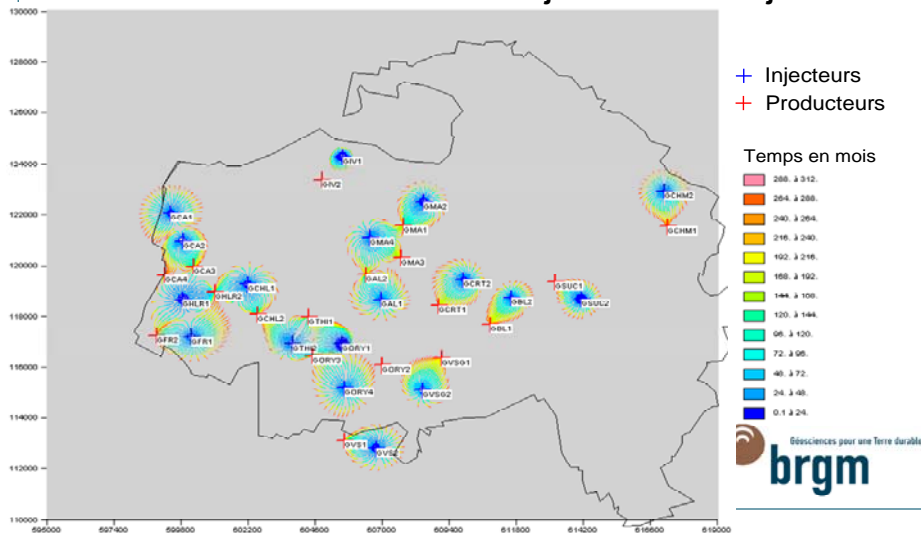
Le volet *modélisation* permet de déterminer l'extension de bulles froides par modélisation hydraulique, c'est-à-dire par calcul de la trajectoire des particules d'eau froide au cours du temps. La méthode, appliquée aux opérations du Val-de-Marne, prend en compte l'hétérogénéité du réservoir au moyen de l'étude géostatistique de la distribution de l'épaisseur productrice et de la transmissivité du réservoir et, également, les interférences hydrauliques entre puits (Actualisation d'une étude intitulée « Caractérisation et modélisation du réservoir géothermique du Dogger du Bassin parisien » publiée par le BRGM en novembre 1989). Elle ne prend pas en compte les échanges de chaleur avec les épontes de la formation réservoir.

Dans ses résultats, cette méthode permet, contrairement à la précédente, de définir plus précisément les déformations du front liées aux interférences entre puits. Comme la précédente, elle maximise la zone envahie par le froid du fait qu'elle n'intègre pas la diffusion de la chaleur à l'interface épontes/niveaux producteurs.

Cette approximation a été en partie levée par une étude thermique détaillée du doublet de Champigny-sur-Marne, sélectionné parce qu'isolé au nord-est du Val-de-Marne. Cette étude, présentée dans le même diaporama, montre très clairement les conséquences sur la taille de la « bulle froide » et sur la date de percée thermique de la prise en compte dans les calculs de trois modèles de structure du réservoir : les modèles monocouche avec épontes adiabatiques, monocouche intégrant les échanges thermiques avec les épontes supérieures et inférieures, tricouches avec épontes intermédiaires (modèle le plus proche de la réalité du Dogger).

II. Volet modélisation

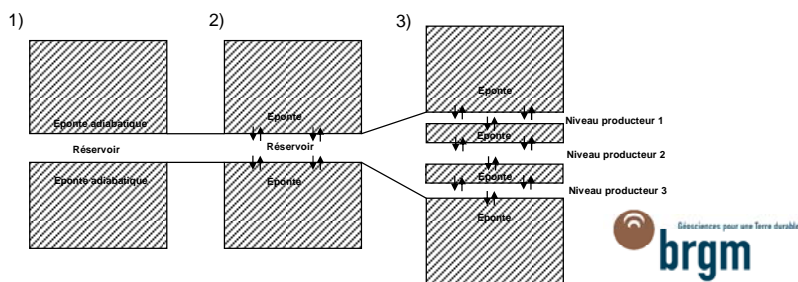
> Positions des particules froides au cours du temps avec mise en route successive des doublets : de janvier 1984 à aujourd'hui



III. Etude thermique détaillée sur le doublet de Champigny

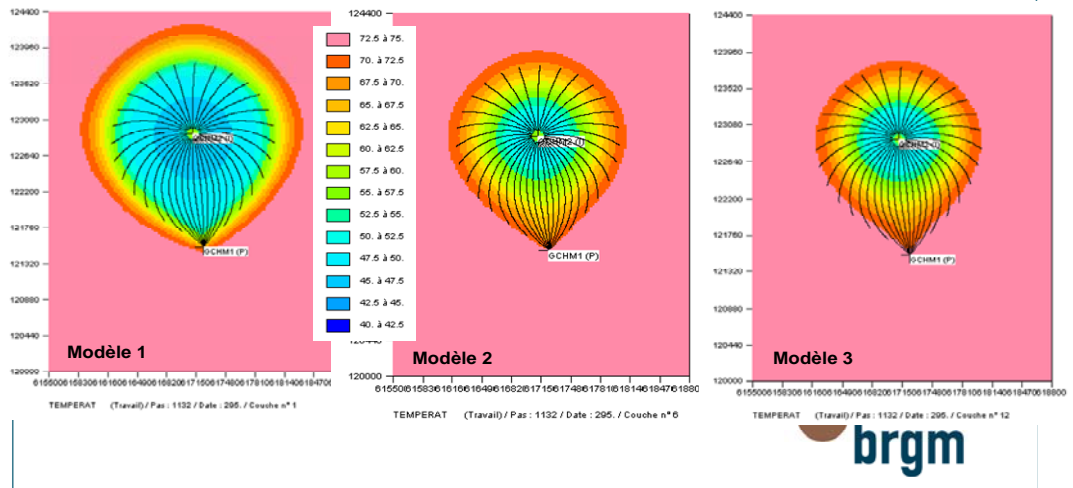
> Modèles conceptuels du doublet de Champigny

- 1) Modèle monocouche avec épontes adiabatiques
- 2) Modèle monocouche avec échange de chaleur avec les épontes supérieure et inférieure
- 3) Modèle tri-couches avec épontes intermédiaires supplémentaires : cas le plus proche de la réalité (plusieurs niveaux producteurs)



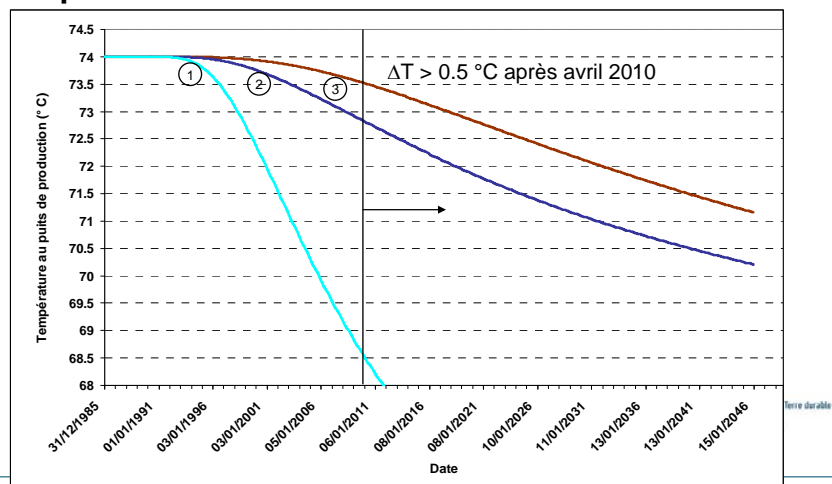
III. Etude thermique détaillée sur le doublet de Champigny

> Calcul de la « bulle froide » à Champigny : état actuel



III. Etude thermique détaillée sur le doublet de Champigny

> Calcul de la percée thermique au puits de production



4.2.2. Présentation des premiers résultats de modélisation de l'impact thermique et hydraulique sur l'exploitation de l'aquifère du Dogger pour différents scénarios de réhabilitation d'un doublet géothermique type

Le rapport annexé au présent document intermédiaire est une contribution aux problèmes posés par l'exploitation sur une longue durée des opérations géothermiques exploitant le Dogger du bassin de Paris, dans le cadre la Phase 3 du projet.

La réhabilitation d'un doublet de géothermie passe par l'implantation d'un nouveau puits producteur et d'un nouveau puits injecteur (cas du nouveau doublet) ou l'implantation d'un nouveau puits producteur avec conservation de l'ancien injecteur et la réhabilitation de l'ancien puits producteur en puits injecteur (cas du triplet).

La problématique liée à ces schémas de réhabilitation tient à leur impact thermique et hydraulique sur la ressource et à la viabilité dans le temps de leur exploitation.

L'étude de cette problématique a été réalisée par la modélisation à l'aide du logiciel MARTHE de différents scénarios de réhabilitation.

Une première exploitation type au Dogger est modélisée (inclinaison du tubage, profondeur du forage, localisation de la plate-forme de forage) dont le fonctionnement sur 25 ans fixe les conditions initiales de charge et de température dans l'aquifère pour les modélisations des différents scénarios de réhabilitation.

Pour chaque schéma de réhabilitation (triplet ou doublet), différentes configurations des nouveaux puits sont envisagées et pour le cas de la réhabilitation par triplet, deux types d'exploitation sont étudiés qui consiste à faire varier la répartition des débits entre les deux puits d'injection de diamètre réduit après un éventuel rechemisage. La ressource est représentée par un modèle homogène trois couches (deux épontes et un réservoir) avec des paramètres moyennés. L'étude de l'optimisation de la réhabilitation est basée sur la position du front froid du doublet considéré et n'a pas pris en compte l'influence des opérations voisines. L'état du réservoir est supposé constant aux frontières du domaine modélisé.

La comparaison entre les différents scénarios modélisés a été menée sur le temps de percée (l'amorce de la chute de température au puits de production) et l'emprise de la bulle froide sur le réservoir au niveau du puits injecteur. Ces deux paramètres ont été pris comme critères déterminants pour la pérennité de l'installation et de la ressource.

Avec les conditions initiales fixées et les paramètres moyens classiques utilisés pour définir le réservoir du Dogger et le régime d'exploitation d'une installation de géothermie :

- l'optimum pour la réhabilitation par doublet correspond au cas où les nouveaux puits injecteurs et producteurs sont à 45° par rapport à l'axe passant par l'ancien doublet et centré sur la plateforme de forage ;
- l'optimum pour la réhabilitation par triplet est le cas où le nouveau puits producteur est placé à 60° de l'axe des injecteurs.

Après comparaison de ces deux optimums la solution de réhabilitation par doublet apparaît limiter la chute de température au puits producteur, mais la solution par triplet semble plus avantageuse en termes de surface impactée.

De même, la comparaison des deux solutions de réhabilitation (doublet et triplet) pour une position fixée du nouveau puits producteur, montre une efficacité plus grande du doublet au regard de la chute de température. Toutefois, l'impact en termes d'emprise de la bulle froide sur la ressource est plus grand avec des variations entre + 0,2 km² et + 1 km² en fonction de l'implantation des puits.

Pour tenir compte du caractère transitoire de la solution par triplet, évoqué par les professionnels de la géothermie dans la vie du site exploité, un scénario a été modélisé considérant un doublet réhabilité pendant 10 ans en un triplet puis transformé en nouveau doublet sur une période de 30 ans. La comparaison avec les solutions doublet et triplet a été effectuée sur le critère de la chute de température au puits de production. D'après les courbes obtenues, le passage à un nouveau doublet après triplet permet de ralentir la chute en température au puits de production et de rattraper un niveau de température à peu près équivalent à la solution d'un simple doublet qui aurait fonctionné pendant la même période de 40 ans.

Il est important de rappeler que ces modélisations hydrothermiques n'ont pas pris en compte les contraintes d'emprise thermique dans le réservoir occasionnées par la présence de doublets voisins, lesquelles peuvent être des facteurs très limitant, notamment dans les zones à forte densité de doublets.

Les conclusions de cette étude théorique sont donc à adapter, dans le cadre d'une étude de faisabilité, à chaque cas particulier de réhabilitation d'une opération.

5. Conclusion

Ce document constitue un rapport d'avancement au terme des 2/3 de la durée de la Convention ADEME-BRGM n° 0705C0040 notifiée le 8 octobre 2007 et de son avenant n° 1 du 4 août 2009.

À partir des acquis en termes :

- de fonctionnement de la base Dogger et de son alimentation régulière en données sur les ouvrages et sur leur exploitation ;
- d'apport de la géochimie en matière de précurseur chimique de la percée thermique aux puits producteurs de doublets ;
- de modélisation hydraulique et chimique du réservoir du Dogger ;

il reste, avant la réalisation et la présentation du rapport final de la phase 3 du projet, à résoudre les éléments suivants :

- améliorer la connaissance des débits injectés et pompés en complétant la base Dogger sur la période 2005-2009 et en recherchant des données complémentaires sur les doublets arrêtés ;
- convaincre les maîtres d'ouvrages et leurs exploitants de participer à la bonne gestion de l'aquifère, dont ils tireront bénéfice tant pour la puissance thermique de leur chaufferie géothermique que pour la réalisation des nouvelles opérations, en mettant à disposition de la puissance publique les modifications des ouvrages qu'ils exploitent et les données homogènes quotidiennes d'exploitation de ces ouvrages ;
- délimiter des secteurs de modélisation dans le département du Val-de-Marne pour permettre, à partir du calcul hydraulique, un calcul thermique détaillé par secteur de doublets comme cela a été fait sur le doublet isolé de Champigny-sur-Marne ;
- développer la méthode de modélisation sur le département de Seine-Saint-Denis, autre département du bassin parisien à forte densité de doublets.

En ce qui concerne la modélisation de l'impact sur l'aquifère du Dogger de divers scénarios de réhabilitation de doublets, deux autres critères sont à l'étude pour être présentés dans le rapport final. L'un de ces critères comparera les scénarios sur la base du gain en énergie par rapport à une situation de référence (fonctionnement du doublet sur la période initiale de 25 ans), le second comparera les surfaces d'emprise du front froid obtenues à partir de différents schémas d'implantation de forages, par rapport à celui de la situation de référence et non plus uniquement entre elles, comme c'est le cas dans le présent rapport.

Annexe 1

Compte rendu de réunion de lancement du projet de gestion Dogger - Phase 3 du 8 novembre 2007

Réf. : xxx

Orléans, le 12 décembre 2007

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Hervé LESUEUR	
Entité :	
GTH	
Projet : Dogger III	Numéro : SP05CDG506
Objet : Réunion de lancement du projet DOGGER III	
Date : 8 novembre 2007	Lieu : Orléans
Participants : Voir liste page suivante	
Absents : Sans objet	
Diffusion : Participants	

LISTE DE DIFFUSION				
Etablissement	Destinataires	Fax / Email	Pour	
			Action	Info
/	Participants	/		X
DR-IdF	Paul CASSIN	paul.cassin@iledefrance.fr		X
ADEME	Philippe LAPLAIGE	philippe.laplaige@ademe.fr		X

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1 – Un comité de pilotage a été constitué. Il aura à prendre en compte, pour les deux années 2008 et 2009, les actions relatives à l'exploitation de la ressource géothermale du Dogger qui seront menées conjointement par le BRGM, l'ADEME et la région Île-de-France. Le comité se réunira deux fois par an. Les questions les plus techniques seront confiées à des groupes de travail.</p>
<p>2 – Les orientations ont été décidées pour alimenter la base DOGGER en données de fonctionnement et pour une utilisation pratique de ces données. Une liste des variables va être proposée par le BRGM. Les exploitants fourniront au BET pour validation les données sur la base d'une information horaire pour chacune des variables. Les BET valideront les données vis-à-vis des informations météorologiques dont ils disposent. Les BET transmettront périodiquement les données validées pour mise à jour de la base DOGGER. Un équipement au cas par cas sera examiné pour les opérations qui le nécessitent.</p>
<p>3 – Les autorités vont examiner l'hypothèse d'une inscription dans les autorisations d'exploiter d'une obligation de transmettre périodiquement des données de fonctionnement des boucles géothermales</p>

Action	Responsable	Délai	Soldé
BRGM rédige un CR de la réunion	H. Lesueur	1 mois	12/12/07
BRGM propose un cadre d'action aux BET	H. Lesueur	Janvier 2008	
Prochaine réunion du comité de pilotage	H. Lesueur	2 nd trimestre 2008	

Présentation

Projet : **Gestion du DOGGER – Phase 3**

Objet : **Réunion de travail et de mise en place d'un Comité de Pilotage**

Date : **8 novembre 2007 de 9h30 à 12h30**

Lieu : **Région Île-de-France – Tour Montparnasse**

L'ADEME, la Région Île-de-France et le BRGM ont organisé une réunion de travail et de désignation d'un comité de pilotage pour le suivi des actions scientifiques et de R&D qui vont concerner l'exploitation de la géothermie du DOGGER ces prochaines années.

Outre les organismes institutionnels, ont été conviés à cette réunion des représentants des maîtres d'ouvrages, des exploitants de centrales géothermiques et des bureaux d'étude.

L'ordre du jour de cette réunion comportait également le lancement de la Phase 3 du projet de gestion du DOGGER intitulé « **Mise en œuvre d'un système de gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Île-de-France** » ; le premier objectif à ce stade d'avancement étant de décider du mode de transmission des données destinées à alimenter la base de données DOGGER sur laquelle se fonde tout un dispositif d'actions concrètes.

Les points suivants ont respectivement été abordés :

- Présentation du contexte par le BRGM
- Débat sur le rôle du Comité de Pilotage
- Constitution du Comité de Pilotage
- Lancement de la Phase 3 du projet de gestion du Dogger portant sur :
 - Mode de collecte et mise en forme des données de fonctionnement des opérations
 - Interprétations et perspectives sur le moyen / long terme
- Présentations CFG-Services et GPC des solutions de collecte des données de fonctionnement des opérations
- Décision relative au mode préféré d'acquisition des données de fonctionnement.

Pièces jointes

- Supports de présentation projetés par le BRGM – 27 vues
- Supports de présentation projetés par le CFG-Services – 17 vues
- Supports de présentation projetés par le GPC-IP – 19 vues

Liste des participants

Nom	Etablissement	Mail
Cyril BRUN	Conseil régional d'Île de France	cyril.brun@iledefrance.fr
Mohamed AMJAHDI Norbert BOMMENSATT	ADEME Île-de-France	mohamed.amjahdi@ademe.fr norbert.bommensatt@ademe.fr
Florent SOVIGNET	DRIRE IDF	Florent.sovignet@industrie.gouv.fr
Hervé RAIMBAULT Raymond FERRANDES	SAF-Environnement	herve.raimbault@caissedesdepots.fr raymond.ferrandes@noos.fr
Gérard BERTRAND Richard FRANCK	ADP	gerard.bretrand@adp.fr richard.franck@adp.fr
Didier LENOIR	AGéMO	lenoir.didier@wanadoo.fr
Arnaud WESTRICH	DALKIA	awestrich@dalkia.com
Joël TAILLARDAS	ELYO	joel.taillardas@elyo.fr
Hubert LHOIR	Cofathec Coriance	hubert.lhoir@cofathec-coriance.fr

Nom	Etablissement	Mail
Jean-Christophe ALLUE Michel GALAS	CPCU	Jean-christophe.allue@cpcu.elyo.fr michel.galas@cpcu.elyo.fr
Michel ANDRES	SEMHACH	michel.andres@semhach.fr
Patrick LESAGE	SMGC	Patrick.lesage@geothermie-la-courneuve.fr
Jean-Luc NICAISE	SEMGEMA	semgema@wanadoo.fr
Emmanuel DABOUINEAU	CA Val de Bièvre	e.dabouineau@agglo-valdebievre.fr
Miklos ANTIC Pierre UNGEMACH Sébastien NICOLAON	GPC Instrumentation Process	m.antics@geoproduction.fr pierre.ungemach@geoproduction.fr
Eric LASNE Giovanni SCALISI	CFG-Services	e.lasne@cfg.brgm.fr g.scalisi@cfg.brgm.fr
Patrice MARIN-DUBUARD	Saunier Associés	pmarindubuard@saunier-associes.com
Christian CANNET	SERMET	Ccannet-sermet@wanadoo.fr
Alain DESPLAN Hervé LESUEUR Fabrice BOISSIER	BRGM, Département GTH	a.desplan@brgm.fr h.lesueur@brgm.fr f.boissier@brgm.fr

Composition du comité de pilotage

La composition ci-dessous du comité de pilotage a été proposée lors de la réunion.

Etablissement	Nom
Conseil Régional d'Île de France	Cyril BRUN
ADEME Île-de-France	Mohamed AMJAHD / Norbert BOMMENSATT
DRIRE Île-de-France	Florent SOVIGNET
SAF-Environnement	Hervé RAIMBAULT
AGEMO	Jean-Luc NICAISE
DALKIA	Arnaud WESTRICH
ELYO	Joël TAILLARDAS
Cofathec Coriance	Hubert LHOIR
CPCU	Michel GALAS
SEMHACH	Michel ANDRES
CFG-Services	Eric LASNE / Giovanni SCALISI
GPC-IP	Pierre UNGEMACH / Miklos ANTIC
SERMET	Christian CANNET
Saunier Associés	Patrice MARIN-DUBUARD / Jacky DESLANDES

Points particuliers relatifs au Comité de Pilotage

Le comité de pilotage constitué comme ci-avant sera opérationnel au moins pour les années 2008 et 2009.

Le comité se réunira 2 fois par an, une fois au printemps, une fois à l'automne.

Le comité de pilotage ci-avant est constitué pour suivre les différentes actions conjointes du BGRM ; de l'ADEME et de la Région Île-de-France qui sont relatives à gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Île-de-France.

En réunion, il a été envisagé un possible élargissement du comité de pilotage à des représentants des départements d'IdF les plus concernés, par exemple le département 94. Ce point sera examiné pour le prochain comité de pilotage.

D'une manière très générale, pour les volets plus technique des différentes actions, des groupes de travail seront constitués. Le comité de pilotage sera tenu informé de la constitution d'un groupe de travail de l'avancement de ses travaux.

Lancement de la Phase III du projet de gestion du DOGGER

Le BRGM (voir reproduction des vues ci-après) a rappelé l'état d'avancement de ce projet initié en 2003.

La Phase 3 porte sur deux volets du projet :

1. Une évolution des outils d'interprétation tenant compte des données récentes de fonctionnement et issues des diagnostics
2. Une collecte des données de fonctionnement

Comme il est ressorti des débats, ce second point justifie une démarche harmonisée pour que les données collectées et intégrées dans la base de données DOGGER puissent être aisément utilisés dans pour l'évolution des outils d'interprétation que pour une utilisation plus directe ; comme par exemple des restitutions graphiques.

Le relevé des orientations arrêtées lors de la réunion de travail du 8 novembre 2007 est le suivant :

- a) Les données seront fournies sous la responsabilité du titulaire de l'autorisation d'exploiter sur la base des équipements propres à chaque opération ; l'hypothèse d'un équipement dédié (ou spécifique) ayant été écartée.
- b) La DRIRE va examiner les modalités pratiques de la disposition ci-avant
- c) L'exploitant (ou son représentant), transmettra périodiquement (au moins à fréquence mensuelle) les données seront transmises au BET en charge des actions périodiques de contrôle ou diagnostic de la boucle
- d) Le BET ci-avant aura à vérifier la cohérence des données avant de les transmettre au BRGM pour intégration dans la base de données DOGGER ; la fréquence de ces transmissions pouvant être trimestrielle
- e) Autant que faire se peut, le BET aura dans sa mission de contrôle/diagnostic la charge de vérifier la validité de la chaîne de mesure sollicitée pour acquérir les données.
- f) Pour les opérations encore imparfaitement équipées pour l'acquisition des données de fonctionnement de la boucle, un examen au cas par cas sera effectué (pour information, voir plus loin les présentations de CFG-Services et GPC-IP).
- g) Sur la base du descriptif définitif des données de fonctionnement à collecter, le BRGM va solliciter, en janvier 2008, les différents exploitants et BET pour leur demander un état des aptitudes de chacune des opérations les concernant.

Descriptif prévisionnel des données de fonctionnement à collecter

La liste des capteurs ci-dessous sera confirmée à l'issue des diagnostics qui seront effectué au premier trimestre 2008 par les exploitants et les BET.

Données de fonctionnement des boucles

Pressions

- Enregistrement de la pression amont échangeur (aval pompe de production)
- Enregistrement de la pression aval échangeur (aval pompe d'injection)
- Enregistrement de la pression en aval de la pompe d'injection
- Si disponible, indication de pression en amont de la pompe de production

Températures

- Enregistrement de la température amont échangeur
- Enregistrement de la température d'injection
- Si disponible, indication de température en amont de la pompe de production

Débit

- Enregistrement du débit de production
- Si disponible, enregistrement des débits d'injection pour les opérations en triplet

Données complémentaires

Températures

- Enregistrement de la température extérieure

Durée de fonctionnement

- Compteur horaire de temps de fonctionnement « normal »

(=> écarter les phases transitoires, les défauts et les incidents)

Données de confirmation

Puissances électriques

- Enregistrement / compteur de puissance de la pompe de production
- Enregistrement / compteur de puissance de la pompe d'injection

Températures

- Enregistrement de la température départ réseau
- Enregistrement de la température retour réseau

Fréquence d'acquisition

- une moyenne horaire ou un état des compteurs chaque heure.



**Gestion de la ressource géothermique
du Dogger de la Région Ile de France**

Suivi des exploitation - Phase III

Réunion de travail du 8 novembre 2007

Département Géothermie



8 novembre 2007



**Gestion de la ressource géothermique
du Dogger de la Région Ile de France**

Présentation

Département Géothermie



8 novembre 2007

Vue d'ensemble du projet de gestion du Dogger

- > **Phase 1 :** **Conception et réalisation de la base de données**
 Collecte de l'ensemble des données historiques
 Conceptualisation de l'interprétation des données
 - Rapport final RP-52927-Fr de février 2004 (public)

- > **Phase 2 :** **Intégration des données d'exploitation dans la Base**
 Adaptation de la base et chargement des données
 Interprétation des données (géochimie)
 - Rapport final RP-553782-FR de mars 2005 (confidentiel)

- > **Stand-by – 2 années**

- > **Phase 3 :** **Observatoire du Réservoir du Dogger**
 - Durée prévisionnelle : 24 mois à compter de fin 2007 / début 2008
 - Compléter pour l'ensemble des exploitations
 - Interpréter les historiques et exploiter le modèle de réservoir
 - Assurer le fonctionnement de la Base Dogger

BRGM/GTH

8 novembre 2007



> 3

Rappel : Phase 1 du projet de gestion du Dogger

- > **Conception et réalisation de la Base Dogger**
 - Stratégie de recensement des données historiques
 - Conception de la base de données (Oracle)
 - Réalisation de la Base Dogger et lancement du renseignement

- > **Lancement de la collecte des données historiques (12 fiches)**
 - Historique des opérations
 - Ouvrages : forages, tubages, réservoir, modes d'exploitation
 - Equipements de l'exploitation : matériels, métrologie, ...
 - Données d'opération : analyses physico-chimiques, contrôles, ...
 - Paramètres d'exploitation (sauf données quotidiennes de fonctionnement)

- > **Interprétation : Faisabilité & Conceptualisation**
 - Etat des lieux et choix des premiers sites
 - Evaluation des contraintes, comportements, processus et limites
 - Faisabilité du traçage chimique « naturel » et tendances

BRGM/GTH


8 novembre 2007



> 4

Base de Données DOGGER : Page d'accueil

DOGGER



Agence de l'Environnement
et de la Métrique de l'Énergie


- MENU -


OPERATION

EXPLOITATION


OUVRAGE

Dictionnaire des données





Agence régionale
de l'environnement
et des
nouvelles énergies
Île-de-France




DRIRE
Île-de-France

Connexion : Oracle Access 97 Détache Tables


D:\Travail\Géothermie\DOGGER_GIS\BASE_DOGGER_201

Transfert tables D_DOGGER

BRGM 01/07/02 Version 1.0 Quitter



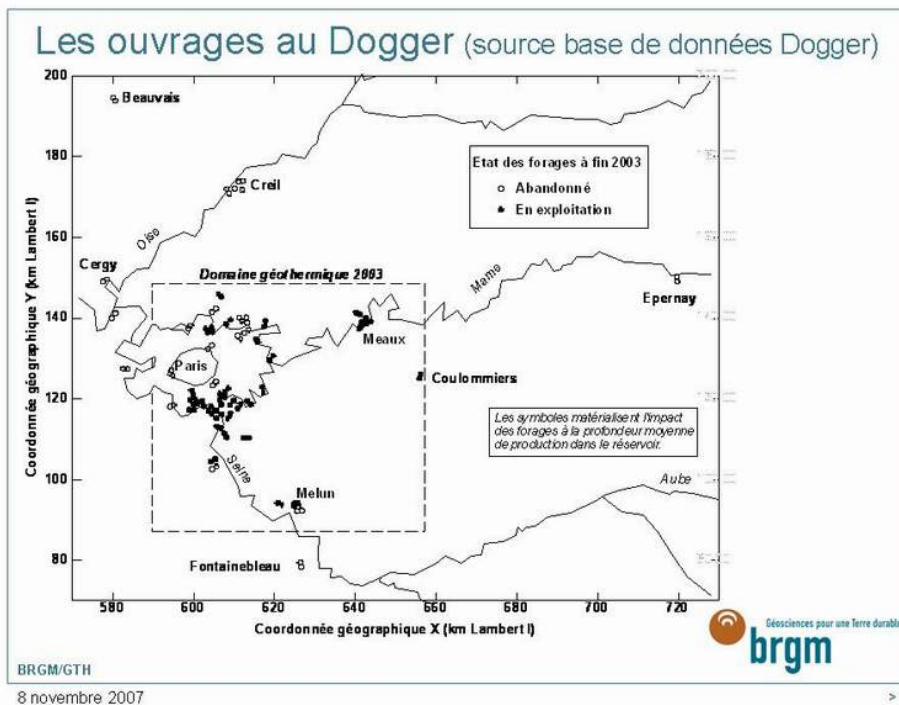
Géosciences pour une Terre durable

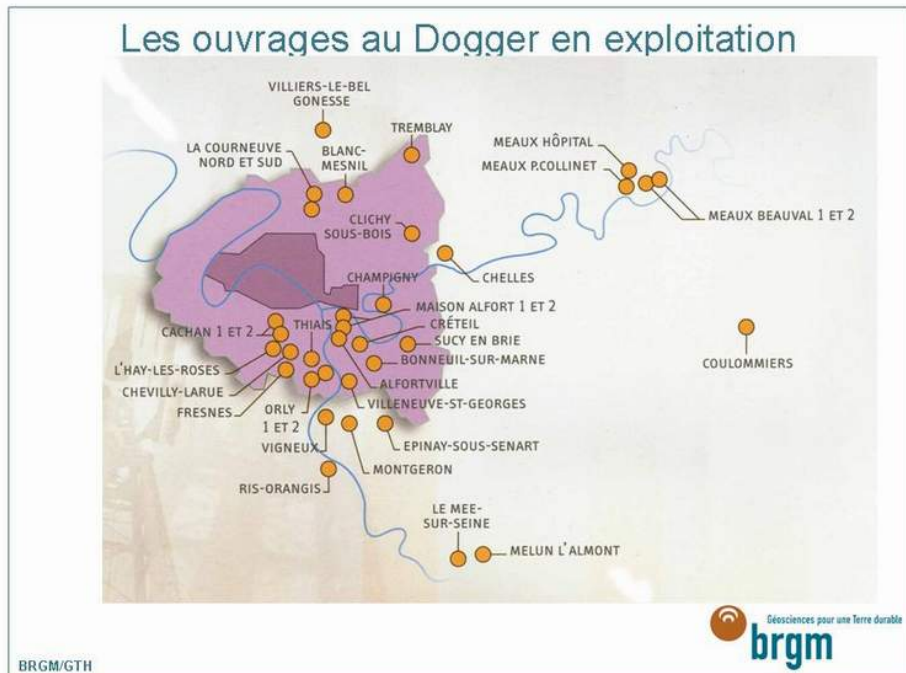


Géosciences pour une Terre durable

BRGM/GTH > 5

8 novembre 2007





BRGM/GTH

8 novembre 2007

> 7

Rappel : Phase 2 du projet de gestion du Dogger

> **Intégration de données historiques dans la Base Dogger**

- Renseignement des données historiques : 33 sites (hors données historiques quotidiennes = Télésuivi)
- Accords de principe : DALKIA, ELYO, SEMHACH & SOCCRAM (données quotidiennes d'exploitation = 24 des 33 sites)

ELYO DALKYA SEMHACH SOCCRAM IDEX CORIANCE
 6 15 2 1 2 7 (4 à Meaux)

> **Adaptation de la Base et Utilitaire de chargement des données**

- Aménagement de la Base = plus conviviale
- Outil de saisie de données (par GPC & CFG-Services)
- Equipements de l'exploitation : matériels, métrologie, ...
- Données d'opération : analyses physico-chimiques, contrôles, ...

> **Interprétation des signatures**

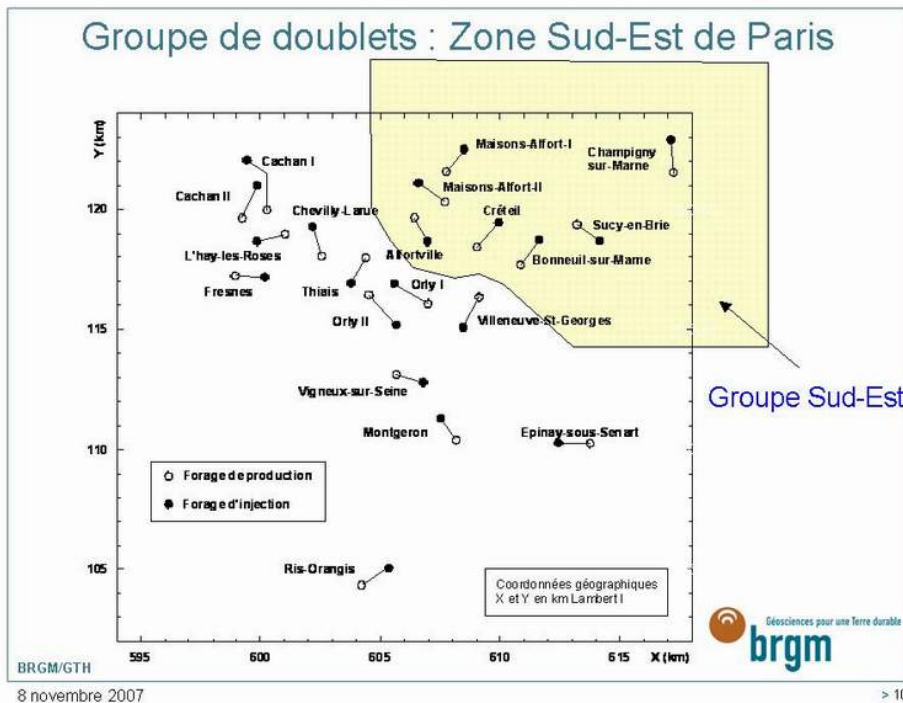
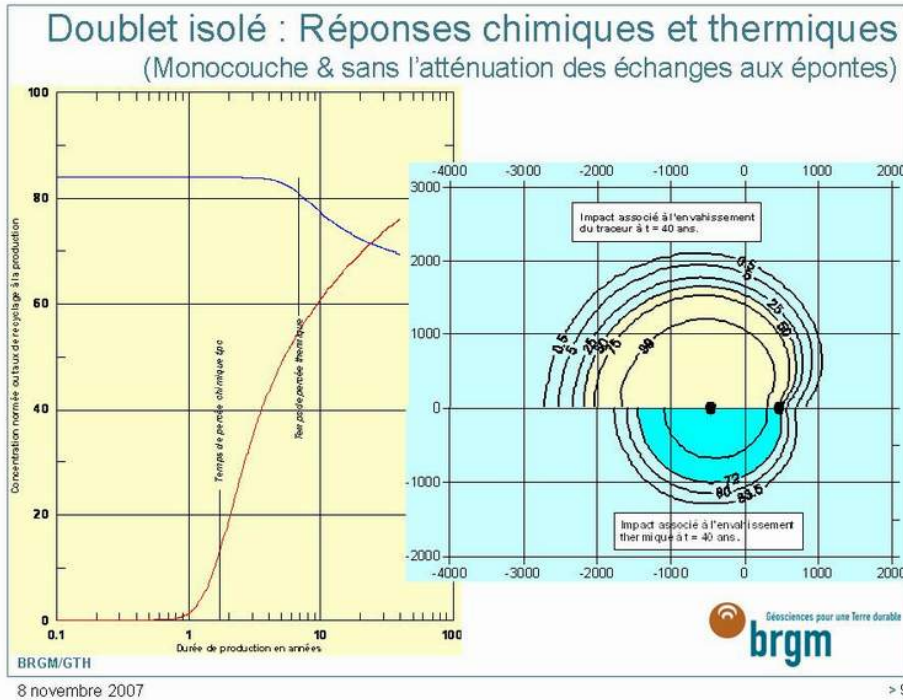
- Signaux (géo)chimiques => précurseur du refroidissement ? (Meaux, Ris-Orangis, Créteil & Clichy-sous-Bois) + Coulommiers
- Modélisation de la réponse à l'injection sur 20 années (Créteil ∃ interférences, Coulommiers : Isolé, Groupe de Doublets)

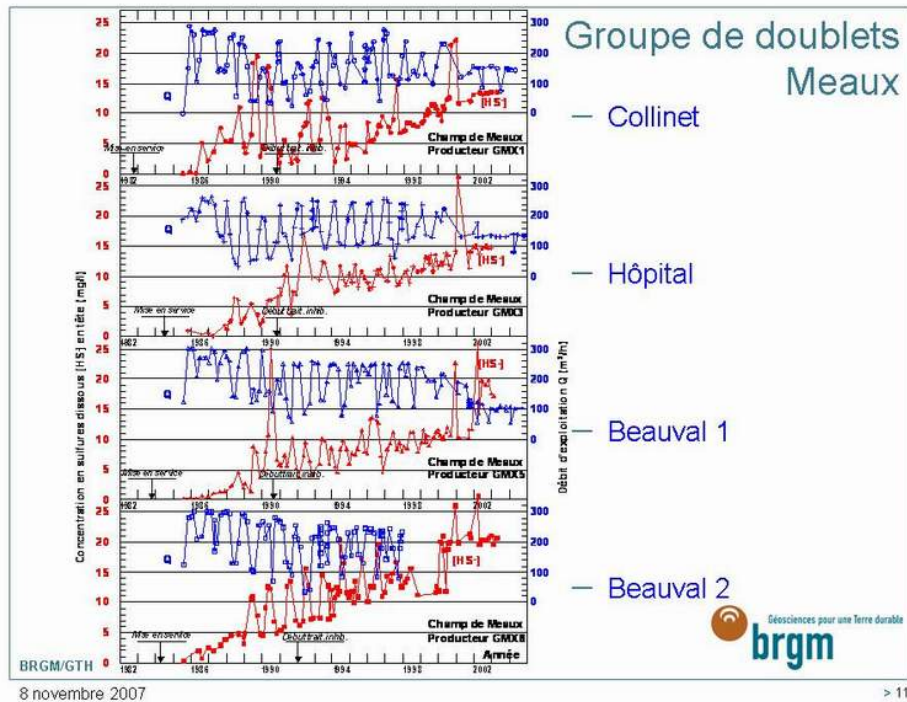
 Géosciences pour une Terre durable

BRGM/GTH

8 novembre 2007

> 8





Phase 3 du projet de gestion du Dogger : Un Observatoire = Deux séquences

- > **Séquence 1 : Interprétation et modélisation du réservoir**
 - Vérifier sur les deux groupes de doublets de la Phase 2
 - Etablir la « fonction de transfert » = comportement prévisionnel
 - Généraliser au réservoir (chroniques disponibles sur 20 ans)
- > **Séquence 2 : Fonctionnement de la Base Dogger**
 - Accès aux données
 - Confirmer sur les 24 sites approchés en phase 2
 - Formaliser les accords pour les 9 autres sites
 - Assurer la contribution des prestataires GPC et CGF-Services
 - Intégrer les données quotidiennes de fonctionnement
 - Entrer les données anciennes « utiles » du Télésuivi (=> 1996)
 - Décider des nouvelles données (pas de temps, format)
 - Administration et gestion de la Base (avec validation des infos)
 - Diffusion **sécurisée** des informations = faire vivre l'outil

www.geothermie-perspectives.fr

BRGM/GTH

8 novembre 2007



> 12

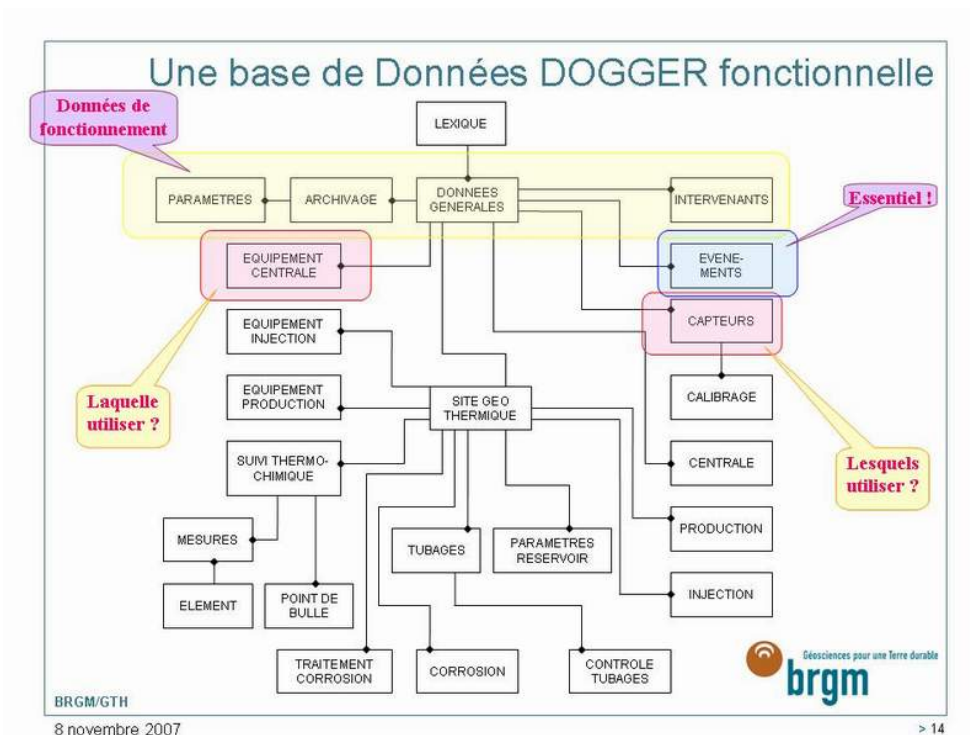
Gestion de la ressource géothermique du Dogger de la Région Ile de France

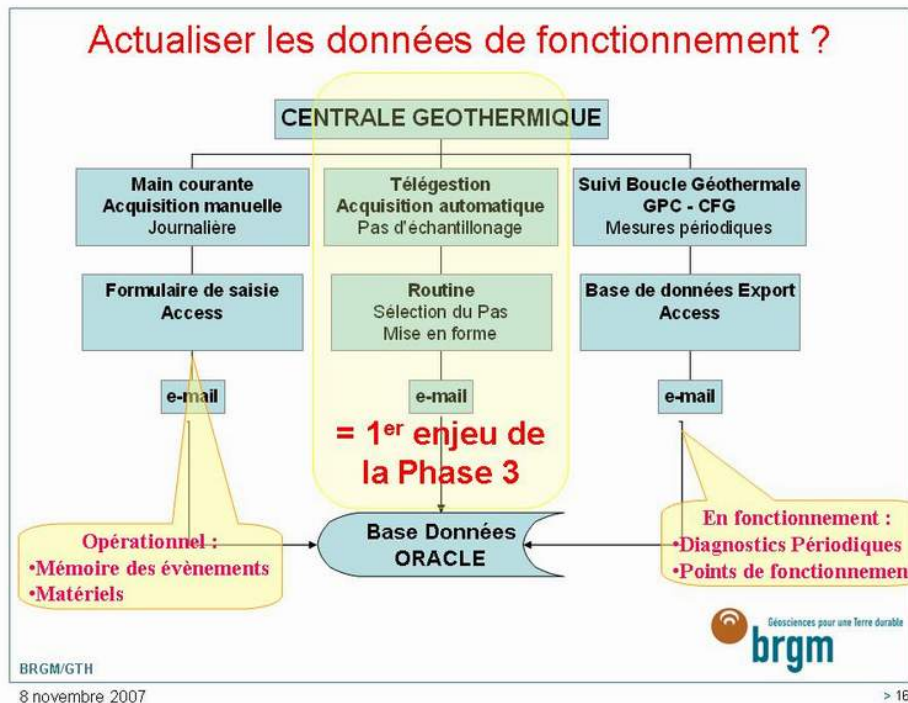
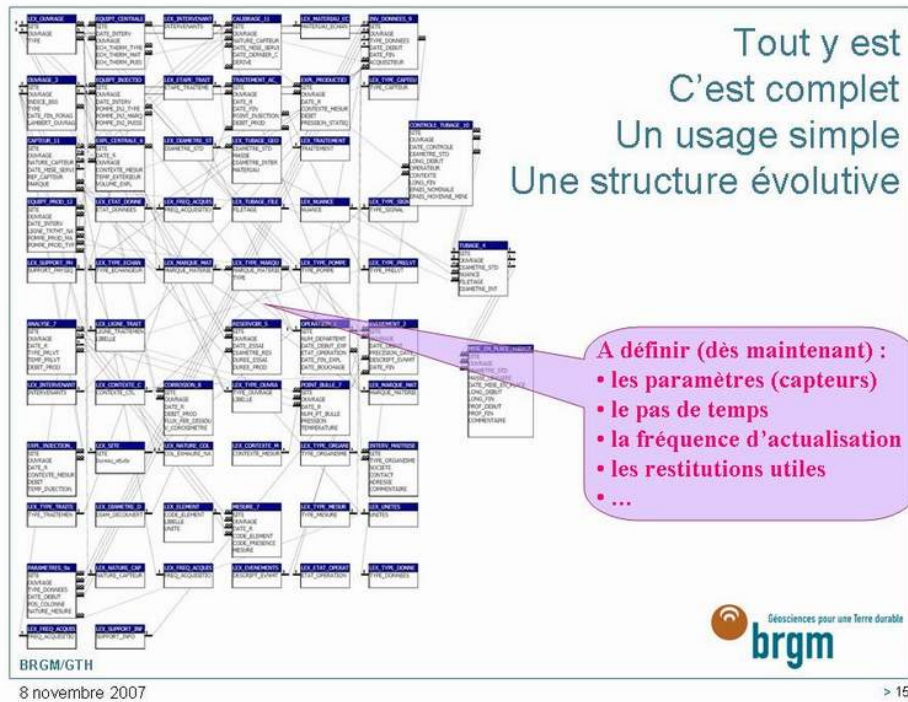
Acquisition des données de fonctionnement

Département Géothermie

Géosciences pour une Terre durable
brgm

8 novembre 2007





Quelles données acquérir et quelle fréquence ?

Date	Pp	Pa	Pi	Text	Tp	Ti	Wp	Wi	Q	Wd	Eth
15/01/1997 00:00	-7.50	10.22	8.94	14.73	-0.30	78.24	46.97	80.00	46.00	153.10	44.87
15/01/1997 00:30	-7.50	10.10	8.92	15.02	-0.28	78.27	46.70	80.00	45.40	153.70	45.34
15/01/1997 01:00	-7.50	10.24	8.90	14.87	-0.34	78.28	47.32	80.00	45.00	153.10	44.22
15/01/1997 01:30	-7.50	10.23	8.97	14.85	-0.35	78.27	47.38	80.00	45.00	153.10	44.29
15/01/1997 02:00	-7.50	10.22	8.97	14.87	-0.35	78.27	47.31	80.00	45.40	154.10	44.17
15/01/1997 02:30	-7.50	10.22	8.97	14.88	-0.38	78.27	47.27	80.00	45.00	154.20	44.17
15/01/1997 03:00	-7.50	10.22	8.94	15.04	-0.37	78.27	47.29	80.00	46.00	154.40	44.11
15/01/1997 03:30	-7.50	10.23	8.94	15.14	-1.27	78.27	47.39	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 04:00	-7.50	10.24	8.94	15.15	-1.30	78.27	47.57	80.00	45.00	154.40	44.06
15/01/1997 04:30	-7.50	10.23	8.94	15.04	-1.30	78.28	47.55	80.00	45.00	153.40	44.29
15/01/1997 05:00	-7.50	10.23	8.94	15.14	-1.31	78.28	47.39	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 05:30	-7.50	10.24	8.94	15.14	-1.31	78.27	47.44	80.00	45.00	154.10	44.45
15/01/1997 06:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-1.31	78.27	47.44	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 06:30	-7.50	10.22	8.93	15.13	-0.30	78.27	47.44	80.00	45.40	154.40	44.51
15/01/1997 07:00	-7.50	10.22	8.93	15.13	-0.30	78.27	47.44	80.00	45.40	154.40	44.51
15/01/1997 07:30	-7.50	10.24	8.94	15.20	-1.30	78.28	48.21	80.00	45.40	154.10	44.10
15/01/1997 08:00	-7.50	10.24	8.94	15.15	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 08:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 09:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 09:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 10:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 10:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 11:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 11:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 12:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 12:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 13:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 13:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 14:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 14:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 15:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 15:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 16:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 16:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 17:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 17:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 18:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 18:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 19:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 19:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 20:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 20:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 21:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 21:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 22:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 22:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 23:00	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51
15/01/1997 23:30	-7.50	10.24	8.94	15.13	-0.30	78.27	48.40	80.00	45.00	154.40	44.51

Moyennes demi-horaires


-

Exemple de données anciennes du Télésuivi (15 janvier 97)

-

1 année tient dans 1 disquette !

Etre capable de valider et traiter les données




Géosciences pour une Terre durable

BRGM/GTH
8 novembre 2007 > 17

Moyennes quotidiennes : Est-ce représentatif ?

Periode	Pp (bar)	Pa (bar)	Pi (bar)	Text (°C)	Tp (°C)	Ti (°C)	Wp (kW)	Wi (kW)	Q (m³/h)	Wd (MW)	Eth (MWh)
1-mai-97	9.9	9.7	8.6	16	77.4	62.7	30.2	11.5	112.1	2	48.1
2-mai-97	9.9	9.8	8.6	18.1	77.4	66.9	28.6	12	108.6	1.3	33.3
3-mai-97	9.9	9.8	8.7	19.8	77.4	66.9	27.6	11.8	106	0.9	22.8
4-mai-97	9.9	9.8	8.7	18.5	77.3	71.9	26	11.8	103.3	0.6	15.7
5-mai-97	10.3	10.1	8.9	15.1	77.4	68.2	30.6	11.5	111.1	1.2	28.8
6-mai-97	10.2	10	9.3	9.5	77.7	51.5	42.3	11	131	4	9.7
7-mai-97	9.9	9.5	10	6.4	77.8	46.6	49.8	21.5	142.5	5.1	124.6
8-mai-97	9.9	9.6	9.9	8.4	77.7	51.7	47.1	21.2	136.9	4.2	102
9-mai-97	9.9	9.7	8.6	11.2	77.5	55.5	33.7	12	119.9	3.1	73
10-mai-97	9.9	9.7	8.5	12.6	77.5	59.1	31.5	11.7	115.9	2.3	60.6
11-mai-97	9.9	9.7	8.5	12.8	77.5	59.6	31.8	11.6	116.2	2.4	58.1
12-mai-97	9.9	9.7	8.6	14.2	77.4	60.8	30.3	11.6	113.6	2.3	55.1
13-mai-97	10.3	10.2	9.5	16.3	77.6	65.4	35.7	5.2	121.9	1.7	41.4
14-mai-97	10.3	10.3	9.8	15.3	77.6	68	38.8	0	124.1	1.4	33.6
15-mai-97	10.3	10.3	9.9	18.4	77.6	67.7	38	0	122.3	1.4	35.2
16-mai-97	10.3	10.3	9.9	21.4	77.5	73.6	33.6	0	116.2	0.5	12.6
17-mai-97	10.3	10.3	9.9	20.8	77.5	73.7	34.1	0	116	0.5	12.2
18-mai-97	10.3	10.3	9.8	17.8	77.5	73.5	32.9	0	116	0.8	13.1
19-mai-97	10.3	10.3	9.8	17.8	77.5	71.6	34.7	0	118.5	0.9	19.8
20-mai-97	10.3	10.3	9.8	15	77.5	70.9	35.4	0	119	0.6	22.2
21-mai-97	10.3	10.3	9.8	13.3	77.5	73.1	33.8	0	116.1	0.5	14.3
22-mai-97	10.3	10.3	9.8	14.7	77.5	73.4	33.6	0	115.6	0.5	13.3
23-mai-97	10.3	10.3	9.8	15.1	77.5	73.6	32.8	0	115.1	0.5	12.5
24-mai-97	10.3	10.3	9.8	15.3	77.5	73.5	33.9	0	115.6	0.5	12.9
25-mai-97	10.3	10.3	9.8	16.4	77.5	73.7	33.6	0	115.3	0.3	12.2
26-mai-97	10.3	10.3	9.6	18	77.2	73.9	31.2	0	107	0.3	9.2
27-mai-97	10.3	10.3	9.9	17.4	77.5	75.2	32.6	0	112.7	0.3	7.1
28-mai-97	10.3	10.3	9.9	15.4	77.5	74.8	32.7	0	113	0.3	8.5
29-mai-97	10.3	10.3	9.9	18	77.5	75	32.1	0	112.4	0.3	7.8
30-mai-97	10.3	10.3	9.9	19.9	77.5	75.3	31.2	0	111.9	0.2	6.5
31-mai-97	10.3	10.3	9.9	18.7	77.5	75.1	31.5	0	112	0.3	7.3
Mai 97	10.3	10.1	9.5	15.7	77.5	67.9	33.9	5.3	116.7	1.3	102.4



Géosciences pour une Terre durable

BRGM/GTH
8 novembre 2007 > 18

Les données nécessaires aux modèles

Données de base

> Les données de fonctionnement de la boucles

- Pressions : Production, Amont/aval échangeur & Injection
- Températures : Production & Injection (amont/aval échangeur)
- Débit : Instantané / Moyen

Indispensables

> Les données complémentaires

- Température extérieure
- Compteurs de temps de fonctionnement
- Evènements : Flag pour phases transitoires / défauts

> Les données de confirmations

Et pour le diagnostic

- Puissances électriques : Production & Injection
- Températures réseau : Amont/aval échangeur

BRGM/GTH

8 novembre 2007



> 19

Synthèse des capteurs et données

Pasp	Pression d'aspiration en amont de la pompe de production	Calcul
Pp	Pression de production en amont de l'échangeur de chaleur	4-20 mA
Pa	Pression d'aspiration en amont de la pompe d'injection	4-20 mA
Pi	Pression d'injection en aval de la pompe d'injection	4-20 mA
Text	Température extérieure	Pt 1000
Tp	Température de production amont de l'échangeur de chaleur	Pt 1000
Ti	Pression d'injection en aval de l'échangeur de chaleur	Pt 1000
Wp	Puissance électrique de la pompe de production	Comptage
Wi	Puissance électrique de la pompe d'injection	Comptage
Q	Débit d'eau géothermale	Comptage
T1	Température intermédiaire entre les deux échangeurs	Pt 1000

> Ajouter

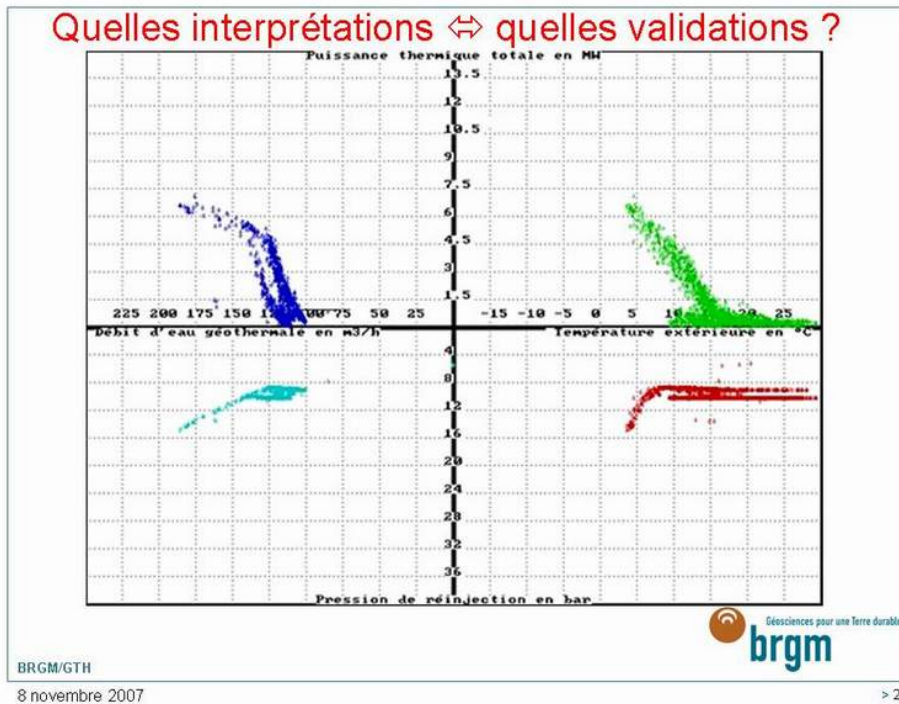
- Totalisateur de durée de fonctionnement (sur moyenne quotidienne)
- Flag pour les périodes transitoires & incidents

BRGM/GTH

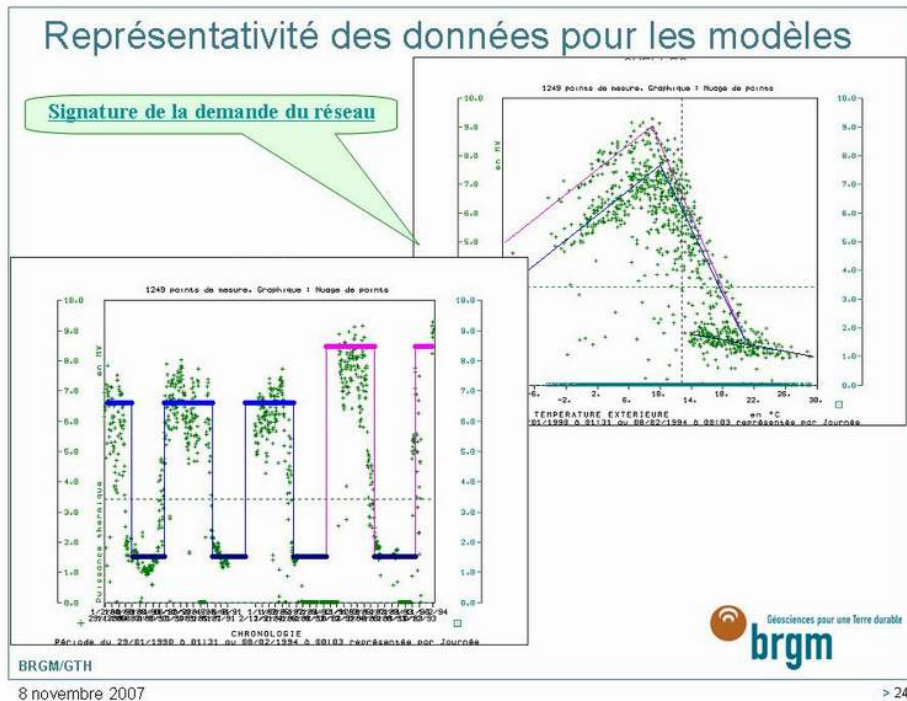
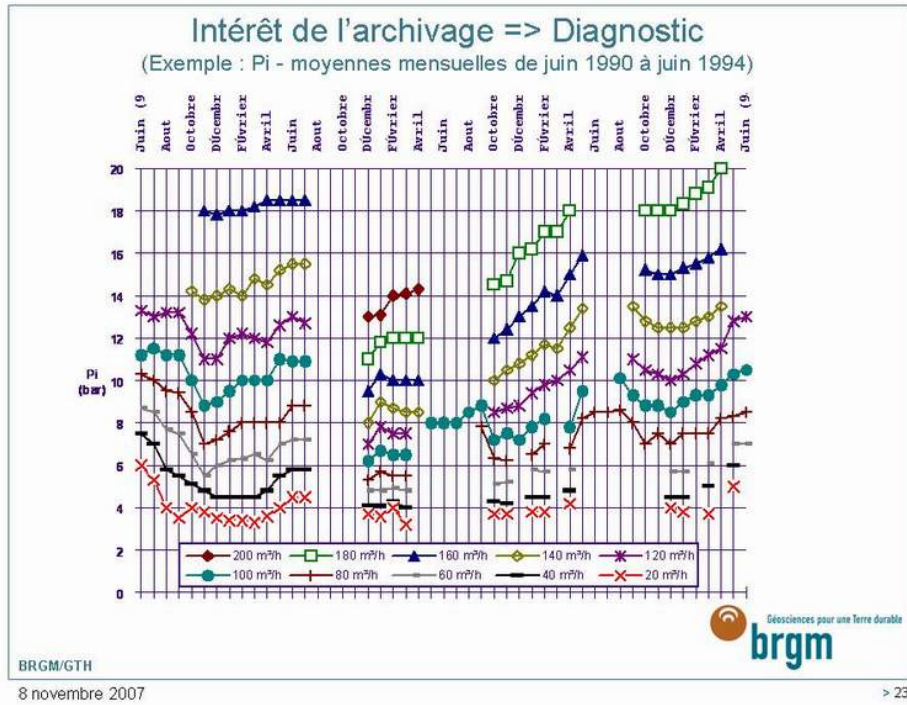
8 novembre 2007

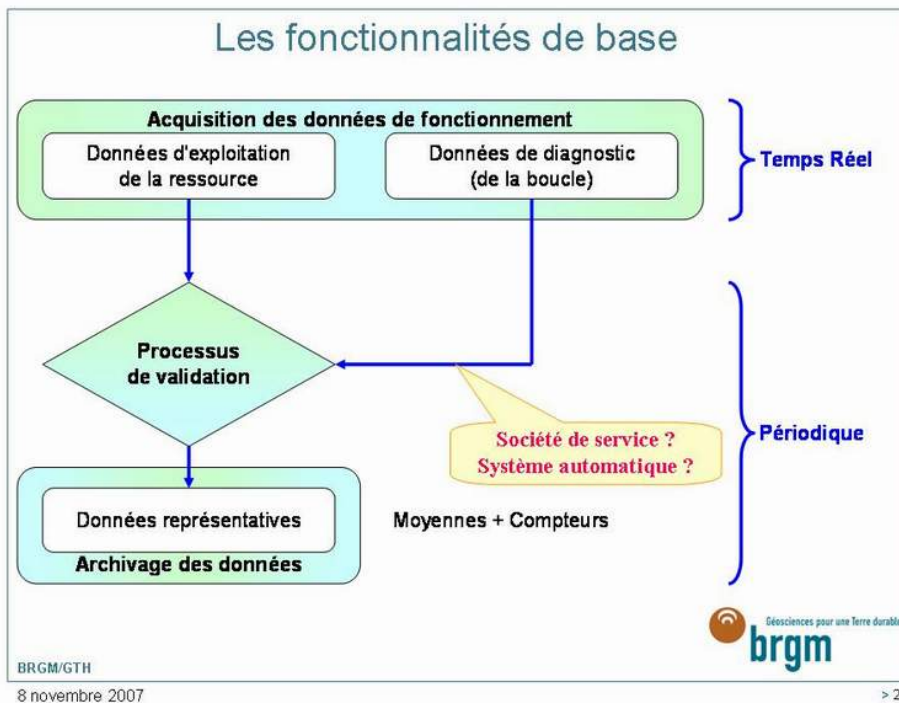
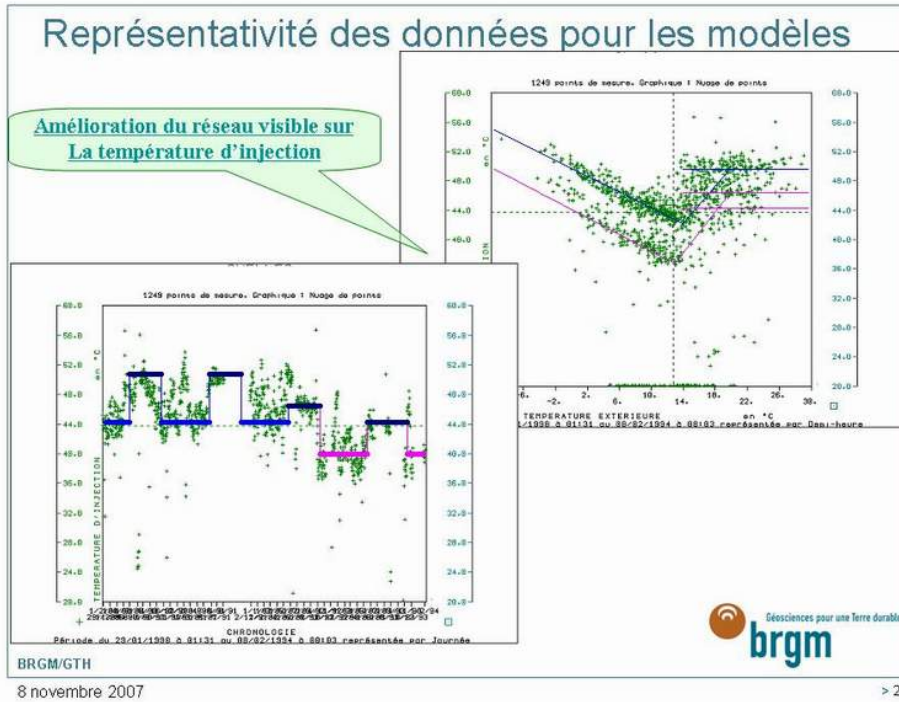


> 20



- ### Quels impératifs ?
- > **Ne pas perdre de vue les objectifs prioritaires**
 - Disposer des données (historiques) d'exploitation de la ressource
 - A la production & à l'injection
 - > **Une obligation : Les données doivent être certaines**
 - Un processus de validation est donc obligatoire
 - => Disposer de données permettant la validation
 - => Une intervention d'un **BE spécialiste**
 - > **Un objectif résultant**
 - Permettre le diagnostic de la boucle (cohérence des données)
 - En temps réel ?
- BRGM/GTH
- 8 novembre 2007
- Géosciences pour une Terre durable
brgm
- > 22





Les 3 Profils pour l'équipement d'un site

- > **Utilisation des moyens du site**
 - Capteurs du site ? (voir Phase 2)
 - Supervision du site ?
 - Export périodique des données concernées

Pour

 - Investissement faible

Contre

 - Hétérogénéité des configurations

- > **Profil mixte**
 - Capteurs du site ? (voir Phase 2)
 - Centrale d'acquisition spécifique
 - Interrogation par les sociétés de service

Pour

 - Investissement modéré
 - Adapté aux services (diagnostic boucle)

Contre

 - Hétérogénéité des configurations

- > **Dispositif (presque) spécifique**
 - Capteurs spécifiques (presque tous !)
 - Centrale d'acquisition spécifique
 - Interrogation par les sociétés de service

Pour

 - Homogénéité & cohérence des données
 - Adapté aux BE (diagnostic boucle)

Contre

 - Investissement à prévoir

 Géosciences pour une Terre durable

BRGM/GTH

8 novembre 2007 > 27

GESTION DU DOGGER- PHASE 3

“Percée thermique”



1-MESURE DU DEBIT

2-TEMPERATURE EXHAURE

3-MESURE IDEALE

4-EXEMPLE D'ENREGISTREMENT

1-MESURE DU DEBIT

- COMPTEUR
 - TRANSMETTEUR
- AFFICHEUR-TOTALISATEUR
 - REPORT DEBIT-VOLUME
- ENREGISTREMENT DEBIT-VOLUME
- CALIBRAGE ET MAINTENANCE



2-MESURE DE LA TEMPERATURE EXHAURE

- SONDE – DOIGT DE GANT
 - TRANSMETTEUR
 - AFFICHEUR
- REPORT TEMPERATURE
- ENREGISTREMENT TEMPERATURE
- CALIBRAGE ET MAINTENANCE



3-MESURE IDEALE

- Débitmètre et sonde de température calibrés tous les ans
- Doigt de gant à proximité de la tête de puits d'exhaure
- Enregistrement par système d'acquisition calibré



compteur débit

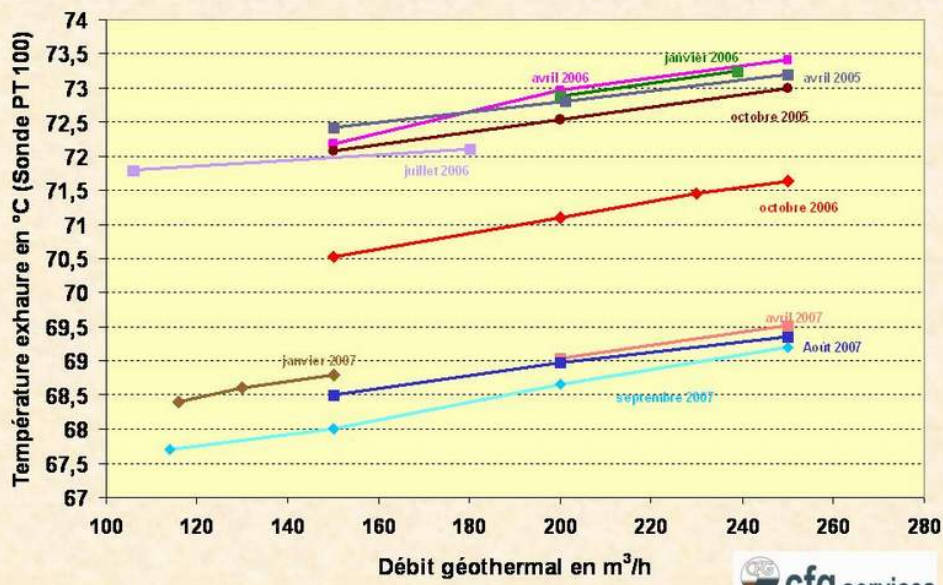
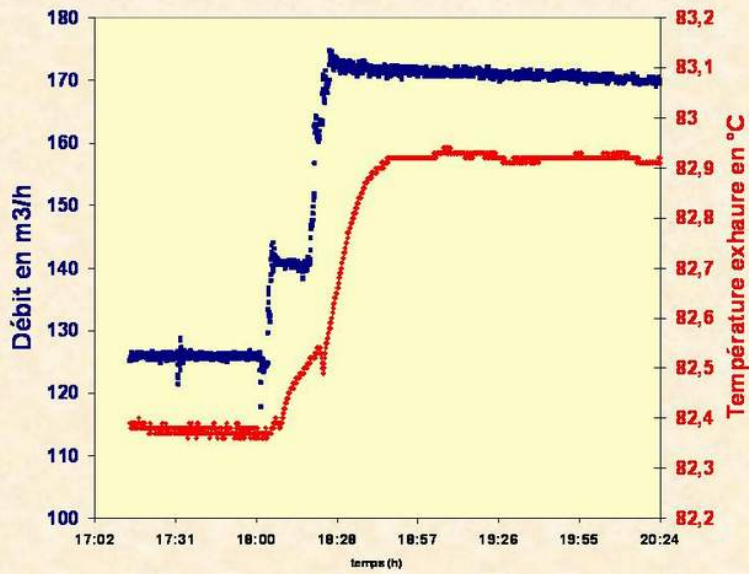


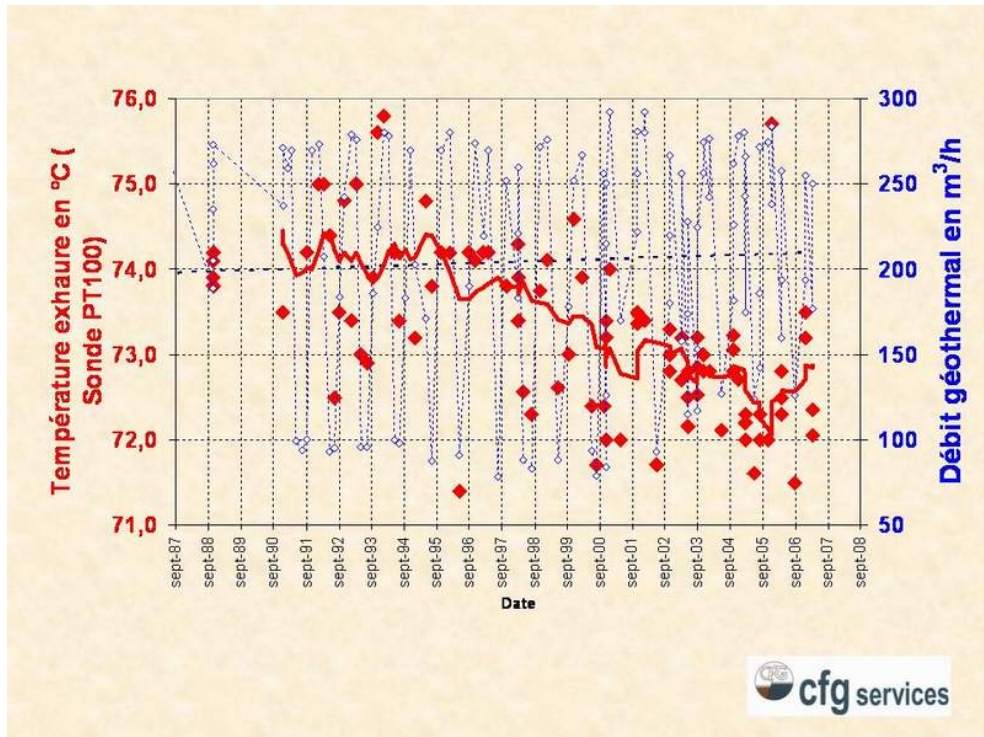
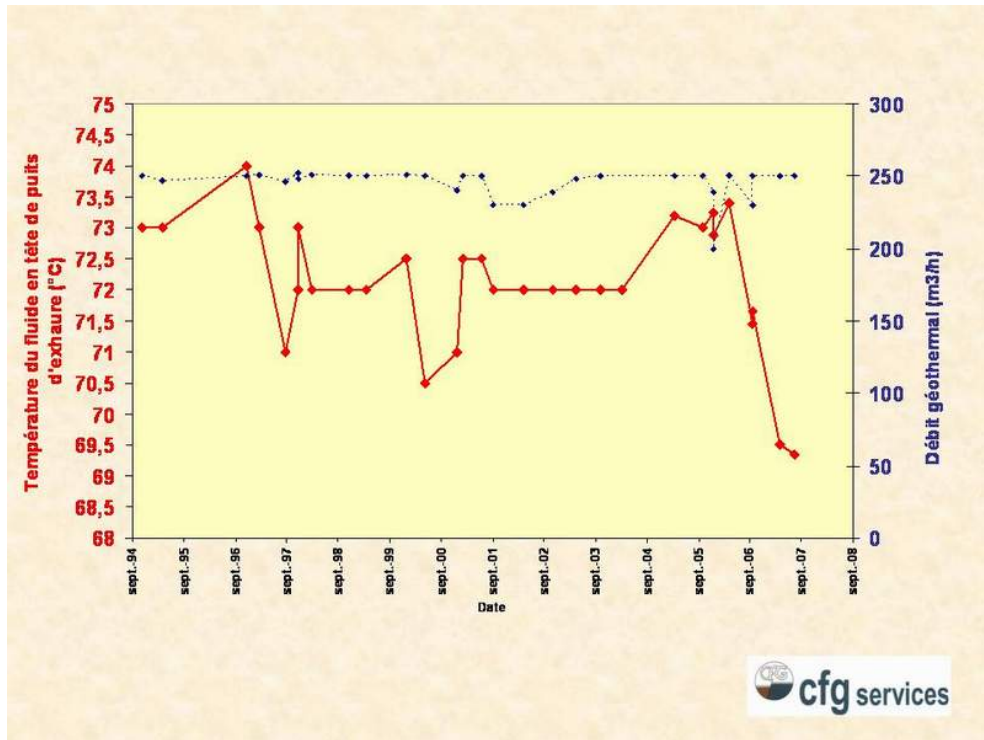
Afficheur-Totalisateur



Sonde de température

4-Exemple d'enregistrement





Détection de la "Percée thermique" Méthode CFG Services

- Mesure et enregistrement 4 fois/ans du couple débit/température exhaure avec sonde calibrée par CFG Services et conditions stables du puits,
- Suivi graphique de l'évolution de la température d'exhaure et du débit géothermal,
- Interprétation d'une baisse de la température en fonction des autres paramètres du doublet (chimie, rabattement, puissance électrique, etc).



5-Solution d'acquisition de données quotidiennes

- paramètres : Q, Pp, Pi, Tp, Ti, Text
- capteurs P et T en 4-20 m.A - précision classe B – Isolateur galvanique pour Q
- Centrale d'acquisition 6 voies avec communication GSM
- Abonnement GSM
- Superviseur pour centraliser les données



**Exemple d'une solution d'acquisition de données quotidiennes –
coût estimatif H.T de le fourniture, installation et maintenance d'un
système Télégestion NAPAC TRIO**

- Isolateur galvanique pour Q : 0.5 k€
- 6 capteurs 4-20m.A pour P et T : 4 à 5 k€
- Centrale d'acquisition 6 voies : 2 à 3 k€
- Abonnement GSM : 84 €/an
- Câblage et mise en service : 4 à 5 k€
- Logiciel de supervision Kerwin: gratuit

- **Enveloppe global installation et pose : 10 à 14 k€ +**

- Maintenance - validation et transfert des données mensuelles par CFG Services pour 17 doublets sur la base de 6 paramètres : 60 k€/an



PROTECTION CATHODIQUE
TELECOMPTEGE EAU ENERGIE
STATIONS METEO
TELEJaugeage CUVES
ENVIRONNEMENT
IRRIGATION

TRIO




napac
Velle
Solutions

Télégestion sans fil



Unité Locale de Télégestion Autonome

- Pour sites isolés sans source d'énergie
- Datalogging longue durée



- Alerte et télécommande par SMS
- Compatibilité Internet via le superviseur KERWIN
- Des fonctions spécifiques Protection Cathodique

Conclusions :

2 approches complémentaires

- Acquisition des données sur 2 ou 3 paliers de débit par un technicien spécialisé avec sondes calibrées - validation et communication trimestrielle des données dans le cadre du suivi sous-sol réglementaire.
- Acquisition quotidienne par télégestion - validation et communication des données par les entreprises spécialisées dans le suivi du sous-sol (périodicité mensuelle du transfert des données)



GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

SAISIE, ACQUISITION, TRAITEMENT DES PARAMETRES D'EXPLOITATION DES BOUCLES GEOTHERMALES

Pierre UNGEMACH, Sébastien NICOLAON et Miklos ANTICS

GPC IP, Paris Nord 2, 14 rue de la Perdrix, Lot 109
BP 50030, 95946 ROISSY CDG CEDEX, France

pierre.ungemach@geoproduction.fr snicolaon@geoproduction.fr m.antics@geoproduction.fr



SOMMAIRE

- RAPPELS
- ARCHITECTURE DE LA BASE DE DONNEES
- PROPOSITIONS
- ETAT DE L'EXPLOITATION ET DE LA SAISIE/ACQUISITION DE DONNEES
- PROJET DE SAISIE/ACQUISITIONS TRAITEMENT INFORMATIQUE DES PARAMETRES D'EXPLOITATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE
- CONCLUSIONS

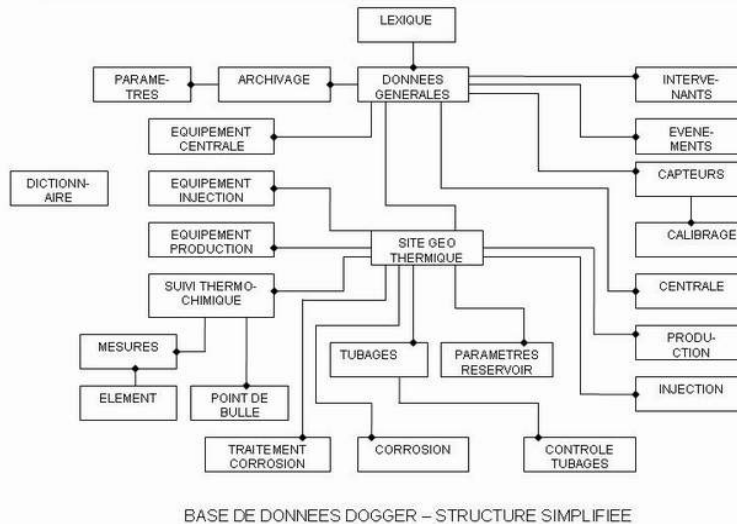


OBJECTIFS INITIAUX

- Formaliser la MEMOIRE de l'exploitation géothermique du Dogger en Région Ile De France
- Constituer un OUTIL d'information accessible aux opérateurs et acteurs concernés
- Etablir les HISTORIQUES pressions / débits de calibration d'un modèle numérique de simulation du réservoir géothermal sécurisant son utilisation ultérieure au sens d'un outil prévisionnel de gestion de la ressource (évolution du refroidissement et de la durée de vie physique de l'exploitation).
- Évoluer vers un suivi EN TEMPS REEL de l'exploitation.



ARCHITECTURE DE LA BASE DE DONNEES



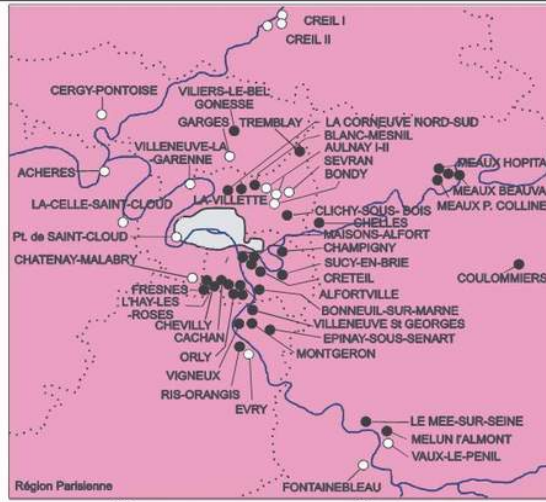
GESTION DOGGER. PHASE 3

○ OBJECTIFS/PROJETS CANDIDATS

- Assistance R&D aux Maîtres d’Ouvrage
- Piézomètres DOGGER
- Saisie, acquisition, traitement informatiques paramètres boucles géothermales
- Couplage base de données Dogger modèles de simulation/gestion de réservoir
- Pérennisation et développement du chauffage urbain géothermique

GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

ETAT DE L'EXPLOITATION

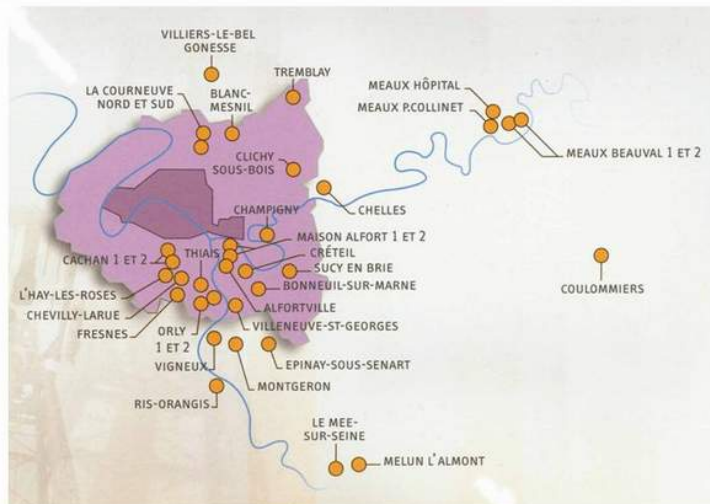


● En service ○ Abandonnés

Source: GPC, 2003

GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

ETAT DE L'EXPLOITATION



(source ADEME)

DOUBLET GEOTHERMIQUE DE CHAUFFAGE URBAIN

DONNEES REQUISES

Boucle Géothermale

Pressions Températures

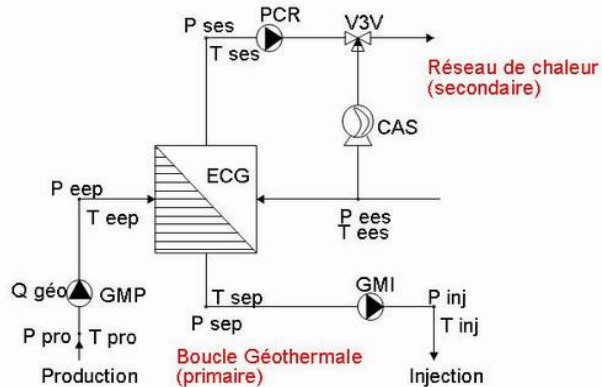
P pro T pro #T eep
 P eep T inj #T sep
 P sep Débit
 P inj Q geo

Réseau De Chaleur

Pressions Températures

P ees T ees
 P ses T ses

Débit Qres



ETAT DE L'ACQUISITION DE DONNEES EN CENTRALE

1. PARAMETRES SAISIS

- Pressions et températures
 - Entrées et sorties primaire et secondaire échangeur
 - Pression injection
 - Température extérieure
- Débits boucle géothermique et réseau de chaleur
- Cumuls volumes
- Comptage de chaleur (géothermique)
- Comptage électrique (pompes production , injection , circulation)

ETAT DE L'ACQUISITION DE DONNEES EN CENTRALE (SUITE)

2. MODES DE SAISIE

- Manuels
 - Rapport journalier (jours ouvrables) sur cahier de centrale à partir de lecture écrans de mesures
- Automatiques
 - capteurs/afficheurs connectés a GTC
- Mémorisation
 - Quelques jours tout au plus , exceptions (Chevilly Larue / L'Hay Les Roses . Données sur site internet)

3. CAPTEURS

- Débitmètres électromagnétiques
- Température sondes platine PT100
- Pressions. Quartz piézoélectrique
- Compteurs à intégration
- Signaux 4-20 mA ; 0-10 V



DOUBLET GEOTHERMIQUE DE CHAUFFAGE URBAIN

DONNEES REQUISES

Boucle Géothermale

Pressions Températures

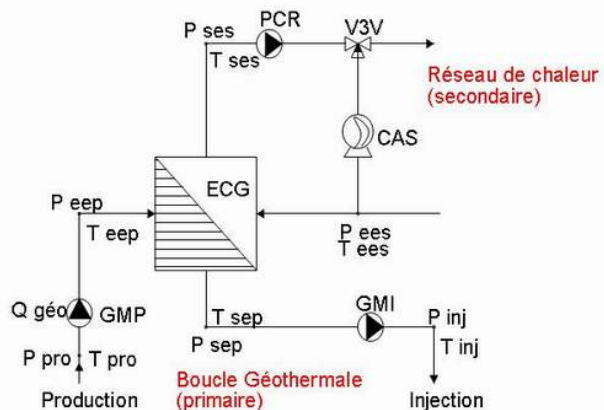
P pro T pro #T eep
 P eep T inj #T sep
 P sep Débit
 P inj Q geo

Réseau De Chaleur

Pressions Températures

P ees T ees
 P ses T ses

Débit Qres



VERS UN SUIVI EN TEMPS REEL DES DONNEES D'EXPLOITATION

1. DONNEES REQUISES

- **Boucle Géothermale**
 - Pressions
 - Production (niveau dynamique) (*)
 - Amont échangeur (consigne production)
 - Aval échangeur (aspiration pompe d'injection)
 - Injection (refoulement pompe d'injection)
 - Températures
 - Production (entrée primaire échangeur)
 - Injection (sortie primaire échangeur)
 - Débit géothermal
- **Réseau de chaleur**
 - Pressions et Températures
 - Entrée secondaire échangeur
 - Sortie secondaire échangeur
 - Débit de circulation réseau (géothermique)



VERS UN SUIVI EN TEMPS REEL DES DONNEES D'EXPLOITATION (SUITE)

2. ACQUISITION

- Capteurs (existants , à implanter)
 - Gestion
 - Accès
- et "last but not least"*
- Maintenance

3. BASE DE DONNEES

- Modes de stockage
- Protocole d'accès
- Conservation / confidentialité
- Interfaçage modèle de gestion prévisionnelle (actualisation/contrôle)

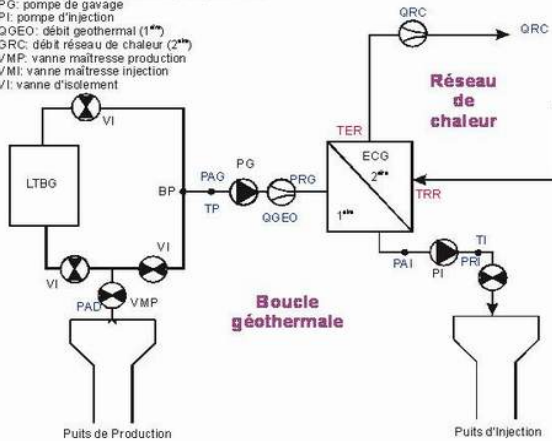


GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

ACQUISITION DES PARAMETRES DE LA BOUCLE GEOTHERMALE EN MODE DE PRODUCTION ARTESISSE

LEGENDE

BP: Bypass
 ECG: échangeur de chaleur géothermal
 LTBG: ligne de traitement du biogas géothermal
 PG: pompe de gavage
 PI: pompe d'injection
 QGEO: débit géothermal (1^{ère})
 QRC: débit réseau de chaleur (2^{ème})
 VMP: vanne maître production
 VMI: vanne maître injection
 VI: vanne d'isolement



PARAMETRES

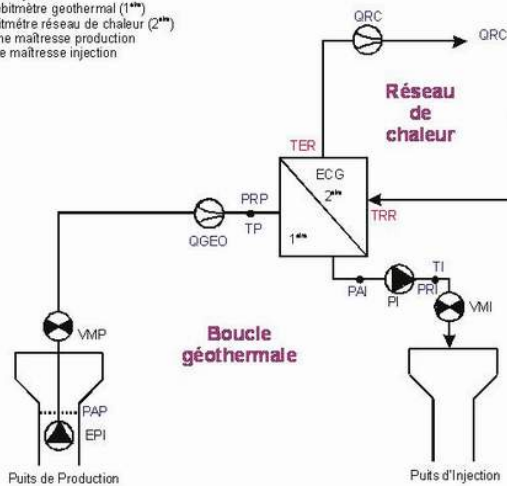
- Débits
 - QGEO: débit géothermal
 - QRC: débit de circulation réseau chaleur
- Pressions
 - PTP: pression tête de puits
 - PAD: pression amont dégazeur
 - PAG: pression aspiration gavage
 - PRG: pression refoulement gavage
 - PAI: pression aspiration injection
 - PRI: pression refoulement injection
- Températures
 - TP: température production
 - TI: température injection
 - TER: température entrée réseau (2^{ème})
 - TRR: température retour réseau (2^{ème})

GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

ACQUISITION DES PARAMETRES DE LA BOUCLE GEOTHERMALE EN MODE DE PRODUCTION ASSISTEE PAR ELECTROPOMPE IMMERGEE

LEGENDE

ECG: échangeur de chaleur géothermal
 EPI: électropompe de production immergée
 PI: pompe d'injection
 QGEO: débitmètre géothermal (1^{ère})
 QRC: débitmètre réseau de chaleur (2^{ème})
 VMP: vanne maître production
 VMI: vanne maître injection



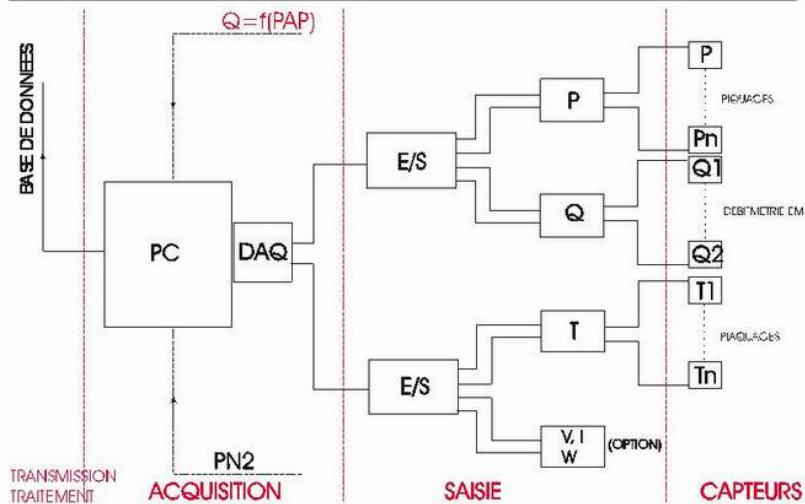
PARAMETRES

- Débits
 - QGEO: débit géothermal
 - QRC: débit de circulation réseau de chaleur
- Pressions
 - PAI: pression aspiration injection
 - PAP: pression aspiration production
 - PRI: pression refoulement injection
 - PRP: pression refoulement production
- Températures
 - TI: température production
 - TI: température injection
 - TER: température entrée réseau (2^{ème})
 - TRR: température retour réseau (2^{ème})

PRINCIPES

- Données limitées aux paramètres d'exploitation de la boucle géothermale
- Autonomie (opérateur unique) de gestion (opération/maintenance) du système de saisie/acquisition/traitement
- Modernisation, informatisation et sécurisation du suivi d'exploitation en temps réel de la boucle géothermale
- Implantation d'une base de données interne, accessible, via Internet (Access/Web) au maître d'ouvrage, à l'exploitant, au conseil surface et aux institutionnels (ADEME, ARENE, DRIRE)
- Interactivité, rationalisation (accès en temps réel) et démocratisation (accès aux acteurs et responsables concernés)
- Actualisation des modèles de gestion du réservoir du Dogger dans la perspective du développement durable des opérations existantes et de l'optimisation des exploitations futures

SAISIE, ACQUISITION & TRANSMISSION DES SIGNAUX. SCHEMA DE PRINCIPE



GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

TRAITEMENT/CALCULS (liste non limitative)

- Base de données interne (Access/Web)
 - Tabulations journalière(s)
 - Représentations graphiques
 - Récapitulation mensuelle
 - Courbes caractéristiques puits (P+I)
 - Historiques p, Q, T
 - Bilan thermique échangeur
 - Pertes de charge (échangeur, dégazeur, filtres)
 - Puissances géothermales
 - Énergie géothermale (cumul, journaliers et mensuels)
- Exportation base de données Dogger (Access/Oracle)
 - Transfert données vers fiches base de données Dogger
- Exploitation base de données DOGGER
 - Bilans d'exploitation
 - Suivis thermique, hydrodynamique et chimique
 - Gestion du réservoir
 - Modélisation(s)

GESTION DU DOGGER. PHASE 3. REUNION DE TRAVAIL. COMITE DE PILOTAGE. PARIS. 08 NOVEMBRE 2007

SAISIE/ACQUISITION/TRAITEMENT PARAMETRES D'EXPLOITATION BOUCLE(S) GEOTHERMALE(S)

○ COUTS/DOUBLET (€HT)

○PC/liaison ADSL	650
○Acquisition <ul style="list-style-type: none"> »Interface (ethernet) »Modules CFP (E/S) (2) <ul style="list-style-type: none"> ○signaux 0/10V (pressions) ○signaux PT100 (3 fils) ○châssis/alimentation (24Vdc) 	3000
○Saisie <ul style="list-style-type: none"> »Capteurs p, T 	1650
○Installation <ul style="list-style-type: none"> »Piquages (soudures, vannes, doigts de gant) »Connexion électriques, divers (isolateurs galvaniques...) 	5000
○Ingénierie (conception, suivi, réception)	2500
TOTAL	12800

Annexe 2

Compte-rendu de réunion du Comité de Pilotage du 28 juillet 2009

Réf. : GTH/DMCG 184/09 OG/EO

Orléans, le 10 août 2009

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : O. GOYENECHÉ BRGM/GTH/DMCG	Entité :
Diffusion externe Visa et nom du responsable : A. Desplan	
Projet : Gestion du Dogger – Phase 3	Numéro : PSP07GTH04
Objet : Comité de Pilotage (COPIL)	
Date : 28 juillet 2009	Lieu : BRGM / Paris
Participants : <ul style="list-style-type: none"> • Florent SOVIGNET (DRIRE/IdF) • Mohamed AMJADHI, Norbert BOMMENSATT (ADEME/ IdF) • Hervé RAIMBAULT (SAF Environnement) • Alain DESPLAN, Olivier GOYENECHÉ, Virginie HAMM, Morgane LE BRUN (BRGM) 	
Absents excusés : Paul CASSIN et/ou Cyril BRUN (Conseil régional IdF)	
Diffusion : tous participants, Michel Van den Bogaard, Ph. Laplaige, F. Boissier, H. Lesueur, M. Azaroual, I. Ignatiadis, A. Menjöz, C. Castillo	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1 – Présentation – Tour de table

Un rapide tour de table est organisé au cours duquel A. Desplan indique que : O. GOYENECHÉ reprend le projet de « Gestion du Dogger » au titre de Chef de projet. Florent Sovignet informe qu'il quittera prochainement ses fonctions au Service Dogger-Albien–Néocomien de la DRIRE et que le Directeur, M. Van Den Bogaard, prendra en charge directement le suivi de ces affaires en attendant la nomination d'un nouvel ingénieur. Il précise, en outre, que la DRIRE a la volonté de s'impliquer d'avantage dans le développement de la géothermie. Enfin, H. Raimbault précise dans sa présentation les noms des actionnaires actuels de la SAF Environnement : Caisse des Dépôts et Consignations (actionnaire majoritaire), Fédération Nationale de l'Union des HLM, Crédit Foncier, Natexis.

2 – Projet Phase 3 de gestion du Dogger- Rappel de la situation du projet à la date de réunion

2.1 - En fin de phase 2 du projet, qui s'est achevée par la publication du rapport BRGM/RP-53782-FR de mars 2005, les 3 volets du projet étaient en l'état suivant :

- **Organisation et adaptation de la Base de données Dogger et acquisition des données historiques** (Champs « Opération » et « Ouvrage » de la Base) réalisées à 90 % sur les 33 sites exploitant le réservoir (hors Melun l'Almont dont l'exploitant n'a pas répondu aux sollicitations du BRGM) ;
- **Modélisation du Dogger** : la phase 2 du projet a été consacrée à rechercher les éléments géochimiques traceurs de la progression du front froid et de la percée thermique. Deux enseignements sont ressortis de ces travaux :
 - L'analyse de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des fluides du Dogger du Bassin parisien (réalisée au cours de cette phase sur un échantillon de 4 doublets de durée d'exploitation et de zones géographiques différentes) confirme une tendance générale de déséquilibre du potentiel redox des minéraux du fer et du soufre. Cette tendance est matérialisée par une décroissance continue de ce potentiel, suggérant l'interaction de plusieurs couples du soufre et renseignant sur la nature des dépôts observés sur la paroi des tubages (Calcite, Sidérite, Mackinawite). Ces minéraux, qui se forment sous l'effet de modifications de température, pourraient être considérés comme d'éventuels candidats annonceurs de l'apparition du futur refroidissement.
 - Un modèle simplifié a été élaboré pour évaluer la réponse du réservoir à l'évolution de la géochimie des eaux injectées, en identifiant les concentrations, non mesurables, en fonds de puits d'injection avant transfert. Ce modèle doit être affiné pour corréliser les transferts thermiques et chimiques.
- Afin de mettre en place un dispositif d'acquisition et de stockage continu des données d'exploitation, les dispositions suivantes ont été prises en direction des maîtres d'ouvrages d'opérations et de leurs délégataires ou exploitants :
 - Concertation avec 2 des plus importants détenteurs de contrats d'exploitation des sites d'Ile-de-France : DALKIA (15 sites) et ELYO (6 sites) en vue d'identifier une méthode acceptable de mise à disposition des données auprès des 2 sociétés de services, CFG Services et GPC I&P.
 - Elaboration d'un protocole d'accord entre l'ADEME, l'ARENE IDF et le BRGM d'une part et les maîtres d'ouvrages ou leurs exploitants d'autre part, pour chacun des 33 sites exploités ;
 - Envoi par le Délégué Régional de l'ADEME Ile-de-France d'une lettre aux maîtres d'ouvrages des centrales géothermiques, les invitant à s'engager, par la signature du protocole, à mettre les données sélectionnées d'accord parties à disposition des 2 sociétés de services et à mettre en place le dispositif en concertation avec elles.

2.2 – La Phase 3 du projet a débuté officiellement en octobre 2007 par la signature de la Convention ADEME-BRGM n° 0705C0040 à échéance du 8 décembre 2009, complétée le 17 avril 2008 par une Convention Région IdF-BRGM à échéance du 31 décembre 2010.

L'objectif de cette phase du projet est de mettre en service un Observatoire de données utilisant la Base du Dogger et comprenant 2 séquences d'actions clefs :

- **Interprétation et modélisation du comportement du réservoir**

- Recherche d'anticipation de la durée de vie des opérations géothermiques, complétée depuis juin 2009 par un travail méthodologique devant permettre la détermination des emplacements susceptibles d'accueillir des opérations nouvelles ou des réhabilitations d'opérations en fin de vie (nouveaux doublets au voisinage des anciens ou triplet) ;
- Poursuite de la compréhension des processus majeurs qui sont à l'origine du concept de précurseur chimique de la percée thermique et quantification de la réponse du réservoir du Dogger. Cette quantification s'appuie sur les signaux géochimiques mesurables susceptibles de traduire les caractéristiques des transferts entre puits.

- **Fonctionnement de la Base de données Dogger**

Il s'agit de poursuivre l'acquisition des données du champ « Exploitation » de la base et de rendre cette acquisition automatique par contrat de collaboration entre, d'une part, le BRGM, l'ADEME et la Région et, d'autre part, les maîtres d'ouvrage et leurs exploitants, via les 2 sociétés de services de maintenance des équipements du sous-sol.

2.3 - Situation du projet au 28 juillet 2009

L'échéance de la Convention avec la Région Ile-de-France étant fixée au 31/12/2010, il est cohérent d'harmoniser ces dates d'achèvement, ce qui aura également pour avantage de se donner une marge de sécurité pour une parfaite réalisation de cette phase du Projet. En conséquence, le BRGM a demandé par courrier du 24 juillet 2009 l'autorisation à l'ADEME de porter au 31/12/2010, par voie d'avenant, la date d'achèvement de la Convention qui les lie.

- **Base Dogger** : aucun protocole d'accord entre les exploitants et le BRGM proposé à l'issue de la phase 2 n'ayant été signé, malgré l'envoi de la lettre du Délégué régional de l'ADEME ; en conséquence, aucune donnée d'exploitation n'a été intégrée à la base depuis le 1er janvier 2005.
- Une commande de sous-traitance a été signée par le BRGM vers CFG Services et GPC I&P dans le but d'actualiser l'état des lieux des capteurs disponibles pour une acquisition systématique des données d'exploitation et de mettre en œuvre cette acquisition automatique.
Il ressort de la présentation de la Base en séance qu'elle est très proche de celle réalisée par la SAF et qu'en conséquence, une action pourrait être menée avec l'ADEME et la SAF pour une analyse des incidents d'exploitation des ouvrages reportés dans la Base Dogger.
- **Modélisation géochimique** : La poursuite de la compréhension de processus permettant d'identifier les précurseurs chimiques, dont il conviendra de suivre l'évolution, est en cours, à partir notamment des données géochimiques d'exploitation fournies par les 2 sociétés de service du sous-sol. Les résultats, qui

comprendront une tentative de modélisation cartographiques des traceurs identifiés, sont attendus à la fin du premier semestre 2010.

- **Modélisation hydro-thermique** : Cette action du projet a beaucoup progressé. Les résultats intermédiaires, présentés en séance par Morgane Le Brun (Département Géothermie du BRGM) et Virginie Hamm (Service Eau du BRGM) sont résumés dans le paragraphe suivant.

2.4 - Modélisation hydro-thermique du réservoir du Dogger : le diaporama de support à cette présentation en séance est joint en Annexe au présent compte-rendu.

Cette présentation de résultats intermédiaires est destinée à estimer l'extension des perturbations thermiques autour des puits d'injection à partir de 2 méthodes d'approche complémentaires : le calcul analytique appliqué ici à l'ensemble de la région parisienne et la modélisation numérique appliquée aux opérations du Val de Marne.

- *La voie analytique* permet de déterminer l'extension des bulles froides pour les opérations arrêtées ou en cours d'exploitation. Dans les représentations cartographiques du diaporama annexé, les données issues de la Base Dogger sont limitées au 31/12/2004, les volumes injectés pris en compte étant alors extrapolés. Le modèle analytique utilise la vitesse de propagation du front thermique au puits injecteur considéré comme puits unique (absence de déformation par le débit pompé au puits producteur du doublet ou par les doublets voisins). En outre, le réservoir aquifère est résumé à une structure homogène dont l'épaisseur productrice est celle connue au droit du puits injecteur et ne prenant pas en compte le rôle tampon des épontes.

Cette approche permet de repérer les zones soumises à d'importants risques de refroidissement de la formation réservoir, du fait notamment de la densité des opérations (Val de Marne) et de déterminer des zones de développement préférentielles en fonction de la qualité de la ressource et de l'existence de réseaux de chaleur pour qualifier les besoins.

- *Le volet modélisation* permet de déterminer l'extension de bulles froides par modélisation hydraulique, c'est à dire par calcul de la trajectoire des particules d'eau froide au cours du temps. La méthode, appliquée aux opérations du Val de Marne, prend en compte l'hétérogénéité du réservoir au moyen de l'étude géostatistique de la distribution de l'épaisseur productrice et de la transmissivité du réservoir et, également, les interférences hydrauliques entre puits (Actualisation d'une étude intitulée « Caractérisation et modélisation du réservoir géothermique du Dogger du Bassin Parisien » publiée par le BRGM en novembre 1989). Elle ne prend pas en compte les échanges de chaleur avec les épontes de la formation réservoir.

Dans ses résultats, cette méthode permet, contrairement à la précédente, de définir plus précisément les déformations du front liées aux interférences entre puits. Comme la précédente, elle maximise la zone envahie par le froid du fait qu'elle n'intègre pas la diffusion de la chaleur à l'interface épontes/ niveaux producteurs.

- Cette approximation a été en partie levée par une étude thermique détaillée du doublet de Champigny-sur-Marne, sélectionné parce que isolé au nord-est du Val de Marne. Cette étude, présentée dans le même diaporama, montre très clairement les conséquences sur la taille de la « bulle froide » et sur la date de percée thermique de

la prise en compte dans les calculs de 3 modèles de structure du réservoir : les modèles monocouche avec épontes adiabatiques, monocouche intégrant les échanges thermiques avec les épontes supérieures et inférieures, tri-couches avec épontes intermédiaires (modèle le plus proche de la réalité du Dogger).

3 – Conclusions et suites à donner jusqu'à l'achèvement de la Phase 3 du projet

3.1 – Base de données Dogger

Il est proposé d'agir à deux niveaux :

- Focaliser rapidement le programme sur l'acquisition des données d'exploitation de la période 1/01/2005 – 31/12/2009 afin d'alimenter les modélisations hydro-thermique et géochimique du Dogger.
- Relancer les maîtres d'ouvrages (MO) et leurs exploitants, en vue d'obtenir des accords formels pour l'extraction journalière des paramètres d'exploitation enregistrés au pas horaire, pour leur transmission à CFG Services et GPC I&P et pour un engagement, le cas échéant, à investir dans les capteurs manquants et un mode d'acquisition automatique.

Plusieurs solutions ont été évoquées en réunion. Les deux solutions qui paraissent possibles sont soit la modification des arrêtés d'exploitation pour les rendre plus contraignants mais elle impose de suivre une procédure au sein de la Direction des Mines (passage en CODERST), soit la mise en œuvre de conventions entre MO et la SAF.

Au final, il est acté que :

- la DRIRE IdF, l'ADEME IdF et le BRGM adresseront une lettre cosignée aux maîtres d'ouvrages et aux exploitants pour solliciter leur participation et leur rappeler leurs obligations aux termes de l'arrêté d'exploitation du doublet.
- La STHAL sera relancée, via Dalkia, pour que les données du site de Melun-l'Almont soient intégrées à la Base Dogger ;
- Une réunion du Comité de Pilotage sera organisée avec CFG Services et GPC I&P afin de faire le point de l'état des lieux pour chaque exploitation du matériel d'acquisition des données et de la mise en œuvre de la procédure de transfert de ces données, ainsi que des problèmes résiduels.

***NOTA** : il a été évoqué de tenir cette réunion fin septembre ou début octobre et de faire, en même temps, le point sur la réunion technique des organismes impliqués dans la modélisation (essentiellement ANTEA, BRGM, CFG Services, Ecole des Mines, GPC I&P) dont l'organisation avait été initiée lors de la réunion du 24 juin sur l'état de l'art au Dogger. Au moment de la rédaction du présent compte-rendu, la réunion technique des modélisateurs ayant été fixée au 25 septembre 2009 et les 2 sociétés de services indiquant qu'elles ne seront pas en mesure de présenter l'état des lieux du dispositif d'acquisition avant la fin du mois d'octobre, nous proposons la tenue de cette réunion du COPIL dans les **premiers jours de novembre**. Dès accord de toutes les parties, des dates seront proposées.*

3.2 – Modélisation géochimique

Il est proposé de focaliser les travaux en géochimie sur l'achèvement du diagnostic thermodynamique comprenant :

- Identification des paramètres à suivre et analyse des tendances évolutives en intégrant les valeurs enregistrées pendant la période 2005-2009 ;
- Examen des éventuels dépôts nouveaux susceptibles d'être des précurseurs chimiques utiles de la percée thermique ;
- Recherche de détermination des minéraux potentiellement représentatifs du processus de précurseurs chimiques de la percée thermique ;
- Tentative de modélisation cartographique de l'évolution des précurseurs sélectionnés.

Une compréhension complète de la réponse du réservoir du Dogger du point de vue des signaux chimiques mesurables aptes à traduire précisément les caractéristiques des transferts entre puits ne pourra aboutir au cours de cette phase 3 du projet.

3.4 – Modélisation hydro-thermique

Il est proposé de poursuivre les travaux dans les 3 directions suivantes :

- Amélioration de la connaissance des débits injectés et pompés au moyen notamment des données d'exploitation de la base Dogger sur la période 2005-2009. Homogénéisation des données d'exploitation utilisées et recherche de données complémentaires sur les doublets arrêtés ;
- Délimitation de secteurs de travail dans le Val-de-Marne à partir du calcul hydraulique pour un calcul thermique détaillé par secteur de doublets (Modèle développé sur Champigny) ;
- Développement de la méthode de travail sur un autre département à forte densité de doublets : Seine-Saint-Denis.

3.5 - Réunion plénière Gestion du Dogger

Au cours de cette réunion du Comité de Pilotage, la tenue d'une réunion plénière du projet regroupant, outre les membres du COPIL, les sociétés de service du sous-sol, les maîtres d'ouvrages d'opérations de géothermie et leurs délégataires et exploitants, a été évoquée.

Cette réunion aura pour double objectif de :

1. présenter l'état de la connaissance actuelle sur la gestion du réservoir du Dogger et sur les outils disponibles pour anticiper la percée thermique au sein des doublets et pour rechercher les meilleures solutions pour la poursuite de l'exploitation de la géothermie alimentant un réseau de chaleur déterminé ;
2. Inciter et convaincre les maîtres d'ouvrages et les exploitants d'apporter leur contribution à la poursuite des travaux et à la bonne connaissance de l'évolution du réservoir Dogger, en mettant à disposition des données fiables, précises et suffisamment nombreuses pour l'enrichissement de la Base de données Dogger.

Dans le contexte actuel, nous proposons que cette réunion soit organisée **courant janvier 2010**. Dès accord des membres du COPIL, une date sera recherchée.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Inscrire les noms des réseaux identifiés sur la carte correspondante	M. Le Brun	15/09/2009	
Réaliser la modélisation détaillée de l'extension de la perturbation thermique pour les doublets du Val de Marne	M. Le Brun V. Hamm	31/12/2009	
Comparer des cas de réhabilitation en doublets ou triplets, au cas par cas.	M. Le Brun V. Hamm	30/06/2010	
Dans le projet « Etat de l'Art », faire une analyse technico-économique du doublet et du triplet	JY. Hervé		
Envoi d'une lettre aux maîtres d'ouvrages indiquant que CFG Services et GPC I&P sont mandatés pour faire l'état de lieux du matériel d'acquisition de données d'exploitation.	DRIRE – ADEME- BRGM	15/09/2009	
Commandes à CFG Services et GPC I&P pour la mise en œuvre de l'acquisition des données d'exploitation	O. Goyénèche		X
Remise d'un rapport sur l'état des lieux des installations d'acquisition et sur la procédure	CFG Services et GPC I&P	30/10/2009	
Organisation d'une réunion technique des organismes impliqués dans la modélisation	M. LE BRUN		X
Organisation de la prochaine réunion du COPIL	O. Goyénèche	Début 11/2009	
Organisation d'une séance plénière de la Phase 3 du projet	O. Goyénèche	Janv. 2010	

Annexe 3

**Présentation du courrier de relance type envoyé
par les bureaux d'études sous-sol aux maîtres
d'ouvrage des 33 opérations en cours
d'exploitation en Île-de-France et du fichier Excel
à renseigner en données d'exploitation**

1. Modèle du courrier type

« Madame, Monsieur,

L'opération géothermique, dont vous êtes l'exploitant, mobilise comme ressource du sous-sol, l'aquifère du Dogger.

L'ADEME, le BRGM et le Conseil régional d'Ile-de-France ont engagé, depuis 2001, une démarche destinée à fournir aux maîtres d'ouvrages et aux instances qui sont associées à l'exploitation géothermique de l'aquifère du Dogger (Bureaux d'Etudes, DRIRE et SAF Environnement), une méthode pour une meilleure prévision à terme de la durée de vie des opérations alimentant en chaleur géothermique des réseaux de chaleur urbains, mises en service, pour la grande majorité d'entre elles, avant l'année 1985.

Cette démarche s'appuie sur la mise en place d'un **processus de collecte des données** de fonctionnement de la boucle géothermale qui serviront à la modélisation du comportement local et régional de ce réservoir remarquable.

Les enjeux de cette modélisation sont :

- D'améliorer la connaissance du comportement de l'aquifère du Dogger ;
- De permettre aux maître d'ouvrage et à leurs exploitants d'anticiper, si possible, la dégradation pressentie de la capacité thermique du réservoir au droit de chaque doublet (percée thermique) et, en tout état de cause, d'être prêts à prendre les mesures adaptées ;
- De donner aux représentants de la puissance publique les outils nécessaires pour élaborer les arrêtés de permis de recherche ou d'exploitation de nouveaux ouvrages exploitant le Dogger.

Le *BE xxxx*, en tant que Bureau d'Etude sous-sol, est mandaté par le BRGM pour accomplir les missions de **collecte et de validation** des données indispensables à cette modélisation.

Les doublets géothermiques attribués aux *BE xxxx* et concernés par cette démarche sont : Alfortville, Blanc-Mesnil Nord, Bonneuil-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Chevilly-Larue/L'Hay-les-Roses, Clichy-sous-Bois, Coulommiers, Fresnes, Meaux Beauval 1 et 2, Meaux Collinet, Meaux Hôpital, Montgeron, Orly Nouvelet et Gazier, Sucy-en-Brie, Thiais, Cachan 1 et 2, Chelles, Créteil, Epinay-sous-Senart, La Courneuve Nord et Sud, Le Mée-sur-Seine, Maisons-Alfort 1 et 2, Tremblay-en-France, Vigneux, Villiers-le-Bel, Villeneuve-St-Georges.

Pour mener à bien cette mission, nous sollicitons votre collaboration afin de mettre en place une méthodologie systématique de recueil des données de votre installation.

Nous vous proposons de procéder en deux étapes :

Etape 1 : saisie des relevés de main courante dans le fichier Excel par votre personnel d'exploitation

Les données que nous vous demandons de bien vouloir réunir, si possible au pas horaire ou à défaut, quotidiennement, à partir de vos relevés de main courante, devront être saisies par vos soins dans chacune des colonnes (une ligne par heure ou par jour) du fichier Excel joint.

Afin de pouvoir intégrer correctement ce fichier Excel dans la base de données du BRGM, celui-ci contient des cellules protégées.

La liste des paramètres de la boucle géothermale figurant dans chacune des colonnes à renseigner est la suivante :

Colonne du tableau Excel	Champ / Abrégé/ Unité/format
A	Date/heure
B	Flag représentatif de l'état de fonctionnement de la boucle GTH : A remplir de la façon suivante par ligne : <ul style="list-style-type: none"> ○ Valeur 1 = tout fonctionne normalement ○ Valeur 2 = installation indisponible ou valeurs non représentatives ○ Valeur (-1) = valeurs fausses ou incohérentes
C	Pression Aspiration Production ou Rabattement/Pap/bar ou m/sol
D	Pression Refoulement Production/Pp/bar
E	Pression Aspiration Injection/Pai/bar
G	Pression Refoulement Injection/Pi/bar
I	Température extérieure/Text/°C
J	Température de Production/Tp/°C
K	Température supplémentaire 1 - départ réseau Tsse/°C
L	Température supplémentaire 2 - retour réseau Tese/°C
M	Température d'Injection/Ti/°C
N	Puissance Electrique Production/Wp/kW
O	Puissance Electrique Injection/Wi/kW
Q	Débit Géothermique de Production Qp/m ³ /h
T	Sonde de Corrosion/Cor/μm/an

Pour faciliter la gestion informatique des données, les valeurs pour un site, devront toujours être saisies dans le même fichier et uniquement dans la feuille Excel correspondant à l'année calendaire.

Etape 2 : Transmission des données à CFG Services par votre exploitant

Une fois les valeurs des paramètres saisies pour l'ensemble du mois, nous vous demandons de transmettre le plus rapidement possible le fichier à l'adresse internet suivante : [à préciser.](#)

Pour le premier envoi, nous vous demandons de renommer le fichier avec le nom de votre site :
Exemple : Alfortville_gestion du Dogger.xls

Si votre **doublet géothermique est équipé d'une télégestion** qui enregistre et sauvegarde automatiquement la majeure partie de ces données d'exploitation, nous vous demandons de bien vouloir nous communiquer ces fichiers avec une périodicité mensuelle et dans un format compatible avec un tableur ou une base de données. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de renseigner le fichier selon l'étape 1.

Si vous ne pouvez pas transmettre les informations sous format informatique, il vous reste toujours la possibilité de nous faxer votre main courante au n° de télécopie suivant : **à préciser**, en indiquant, à chaque envoi, le site concerné et la période enregistrée.

Enfin, vous pouvez également communiquer ces informations, sous forme de photocopie, à nos techniciens CFG Services lors de leur passage sur les différents sites.

Nous restons à votre disposition pour répondre à toute question concernant cette démarche.

Les personnes que vous pouvez contacter pour toute demande ou remarques sont :

Olivier GOYENECHÉ Chef de Projet au BRGM - tel : 02.38.64.47.42

Ou interlocuteur du BE sous-sol à préciser - tel :

Comptant sur votre diligence et votre implication pour mener à bien cette mission de gestion de la ressource commune du réservoir du Dogger dont chacun pourra tirer les bénéfices, veuillez recevoir nos meilleures salutations.

Signature

2. Fichier annuel de recueil des données d'exploitation

Projet Gestion du Dogger : Site Géothermique de

Paramètres d'exploitation des opérations au Dogger à extraire des enregistrements de la centrale d'acquisition ou de la GTC ou, à défaut, à enregistrer quotidiennement

Les codes "Puits de Production", "Puits d'injection", "Centrale" ou "Corrosion" sont ceux des tables correspondantes de la Base Dogger : ex : GRO2, GRO1, Centrale, Corrosion - En cas de réalisation d'un triplet, une nouvelle table sera créée pour le nouveau puits Producteur P1

Codes :

Champ / Abrégé/ Unité/ format	Flag état fonctionnement de la boucle GTH/On-Off : 1=OK_ 2=indisponible ou non représentatif_ (-1)=faux ou incohérent	Rabattement en m/sol Mesure BE sous-sol	Pression Exhaure /Pp/bar	Pression Sortie Primaire Echangeur /Pai/bar	Pression Injection/ Pi/bar	température extérieure/ Text/°C	température Production/ Tp/°C	température sortie secondaire échangeur Tsse/°C	température entrée secondaire échangeur Tese/°C	température d'Injection /Ti/°C	Puissance Electrique Production /Wp/kW	Puissance Electrique Injection /Wi/kW	Débit Géothermal Production Qp/m ³ /h	Sonde de Corrosion or/μm/an
jour et heure														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														
:mm:aaaa hh:mm														

Annexe 4

Rapport – Contribution à la modélisation hydraulique et thermique du réservoir du Dogger

(volume séparé)

Le Brun M., Hamm V., Lopez S. (2009) - Modélisations de l'impact thermique et hydraulique sur l'exploitation de l'aquifère du Dogger pour différents scénarios de réhabilitation d'un doublet géothermique type. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-57779-FR, 62 p., 36 fig., 5 tabl., 2 ann.



Centre scientifique et technique
Département géothermie
3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34