

Mise en œuvre d'un système de gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Ile-de-France Phase 1

Conception et réalisation de la base de données
Collecte de l'ensemble des données historiques
Rapport final

BRGM/RP-52927-FR
février 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2003 19532

**O. Goyeneche, A. Desplan, V. Bretteville, H. Fabris,
A. Menjoz, M. Azaroual, A. Sbai, P. Ungemach,
M. Antics, G. Scalisi**



Mots clés : Géothermie, Ressources géothermiques, Réservoir géothermique, Ile-de-France, Bassin parisien, Dogger, Doublet de forages, Bases de données.

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

Goyeneche O., Desplan A., Bretteville V., Fabris H., Menjoz A., Azaroual M., Sbai A., Unguemach P., Antics M., Scalisi G. (2004) - Mise en œuvre d'un système de gestion de la ressource géothermique du Dogger de la région Ile-de-France. Phase 1. Rapport final. BRGM/RP-52927-FR, 82 p., 23 ill., 2 ann., 1 CD-ROM.

Synthèse

Actuellement en Ile-de-France, 34 doublets géothermiques fonctionnent depuis environ 20 ans en prélevant les calories du réservoir géothermique du Dogger du bassin de Paris. Ces exploitations peuvent être isolées mais, dans la plupart des cas, elles sont voisines les unes des autres, créant de véritables champs géothermiques.

L'exploitation ayant lieu au moyen de doublets de forage, l'eau refroidie, réinjectée dans le réservoir, va donc, à un moment donné, être recyclée par les puits producteurs du doublet considéré ou des doublets les plus proches.

Ensuite, la date de percée thermique influera directement sur le potentiel géothermique de chaque opération en amorçant le déclin de la température de production du ou des puits.

Il est donc essentiel de détecter l'amorce de ce refroidissement et, si possible, de l'anticiper puis de calculer l'évolution de la température, afin de prendre les mesures susceptibles de gérer cette décroissance thermique.

Différentes études de modélisation du réservoir du Dogger ont été réalisées à l'échelle du doublet ou d'un secteur géographique pour plusieurs opérations.

Ces modélisations ont été menées dans la première moitié de la décennie 90 et aucune nouvelle simulation n'a été réalisée depuis 1996.

Ces études mettaient alors en évidence la nécessité de disposer d'informations les plus précises possibles sur le réservoir et sur l'exploitation géothermique des doublets voisins.

Il n'existe pas actuellement d'acquisition continue et concertée des paramètres d'exploitation nécessaires au calcul exact de l'impact des opérations sur le potentiel géothermique du Dogger.

L'ADEME, l'ARENE Ile-de-France et le BRGM ont la volonté de mettre en place un outil de gestion de l'aquifère géothermique du Dogger permettant, d'une part, une intervention efficace lors de l'apparition d'un évènement lié au comportement du réservoir et, d'autre part, de prendre des décisions appropriées dans le cas de modifications de l'exploitation de ce réservoir.

Le présent rapport achève la première phase de ce dispositif conclue dans le cadre de deux conventions : l'une signée le 23 octobre 2001 entre l'ADEME et le BRGM (convention n° 01 05 036 et son avenant du 16/04/2003), la seconde signée le 6 août 2001 entre l'ARENE et le BRGM (convention n° 2001-FB-8-8215).

L'étude réalisée a consisté à :

- concevoir et réaliser la base de données nécessaire à l'acquisition et au stockage des données relatives à l'exploitation des opérations géothermiques au Dogger ;

Le présent rapport, ainsi que le CD de la base joint, permettent d'affirmer que cette tâche est intégralement accomplie, tant au niveau de la structure de la base et des fiches thématiques associées que dans la sélection et la validation des lexiques utilisés pour l'intégration des données.

- recenser les données historiques et actuelles afin de les intégrer à la base ;
- collecter les données historiques des opérations depuis leur réalisation et leur mise en service ;

Au vu des tableaux statistiques d'intégration des données présentés au chapitre 4.4 et en annexe 2, il est possible d'affirmer que si les éléments relatifs aux historiques des opérations (fiche 2) ainsi qu'aux données de forage (fiche 4) et de réservoir (fiche 5) ont globalement été renseignés à plus de 70 %, il en est beaucoup moins vrai pour la localisation et l'inventaire des données (fiche 9) dont le taux d'intégration est très inférieur à 5 % pour les sites confiés à GPC et de l'ordre de 15 % pour les sites confiés à CFG-Services.

Rappelons qu'il a été prévu de procéder à ces compléments d'intégration des données historiques dans le cadre de la phase 2 du projet actuellement en cours.

En ce qui concerne les procédures de transfert, on peut confirmer qu'elles ont été mises en application à partir du milieu de l'année 2002 et que, après des ajustements successifs, elles fonctionnent aujourd'hui correctement ;

- enfin, d'évaluer les contraintes de modélisation, l'état des lieux et la méthode qui sera employée dans les deux phases ultérieures :

Dans cette phase préliminaire au choix des sites à modéliser pour l'analyse des corrélations entre réponses thermiques et chimiques, un échantillon des données chimiques de 25 puits producteurs a été extrait de la base géothermique et examiné. Ce premier examen a permis de dégager quelques tendances principales :

- sulfures et fer dissous sont les seules espèces en solution dont les variations de teneur significatives en font des précurseurs chimiques naturels utilisables ;
- l'évolution de ces traceurs naturels est du même type que celle observée au cours de l'étude précédente : période 1985-1994. L'aspect monotone de la croissance de la teneur en sulfures dissous semble caractéristique de la réponse à l'injection continue d'un traceur ;
- une part observable des fluctuations de teneur autour de cette tendance moyenne apparaît liée aux fluctuations du débit ;
- l'allure systématique des courbes de précipitation des sulfures de fer pour tous les doublets est cohérente avec l'augmentation des teneurs en sulfures dissous ;

- au plan régional, le secteur de la Seine-Saint-Denis, avec des teneurs en sulfures actuelles de l'ordre de 40 à 60 ppm, se distingue nettement des secteurs centre-est (Meaux, Coulommiers) et du Val-de-Marne dont les teneurs sont voisines de 15 ppm. Le sud (Montgeron, Ris-Orangis, Épinay-sous-Sénart, Melun) se distingue également par des teneurs de 10 ppm.

Sommaire

1. Objet et domaine d'application	11
2. Localisation, inventaire et recueil des données historiques	13
3. Conception et réalisation de la base de données	15
3.1. LE PROTOCOLE DE RECUEIL DES DONNÉES	15
3.2. FICHE « DONNÉES ADMINISTRATIVES » (fiche 1 dans le champ opération)	16
3.3. FICHE « ÉVÈNEMENTS » (fiche 2 dans le champ opération).....	17
3.4. FICHE « FORMULAIRE DE L'OUVRAGE » (fiche 3 dans le champ ouvrage)	18
3.5. FICHES « TUBAGE » (fiches 4 et 10 dans le champ ouvrage)	19
3.6. FICHE « DONNÉES PHYSIQUES DU RÉSERVOIR » (fiche 5 dans le champ ouvrage).....	20
3.7. FICHE « DONNÉES D'EXPLOITATION » (fiche 6 dans le champ exploitation)	21
3.8. FICHE « DONNÉES CHIMIQUES » (fiche 7 dans le champ ouvrage)	23
3.9. FICHE « DONNÉES CORROSION-TRAITEMENT » (fiche 8 dans le champ ouvrage).....	24
3.10. FICHE « INVENTAIRE DES DONNÉES » (fiche 9 dans le champ opération)	25
3.11. FICHE « INVENTAIRE ET CALIBRAGE DES CAPTEURS DE MESURE » (fiche 11 dans le champ exploitation)	26

3.12. FICHE « ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION » (fiche 12 dans le champ exploitation).....	27
4. Les lexiques	29
5. Collecte des données	31
5.1. UTILISATION DES FICHES	31
5.2. IDENTIFIANTS DES FICHES	31
5.3. UTILISATION DES LEXIQUES.....	31
5.4. ÉTAT D'INTÉGRATION DES DONNÉES HISTORIQUES DANS LA BASE ..	32
6. Interprétation des données : modélisation	33
6.1. CONTEXTE GÉOTHERMIQUE ET ÉTAT DES LIEUX	33
6.2. ÉVALUATION DES CONTRAINTES DE LA MODÉLISATION.....	36
6.2.1. Choix des sites-tests	37
6.2.2. Sélection des paramètres de la modélisation.....	37
6.2.3. Définition des outils de modélisation	39
6.2.4. Définition des limites des modèles	41
6.3. FAISABILITÉ DU TRAÇAGE CHIMIQUE	41
6.3.1. Évolution chimique aux puits de production	42
6.3.2. Évolution des teneurs en sulfures et fer dissous	44
6.3.3. Principales tendances actuelles	48
7. Conclusion	51
8. Bibliographie	55

Liste des illustrations

Illustration 1 -	Liste des opérations géothermiques.	12
Illustration 2 -	Système de gestion du Dogger.	14
Illustration 3 -	Page d'accueil de la base de données.	16
Illustration 4 -	Exemple de rubrique de la fiche 1 : dans le cas présent, le type d'organisme renseigne sur l'exploitant du site considéré.	17
Illustration 5 -	Exemple de rubrique de la fiche 2 : dans le cas présent, l'évènement renseigné concerne le mode d'exploitation par pompage du site considéré pendant la période indiquée. Il concerne l'ensemble de l'installation (code « Centrale » dans la fenêtre « Ouvrage »).	18
Illustration 6 -	Exemple de rubrique des fiches 3, 4 et 10 : dans le cas présent, l'ouvrage renseigné (fiche 3) est le puits injecteur du site considéré. Le tubage à l'écran pour cet élément (fiche 4) est de diamètre nominal 13"3/8. Aucune diagraphie de contrôle n'a été intégrée (fiche 10).	19
Illustration 7 -	Exemple de rubrique de la fiche 5 : dans le cas présent, il s'agit de l'essai de fin de sondage du puits considéré.	20
Illustration 8 -	Fiche 6, code de base Centrale.	21
Illustration 9 -	Fiche 6, code de base Puits producteur.	22
Illustration 10 -	Fiche 6, code de base Puits injecteur.	22
Illustration 11 -	Exemple de rubrique de la fiche 7 : dans le cas présent, l'ouvrage renseigné (fiche 3) est le puits injecteur du site considéré. Les résultats d'analyses présentés sur la fiche 7 sont ceux réalisés en fond de puits en fin de forage.	23
Illustration 12 -	Exemple de rubrique de la fiche 8 : dans le cas présent, l'ouvrage renseigné (fiche 3) est le puits injecteur du site considéré. On notera que les résultats présentés sur la fiche 8 ne concernent que le traitement anti-corrosion (sous-fenêtre de droite).	24
Illustration 13 -	Exemple de rubrique de la fiche 9 : comme dans le cas des fiches 2 et 6 précédentes, les informations sont classées par leur appartenance aux installations de surface (centrale), aux puits producteur ou injecteur.	25
Illustration 14 -	Exemple de rubrique de la fiche 11 : comme dans le cas de la fiche 6 précédente, les informations sont classées par leur appartenance aux installations de surface (centrale), aux puits producteur ou injecteur. Dans le cas présent, il s'agit des informations sur le débitmètre installé en centrale (fenêtre « ouvrage » en entête de la fiche) du site sélectionné.	26

Illustration 15 - Exemple de rubrique de la fiche 12 : comme dans le cas des fiches 6 et 11 précédentes, les informations sont classées par leur appartenance aux installations de surface (centrale), aux puits producteur ou injecteur. Dans le cas présent, il s'agit des informations relatives au puits producteur repéré par son code (fenêtre « ouvrage » en entête de la fiche) du site sélectionné.....	27
Illustration 16 - Chronogramme de réalisation des forages géothermiques captant le réservoir du Dogger du Bassin parisien.....	33
Illustration 17 - Localisation et état des forages géothermiques captant le réservoir du Dogger du Bassin parisien.....	34
Illustration 18 - Localisation géographique des doublets de forages dans le secteur du Val-de-Marne (impact des forages à la profondeur moyenne du réservoir).....	35
Illustration 19 - Évolution des concentrations en éléments dissous au producteur GCHL2.....	42
Illustration 20 - Évolution des concentrations en éléments dissous au puits GCRT1.....	43
Illustration 21 - Évolution des concentrations en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCL1, Seine-Saint-Denis.....	44
Illustration 22 - Évolution des concentrations en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCO1, centre du bassin.....	45
Illustration 23 - Évolution de la concentration en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCA4, ouest du secteur du Val-de-Marne.....	46
Illustration 24 - Évolution de la concentration en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCRT1, Val-de-Marne. Comparaison avec les simulations réalisées en 1994-1995.....	47

Liste des annexes

Annexe 1 - Description des lexiques.....	57
Annexe 2 - État d'intégration des données historiques dans la base de données.....	75
Annexe 3 - Modèle de protocole d'accord pour la mise à disposition et le traitement des données d'exploitation des sites géothermiques de la région Ile-de-France.....	87

1. Objet et domaine d'application

Ce rapport achève la phase 1 du projet « Gestion du Dogger de l'Ile-de-France » régi par la convention n° 01.05.036 et son avenant n° 1 du 18 avril 2003 entre l'ADEME et le BRGM, ainsi que par la convention n° 2001-FB-8-8215 entre l'ARENE et le BRGM.

Cette première phase du projet prévoyait :

- la localisation et l'inventaire des données historiques (données relatives aux forages, au réservoir, aux événements sur les installations, à la géochimie et aux conditions d'exploitation) représentatives des installations géothermiques ;
- la conception et la réalisation d'une base de données ;
- le recueil de ces données historiques et leur chargement dans la base une fois celle-ci testée et validée.

Le projet concerne **trente-trois opérations de géothermie** en cours d'exploitation en région Ile-de-France telles qu'identifiées sur l'illustration 1 (le site de Melun-l'Almont qui n'est sous contrat avec aucun des deux sous-traitants sélectionnés et ne disposant pas d'interlocuteur technique a été écarté pour le moment).

Il comprend plusieurs intervenants et notamment les bureaux d'ingénierie du sous-sol CFG Services et GPC chargés, par contrat de sous-traitance, de l'évaluation et de la collecte des données contenues, pour chaque installation géothermique, dans des recueils historiques variés (rapports de suivi physico-chimique, fichiers Excel, rapports d'intervention, etc.) dont il convenait de rassembler les éléments significatifs.

La première partie du travail, présentée dans le rapport d'avancement daté du 23 juillet 2002 et intitulé « Conception générale de la base de données », a consisté à définir, en concertation avec les partenaires, des protocoles d'acquisition des données destinés au démarrage de la collecte puis à en déduire logiquement la conception de la base initiale.

À noter encore que cette phase 1 du projet a fait l'objet de trois réunions du comité technique du projet les 28 mars, 18 décembre 2002 et 11 mars 2003 et d'une réunion plénière dans laquelle étaient représentés des maîtres d'ouvrage et leur associations le 2 juin 2003.

	Nom de l'exploitation géothermique	Bureau d'étude chargé du recueil des données
1	ALFORTVILLE	CFG Services
2	BONNEUIL-SUR-MARNE	CFG Services
3	CACHAN 1	GPC
4	CACHAN 2	GPC
5	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	CFG Services
6	CHELLES	GPC
7	CHEVILLY-LARUE	CFG Services
8	CLICHY-SOUS-BOIS	CFG Services
9	COULOMMIERS	CFG Services
10	CRETEIL MONT-MESLY	GPC
11	EPINAY-SOUS-SENART	GPC
12	FRESNES	GPC
13	L'HAY-LES-ROSES	CFG Services
14	LA COURNEUVE NORD	GPC
15	LA COURNEUVE SUD	GPC
16	LE BLANC MESNIL	GPC
17	LE MEE-SUR-SEINE	GPC
18	MAISON ALFORT 1	GPC
19	MAISON ALFORT 2	GPC
20	MEAUX BEAUVAL 1	CFG Services
21	MEAUX BEAUVAL 2	CFG Services
22	MEAUX COLLINET	CFG Services
23	MEAUX HOPITAL	CFG Services
24	MELUN L'ALMONT	<i>Autre – non identifié</i>
25	MONTGERON	CFG Services
26	ORLY 1 - GAZIER	GPC
27	ORLY 2 - LE NOUVELET	GPC
28	RIS ORANGIS	CFG Services
29	SUCY-EN-BRIE	CFG Services
30	THIAIS	CFG Services
31	TREMBLAY-EN-FRANCE	GPC / CFG Services
32	VIGNEUX-SUR-SEINE	GPC
33	VILLENEUVE-SAINT-GEORGES	GPC
34	VILLIERS-LE-BEL-GONESSE	GPC

Illustration 1 - Liste des opérations géothermiques.

2. Localisation, inventaire et recueil des données historiques

Les différentes étapes de collecte des données historiques des trente-trois doublets ci-dessus référencés sont schématisées dans la charte illustrée par la figure 1 infra dans laquelle on distingue trois étapes avant l'intégration des données dans « la base de données des paramètres d'exploitation ».

La **première étape** inscrite en phase 1, objet du présent rapport final, a concerné la localisation et l'inventaire des données. Celles-ci peuvent être des données brutes, telles que des coupes de forage, des données de réservoir, des diagraphies ou des rapports d'essais, des rapports de « work-over » ou de travaux divers. Elles peuvent être également des données traitées ou interprétées telles que les rapports de suivi physico-chimique ou d'exploitation.

Ces données sont généralement localisées au BRGM, chez les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre ou dans les sociétés de service. Dans les cas où elles ne sont pas disponibles chez les acteurs de la réalisation et de l'exploitation de la géothermie, les arrêtés préfectoraux d'exploitation obligeant à informer les autorités de la DRIRE, cet organisme détient la quasi-totalité des informations historiques des opérations réalisées.

La **seconde étape** a consisté en l'établissement de protocoles de transfert des données historiques tant au niveau initial de la réalisation des forages et des essais de réservoir que des chroniques d'exploitation existantes et des données traitées.

Ces protocoles ont été établis en concertation avec les sociétés CFG-Services et GPC à qui ils ont ensuite été transmis pour intégration des données recueillies et validation dans la base.

Parallèlement à cette seconde étape, une **troisième étape** a été réalisée qui a consisté à recueillir et incorporer à la base toutes les données événementielles survenues sur les installations concernées, lesquelles peuvent avoir des conséquences non négligeables sur les conditions d'exploitation des doublets.

Il convient de constater que ces trois étapes de localisation, d'inventaire et de recueil des données historiques ont posé d'énormes difficultés, ainsi qu'il est indiqué au chapitre 4 ci-après et en annexe 2.

En résumé, on peut considérer que cette partie importante du travail de la phase 1 dans la mesure où elle conditionne le résultat final de la modélisation du comportement du réservoir du Dogger, est celle qui, de toute évidence, a généré les dépassements de délais et de budget constatés.

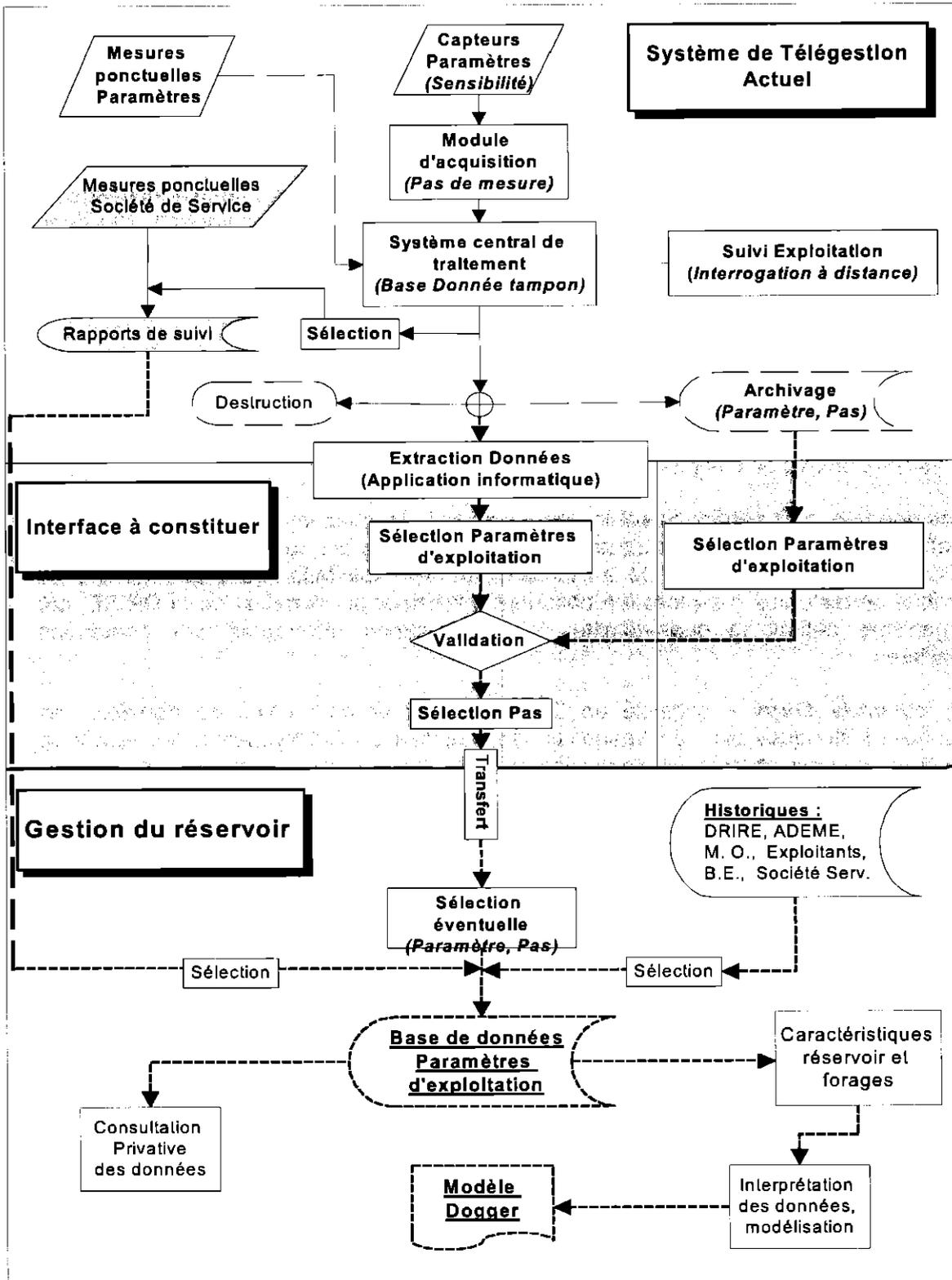


Illustration 2 - Système de gestion du Dogger.

3. Conception et réalisation de la base de données

La **base de données « Dogger »** est conçue comme un logiciel informatique paramétré pour enregistrer et retrouver des données de façon cohérente en fonction de sa finalité qui est de disposer des éléments nécessaires à l'interprétation du comportement actuel et futur du réservoir aquifère du Dogger en région Ile-de-France.

Le **protocole** de recueil des données est la démarche par laquelle les partenaires du projet ont défini la méthode de récupération de ces données par le biais de bordereaux de saisie des mesures selon de modalités précises. Ce protocole est détaillé au chapitre 2.1. ci dessous.

Il a ensuite été nécessaire de créer des **Tables** dans la base, c'est-à-dire des éléments de structure des données destinés à leur enregistrement à partir des fiches transmises

Parmi ces tables, celle contenant la liste des mots-clés ou **Lexique** est particulièrement importante. Elle est détaillée au chapitre 4 suivant.

Le **Modèle conceptuel** de la base est le schéma d'ensemble représentatif de l'organisation des tables de recueil des données du Dogger.

3.1. LE PROTOCOLE DE RECUEIL DES DONNÉES

Le protocole de recueil des données est finalisé sous forme de bordereaux dont la structure a été déterminée par le groupe de travail constitué du BRGM, de CFG Services et de GPC. La juxtaposition des données récupérées sur l'ensemble de ces bordereaux, est réputée donner une vision synthétique et historique d'une *opération géothermique*.

Afin d'homogénéiser le contenu des données recueillies, **l'opération géothermique** a été définie comme un site d'exploitation, généralement constitué de deux forages atteignant le réservoir du Dogger. L'eau du réservoir y est prélevée dans le premier puits (producteur), elle passe ensuite dans un échangeur où elle cède sa chaleur. La chaleur récupérée y est utilisée en surface. L'eau refroidie est réinjectée dans le réservoir par l'intermédiaire du deuxième forage (injecteur).

Les bordereaux utilisés sont brièvement décrits et présentés ci-dessous. Les bordereaux ainsi validés permettent d'avoir une démarche de recueil des données organisée et cohérente. Les bordereaux sont identifiés sous le terme de « Fiche » dans la suite du document, ainsi que dans la base de données. Ces fiches sont des alias des bordereaux transmis sous forme de fichier Excel par les utilisateurs.

Cependant aucun système n'est figé et il est probable que la récupération des données montrera que des ajustements doivent être faits ici ou là. Mais ceux-ci ne seront que marginaux, la structure d'ensemble de la base de données étant désormais définie.

Les fiches ont été regroupées en trois rubriques ou champs spécifiques dans la base de données. Ces champs, calés sur la conception et l'exploitation d'une opération de géothermie, sont :

- champ « OPERATION » qui regroupe les fiches n° 1, 2 et 9 ;
- champ « OUVRAGE » qui regroupe les fiches n° 3, 4, 5, 7, 8 et 10 ;
- champ « EXPLOITATION » qui regroupe les fiches n° 6, 11 et 12.

Cette validation a permis, dès la phase 1 du projet, d'acquérir l'essentiel de données historiques sur les 33 sites sélectionnés.

La page d'accueil de la base de données se présente comme suit :

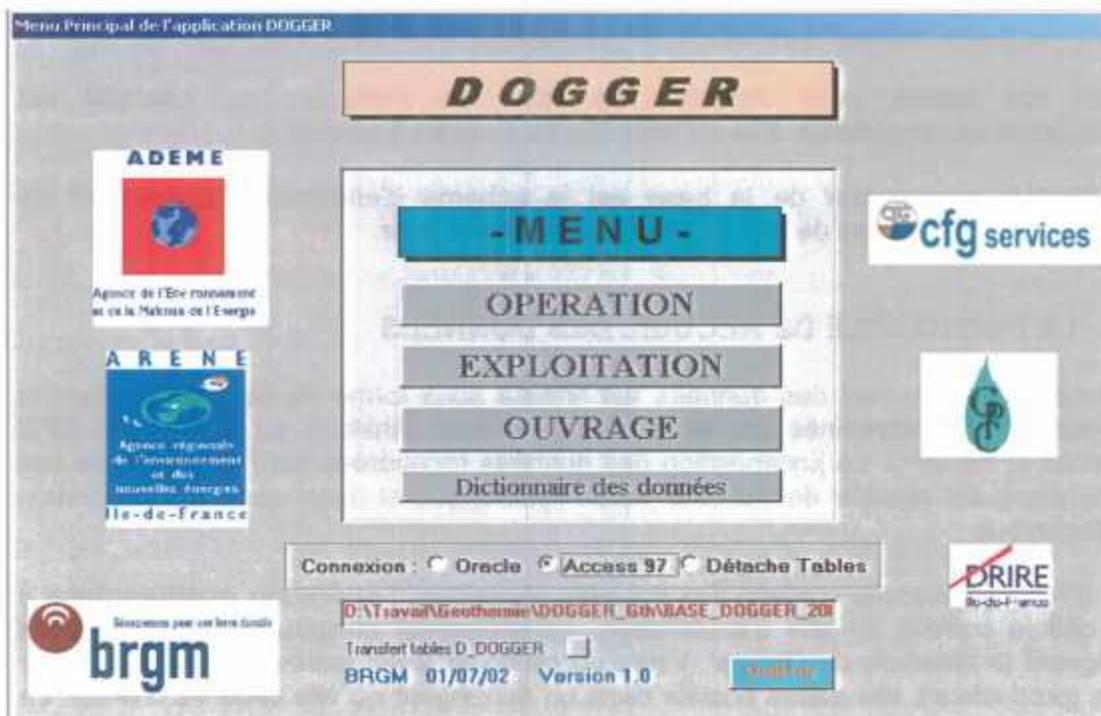


Illustration 3 - Page d'accueil de la base de données.

3.2. FICHE « DONNÉES ADMINISTRATIVES » (fiche 1 dans le champ opération)

Elle identifie l'opération ainsi que ses principaux intervenants tant au stade actuel qu'à l'origine de sa réalisation : maîtres d'ouvrages, maîtres d'ouvrages délégués, maîtres d'œuvres sous-sol et surface, exploitants.

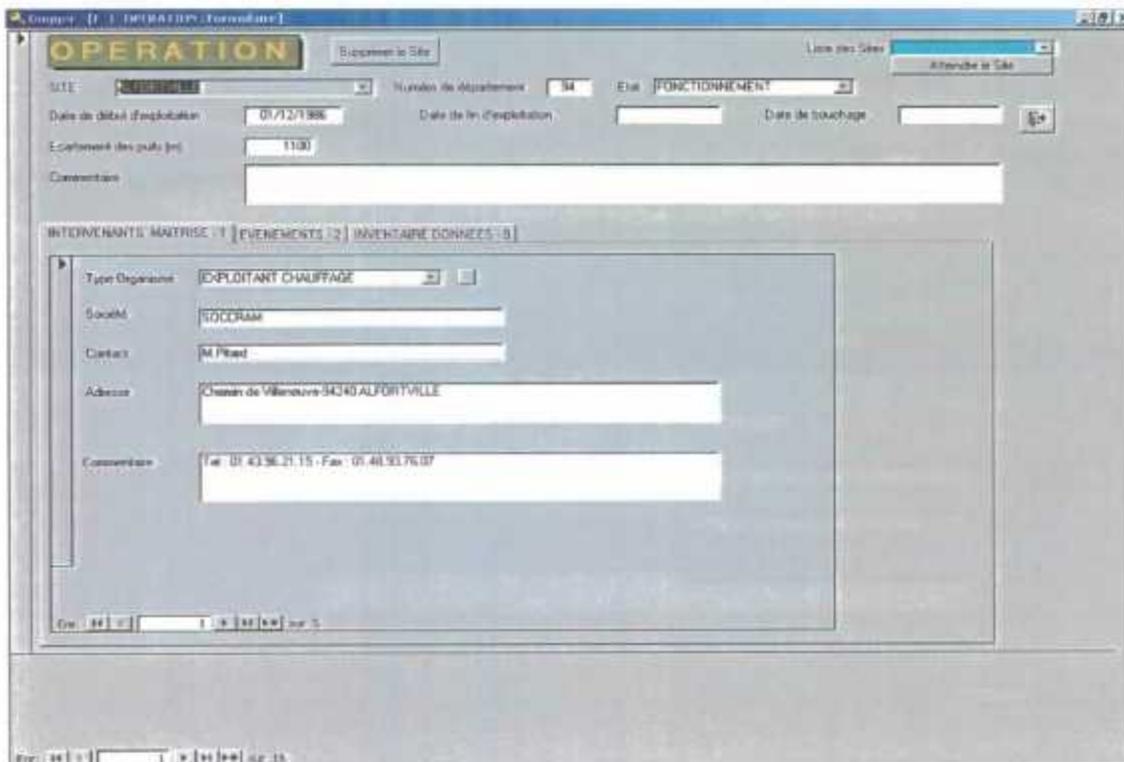


Illustration 4 - Exemple de rubrique de la fiche 1 : dans le cas présent, le type d'organisme renseigné sur l'exploitant du site considéré.

3.3. FICHE « ÉVÈNEMENTS » (fiche 2 dans le champ opération)

Elle permet d'enregistrer un événement survenant dans la vie de l'opération. Un événement est un changement d'état significatif de l'opération. Dans cette fiche, les événements sont classés selon trois rubriques :

- rubrique « Centrale » : événement impliquant toute l'installation. Par exemple : « Exploitation par pompage » ;
- rubrique « Code du puits producteur » : événement caractéristique du puits producteur ; exemples : changement de groupe de pompage d'exhaure, rechemisage, mise en place ou remplacement d'une ligne d'injection en fond de puits, etc. ;
- rubrique « Code du puits injecteur » : événement caractéristique du puits injecteur. exemples : curage des parois du tubage, acidification douce du puits, etc.

À noter qu'en cas de rechemisage d'une partie ou de la totalité d'un puits, les données afférentes sont également intégrées dans la fiche n° 4, intitulée « Tubages », dans le champ « Ouvrage » de la base.

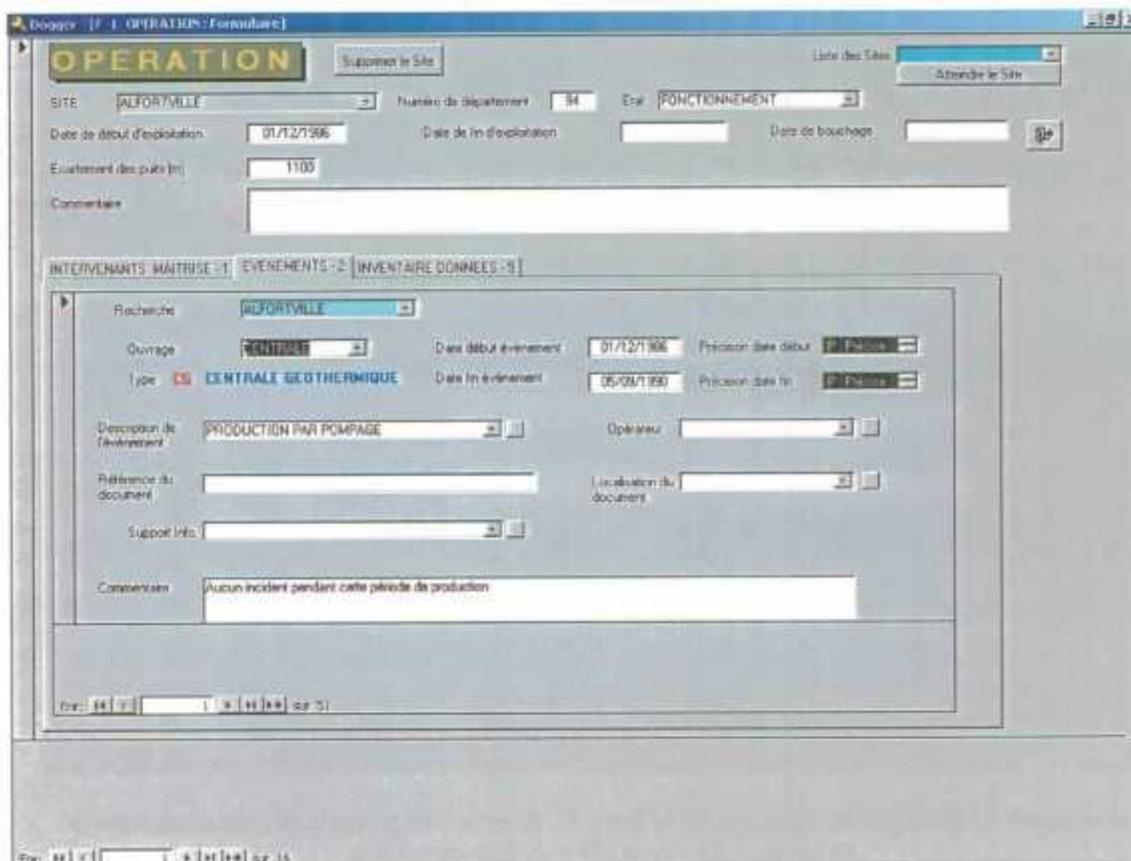


Illustration 5 - Exemple de rubrique de la fiche 2 : dans le cas présent, l'évènement renseigné concerne le mode d'exploitation par pompage du site considéré pendant la période indiquée. Il concerne l'ensemble de l'installation (code « Centrale » dans la fenêtre « Ouvrage »).

3.4. FICHE « FORMULAIRE DE L'OUVRAGE » (fiche 3 dans le champ ouvrage)

Elle identifie les principales caractéristiques géographiques et géométriques des forages de l'opération : positionnement, profondeur, déviation, position du réservoir, etc.

Pour chacun des deux puits du doublet :

- les coordonnées sont définies en Lambert Zone et en mètres ;
- l'azimut est défini de 0 à 360°, sens horaire ;
- l'inclinaison est définie de 0 à 90° par rapport à la verticale.

Dans cette fiche, qui constitue le bandeau supérieur du champ « OUVRAGE », le forage considéré (ou « Ouvrage ») est repéré par son nom de code dans la fenêtre correspondante. Les fiches 4, 5, 7 et 8 déroulantes, qui constituent la partie basse du même champ « OUVRAGE », concernent alors le même forage.

À noter la particularité suivante de l'exemple : la date de mise en place de ce tubage n'est pas connue. Par convention, c'est le « 01/01/1900 » qui apparaît.

3.6. FICHE « DONNÉES PHYSIQUES DU RÉSERVOIR » (fiche 5 dans le champ ouvrage)

Elle identifie les principales caractéristiques physiques du réservoir du Dogger au droit du puits concerné, tel qu'identifié en fiche 3 (cf. ci-dessus).

Ces caractéristiques sont déduites des diverses mesures et essais réalisés dans l'ouvrage (épaisseur productive, porosité, perméabilité, etc.).

The screenshot shows a software interface for data entry. The main window is titled "Ouvrage" and contains the following fields:

- Titre: ALFORTVILLE
- Ouvrage: GALI
- Liste des Sites: [dropdown]
- Index BSS: [input]
- Type: PUIS D'INJECTION
- Attendez: [button]

Below these are several rows of input fields for well coordinates and depths:

- X tête puits (m): 608038
- Y tête puits (m): 119654
- Z tête puits (m/NGF): 36.00
- Zone Lambert: [input]
- Profondeur KDP (m/sol): 370.00
- Profondeur tot Dogger (m/sol): 1616.00
- Dernière mesure de déviation: [input]
- X déviation (m): [input]
- Y déviation (m): [input]
- Z déviation (m/NGF): 1633.91
- azimut (sens horaire) 0-360°: 163.50
- inclinaison (// verticale) 0-90°: 41.00
- X fond forage (m): [input]
- Y fond forage (m): [input]
- Z fond forage (m/NGF): 1593.40
- Longueur deviate totale (m/sol): 2171.00
- Date fin de forage: 10/03/1986

Comments: Recherche en janvier 1986 et septembre 2002

The sub-window "RESERVOIR" is active and shows the following fields:

- Date de forage: 01/01/1900
- Durée de forage (heures): 12.00
- Durée de production (heures): 10.00
- Épaisseur cumulée productive (m): 9.4
- Longueur cumulée productive (m): 12.5
- Débit longueur niveau productif (m³/sol): 2071.00
- Fin longueur niveau productif (m/sol): 2083.50
- Nombre de niveaux productif: 7
- Diamètre du réservoir: 8 1/2
- Température de la corde en début (°C): 75.2
- Pression critique extrapolée (bars relatifs): 0.5
- Profondeur deviate de la sonde (m/sol): 2000.00
- Pression statique au sol (bars relatifs): [input]
- Débit injection max au sol (m³/s): 275.0
- Contre pression en tête débit max (bars relatifs): 0.0
- Perméabilité (Darcy m): 62.6
- Skin Factor: -2.0
- Porosité (%): 14.5
- Viscosité (Centipoise): 0.42
- Fonction: [checkbox]

Comments: [input]

Illustration 7 - Exemple de rubrique de la fiche 5 : dans le cas présent, il s'agit de l'essai de fin de sondage du puits considéré.

3.7. FICHE « DONNÉES D'EXPLOITATION » (fiche 6 dans le champ exploitation)

Elle enregistre les paramètres d'exploitation (débits, températures, pressions, puissances et consommations électriques, etc.). Dans la phase deux du projet les données d'exploitation quotidiennes viendront compléter les données historiques. Elles seront fournies par les maîtres d'ouvrage ou leurs exploitants par le biais de protocoles d'engagement conclus avec le BRGM, l'ADEME et l'ARENE, à partir des données recueillies quotidiennement sur site selon la méthode en vigueur sur le site considéré. Comme pour les données historiques objet du présent rapport, ces données quotidiennes seront intégrées à la base après validation par les deux sociétés de services (CFG Services et GPC) contractuellement engagées auprès des maîtres d'ouvrages. Comme dans le cas de la fiche 2 consacrée aux événements survenus sur l'opération de géothermie, la fiche 6 est découpée selon les trois codes de base : centrale, puits producteur et puits injecteur.

En ce qui concerne la **centrale**, les paramètres d'exploitation sont ceux relatifs au réseau primaire de surface entre les deux têtes de puits, à savoir : pressions et températures à l'entrée et à la sortie des échangeurs, débit et production thermique et consommation électrique de pompage.

The screenshot shows a software window titled 'Dogger - [F. 6 EXPLOITATION: Formulaire]'. The main heading is 'EXPLOITATION'. Below it, there are dropdown menus for 'Site' (ALFORTVILLE) and 'Ouvrage' (CENTRALE). The 'Type' is 'CG CENTRALE GEOTHERMIQUE'. There are three tabs: 'Exploitation Centrale', 'Equipeement Echangeur', and 'Capteur'. The 'Exploitation Centrale' tab is active.

Fields include:

- Date de Relevé: 01/10/2003 09:00
- Contexte des mesures: GEOCONFiance
- Format date et heure: JJ/MM/AAAA HH MM pour saisir les heures laisser un blanc
- Température extérieure (°C): 14.0
- Volume exploité (m3): 51797
- Energie électrique (Kwh) section:
 - Exhaure: 2655330
 - Injection: [empty]
 - Totale: [empty]

	Primaire	Secondaire
Débit (m3/h)	225.0	0.0
Pression d'entrée échangeur (bars/relatifs)	9.4	0.0
Température d'entrée échangeur (°C)	73.2	0.0
Pression de sortie échangeur (bars/relatifs)	9.0	1.0
Température de sortie échangeur (°C)	61.5	0.0
Energie thermique (Mwh)	1111.11	

At the bottom, there is a navigation bar: 'Enr: 11 21' and '1 sur 1'.

Illustration 8 - Fiche 6, code de base Centrale.

En ce qui concerne le **puits producteur**, les paramètres recueillis sont le débit, la pression et la température en tête du puits producteur, le rabattement ainsi que la puissance développée par le groupe de pompage d'exhaure.

EXPLOITATION Site: ALFORTVILLE

Type: P **PUITS DE PRODUCTION** Ouvrage: GAL2

Exploitation Production | Equipement Production | Capteur

Date de Relevé: 01/10/2003 09:00 Contexte des mesures: GEOCONFiance

Format date et heure: JJ/MM/AAAA HH:MM pour saisir les heures laisser un blanc

Débit (m3/h): 117.0

Température Production (°C) en tête de puit: 72.5

Pression Exhaure (bars relatifs): 10.6

Rabatement (m/sol): -79.00

Pompe Production

Puissance mesurée (KW entrée variable): 27.00

Rendement global (%): 39.0

Durée de fermeture (heures): 2.00

Pression Statique (bars relatifs): 10.8

Commentaire

Env: 1 sur 3

Illustration 9 - Fiche 6, code de base Puits producteur.

Il en est de même, en dehors du rabattement, pour le **puits injecteur** :

EXPLOITATION Site: ALFORTVILLE

Type: I **PUITS D'INJECTION** Ouvrage: GAL1

Exploitation Injection | Equipement Injection | Capteur

Date de Relevé: 01/10/2003 09:00 Contexte Mesure: GEOCONFiance

Format date et heure: JJ/MM/AAAA HH:MM pour saisir les heures laisser un blanc

Débit (m3/h): 225.0

Température Injection (°C): 61.5

Pression Injection (bars relatifs): 22.2

Pompe Injection

Puissance mesurée (KW entrée variable): 120.00

Rendement global (%): 69.0

Durée de fermeture (heures): 2.00

Commentaire

Env: 1 sur 3

Illustration 10 - Fiche 6, code de base Puits injecteur.

3.8. FICHE « DONNÉES CHIMIQUES » (fiche 7 dans le champ ouvrage)

La fiche enregistre les caractéristiques chimiques du fluide géothermique. Ces caractéristiques sont celles du fluide au puits considéré, tel qu'il apparaît en fiche 3 sus-jacente.

En général, les informations sur la chimie du fluide sont référencées à la source, c'est-à-dire au niveau du puits producteur.

Ce bordereau regroupe de nombreux paramètres dans une saisie unique. Ceux-ci concernent aussi bien les substances minérales dissoutes dans le fluide que les gaz et la bactériologie.

Pour l'homogénéité du contenu et par convention :

- le pH est toujours donné à 20 °C ;
- le débit indiqué est le débit effectif au moment du prélèvement ;
- le GLR (Gaz Liquide Ratio ou proportion volumique de gaz par rapport au liquide) est donné à 20 °C et à pression atmosphérique.

OUVRAGE

Site: ALFORTVILLE Ouvrage: GAL1 Liste des Sites

Indice BSS: Type: Puits d'Injection Aller

Dernière mesure de déviation

X site puits (m): 60638 X sabot (m): 606426 X déviation (m): X fond forage (m):

Y site puits (m): 119664 Y sabot (m): 118689 Y déviation (m): Y fond forage (m):

Z site puits (m/NGF): 35.00 Z sabot (m/NGF): 1589.00 Z déviation (m/NGF): 1633.91 Z fond forage (m/NGF): 1633.40

Zone Lambert: Longueur déviation au sabot (m/100): 2012.00 azimut (sans forage) (0-360°): 188.50 Longueur déviation totale (m/100): 2171.00

Profondeur KOP (m/100): 370.00 inclinaison // verticale (0-90°): 41.00 Date fin de forage: 10/03/1986

Profondeur tot. Dogger (m/100): 1616.00

Commentaire: Pischessage en janvier 1986 et septembre 2002

TUBAGE - 4 RESERVOIR - 5 ANALYSE - 7 CORROSION - 8

Date: 10/03/1986 Type prélèvement: FOND Température (°C): 76.6 Débit production (m³/h):

Commentaire: Mesure SPES-Schrömbinger de fin de sondage

Mesures				Point Bulle		
Code Élément	Code présence	Mesure	Unités	Numéro Point Bulle	Pression (bars relatif)	Température (°C)
S	<		mg/l	1	2.7	35.0
BIACT_SULF	=		nb/mg fluide	2	5.4	76.8
Ca	=	765	mg/l			
Cl	=	44.78	g			
Cl	=	10838	mg/l			
ENH	=	3.07	g			

Illustration 11 - Exemple de rubrique de la fiche 7 : dans le cas présent, l'ouvrage renseigné (fiche 3) est le puits injecteur du site considéré. Les résultats d'analyses présentés sur la fiche 7 sont ceux réalisés en fond de puits en fin de forage.

3.9. FICHE « DONNÉES CORROSION-TRAITEMENT » (fiche 8 dans le champ ouvrage)

La fiche enregistre les mesures de corrosion (sous-fenêtre de gauche) et les informations sur les traitements mis en œuvre pour réduire, voire supprimer, ces phénomènes liés à l'action du fluide géothermique sur les tubages (sous-fenêtre de droite). Ces informations se rattachent donc au puits de production.

Dans la rubrique « Corrosion », trois méthodes de mesure de la corrosion sont retenues : la concentration en fer dissous provenant des tubages du puits, la valeur de vitesse de perte d'épaisseur mesurée au corrosimètre et, enfin, la perte d'épaisseur mesurée sur coupons de corrosion immergés dans le fluide géothermique. Les coupons sont toujours dans la nuance du tubage, c'est-à-dire en règle générale, l'acier au carbone API K55.

Illustration 12 - Exemple de rubrique de la fiche 8 : dans le cas présent, l'ouvrage renseigné (fiche 3) est le puits injecteur du site considéré. On notera que les résultats présentés sur la fiche 8 ne concernent que le traitement anti-corrosion (sous-fenêtre de droite).

3.10. FICHE « INVENTAIRE DES DONNÉES » (fiche 9 dans le champ opération)

La fiche enregistre les informations synthétiques relatives à un lot de données homogènes quels que soient sa nature et son support. Cette fiche est notamment utilisée pour décrire et référencer les fichiers de données provenant des centrales d'acquisition qui sont conservés et « retrouvables » sous forme de fichiers.

Objectifs :

- récapituler synthétiquement les types de données existantes renvoyant à des documents spécifiques localisés physiquement ;
- permettre d'apprécier les priorités et l'ampleur du travail pour intégrer des données historiques dans la base de données ;
- appréhender les possibilités de traitement et d'interprétation des données afin de parvenir à l'actualisation de la modélisation du réservoir du Dogger, objectif final du programme.

Illustration 13 - Exemple de rubrique de la fiche 9 : comme dans le cas des fiches 2 et 6 précédentes, les informations sont classées par leur appartenance aux installations de surface (centrale), aux puits producteur ou injecteur.

Principes

Un enregistrement du tableau regroupe des données pour :

- un même créneau de date ;
- un groupe de données de même type et homogène en terme d'acquisition ;
- un même type de support de données ;
- un même état d'interprétation.

3.11. FICHE « INVENTAIRE ET CALIBRAGE DES CAPTEURS DE MESURE » (fiche 11 dans le champ exploitation)

Cette fiche regroupe des éléments descriptifs et des éléments historiques (suivi des capteurs dans le temps). Ce suivi est fondamental pour la qualité des données d'exploitation, actuelles et à venir.

En effet, des données pour lesquelles on peut vérifier que les capteurs n'ont pas dérivé entre deux contrôles et que ces mêmes données sont bien incluses dans les plages de mesure des capteurs, sont des données **valides** propres à être utilisées pour la modélisation.

The screenshot shows a software window titled 'Dogger - [F_6_EXPLOITATION: Formulaire]'. The main heading is 'EXPLOITATION' in a yellow box. Below it, 'Type: CB CENTRALE GEOTHERMIQUE' is displayed. The 'Site' is 'ALFORTVILLE' and the 'Ouvrage' is 'CENTRALE'. The 'Capteur' tab is selected.

Fields for sensor details include:

- Nature Capteur: COMPTEUR DEBIT
- Type Capteur: ELECTROMAGNETIQUE
- Date de mise en service: 01/01/1998
- Marque Capteur: KROHNE
- Date de fin d'utilisation: (empty)
- Marque de Telegestion: SEMERU
- Référence Capteur: 000
- Type du signal: 4 - 20 mA
- Nom du point d'observation: Débitmètre avec Intégrateur SOMESCA

Calibration settings:

- Man Courants: checked, with a frequency dropdown.
- Saisie Informatique: checked, with a frequency dropdown.
- Sauvegarde des données: checked, with a frequency dropdown.
- Plage de mesure Limite Inférieure: 0.0
- Plage de mesure Limite Supérieure: 305.0
- Unités: M3/H

Calibration history table:

Date du dernier Calibrage	Dérive en %	Responsable du Contrôle
01/01/2003	0.0	FABRICANT
*		

At the bottom, there is a status bar: 'Err: 14 | 1 | sur 13'.

Illustration 14 - Exemple de rubrique de la fiche 11 : comme dans le cas de la fiche 6 précédente, les informations sont classées par leur appartenance aux installations de surface (centrale), aux puits producteur ou injecteur. Dans le cas présent, il s'agit des informations sur le débitmètre installé en centrale (fenêtre « ouvrage » en entête de la fiche) du site sélectionné.

Comme pour toutes les fiches du champ « EXPLOITATION » (cf. fiche 6 ci-avant) cette fiche est déclinée en trois rubriques de base : centrale (ou installations de surface), puits producteur et puits injecteur.

3.12. FICHE « ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION » (fiche 12 dans le champ exploitation)

Cette fiche enregistre les informations synthétiques caractéristiques des équipements de production de la boucle géothermale à savoir à l'exhaure (pompe immergée, colonne d'exhaure, ligne de traitement anti-corrosion), la pompe d'injection et les échangeurs thermiques en centrale.

Comme pour la fiche précédente, la fiche 12 est déclinée dans les trois rubriques de base.

Dans le détail :

- pour l'injection, seule la pompe principale est prise en compte à l'exclusion des pompes secondaires éventuellement utilisées en basse saison ;
- dans la fiche, le « Pincement » de l'échangeur en rubrique « Centrale » représente son écart thermique nominal entre le primaire et le secondaire.

Geogres - [F_6_EXPLOITATION : Formulaire]

EXPLOITATION Site: ALFORTVILLE

Type: P PUIS DE PRODUCTION Ouvrage: GAL2

Exploitation Production Equipement Production Capteur

Date Relevé: [Date]

Ligne de traitement

Longueur (m): 1650.0
 Diamètre interne (mm): 7.0
 Diamètre externe (mm): 15.0
 Nature: TCTFP
 Coil tubing revêtu

Colonne Exhaure

Longueur (m): 195.0
 Diamètre interne (mm): 175.0
 Nature: FIBRE/HAGUSTA

Pompe Production

Puissance nominale (KW): 1.71.00
 Marque: CENTRILIFT
 Type Pompe: IMMERGEE

Commentaire
 Colonne d'exhaure composée de 10 tubes STAR et 16 tubes Hagusta-Pompe Centrilt 8+HC35000 Série 575-moteur KME-1 230NP Série 562-câble 31 CPNR 5 Kv

Err: 11 | 1 | 11 | sur 1

Illustration 15 - Exemple de rubrique de la fiche 12 : comme dans le cas des fiches 6 et 11 précédentes, les informations sont classées par leur appartenance aux installations de surface (centrale), aux puits producteur ou injecteur. Dans le cas présent, il s'agit des informations relatives au puits producteur repéré par son code (fenêtre « ouvrage » en entête de la fiche) du site sélectionné.

4. Les lexiques

La description des lexiques est reportée en annexe 1 ; elle comprend deux parties :

- la première partie correspond à la liste détaillée des lexiques ;
- dans la deuxième partie, les lexiques sont repris dans un tableau synthétique qui précise dans quelle fiche et pour quel item le lexique doit être utilisé.

5. Collecte des données

On ne reviendra pas dans le présent chapitre sur la structuration des noms et des entêtes de fichiers émis par CFG Services et GPC, qui a été largement décrite dans le rapport d'avancement de la phase 1 en date du 23 juillet 2002 et qui a depuis été mise en application par les deux entreprises sous-traitantes.

Il en est de même pour le modèle conceptuel de la base.

5.1. UTILISATION DES FICHES

Parmi les règles de fonctionnement et d'acquisition des données dans la base, l'une fondamentale concerne le mode d'utilisation des fiches précédemment décrites.

Il est en effet nécessaire que les fiches soient utilisées sans modification de structure (nombre et ordre des colonnes), de façon à alimenter la base de données avec des fichiers standardisés.

Cette règle, rappelée au fur et à mesure des erreurs relevées lors de l'intégration dans la base des données reçues, a permis au cours de la phase 1 du projet, et permettra dans l'avenir, d'automatiser le transfert des données depuis les fichiers vers la base.

5.2. IDENTIFIANTS DES FICHES

Les identifiants, les types, les dates et horaires doivent être systématiquement renseignés. Les items de mesures sont remplis si, et seulement si, la donnée a été acquise.

Ainsi et par exemple pour le « Blanc Mesnil », les identifiants sont les suivants : « Site : LE BLANC MESNIL », « Ouvrage : GBMN1 », « Type : P » (P : puits de production).

Il a été convenu que, dans l'historique des événements, l'identifiant « Ouvrage » prendra la valeur CENTRALE pour un événement concernant l'exploitation (réseau primaire ou boucle géothermale). Ultérieurement et pour des informations concernant le réseau de chauffage, le code RESEAU sera ajouté.

5.3. UTILISATION DES LEXIQUES

Les lexiques sont des listes de **mots-clés**.

Ils ne peuvent être modifiés que par le gestionnaire de la base.

Par contre, ces listes ont pu être complétées en tant que de besoin par CFG Services et GPC au cours de la phase 1 du projet au fur et à mesure de l'intégration des données historiques dans la base.

Les divers lexiques ainsi mis en place ont ensuite été corrigés ou éliminés si nécessaire, puis validés.

Il a alors été décidé en date du 31 janvier 2004, une grande partie des données historiques ayant désormais été intégrée à la base, de ne plus autoriser l'ajout de nouveaux lexiques à la liste afin d'éviter des erreurs.

En cas de besoin avéré, un nouveau lexique peut désormais être ajouté à la liste après accord et validation par l'équipe de projet BRGM.

5.4. ÉTAT D'INTÉGRATION DES DONNÉES HISTORIQUES DANS LA BASE

Les tableaux détaillés sont reportés en annexe 2. Ils correspondent à l'état statistique des données intégrées à la base par les deux entreprises sous-traitantes à la date du 15 février 2004. Rappelons qu'il est prévu de poursuivre l'acquisition de ces données historiques au cours de la phase 2 du projet.

6. Interprétation des données : modélisation

6.1. CONTEXTE GÉOTHERMIQUE ET ÉTAT DES LIEUX

Le chronogramme de l'illustration 16 restitue l'historique des 112 forages géothermiques réalisés entre 1969 et 1994, pour l'exploitation de la ressource du Dogger du Bassin parisien. Il s'agit d'une première vision du contexte, dans le temps. Le nombre total de 112 forages réalisés recouvre en fait deux objectifs différents :

- les 110 forages de la tranche principale de développement de la filière, soit 55 doublets initiaux. L'essentiel des réalisations a vu le jour après l'opération pionnière de Melun-l'Almont en 1969 et les deux chocs pétroliers successifs de 1973 et 1979 ;
- les deux derniers forages réalisés, en 1989 et 1994, et qui sont en fait des forages de remplacement (injecteur de Melun) ou de valorisation d'opérations existantes (second puits de production de Melun). Melun est une opération particulière avec une exploitation temporaire en triplet, jusqu'au déclin du premier producteur. Cette dernière remarque est donnée à titre de simple information, puisque le doublet de Melun-l'Almont n'est pas intégré dans la présente étude comme indiqué au chapitre 1.

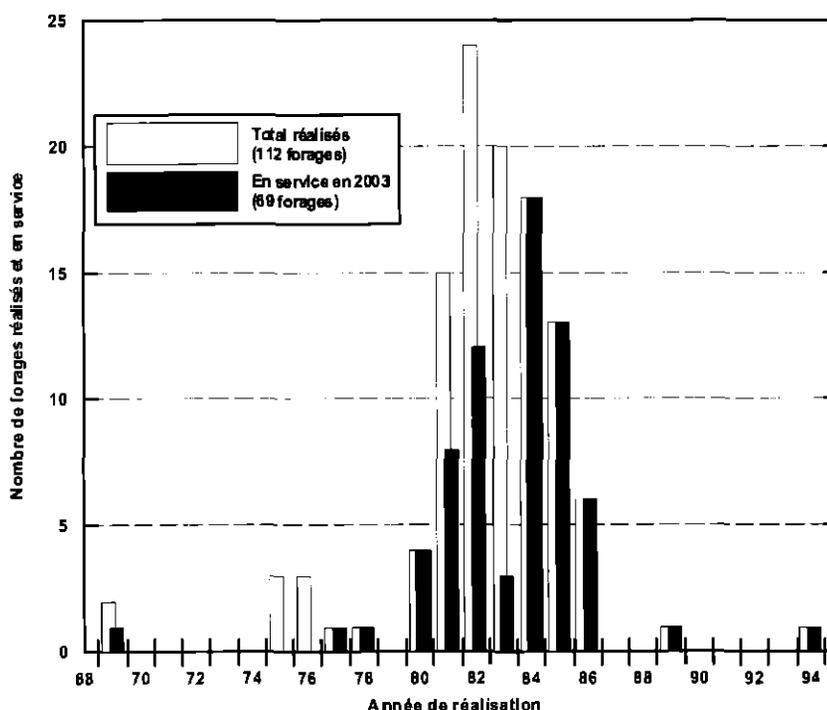


Illustration 16 - Chronogramme de réalisation des forages géothermiques captant le réservoir du Dogger du Bassin parisien.

Le contexte géothermique en fin d'année 2003 est caractérisé par une population totale de 69 forages, représentant 34 opérations. On peut noter un net rajeunissement de l'échantillon portant principalement sur la population antérieure à 1984.

En faisant abstraction des extrêmes du chronogramme de l'illustration 16 (trois forages de Melun et l'opération de Le-Mée-sur-Seine en 1977-1978), on constate que 93 % des forages opérationnels ont été réalisés sur une période très courte de 7 ans. On peut ainsi estimer que ces doublets constituent une première filière sur de nombreux aspects. L'âge actuel moyen de la population des doublets actifs est de l'ordre de 20 à 21 ans.

L'illustration 17 donne une seconde vision du contexte géothermique, la localisation géographique.

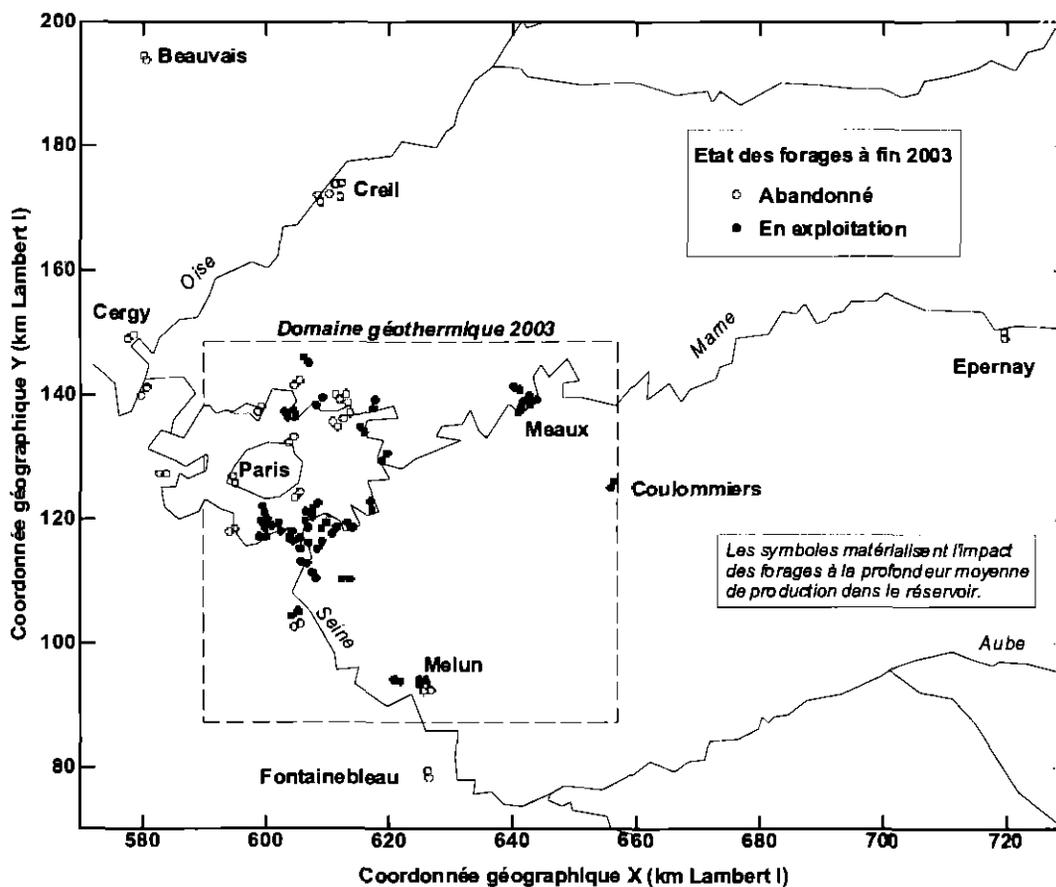


Illustration 17 - Localisation et état des forages géothermiques captant le réservoir du Dogger du Bassin parisien.

Le domaine géographique circonscrit à la population initiale a été, jusqu'en 1989, sensiblement centré sur la zone la plus profonde de Meaux-Coulommiers (2 100 m/sol), avec une distribution sur un vaste domaine d'environ 17 000 km². L'essentiel des fermetures et abandons d'ouvrages est ensuite intervenu entre 1989 et 1995.

Depuis 1995, la population des doublets actifs évolue très peu. La distribution géographique correspondante se trouve concentrée au sein d'un périmètre très nettement réduit (« domaine géothermique 2003 » de l'illustration 16) de l'ordre de 3 800 km². Les opérations en fonctionnement peuvent se regrouper en quatre secteurs qui correspondent à des populations relativement homogènes sur le plan des caractéristiques du réservoir et des propriétés du fluide de gisement :

- Le secteur du Val-de-Marne, au sud de Paris (ill. 18) ; il s'agit de la zone la plus dense, avec 21 doublets. La forte densité d'ouvrages s'accompagne d'une forte proximité des opérations, d'où la présence de nombreuses interférences. Ce secteur qui a connu très peu d'abandons (Chatenay-Malabry, Évry), se caractérise par une excellente ressource (températures supérieures à la moyenne régionale, forts débits artésiens, très faible teneur initiale en sulfures dissous). Ce secteur est très représentatif du schéma d'exploitation optimal, avec une disposition alternée des doublets et une valorisation de l'effet des interférences.

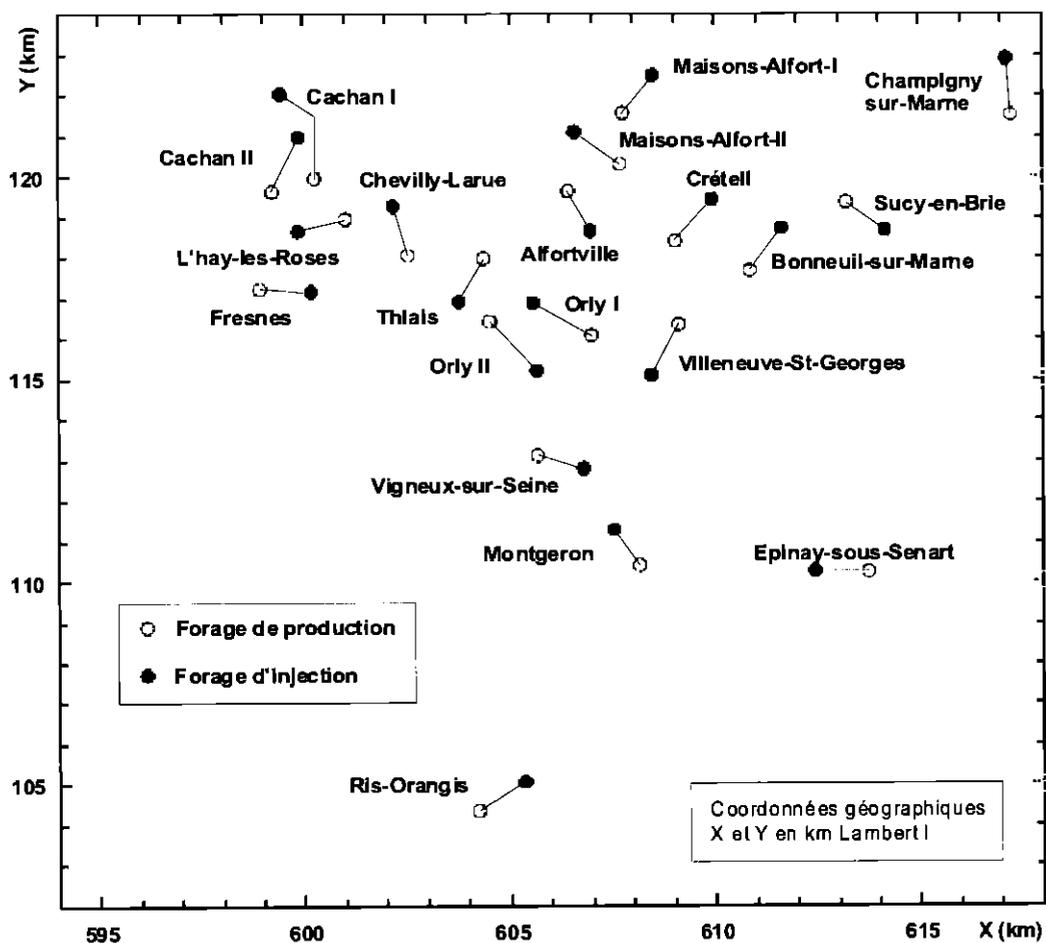


Illustration 18 - Localisation géographique des doublets de forages dans le secteur du Val-de-Marne (impact des forages à la profondeur moyenne du réservoir).

- Le secteur de Melun à 20 km au sud-est du précédent, avec deux opérations : Le-Mée-sur-Seine et Melun-l'Almont ;

- Le secteur de la Seine-Saint-Denis, qui avec sept doublets actifs à fin 2003, a connu le plus fort taux d'abandon (50 %). Ce secteur se caractérise par des caractéristiques du fluide et du réservoir moyennes (températures et débits artésiens). Par contre, la teneur initiale en sulfures dissous était particulièrement élevée.
- Le secteur de Meaux-Coulommiers, avec cinq doublets, se caractérise par une très bonne ressource : température maximale, faibles teneurs initiales en sulfures dissous.

6.2. ÉVALUATION DES CONTRAINTES DE LA MODÉLISATION

L'objectif de l'approche par modélisation est principalement d'apporter des éléments et des méthodes pour la gestion des exploitations, et en particulier pour préciser le contexte du déclin énergétique des systèmes de production. La démarche suivie durant la phase 1 du projet a consisté à recenser l'expérience du passé (données de référence, données d'exploitation, événements et tendances) et à identifier les paramètres ou processus qu'il est nécessaire d'examiner en détail, pour préciser cette nouvelle période accompagnant le déclin de la production.

L'analyse réalisée durant la phase 1, et préparatoire aux travaux des phases 2 et 3 suivantes, a porté sur trois points principaux :

- la conception de la base de données avec l'identification des nombreux paramètres à archiver, en insistant notamment sur deux types de paramètres : les données indispensables constituant l'entrée de la modélisation du comportement du réservoir, et les données supplémentaires ou indirectes à utiliser soit comme variables de contrôle des simulations, soit comme source d'informations pour les processus nouveaux à examiner ;
- l'analyse des travaux de R&D réalisés antérieurement jusqu'en 1995, et portant sur la modélisation du comportement du réservoir, les précurseurs du déclin énergétique (migration des espèces chimiques induites par le recyclage des eaux d'injection) et la phénoménologie des processus de corrosion-dépôts (parois des tubages) associés à l'exploitation ;
- l'analyse des tendances évolutives des différents comportements observés (géochimie du fluide), de manière à identifier les processus majeurs à intégrer et les contraintes pour l'approche par modélisation (secteurs géographiques d'intérêt spécifique, adéquation entre les données disponibles et les besoins, incertitudes expérimentales et mesures nouvelles éventuelles). Cette analyse est une première application de la base de données, en cours de constitution, qui démontre l'intérêt de celle-ci pour capitaliser sous une forme homogène l'expérience acquise et poursuivre l'acquisition des données historiques les plus anciennes et les plus récentes.

6.2.1. Choix des sites-tests

Le choix des sites-tests, à retenir pour la modélisation, dépend de la disponibilité de nombreux paramètres et de différents critères pour assurer la représentativité des groupes sélectionnés. Compte tenu du chargement progressif de la base de données et des nombreux traitements associés à identifier pour rassembler les données des exemples (modèles conceptuels, maillages optimaux, discrétisations, contraintes numériques, etc.), le choix des premiers sites-tests n'est pas définitif. D'autre part, en raison de l'objectif consistant à corrélérer les réponses chimiques et thermiques des exploitations, les choix sont également fortement liés à l'analyse et à l'interprétation détaillées des mesures de la teneur en sulfures dissous du fluide en tête de puits.

L'analyse des illustrations 16 et 17, décrivant le contexte géographique des opérations en fonctionnement, permet toutefois de dégager les principaux axes des choix possibles :

- comme il l'a été rappelé au paragraphe précédent les quatre sous-secteurs géographiques sont, individuellement, relativement homogènes en terme de paramètres pour le réservoir et le fluide. Le secteur de la Seine-Saint-Denis est cependant spécifique dans la mesure où les teneurs initiales en sulfures dissous sont particulièrement élevées, avec une réponse au cours du temps *a priori* distincte ;
- plusieurs doublets disposent de données expérimentales suffisantes (hydrauliques et chimiques) et sont peu influencés par les interférences mutuelles, ils constituent de bons candidats pour une approche individuelle (doublets isolés). Il s'agit par exemple de Coulommiers, Champigny, Chelles, Tremblay. Le choix sera alors fonction de la qualité et de la variabilité des mesures disponibles ;
- le choix d'un groupe significatif, intégrant l'impact des diverses interférences, sera fait au sein de la population des doublets du secteur du Val-de-Marne. La sélection dans ce secteur particulièrement dense n'est pas aisée. Dans ce cas également, c'est la cohérence des informations d'exploitation hydrauliques et chimiques ainsi que la variabilité temporelle qui seront déterminantes. La principale difficulté consistera à identifier un groupe de quatre à cinq doublets, parmi la quinzaine localisée au nord de l'illustration 17, en gérant aux limites du sous-système retenu, l'incidence de la population non incluse.

6.2.2. Sélection des paramètres de la modélisation

La sélection des paramètres d'exploitation nécessaires à l'approche par modélisation s'appuie pour une large part sur l'expérience antérieure associée aux développements et réalisations de la filière. Bien que les outils de calcul puissent être très différents en termes de méthodes (analytiques ou numériques) ou d'objectifs (dimensionnement, prévisions d'exploitation, études de sensibilité aux paramètres spécifiques), la segmentation entre variables d'entrée et de contrôle est généralement connue. L'évolution des besoins et des contraintes pour la modélisation est liée essentiellement au volume croissant de données (variabilité) et aux nouveaux processus à intégrer.

En ce qui concerne la modélisation hydrodynamique, les paramètres et variables ont été, selon leur nature, intégrés et inclus par les différents partenaires, dans la structure de la base de données (relationnelle). Pour leur exploitation par les utilisateurs de la modélisation, ils se matérialisent par des tables, segmentées en champs élémentaires. À l'intérieur des ces derniers, l'information est entrée sous la forme d'enregistrements repérés par un pointeur principal sur la date de la donnée. Il est ainsi possible, selon les besoins, d'extraire l'évolution d'une variable ou d'un paramètre choisi, sous la forme d'une série chronologique ou d'un historique.

Du point de vue de la modélisation, les informations sont perçues sur trois niveaux :

- les données et paramètres de références ; il s'agit des données fixes issues de la caractérisation initiale (pressions, températures, perméabilités, porosités, géométrie des ouvrages par exemple) et des données issues d'une modification permanente du système (rechemisage, acidification du réservoir, actualisation du facteur de skin suite à un essai, etc.) ;
- les événements, qui rythment les grandes périodes d'exploitation, tels que : passage en artésianisme, mise en place des systèmes de traitement, arrêts d'exploitation, curage des puits, etc.) ;
- les variables instantanées, directement liées aux variations du débit et du refroidissement, issues des systèmes de consigne ou d'asservissement. Il convient de noter que ces données résultent de mesures en tête de puits. La restitution de ces informations en fond de forage, pour l'approche du comportement du réservoir, doit faire l'objet d'une interprétation souvent complexe, incluant des processus moins bien connus au sein des forages.

Les paramètres et variables nécessaires à la modélisation, qui peut s'effectuer à différentes échelles (doublet individuel, groupe de doublets, secteur ou champ), se scindent en deux groupes : les informations pour la conception du modèle, et les informations pour l'exploitation de celui-ci.

Les données pour le modèle conceptuel du réservoir comprennent :

- les caractéristiques physiques du réservoir et de sa structure (fiche 5), telles que la perméabilité, l'épaisseur productive, la stratification en niveaux, etc. Ces données de référence, issues des essais initiaux, sont des informations ponctuelles ou des estimations par bloc. Elles doivent être étendues à l'échelle du domaine étudié, soit par moyenne soit par régionalisation, selon la schématisation retenue ;
- les caractéristiques de la ressource (fiches 5 et 6) : température, salinité, pression, chimie du fluide initial, etc. Ces données doivent également être régionalisées sur le domaine d'étude ;
- la géométrie et les caractéristiques des ouvrages (fiches 2, 3 et 4) : localisation géographique des impacts dans le réservoir, géométrie du découvert, profondeurs, débit artésien, facteur de skin, profil de débitmétrie, etc.

Ces données sont globalement fixes, à l'exception de quelques changements permanents (réhabilitations, essais) consignés dans les fiches 2 et 4 notamment.

Les données pour l'exploitation du modèle retenu comprennent :

- les historiques d'exploitation hydraulique et thermique (déduts des fiches 2 et 6). Ils concernent notamment les variables débit, et température d'injection en terme d'entrée ainsi que niveau d'exhaure, température de production, pression d'injection, en terme de sortie ou de contrôle. Ces données évolutives, dont la poursuite de l'acquisition est prévue, sont attachées à des fréquences d'échantillonnage variables selon les modes d'acquisition successifs (ancien système de télésuivi à fréquence horaire, mesure périodiques des maîtres d'œuvre de la maintenance, nouveaux systèmes des exploitants) ;
- les historiques et données sur la composition chimique du fluide (fiches 2, 7 et 8). Il s'agit essentiellement des concentrations issues des mesures spécifiques des maîtres d'œuvre de la maintenance, avec une fréquence d'acquisition tous les deux à trois mois. Ces données sont majeures pour apprécier l'état géochimique des systèmes et pour étudier les corrélations entre le traçage chimique et le futur comportement thermique.

6.2.3. Définition des outils de modélisation

a) *Fonction de transfert des forages*

Il convient tout d'abord de noter que l'ensemble des données d'exploitation sont acquises en surface (têtes de puits), alors que la modélisation du comportement du réservoir requiert des informations de fond de puits (entrées d'excitation et résultats de contrôle). Il est alors nécessaire de restituer ou de migrer les informations disponibles à la localisation souhaitée : fond de forage pour les variables d'entrée, tête de puits pour les variables de sortie. Cette interprétation est liée à l'impact, généralement important, de la fonction de transfert des forages, qui se traduit sur trois plans :

- du point de vue hydraulique, l'impact du forage s'exprime par la perte de charge globale, liée à la géométrie interne des forages, à leur état de surface (dépôts), au débit et au profil thermique. Selon le diamètre hydraulique, cette perturbation peut être du même ordre que la surpression/dépression d'exploitation en fond de puits. L'estimation est généralement obtenue à l'aide de relations analytiques appliquées aux différents tronçons constitutifs des tubages, selon les méthodes analogues à celles utilisées pour les calculs de prévisions d'exploitation dans le cas du dimensionnement des doublets ;
- du point de vue thermique, l'écart de température entre la tête et le fond de puits est de l'ordre de quelques degrés, confirmés par l'expérience des doublets en exploitation. L'écart, induit par les échanges par conduction avec l'encaissant, est directement lié au débit et à son historique à court terme. Dans ce cas également, l'écart peut être estimé par des relations analytiques ou semi-analytiques. L'évaluation n'est toutefois pas d'une grande précision, suffisante pour détecter le début du refroidissement. Il apparaît préférable dans ce cas de chercher à corréliser l'historique d'un échantillon annuel avec celui des années précédentes par exemple. À terme, ce type de besoin justifie l'intérêt d'une base de données d'exploitation et peut conduire à augmenter la fréquence d'échantillonnage ;

- du point de vue chimique, l'impact des forages sur les concentrations en éléments mesurés en tête est beaucoup plus important et assez mal connu dans les détails. La fonction de transfert globale dépend à la fois des processus physico-chimiques (bactériens notamment) très évolutifs et de l'état des dépôts (nature, structure, nettoyage, etc.). L'identification de cette fonction de transfert est liée à la compréhension et à la formulation des processus chimiques dans la boucle, qui font l'objet des travaux envisagés durant les phases 2 et 3. Dans cette première étape, l'analyse des données disponibles s'est limitée à examiner l'existence de corrélations concentration-débit (§ 5.3.).

b) Comportement du réservoir

L'objectif principal est d'évaluer le comportement des systèmes, au niveau du réservoir, en retenant une approche progressive en terme d'échelle et de hiérarchie des processus : doublet isolé, groupe de doublets, puis éventuellement secteur géographique selon les contraintes de faisabilité numérique.

L'outil retenu est le modèle numérique (éléments finis ou volumes finis), reposant sur une discrétisation spatiale 3D de la portion de réservoir étudiée (couches productives et épontes associées). Cette approche s'inscrit dans la continuité de travaux antérieurs (études ADEME-BRGM, 1993-1996) consacrés à l'analyse du comportement de quelques doublets isolés pour préciser le contexte de la durée de vie.

La discrétisation dans le plan des couches est essentiellement destinée à reproduire les processus hydrodynamiques, de transferts de masse (traceurs) et de chaleur au sein du réservoir. La discrétisation, variable, est contraignante au plan numérique, dans la mesure où l'on cherche à traduire à la fois les processus au voisinage des puits (vitesses élevées) et les transferts entre les puits (interférences mutuelles, distribution des temps de transferts). Les premiers essais de maillage réalisés pour optimiser un groupe de quelques doublets montrent que le motif élémentaire, incluant deux puits, dépasse le millier de mailles.

La discrétisation selon la verticale est essentiellement liée à l'intégration des échanges thermiques entre les eaux froides injectées et les épontes. Cette contrainte est forte dans la mesure où les échanges thermiques verticaux contribuent pour une large part à la réponse au puits de production au cours du temps. La discrétisation verticale doit également être optimisée car elle contribue à la multiplication du nombre de mailles nécessaire dans le plan du réservoir. La taille globale des calculs est ensuite amplifiée par le nombre de pas de temps nécessaires pour traduire l'évolution des variables du système au cours du temps. La discrétisation temporelle (ou le nombre de pas de temps) sera fonction de la schématisation retenue quant aux fluctuations du débit : débit moyen constant annuel (débit fictif continu) ou régime à deux paliers (été-hiver).

La modélisation concernera principalement l'hydrodynamique, les transferts thermiques et la migration d'un traceur (sulfures dissous) afin d'examiner les corrélations entre réponses thermiques et chimiques. Le caractère réactif ou non du traceur et son traitement seront examinés en parallèle avec l'analyse des processus géochimiques (paragraphe suivant).

c) Processus géochimiques principaux (boucle et réservoir)

L'analyse des processus géochimiques principaux sera effectuée en utilisant un code de calcul géochimique spécifique (PhreeqC par exemple) permettant une évaluation en système fermé (de type réacteur) ou en système ouvert (schéma 1D). L'analyse sera appliquée à une schématisation de la boucle sous la forme d'une série de compartiments homogènes ou si nécessaire à un tube de courant dans le cas du compartiment réservoir.

6.2.4. Définition des limites des modèles

En intégrant les contraintes numériques rappelées dans les paragraphes précédents, on peut, en terme de limites verticales et en schématisant la structure, considérer le demi-espace comprenant le demi aquifère et son épente associée. Les limites de l'extension latérales pour l'examen du groupe sélectionné dépendent du nombre et de la position des doublets voisins ignorés (conditions aux limites à définir). Comme il l'a été rappelé également, deux schémas géométriques peuvent coexister : le schéma mono-couche (aspects hydrodynamiques, chimie, interférences), et le schéma multi-couche (réponse thermique).

6.3. FAISABILITÉ DU TRAÇAGE CHIMIQUE

Les informations relatives à l'évolution de la chimie du fluide constituent la principale voie d'analyse pour rechercher des précurseurs du refroidissement. Une part importante des travaux de la phase 1 a ainsi consisté à examiner les données disponibles en fonction de l'état de chargement de la base de données en fin d'année 2003. Cet examen a porté sur vingt-cinq opérations distribuées sur le « domaine géothermique 2003 », il repose sur une sélection des données chimiques consignées dans les fiches 7.

Compte tenu des données accessibles, les échantillons ne couvrent pas systématiquement toute la période d'exploitation ; les données anciennes ou de début d'exploitation peuvent correspondre à des protocoles et à des opérateurs différents. L'examen des données chimiques a porté sur trois points principaux :

- l'évolution, dans le temps, des éléments chimiques majeurs et mineurs pour quelques opérations ;
- l'évolution des teneurs en sulfures et fer dissous, mesurées en tête de puits ;
- les principales tendances actuelles, par zones ou secteurs géographiques, quant aux teneurs en sulfures dissous.

La démarche reprend le principe de la méthode employée lors de l'étude pour la recherche de traceurs chimiques (étude ADEME-BRGM, 1993-1996), et focalisée sur la production de deux forages-type (GCRT1 et GMX8) sur la période 1985-1994.

6.3.1. Évolution chimique aux puits de production

Deux exemples issus du Val-de-Marne montrent l'évolution des concentrations en éléments dissous majeurs et mineurs à partir des mesures en tête de puits.

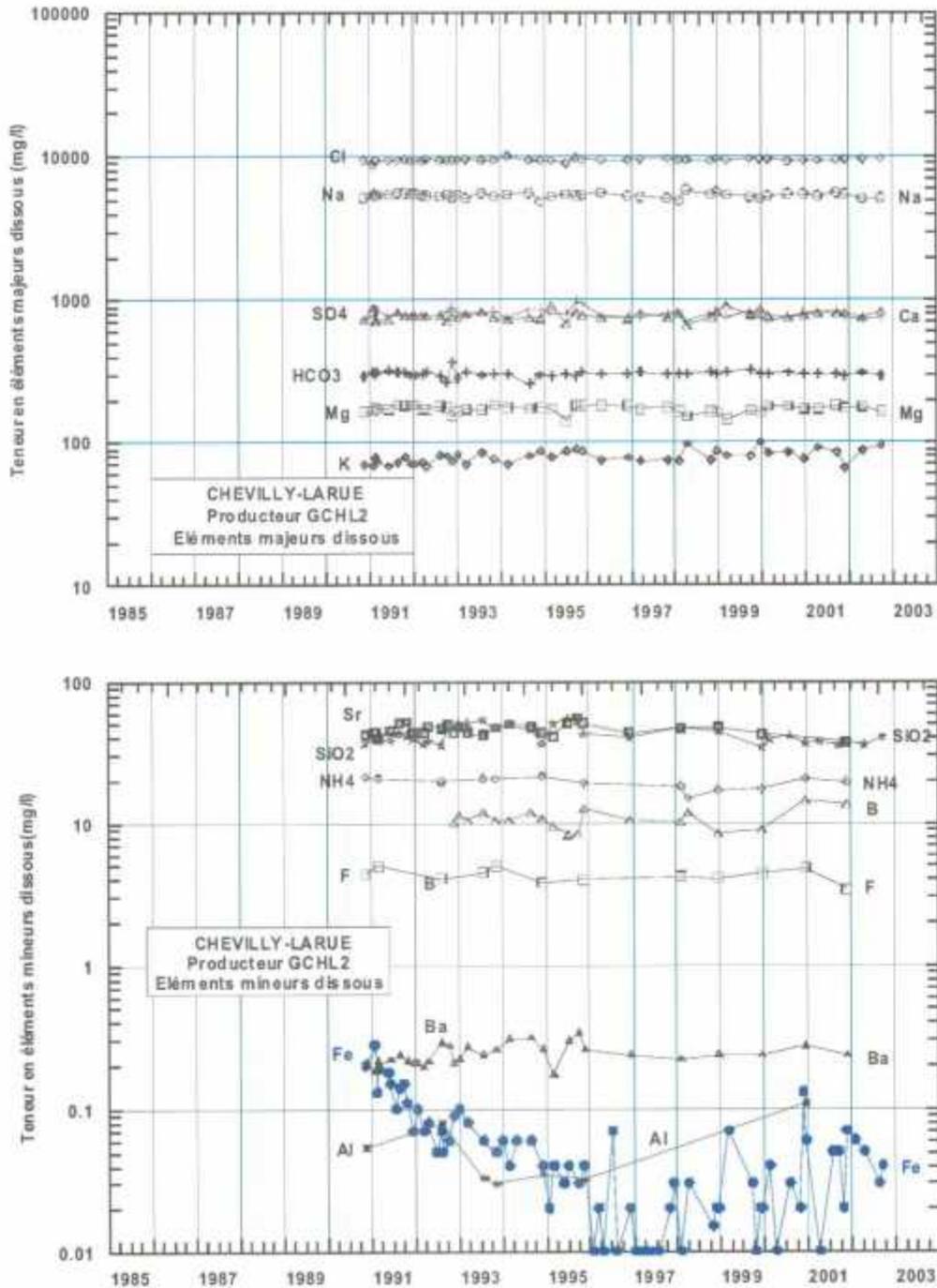


Illustration 19 - Évolution des concentrations en éléments dissous au producteur GCHL2.

On remarquera l'absence de variation des concentrations pour toutes les espèces, sauf pour le fer qui montre une décroissance progressive (et également les sulfures, détaillés sur les courbes suivantes avec une croissance opposée).

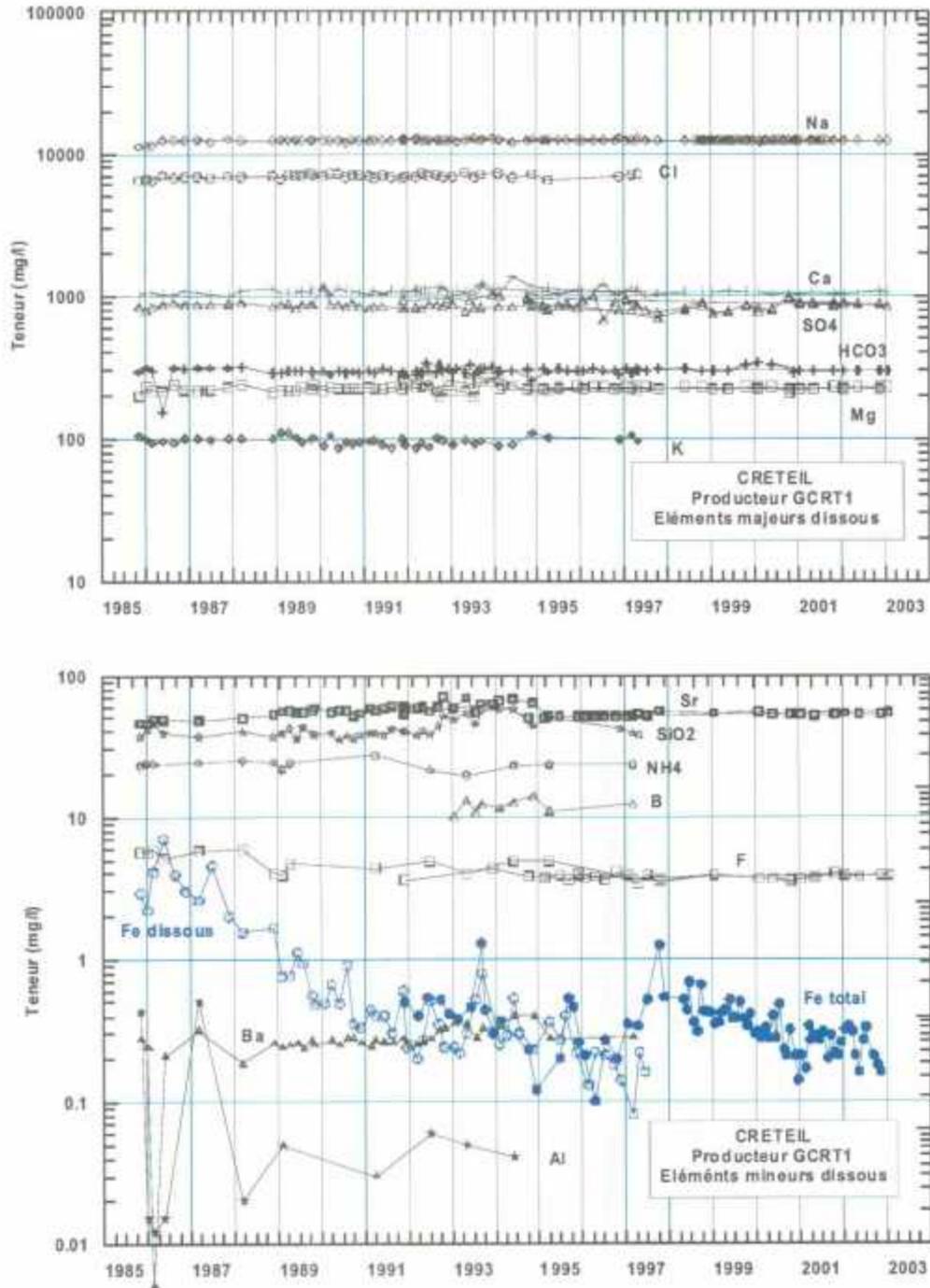


Illustration 20 - Évolution des concentrations en éléments dissous au puits GCRT1.

L'évolution des concentrations en tête de puits s'inscrivent dans une parfaite continuité vis-à-vis de l'analyse effectuée précédemment jusqu'en 1995. Les deux seules espèces, qui montrent une variation au cours du temps et confirment leur évolution, sont les sulfures dissous (H_2S) et le fer dissous (Fe^{2+}). Le paragraphe suivant est consacré à leur examen plus détaillé, à partir de quatre échantillons de localisation différente.

6.3.2. Évolution des teneurs en sulfures et fer dissous

Il a ainsi été constaté que les sulfures et le fer dissous sont les seules espèces présentant une variation significative sur la durée d'exploitation. Parmi les vingt-cinq doublets examinés, et disposant de données d'exploitation chimiques enregistrées dans la base (fiche 7), quatre producteurs typiques ont été sélectionnés et représentés ci-après. Les variables sélectionnées pour l'examen de leur évolution au cours du temps sont les teneurs en sulfures et fer dissous en tête de puits, ainsi que le débit de prélèvement. L'objectif est d'exploiter la corrélation entre la teneur et l'inverse du débit (Ignatiadis, 1990 et 1994), pour en déduire la teneur en fond de puits, c'est-à-dire la signature de la production du réservoir (contrôle de la sortie du modèle). Selon ce schéma théorique, et en présence d'un débit à variations périodiques (succession de paliers été-hiver), l'évolution de la teneur est également périodique avec des fluctuations en opposition par rapport à celles du débit.

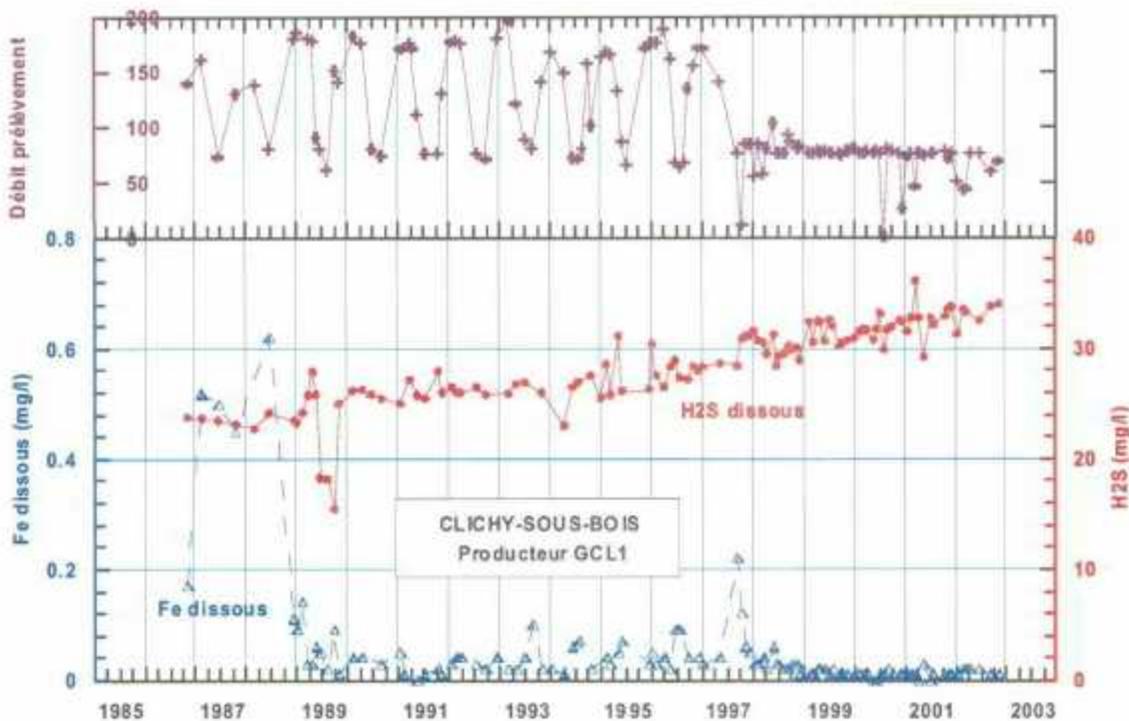


Illustration 21 - Évolution des concentrations en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCL1, Seine-Saint-Denis.

Le comportement des teneurs au producteur GCL1 de Clichy-sous-Bois est représentatif de tous les puits du secteur de la Seine-Saint-Denis. Dans ce secteur, les teneurs initiales en sulfures dissous étaient particulièrement élevées. Elles ont actuellement une valeur sensiblement double de celles des puits de tous les autres secteurs. La principale conséquence de ces valeurs moyennes élevées est l'impossibilité d'exploiter les fluctuations liées au débit pour en déduire la teneur de fond. L'amplitude des fluctuations est trop faible par rapport aux valeurs moyennes. On peut remarquer que les fluctuations des six dernières années ne sont pas corrélées au débit (sensiblement constant). *A priori*, la méthode examinée ici n'apporte pas d'informations pour les puits particuliers de ce secteur. La tendance générale, croissante, est par contre cohérente avec celle de tous les autres producteurs.

Le cas suivant concerne l'un des doublets les plus anciens, Coulommiers, situé au centre du bassin. Il s'agit d'un doublet isolé, pour lequel on dispose de données depuis la mise en service (1981) et permettant d'identifier la percée chimique (1987). L'évolution de la tendance générale est monotone croissante et présente une signature cohérente avec la réponse à l'injection continue d'un traceur. Les fluctuations autour de cette tendance sont cependant, en l'état, difficiles à corrélérer à celles du débit de prélèvement. L'examen de ce cas, qui constitue un bon candidat pour la modélisation, doit être poursuivi, en tentant d'intégrer le débit d'exploitation (fiche 6).

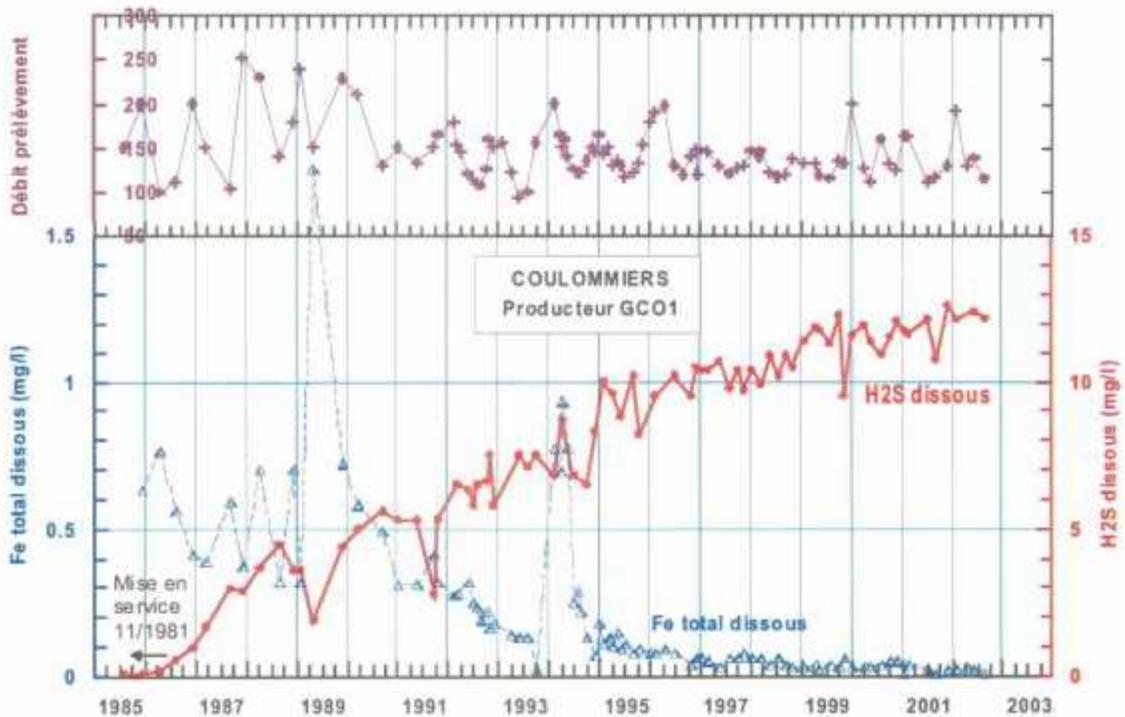


Illustration 22 - Évolution des concentrations en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCO1, centre du bassin.

Les deux derniers cas sont relatifs au secteur du Val-de-Marne, avec un échantillon à l'ouest (Cachan-2) et un échantillon à l'est (Créteil). Ils montrent notamment la

variabilité des situations et des incertitudes, d'où la difficulté rencontrée pour sélectionner un groupe de doublets représentatifs pour une analyse détaillée.

Le cas de Cachan illustre l'une des situations pour lesquelles l'évolution de la tendance générale est distincte, notamment durant les dernières années d'exploitation. La décroissance des teneurs observées n'apparaît plus cohérente, *a priori*, avec l'évolution attendue. La raison est probablement à rechercher parmi les conditions d'exploitation, autres que le débit, telles que la nature ou la composition des traitements (bactéricides par exemple ?). Pour ce type de cas, difficile à interpréter actuellement, on remarque aussi que les fluctuations de la teneur sont importantes vis-à-vis de celles du débit (variations modérées). Dans ce cas également, il apparaît nécessaire d'examiner plus en détail les débits de prélèvement et les débits d'exploitation.

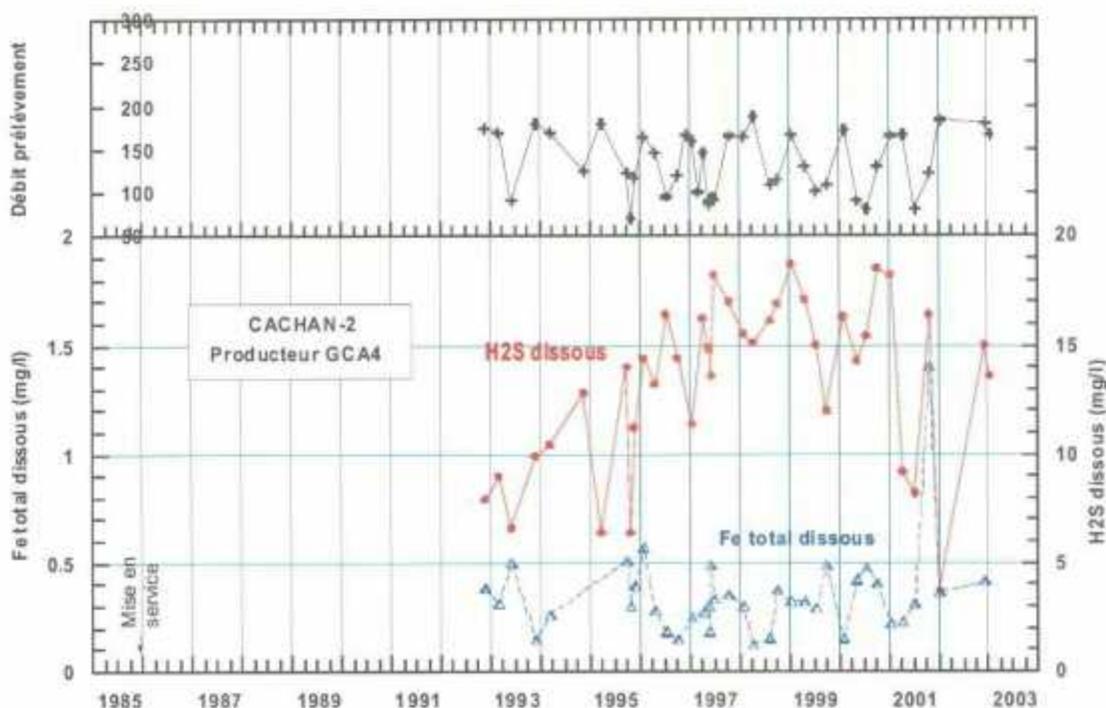


Illustration 23 - Évolution de la concentration en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCA4, ouest du secteur du Val-de-Marne.

L'exemple du doublet de Créteil (partie est du secteur du Val-de-Marne) a fait l'objet d'un examen plus détaillé, dans la mesure où il constituait l'un des deux cas-type retenus lors d'une précédente étude (ADEME-BRGM), à partir des données sur la période 1985-1994.

Le diagramme comporte deux types d'informations :

- l'évolution des teneurs mesurées en tête et les valeurs du débit de prélèvement, dans le canevas analogue à celui des trois exemples précédents ;

- les résultats de la simulation numérique, fond de puits, réalisée en 1994-1996 à partir des seules données antérieures à 1994 (courbes en tireté). La simulation s'appuyait sur la séquence connue (dix ans) et avait été poursuivie sur les dix années suivantes, ce qui correspond pratiquement à la période actuelle.

Vis-à-vis des teneurs en sulfures, il s'agit ainsi d'une première comparaison entre les mesures en tête et la simulation en fond de forage.

Sur le plan des mesures, la tendance moyenne est monotone croissante, analogue à celle des autres opérations. Cette réponse est cohérente avec la signature attendue résultant de l'injection continue d'un traceur (échelon de concentration modulé par le débit). Comme pour l'ensemble des données observées, l'évolution des teneurs en sulfures (croissance) est opposée à celle du fer (décroissance).

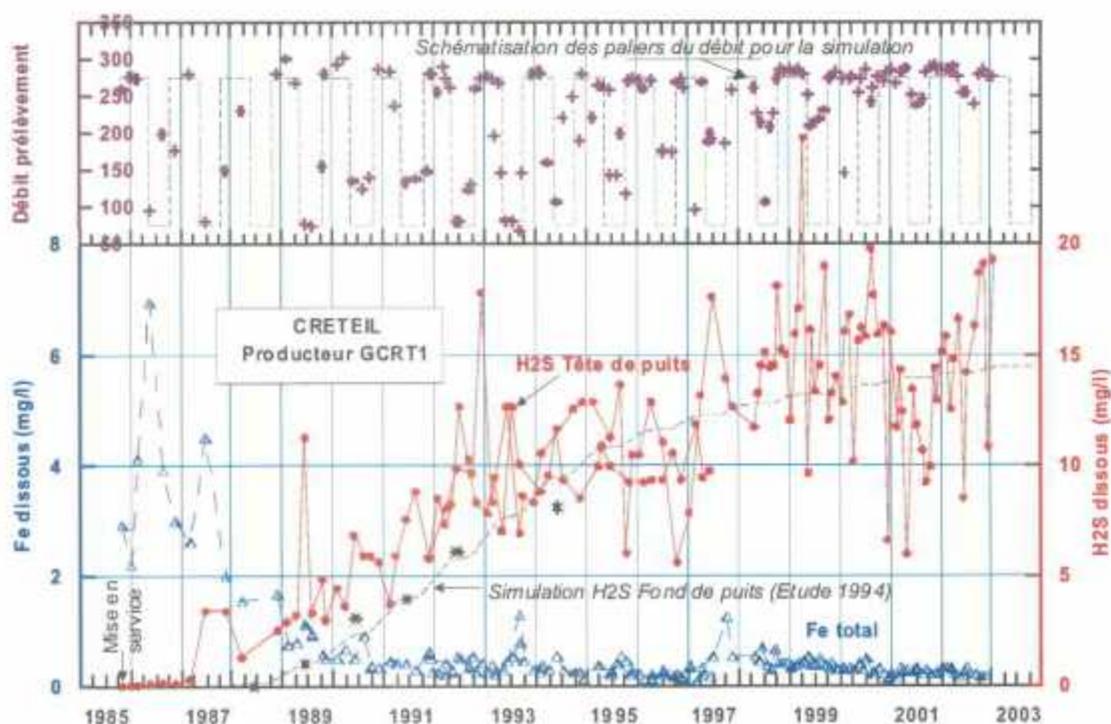


Illustration 24 - Évolution de la concentration en sulfures et fer dissous en tête de puits. Forage de production GCRT1, Val-de-Marne. Comparaison avec les simulations réalisées en 1994-1995.

Le recouvrement au centre du diagramme correspond à l'alternance des maîtrises d'œuvre en charge de la maintenance (CFG puis GPC).

Au plan des résultats de la simulation réalisée en 1994-1995 (courbes en tireté) :

- La partie haute du diagramme montre la fluctuation du débit d'exploitation avec les paliers été-hiver utilisée comme variable d'excitation du modèle. On peut noter que cette hypothèse de signal périodique stationnaire n'est plus vérifiée durant les trois dernières années, mais compte tenu du temps de réponse global, cet effet est sans

incidence sur la production simulée. La concentration injectée en fond de puits était également modulée par le débit (en opposition), autour d'une valeur moyenne de 30 ppm (fluctuations entre 20 et 40 ppm), en tenant compte également de la date de mise en place du traitement (6 ans après le début d'exploitation).

- La courbe du bas, sensiblement parallèle à la moyenne des points expérimentaux, représente la sortie du modèle, c'est-à-dire la teneur en sulfures dissous en fond de puits. En examinant plus en détail cette comparaison, il a pu être constaté que la courbure de la réponse simulée est plus importante que celle de la réponse expérimentale moyenne. Cet écart est dû au fait que le calage de la simulation ne pouvait inclure de données postérieures à 1994, d'où quelques paramètres restants à ajuster.
- Une dernière information est reportée sur la courbe simulée (astérisques). Il s'agit des moyennes annuelles de la teneur en sulfures expérimentales en fond de puits, déduites des mesures détaillées par paliers de débit (Ignatiadis, 1990-1994). Cette information particulièrement intéressante montrait que la génération de sulfures au sein du forage (processus bactériens) se traduisait par un écart sensiblement constant de 2 à 3 ppm entre la valeur en fond de puits et la teneur en tête de puits au débit moyen annuel d'exploitation ; la fluctuation été-hiver étant de l'ordre de 5 ppm. L'ordre de grandeur apparaît cohérent lorsque l'on compare la courbe simulée et la teneur moyenne observée.

En terme de perturbations de la teneur en sulfures dissous autour de la tendance moyenne, on constate effectivement la présence de fluctuations liés à la fréquence du régime d'exploitation. Bien que la périodicité des teneurs soit sensiblement annuelle, le synchronisme, attendu vis-à-vis de celle du débit de prélèvement, n'est généralement pas cohérent. L'examen de la méthode de corrélation doit encore être approfondie en intégrant d'autres informations (débit d'exploitation par exemple).

L'exemple de Créteil montre enfin que la disponibilité de mesures géochimiques détaillées en début de percée chimique est particulièrement utile pour prévoir le comportement futur. Toutefois, compte tenu de la complexité et du coût des ces investigations *in situ*, il demeure nécessaire de poursuivre l'analyse des mesures disponibles associées aux contrôles périodiques.

6.3.3. Principales tendances actuelles

Dans cette phase préliminaire au choix des sites à modéliser pour l'analyse des corrélations entre les réponses thermiques et chimiques, un échantillon des données chimiques de vingt-cinq producteurs a été extrait de la base géothermique et examiné. Ce premier examen, à poursuivre, permet de dégager quelques tendances principales :

- en terme de précurseurs chimiques, les sulfures et le fer dissous sont *a priori* les seules espèces en solution présentant une variation significative de leur teneur sur la durée de l'exploitation ;
- étendue jusqu'à la période actuelle, cette évolution est du même type que celle identifiée précédemment sur la période 1985-1994. La principale caractéristique de

l'évolution de la teneur en sulfures dissous est une croissance monotone en terme de tendance moyenne. Ce constat est cohérent avec la réponse consécutive à l'injection continue d'un traceur. L'éventuelle réactivité de ce dernier avec les composantes du réservoir reste une question à examiner ;

- les fluctuations autour de cette tendance moyenne sont nombreuses. Une part d'entre elles apparaît liée aux fluctuations du débit. Les quelques décroissances temporaires n'ont pas encore trouvé d'explications pratiques ;
- en terme d'allure générale, les évolution opposées des teneurs en sulfures et en fer dissous tendent à montrer que les teneurs sont contrôlées par la précipitation d'un minéral. D'après l'allure systématique des courbes pour tous les doublets, la précipitation des sulfures de fer est cohérente avec l'augmentation des teneurs en sulfures dissous ;
- au plan régional, le secteur de la Seine-Saint-Denis, avec des teneurs en sulfures actuelles de l'ordre de 40 à 60 ppm, se distingue nettement de l'ensemble du domaine. Les teneurs actuelles pour le secteur centre-est (Meaux-Coulommiers) et pour le Val-de-Marne sont voisines de 15 ppm, alors que le sud est plutôt voisin de 10 ppm.

7. Conclusion

Aux termes de la convention n° 01 05 036 conclue entre l'ADEME et le BRGM et de la convention n° 2001-FB-8-8215 conclue en l'ARENE et le BRGM, il était prévu, au cours de la phase 1 du projet de mise en place d'un outil de gestion du réservoir du DOGGER de la région parisienne pour son exploitation géothermique durable, de :

- recenser l'ensemble des données (historiques et actuelles) ;
- réaliser l'état des lieux des systèmes de mesure et de stockage des données en cours d'acquisition ;
- collecter les données informatisées, traitées ou interprétées ;
- concevoir et réaliser la base de données dédiée ;
- identifier les phénomènes à modéliser.

Dans le détail, le cahier des charges de cette phase 1 du projet prévoyait quatre chapitres.

Le **recueil des données d'exploitation** au travers de deux actions spécifiques, elles-mêmes détaillées en sous-actions comme suit :

- localisation, inventaire et collecte des données **historiques** :
 - inventaire et localisation des données de forage et de réservoir,
 - reconstitution des historiques des opérations,
 - localisations, inventaire et acquisition des chroniques existantes et des données traitées ;
- état des lieux des données en cours d'acquisition et mise au point de procédures de transfert :
 - état des lieux et inventaire des données en cours d'acquisition,
 - mise au point de procédures de transfert des données,
 - test de la procédure sur un site sous-traité à GPC et un site sous-traité à CFG Services.

Au vu des tableaux statistiques d'intégration des données présentés au chapitre 4.4. et en annexe 2, il est possible d'affirmer que si les éléments relatifs aux historiques des opérations (fiche 2) ainsi qu'aux données de forage (fiche 4) et de réservoir (fiche 5) ont globalement été renseignés à plus de 70 %, il en est beaucoup moins vrai pour la localisation et l'inventaire des données (fiche 9) dont le taux d'intégration est très inférieur à 5 % pour les sites confiés à GPC et de l'ordre de 15 % pour les sites confiés à CFG Services.

Rappelons qu'il a été prévu de procéder à ces compléments d'intégration des données historiques dans le cadre de la phase 2 du projet actuellement en cours.

Il reste que cette tâche comprenant la nécessité de contrôler les valeurs mises à disposition par les deux entreprises sous-traitantes et leur relance régulière pour la finalisation des prestations commandées a, de toute évidence, été sous-estimée dans le devis de la convention.

En ce qui concerne les procédures de transfert, on peut confirmer qu'elles ont été mises en application à partir du milieu de l'année 2002 et que, après des ajustements successifs, elles fonctionnent aujourd'hui correctement.

L'élaboration du cahier des charges, la conception et la réalisation de la base de données au travers de quatre actions spécifiques, elles-mêmes détaillées en sous-actions comme suit :

- conception générale de la base de données ;
- conception détaillée de la base de données ;
- réalisation de la base de données :
 - développement informatique de la base de données,
 - hébergement,
 - protocole technique d'accès à la base de données ;
- test de recueil des données et de chargement de la base.

Le présent rapport final de la phase 1 du projet ainsi qu'un exemplaire joint sous CD de la base de données dans son état actuel permettent d'affirmer que cette tâche de la phase 1 est intégralement accomplie.

Conception de l'interprétation : modélisation au travers de trois actions spécifiques, elles-mêmes détaillées en sous-actions comme suit :

- faisabilité de **traitement du signal** sur un exemple ;
- évaluation des **contraintes de modélisation**, état des lieux :
 - choix d'un site test,
 - sélection des paramètres d'exploitation,
 - définition des outils de modélisation,
 - définition des limites géographiques des modèles,
 - test de modélisation ;
- faisabilité du **traçage naturel** :
 - exploitation des données du traçage naturel, faisabilité,
 - moyens de mesure,
 - procédure d'investigation et de mesures.

Dans cette phase préliminaire au choix des sites à modéliser pour l'analyse des corrélations entre réponses thermiques et chimiques, un échantillon des données chimiques de vingt-cinq puits producteurs a été extrait de la base géothermique et examiné. Ce premier examen a permis de dégager quelques tendances principales :

- sulfures et fer dissous sont les seules espèces en solution dont les variations de teneur significatives en font des précurseurs chimiques naturels utilisables ;
- l'évolution de ces traceurs naturels est du même type que celle observée au cours de l'étude précédente : période 1985-1994. L'aspect monotone de la croissance de la teneur en sulfures dissous semble caractéristique de la réponse à l'injection continue d'un traceur ;
- une part observable des fluctuations de teneur autour de cette tendance moyenne apparaît liée aux fluctuations du débit ;
- l'allure systématique des courbes de précipitation des sulfures de fer pour tous les doublets est cohérente avec l'augmentation des teneurs en sulfures dissous ;
- au plan régional, le secteur de la Seine-Saint-Denis, avec des teneurs en sulfures actuelles de l'ordre de 40 à 60 ppm, se distingue nettement des secteurs centre-est (Meaux, Coulommiers) et du Val-de-Marne dont les teneurs sont voisines de 15 ppm. Le sud (Montgeron, Ris-Orangis, Épinay-sous-Sénart, Melun) se distingue également par des teneurs de 10 ppm.

Enfin, un quatrième chapitre était prévu aux termes des conventions, relatif au **montage des protocoles juridiques pour l'accès aux données quotidiennes** du suivi d'exploitation des opérations.

Bien qu'élaboré et validé à titre expérimental avec l'aide de trois maîtres d'ouvrages ou exploitants représentant plus de la moitié des opérations de géothermie au Dogger et sélectionnés en fonction du type de mode d'acquisition des données sur les opérations dont ils ont la charge, à savoir : simple main courante, acquisition informatisée sur site ou télégestion centralisée, les protocoles ne sont pas actifs à l'heure où nous publions le présent rapport.

Nous avons donc opté pour l'intégration de ce chapitre dans le rapport d'avancement relatif à la phase 2 du projet, dont la première séquence est essentiellement consacrée à l'acquisition dans la base des données quotidiennes d'exploitation des trente-trois opérations sélectionnées.

On trouvera néanmoins en annexe 3 le modèle de protocole qui sera signé avec les maîtres d'ouvrages et leurs exploitants au cours de la phase 2 du projet.

En ce qui concerne la **suite du déroulement du projet**, la phase 2, officiellement lancée avec la conclusion d'une convention entre l'ADEME et le BRGM le 5 décembre 2002, est, de fait, devenue active le 1^{er} juillet 2003.

Le programme en cours a consisté, dans les premiers mois, à obtenir l'achèvement de l'acquisition des données historiques et leur intégration dans la base.

Il se poursuivra par l'organisation du transfert des données quotidiennes d'exploitation des opérations géothermiques ainsi que par l'adaptation nécessaire de la base de données en fonction des besoins exprimés (séquence 2 de la phase 2 du projet).

Dans le même temps, l'achèvement du protocole d'interprétation des données et la mise au point de la modélisation du comportement du réservoir aquifère du Dogger en vue de son exploitation géothermique durable seront entrepris.

À l'automne 2004, une réunion pourra être organisée avec les maîtres d'ouvrages d'opérations géothermiques et leurs exploitants, afin de leur présenter le fonctionnement de la base de données et l'état d'avancement de la modélisation en cours, dans le but notamment de conforter leur implication dans la fourniture des données dans la base en leur montrant l'intérêt tangible de la gestion durable du réservoir du Dogger pour la rentabilité de leurs opérations.

Cette réunion sera accompagnée de la proposition d'une offre du BRGM relative à la phase 3 du projet, c'est-à-dire à la modélisation effective du réservoir aquifère du Dogger en vue de sa gestion durable, objectif final du projet.

8. Bibliographie

Matray J.M., Menjoz A. (1996) – Recherche de traceurs chimiques pour l'identification de la percée thermique des doublets géothermiques, Dogger du Bassin parisien (France). BRGM/RP-39096. Orléans. BRGM, 123 p.

Menjoz A., Fillion E., Lesueur H. et al. (1996) – Comportement des doublets géothermiques exploitant le réservoir du Dogger et analyse du contexte de la percée thermique, Bassin parisien (France). BRGM/RP-39095. Orléans. BRGM, 159 p.

Ignatiadis I., Menjoz A., Jaudin J. (1998) – Situation et bilan des travaux de recherche menés sur le Dogger du bassin de Paris dans le cadre du programme Géothermie. BRGM/RP-40237. Orléans. BRGM, 158 p.

Annexe 1

Description des lexiques

Les lexiques

La description des lexiques comprend deux parties. La première partie (§ 1.) correspond à la liste détaillée des lexiques. Dans la deuxième partie (§ 2.), les lexiques sont repris dans un tableau synthétique qui précise dans quelle fiche et pour quel item le lexique doit être utilisé.

1. LISTE DES LEXIQUES

1.1. Sites géothermiques concernés par la Base de Données

LEXIQUE	OCCURRENCES (ordre alphabétique)
SITE GÉOTHERMIQUE	ALFORTVILLE BONNEUIL-SUR-MARNE CACHAN 1 CACHAN 2 CHAMPIGNY CHELLES CHEVILLY-LARUE CLICHY-SOUS-BOIS COULOMMIERS CRETEIL MONT MESLY EPINAY-SOUS-SENART FRESNES L'HAY-LES-ROSES LA COURNEUVE NORD LA COURNEUVE SUD LE BLANC MESNIL LE MEE-SUR-SEINE MAISON ALFORT 1 MAISON ALFORT 2 MEAUX BEAUVAL 1 MEAUX BEAUVAL 2 MEAUX COLLINET MEAUX HOPITAL MELUN L'ALMONT MONTGERON ORLY 1 GAZIER ORLY 2 LE NOUVELET RIS ORANGIS SUCY-EN-BRIE THIAIS TREMBLAY-EN-FRANCE VIGNEUX-SUR-SEINE VILLENEUVE ST-GEORGES VILLIERS-LE-BEL-GONESSE

1.2. État de l'opération

LEXIQUE	OCCURRENCES (ordre alphabétique)
ÉTAT OPÉRATION	ARRÊTÉ FERMÉ FONCTIONNEMENT

1.3. Types d'ouvrages concernés par une opération

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>	<i>LIBELLE</i>
TYPE OUVRAGE	P I RC CG	PUITS DE PRODUCTION PUITS D'INJECTION RÉSEAU DE CHALEUR CENTRALE GEOTHERMIQUE

1.4. Ouvrages concernés par la base de données

<i>SITES GEOTHERMIQUES</i>	<i>OUVRAGE</i>	<i>CODE OUVRAGE</i>
ALFORTVILLE	CENTRALE	CG
	GAL 1	I
	GAL 2	P
BONNEUIL-SUR-MARNE	CENTRALE	CG
	GBL 1	P
	GBL 2	I
CACHAN 1	CENTRALE	CG
	GCA 1	I
	GCA 3	P
CACHAN 2	CENTRALE	CG
	GCA 2	I
	GCA 4	P
CHAMPIGNY	CENTRALE	CG
	GCHM 1	P
	GCHM 2	I
CHELLES	CENTRALE	CG
	GCHL 1	I
	GCHL 2A	P
CHEVILLY-LARUE	CENTRALE	CG
	GCHL 1	I
	GCHL 2	P
CLICHY-SOUS-BOIS	CENTRALE	CG
	GCL 1	P
	GCL 2	I
COULOMMIERS	CENTRALE	CG
	GCO 1	P
	GCO 2	I
CRETEIL MONT MESLY	CENTRALE	CG
	GCTR 1	P
	GCTR 2	I
ÉPINAY-SOUS-SENART	CENTRALE	CG
	GESS 1	I
	GESS 2	P
FRESNES	CENTRALE	CG
	GFR 1	I
	GFR 2	P
L'HAY-LES-ROSES	CENTRALE	CG
	GHLR 1	I
	GHLR 2	P
LA COURNEUVE NORD	CENTRALE	CG
	GLCN 1	I
	GLCN 2	P
LA COURNEUVE SUD	CENTRALE	CG
	GLCS 1	P
	GLCS 2	I

<i>SITES GEOTHERMIQUES</i>	<i>OUVRAGE</i>	<i>CODE OUVRAGE</i>
LE BLANC MESNIL	CENTRALE GBMN 1 GBMN 2	CG P
LE MEE-SUR-SEINE	CENTRALE GLMS 1 GLMS 2	CG P
MAISON ALFORT 1	CENTRALE GMA 1 GMA 2	CG P
MAISON ALFORT 2	CENTRALE GMA 3 GMA 4	CG P
MEAUX BEAUVAL 1	CENTRALE GMX 5 GMX 6	CG P
MEAUX BEAUVAL 2	CENTRALE GMX 7 GMX 8	CG P
MEAUX COLLINET	CENTRALE GMX 1 GMX 2	CG P
MEAUX HOPITAL	CENTRALE GMX 3 GMX 4	CG P
<i>MELUN L'ALMONT</i>	Non traité	Non traité
MONTGERON	CENTRALE GMO 1 GMO 2	CG P
ORLY 1 GAZIER	CENTRALE GORY 1 GORY 2	CG P
ORLY 2 LE NOUVELET	CENTRALE GORY 3 GORY 4	CG P
RIS ORANGIS	CENTRALE GRO 1 GRO 2	CG P
SUCY-EN-BRIE	CENTRALE GSUC 1 GSUC 2	CG P
THIAIS	CENTRALE GTHI 1 GTHI 2	CG P
TREMBLAY-EN-FRANCE	CENTRALE GTRE 1 GTRE 2	CG P
VIGNEUX-SUR-SEINE	CENTRALE GVS 1 GVS 2	CG P
VILLENEUVE ST-GEORGES	CENTRALE GVSG 1 GVSG 2	CG P
VILLIERS-LE-BEL-GONESSE	CENTRALE GVLB 1 GVLB 2	CG P

1.5. Évènements survenus sur l'opération

LEXIQUE EVENEMENTS	OCCURRENCES (ordre alphabétique)
	ACIDIFICATION DECOUVERT
	ACIDIFICATION DOUCE
	ACIDIFICATION PUITTS/RESERVOIR
	ACIDIFICATION TUBAGES
	ARRET DEFINITIF DE L'EXPLOITATION
	ARRET POMPE
	ARRET PRODUCTION
	AUTRE
	CAMERA
	CHANGEMENT VANNE MAITRESSE
	CHANGEMENT BET SOUS-SOL
	CHANGEMENT BET SURFACE
	CHANGEMENT COLONNE D'EXHAURE
	CHANGEMENT EXPLOITANT
	CHANGEMENT LIFP
	CHANGEMENT MAITRE D'OUVRAGE
	CHANGEMENT MODE DE PRODUCTION
	CHANGEMENT POMPE
	CHANGEMENT PRODUIT INHIBITEUR
	CIMENTATION
	CIMENTATION D'ABANDON
	COUPE TUBAGE
	CURAGE
	DESCENTE COLONNE D'EXHAURE
	DESCENTE LIFP
	DESCENTE PACKER
	DESCENTE POMPE
	DIAGRAPHIE
	DIAGRAPHIES DIFFEREES D'INSPECTION DES TUBAGES
	DIVERS
	ERUPTION
	ESSAI PRESSURISATION
	ESSAIS
	ESSAIS DE PRODUCTION
	FLOTMETRIE
	FORAGE/COMPLETION
	FRAISAGE
	FUITE
	INSTRUMENTATION
	NETTOYAGE DES ECHANGEURS
	PANNE
	PERCEMENT COLONNE D'EXHAURE
	PERFORATIONS TUBAGE
	PRESSURISATION TUBAGE
	PRODUCTION ARTESIENNE
	PRODUCTION PAR POMPAGE
	RECHEMISAGE
	RECHERCHE DE FUITE
	REMONTEE COLONNE D'EXHAURE
	REMONTEE LIFP
	REMONTEE POMPE
	REMONTEE/DESCENTE POMPE
	REPARATION LIFP
	REPECHAGE

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES (ordre alphabétique)</i>
EVENEMENTS	RUPTURE CAPTEUR RUPTURE CONDUITE SURFACE SOCIETE DE SERVICES TESTS PACKER T0 GEOCONFIANCE THERMOMETRIE TRACAGE A L 'EAU DOUCE TRAÇAGE CHIMIQUE TRAÇAGE RADIOACTIF TRAVAUX TETE DE PUIITS

1.6. Types d'organisme intervenant sur l'ouvrage

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES (ordre d'importance)</i>
TYPE ORGANISME	MAITRE D'OUVRAGE REALISATION MAITRE D'OUVRAGE ACTUEL MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE REALISATION MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE ACTUEL DELEGATAIRE MAITRE D'OEUVRE BET SOUS-SOL REALISATION BET SOUS-SOL ACTUEL BET SUIVI SOUS-SOL BET SURFACE REALISATION BET SUIVI SURFACE SOCIÉTÉ DE SERVICES EXPLOITANT CHAUFFAGE SIEGE EXPLOITANT CHAUFFAGE CENTRALE DRIRE ENTREPRISE DE FORAGE AUTRE

1.7. Liste nominative des intervenants sur l'opération

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES (ordre alphabétique)</i>
INTERVENANT	ADEME AUTRE BRGM CFG Services CFG/GPC CITEG CGCU COPGO DALKIA DRESSER ATLAS DRIRE DRIRE 75 ELYO GEOPHASE GEOTHERMA GPC GPC IP GPC / SPIE TRINDEL HYDRO INVEST IDEX

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES (ordre alphabétique)</i>
INTERVENANT	OPAC 94 SAF ENVIRONNEMENT SERMET SMGC SMGEP SMGLC SMGMA SMP SNEA(P) SOCACHAL SOFRECHAL SPEG SPIE TRINDEL TETA

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
CONTEXTE MESURE	CFG SERVICES-GEOCONFIANCE FIN DE FORAGE SUIVI GPC SURFACE TELESUIVI AFME

1.9. Supports des informations-source

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES (ordre alphabétique)</i>
SUPPORT INFORMATION	ATTACHEMENT AUTRE COURRIER DOE NOTE NOTE DE CALCUL NOTE TECHNIQUE PERMIS D'EXPLOITATION RAPPORT DE DIAGRAPHIE RAPPORT DE FIN D'OPERATION RAPPORT D'ESSAIS RAPPORT DIAGRAPHIES DIFFEREES RAPPORT TRIMESTRIEL

1.10. Types de support physique des informations-source

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
SUPPORT PHYSIQUE	DOCUMENT PAPIER FICHIER ASCII FICHIER EXCEL

1.11. Nature des données-source incorporées dans la base

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
ÉTAT DONNÉES	BRUT CALCULE IMPULSION INTERPRETE VALIDE

1.12. Caractéristiques géométriques et physiques des tubages utilisés dans les forages géothermiques

<i>LEXIQUE</i>	<i>DIAMETRE NOM. (POUCES)</i>	<i>MASSE LINEAIRE (LB/FT)</i>	<i>DIAM INTERNE (MM)</i>	<i>MATERIAU</i>
TUBAGE GÉOMETRIE	18"5/8	87.5		ACIER
	13"3/8	68		ACIER
	13"3/8	61		ACIER
	13"3/8	54.5		ACIER
	13"3/8	48		ACIER
	11"3/4	47		ACIER
	10"3/4	51		ACIER
	10"3/4	45.5		ACIER
	10"3/4	40.5		ACIER
	9"5/8	43.5		ACIER
	9"5/8	40		ACIER
	9"5/8	36		ACIER
	8"5/8	36		ACIER
	8"5/8	32		ACIER
	7"5/8	29.7		ACIER
	7"5/8	26.4		ACIER
	7"	38		ACIER
	7"	29		ACIER
	7"	26		ACIER
	7"	23		ACIER
5"1/2	17		ACIER	
7"	7.71	150.88	FIBRE VERRE	
7"	9.5	150.88	FIBRE VERRE	
9"5/8	14.08	196.6	FIBRE VERRE	
9"5/8	16.69	196.6	FIBRE VERRE	

1.13. Nuance métallurgique des matériaux utilisés pour l'élaboration des tubages employés en géothermie

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
TUBAGE NUANCE	J55 K55 C75 C90 C95 L80 N80 P110 Q125 FIBRE VERRE AUTRE

1.14. Types de filetages utilisés pour l'élaboration des tubages employés en géothermie

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
TUBAGE FILETAGE	API BTC API STC API LTC HYDRIL NEWVAM VAM VETCO VAM / API AUTRE

1.15. Diamètres types des forages réalisés dans le réservoir en trou ouvert (découvert)

<i>LEXIQUE</i>	<i>DIAMÈTRE INT. (POUCES)</i>
DIAMÈTRE DECOUVERT	17"1/2 12"1/4 8"1/2 8" 6"1/4 6"

1.16. Types de données relatives au suivi d'exploitation stockées dans la base

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
TYPE DONNÉE	CHIMIE PRES-TEMP-DEBIT RAPPORT

1.17. Contexte des contrôles réalisés

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
CONTEXTE CONTRÔLE	ACIDIFICATION AUTRE CURAGE REGLEMENTAIRE SUIVI SOUS-SOL

1.18. Nature et périodicité des mesures réalisées dans le suivi d'exploitation

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
TYPE MESURE	MOYENNE PERIODIQUE PONCTUELLE

1.19. Fréquence d'acquisition des mesures en phase d'exploitation

LEXIQUE	OCCURRENCES
FREQUENCE ACQUISITION	1/2 HEURE HEURE JOUR MOIS TRIMESTRE ANNEE PONCTUEL

1.20. Différents points de prélèvement du fluide géothermal

LEXIQUE	OCCURRENCES
TYPE PRELEVEMENT	FOND DE PUIITS SURFACE SURFACE PAR LIFP POMPE PRODUCTION

1.21. Éléments chimiques analysés ou mesurés lors du suivi d'exploitation des opérations et intégrés dans la base.

LEXIQUE	NOM DE L'ELEMENT	UNITE
ÉLEMENTS CHIMIQUES	Al	mg/l
	Ar	%
	B	mg/l
	Ba	mg/l
	BACT_SULF_RED (bactéries sulfato-réductrices)	nb/mg de fluide
	Ca	mg/l
	CH4	%
	Cl	mg/l
	CnHn	%
	CO2	%
	EH	mV – Ag/AgCl
	F	mg/l
	Fer Dissous	mg/l
	Fer Total	mg/l
	G.L.R.	%
	H2	%
	Sulfure Dissous Total	mg/l d'H2S
	HCO3	mg/l
	He	%
	K	mg/l
	Mercaptans	mg/l
	Mg	mg/l
	Mn	mg/l
	N2	%
	Na	mg/l
	NH4+	mg/l
Particules	mg/l	
Résistivité	mS/cm	
SiO2	mg/l	
SO4	mg/l	
Sr	mg/l	

LEXIQUE	NOM DE L'ELEMENT	UNITE
ÉLEMENTS CHIMIQUES	Conductivité	mS/cm
	FLUX FER DISSOUS	g/h
	FLUX FER TOTAL	g/h
	FLUX H2S	g/h
	pH	Echelle pH
	Oxygène dissous	ppb
	COR (Mesure de corrosion à la sonde)	mm/an
	H2S G (Gaz)	%
	Réserve Alcaline	mmol/l
Résidu sec	mg/l	

LEXIQUE	OCCURRENCES
TYPE TRAITEMENT	FILMOGENE ANTI-CORROSION-DEPÔT FILMOGENE ANTI-CORROSION FILMOGENE ANTI-DEPÔT FILMOGENE BIOCIDES BACTERICIDE

LEXIQUE	OCCURRENCES(ordre alphabétique)
0201TAPE TRAITEMENT (MODE TRAITEMENT)	ARRET AUCUN BATCH (PONCTUEL) EN COURS MODIFICATION REPRISE

TRAITEMENT	AUTRE CECA BACTIRAM 3084 CECA NORUST 491 CECA NORUST 575 CECA NORUST 752 CECA NORUST 752G CECA NORUST 753G PROTEX MCD 7350 PROTEX MDC 1300 PROTEX MMC 7300
	SEPPIC SOLAMINE 129

LEXIQUE	OCCURRENCES
TYPE POMPE	ARBRE LONG CENTRIFUGE TURBO POMPE HORIZONTALE VERTICALE AUTRE

1.26. Types et nature des colonnes d'exhaure utilisées avec les pompes de production en géothermie

LEXIQUE	OCCURRENCES
NATURE COLONNE D'EXHAURE	COMPOSITE FIBRE de VERRE HAGUSTA MIXTE FIBRE/HAGUSTA AUTRE

1.27. Marques des matériels utilisés en surface et en sous-sol

LEXIQUE	OCCURRENCES (ordre alphabétique)
MARQUE MATERIEL	ABB ALFA-LAVAL BYRON JACKSON CENTRILIFT COFRATHERM DANFOSS ENERDIS ENSIVAL MORET GUINARD HAENNI HONEYWELL JEUMONT SCHNEIDER KROHNE LANDIS LANDIS et GYR PLEUGER REDA RELIANCE SALMSON SCHLUMBERGER SEMERU SIEMENS PRV SOMESCA TRAFAG VICARB YOKOGAWA AUTRE

1.28. Types de matériels utilisés en surface et en sous-sol et marques associées

LEXIQUE	NATURE MATERIEL	MARQUE
TYPE et MARQUE MATERIEL	CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR CAPTEUR	ABB AUTRE COFRATHERM DANFOSS ENERDIS HAENNI KROHNE LANDIS RELIANCE SCHLUMBERGER SOMESCA TRAFAG YOKOGAWA

LEXIQUE	NATURE MATERIEL	MARQUE
TYPE et MARQUE MATERIEL	ECHANGEUR ECHANGEUR ECHANGEUR POMPE POMPE POMPE POMPE POMPE POMPE POMPE POMPE POMPE TELEGESTION TELEGESTION TELEGESTION TELEGESTION TELEGESTION TELEGESTION	ALFA-LAVAL AUTRE VICARB AUTRE BYRON JACKSON CENTRILIFT ENSIVAL MORET GUINARD JEUMONT SCHNEIDER PLEUGER REDA SALMSON AUTRE HONEYWELL LANDIS et GYR SCHLUMBERGER SEMERU SIEMENS PRV

1.29. Types de Ligne d'Injection en Fond de Puits (LIFP) utilisés en géothermie de la région parisienne.

LEXIQUE	OCCURRENCES	LIBELLES
LIGNE TRAITEMENT	TTFP TCTFP TAI AUTRE	Composite manchonné Coil tubing revêtu Coil tubing revêtu à contrôle d'intégrité

1.30. Types d'échangeurs utilisés en géothermie de la région parisienne.

LEXIQUE	OCCURRENCES
TYPE ECHANGEUR	A PLAQUES TUBULAIRES

1.31. Matériaux constitutifs des plaques d'échangeurs utilisés en géothermie de la région parisienne.

LEXIQUE	OCCURRENCES
MATERIAU ECHANGEUR	TITANE AUTRE

1.32. Nature des capteurs utilisés sur la boucle géothermale de surface en géothermie de la région parisienne

LEXIQUE	OCCURRENCES (ordre alphabétique)
NATURE CAPTEUR	COMPTEUR ENERGIE THERMIQUE GEOTHERMAL COMPTEUR ENERGIE THERMIQUE GEOTHERMIQUE COMPTEUR ELECTRIQUE INJECTION COMPTEUR ELECTRIQUE PRODUCTION COMPTEUR HORAIRE INJECTION COMPTEUR HORAIRE POMPE DOSEUSE COMPTEUR HORAIRE PRODUCTION COMPTEUR VOLUME CUMULE EAU GEOTHERMALE COMPTEUR VOLUME CUMULE EAU GEOTHERMIQUE

NATURE CAPTEUR	DEBITGEOTHERMAL DEBIT GEOTHERMIQUE NIVEAU CUVE INHIBITEUR PRESSION ASPIRATION POMPE D'INJECTION PRESSION INJECTION PRESSION PRODUCTION PRESSION STATIQUE D'INJECTION PRESSION STATIQUE DE PRODUCTION RABATTEMENT TEMPERATURE DEPART GEOTHERMIQUE TEMPERATURE EXTERIEURE TEMPERATURE INJECTION TEMPERATURE PRODUCTION TEMPERATURE RETOUR GEOTHERMIQUE
----------------	---

1.33. Types de capteurs utilisés sur la boucle géothermale de surface en géothermie de la région parisienne

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
TYPE CAPTEUR	ELECTROMAGNETIQUE ELECTROMECHANIQUE NUMERIQUE PIEZORESISTIF PT 100 PT 1000 AUTRE

1.34. Types de signal délivré par les capteurs utilisés sur la boucle géothermale de surface en géothermie de la région parisienne

TYPE SIGNAL	0 - 10 mA 4 - 20 mA IMPULSION NUMERIQUE

1.35. Unités retenues pour l'intégration des données

<i>LEXIQUE</i>	<i>OCCURRENCES</i>
UNITÉS	BAR RELATIF cm DEGRE C m3/H m m3 m3/H kW MW KW.H MW.H

2. UTILISATION DES LEXIQUES

<i>Lexique</i>	<i>Champ concerné</i>	<i>Fiche concernée</i>	<i>Items dans la fiche</i>
SITE GÉOTHERMIQUE	TOUS LES CHAMPS	TOUTES LES FICHES	Sites
ÉTAT OPÉRATION	OPÉRATION	FICHE_1	État
ÉVÈNEMENTS	OPÉRATION	FICHE_2	Description de l'événement
TYPE ORGANISME	OPÉRATION	FICHE_1	Type organisme
INTERVENANT	OPÉRATION	FICHE_2	Opérateur
	OPÉRATION	FICHE_2	Localisation du document
	OPÉRATION	FICHE_9	Acquisiteur
	OPÉRATION	FICHE_9	Dépositaire
	OUVRAGE	FICHE_10	Opérateur
	EXPLOITATION	FICHE_11	Responsable du contrôle
SUPPORT INFORMATION	OPÉRATION	FICHE_2	Support Info.
TYPE OUVRAGE	OPÉRATION	FICHE_2	Type
	OUVRAGE	FICHE_3	Type
	OUVRAGE	FICHE_4	Type
	OUVRAGE	FICHE_5	Type
	EXPLOITATION	FICHE_6	Type
	OUVRAGE	FICHE_7	Type
	OUVRAGE	FICHE_8	Type
	OPÉRATION	FICHE_9	Type
TUBAGE GÉOMÉTRIE	OUVRAGE	FICHE_4	Masse linéaire
	OUVRAGE	FICHE_4	Diamètre standart (pouces)
	OUVRAGE	FICHE_10	Diamètre standart (pouces)
TUBAGE NUANCE	OUVRAGE	FICHE_4	Nuance
TUBAGE FILETAGE	OUVRAGE	FICHE_4	Tubage Filetage
DIAMETRE DÉCOUVERT	OUVRAGE	FICHE_5	Diamètre du réservoir
ÉLÉMENTS CHIMIQUE	OUVRAGE	FICHE_7	Mesures – Point Bulle
TYPE PRÉLÈVEMENT	OUVRAGE	FICHE_7	Type prélèvement
	OUVRAGE	FICHE_8	Point injection
PRODUIT TRAITEMENT	OUVRAGE	FICHE_8	Produit traitement
ÉTAPE TRAITEMENT	OUVRAGE	FICHE_8	Étape traitement
TYPE TRAITEMENT	OUVRAGE	FICHE_8	Type traitement
TYPE MESURE	OPÉRATION	FICHE_9	Type mesure
SUPPORT PHYSIQUE	OPÉRATION	FICHE_9	Support physique
ÉTAT DONNÉE	OPÉRATION	FICHE_9	État données

<i>Lexique</i>	<i>Champ concerné</i>	<i>Fiche concernée</i>	<i>Items dans la fiche</i>
FRÉQUENCE ACQUISITION	OPÉRATION	FICHE_9	Fréquence acquisition
	EXPLOITATION	FICHE_11	Fréquence relevé MC
	EXPLOITATION	FICHE_11	Fréquence saisie info
	EXPLOITATION	FICHE_11	Fréquence sauvegarde des données
CONTEXTE MESURE	OPERATION	FICHE_9	Contexte mesure
	EXPLOITATION	FICHE_6	Exploitation centrale-Contexte des mesures
	EXPLOITATION	FICHE_6	Exploitation Injection-Contexte des mesures
	EXPLOITATION	FICHE_6	Exploitation Production-Contexte des mesures
TYPE DONNÉE	OPERATION	FICHE_9	Type données
TYPE ÉCHANGEUR	EXPLOITATION	FICHE_12	Équipement Échangeur - Type échangeur
CONTEXTE CONTRÔLE	OUVRAGE	FICHE_10	Contexte
TYPE POMPE	EXPLOITATION	FICHE_12	Type pompe production
	EXPLOITATION	FICHE_12	Type pompe injection
MARQUE MATÉRIEL	EXPLOITATION	FICHE_12	Marque pompe production
	EXPLOITATION	FICHE_12	Marque pompe injection
	EXPLOITATION	FICHE_11	Marque capteur
	EXPLOITATION	FICHE_11	Marque télégestion
LIGNE TRAITEMENT	EXPLOITATION	FICHE_12	Exploitation Production - Nature
MATERIAU ECHANGEUR	EXPLOITATION	FICHE_12	Équipement Echangeur - Type materiau
NATURE CAPTEUR	EXPLOITATION	FICHE_11	Nature Capteur
TYPE CAPTEUR	EXPLOITATION	FICHE_11	Type Capteur
TYPE SIGNAL	EXPLOITATION	FICHE_11	Type du signal
NATURE COLONNE EXHAURE	EXPLOITATION	FICHE_12	Équipement Production - Nature colonne exhaure
UNITÉS	OPÉRATION	FICHE_9	Unités
	EXPLOITATION	FICHE_11	Unités

Annexe 2

État d'intégration des données historiques dans la base de données

Les tableaux qui suivent correspondent à l'état statistique des données intégrées à la base par les deux entreprises sous-traitantes à la date du 15 février 2004. Rappelons qu'il est prévu de poursuivre l'acquisition de ces données historiques au cours de la phase 2 du projet.

Les tableaux sont réalisés pour chaque fiche de la base, rangée dans l'un des trois champs correspondants, tels qu'ils se présentent dans la page d'accueil (cf. chapitre 2.1.).

Lorsqu'une information représente une donnée unique pour le site considéré, elle fait l'objet d'une **croix** inscrite dans le champ correspondant du tableau. Un **tiret** dans un champ du tableau indique qu'aucune information n'est prévue pour celui-ci.

Enfin, les **nombres** inscrits renseignent sur la totalité des valeurs intégrées dans le champ concerné. Une **case grisée** indique que le champ n'a pas été renseigné.

Une analyse rapide de la situation montre que la moitié environ des champs a été renseignée au moins une fois, ce qui permet d'entrevoir la charge de travail encore nécessaire pour le renseignement complet de la base.

Par ailleurs, le fichier intitulé « statgth16032004.lis » sur le CD-ROM joint au rapport présente, pour chaque site géothermique, l'état statistique des données intégrées à la base au 16 mars 2004.

1. FICHES RENSEIGNÉES PAR CFG SERVICES

Sites	Rubrique « Opération »		
	Fiche 1 Intervenants	Fiche 2 Évènements	Fiche 9 Inventaires données
Alfortville	x		
Puits producteur	-	27	3
Centrale	-	6	5
Puits injecteur	-	18	
Bonneuil	x		
Puits producteur	-	12	
Centrale	-	8	1
Puits injecteur	-	8	
Champigny/Marne	x		
Puits producteur	-	24	
Centrale	-	14	
Puits injecteur	-	4	
Chevilly-Larue	x		
Puits producteur	-	14	3
Centrale	-	7	3
Puits injecteur	-	6	4
Clichy/Bois	x		
Puits producteur	-	3	
Centrale	-	3	
Puits injecteur	-	4	

Sites	Rubrique « Opération »		
	Fiche 1 Intervenants	Fiche 2 Évènements	Fiche 9 Inventaires données
Coulommiers	x		
Puits producteur	-	57	
Centrale	-	17	1
Puits injecteur	-	9	
L'Hay les Roses	x		
Puits producteur	-		
Centrale	-		
Puits injecteur	-		
Meaux B1	x		
Puits producteur	-	15	
Centrale	-	7	
Puits injecteur	-		
Meaux B2	x		
Puits producteur	-	26	
Centrale	-	56	
Puits injecteur	-	9	
Meaux Collinet	x		
Puits producteur	-	38	
Centrale	-	50	
Puits injecteur	-	4	
Meaux Hôpital	x		
Puits producteur	-	74	
Centrale	-	2	
Puits injecteur	-	11	
Montgeron	x		
Puits producteur	-		
Centrale	-		
Puits injecteur	-		
Ris Orangis	x		
Puits producteur	-		
Centrale	-		
Puits injecteur	-		
Sucy en Brie	x		
Puits producteur	-	25	
Centrale	-	6	
Puits injecteur	-	7	
Thiais	x		
Puits producteur	-	4	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	7	
Tremblay-France	x		
Puits producteur	-	14	
Centrale	-	1	
Puits injecteur	-	1	

Sites	Rubrique « Ouvrage »				
	Fiche 3 Données de base	Fiche 4 Tubages	Fiche 5 Réservoir	Fiche 7 Analyses chimiques	Fiche 8 Corrosion - traitement
Alfortville					
Puits producteur	x	3	x	1637	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	4	x	75	1
Bonneuil					
Puits producteur	x	2	x	1220	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	1	x		
Champigny/Marne					
Puits producteur	x	3		838	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x				
Chevilly-Larue					
Puits producteur				1136	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					
Clichy/Bois					
Puits producteur	x	4		1683	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	1	x	23	
Coulommiers					
Puits producteur			x	1692	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	1			
I'Hay les Roses					
Puits producteur				980	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					1
Meaux B1					
Puits producteur		2		1565	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					
Meaux B2					
Puits producteur				1410	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					
Meaux Collinet					
Puits producteur				1887	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					
Meaux Hôpital					
Puits producteur				1898	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					

Sites	Rubrique « Ouvrage »				
	Fiche 3 Données de base	Fiche 4 Tubages	Fiche 5 Réservoir	Fiche 7 Analyses chimiques	Fiche 8 Corrosion - traitement
Montgeron					
Puits producteur					
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur					
Ris Orangis					
Puits producteur	x			1673	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x			56	
Sucy en Brie					
Puits producteur				476	3
Centrale	-	-	-	392	-
Puits injecteur	x	1	x		
Thiais					
Puits producteur	x	2	x	945	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	3	x		
Tremblay-France					
Puits producteur	x	8	x	912	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	8	x	427	

Sites	Rubrique « Exploitation »			
	Fiche 6 Données exploitation	Fiche 10 Contrôle tubages	Fiche 11 Capteurs	Fiche 12 Équipements
Alfortville				
Puits producteur	76		1	x
Centrale		-	13	x
Puits injecteur	76	2		x
Bonneuil				
Puits producteur	28			
Centrale		-		
Puits injecteur	28	2		
Champigny/Marne				
Puits producteur	38	3		
Centrale		-		
Puits injecteur	38			
Chevilly-Larue				
Puits producteur	78			x
Centrale		-	12	
Puits injecteur	78			
Clichy/Bois				
Puits producteur	79			
Centrale		-		
Puits injecteur	79	2		

Sites	Rubrique « Exploitation »			
	Fiche 6 Données exploitation	Fiche 10 Contrôle tubages	Fiche 11 Capteurs	Fiche 12 Équipements
Coulommiers				
Puits producteur	72		1	x
Centrale	1	-	13	
Puits injecteur	72			
L'Hay les Roses				
Puits producteur	73			
Centrale		-		
Puits injecteur	73			
Meaux B1				
Puits producteur	68			
Centrale		-		
Puits injecteur	68			
Meaux B2				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur				
Meaux Collinet				
Puits producteur	52			x
Centrale		-		x
Puits injecteur	52			x
Meaux Hôpital				
Puits producteur	60			
Centrale		-		
Puits injecteur	60			
Montgeron				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	1			x
Ris Orangis				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	222			
Sucy en Brie				
Puits producteur	70			
Centrale		-		
Puits injecteur	70	3		
Thiais				
Puits producteur	45	4		
Centrale		-	2	
Puits injecteur	45	4		
Tremblay-France				
Puits producteur	1			
Centrale		-		
Puits injecteur	330			

2. FICHES RENSEIGNÉES PAR GPC

Sites	Rubrique « Opération »		
	Fiche 1 Intervenants	Fiche 2 Évènements	Fiche 9 Inventaire données
Blanc Mesnil N	x		
Puits producteur	-	16	7
Centrale	-		
Puits injecteur	-	15	11
Cachan 1	x		
Puits producteur	-	36	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	9	
Cachan 2	x		
Puits producteur	-	32	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	9	
Chelles	x		
Puits producteur	-	21	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	20	
Crétail	x		
Puits producteur	-	32	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	10	
Epinay/Senart	x		
Puits producteur	-	26	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	9	
Fresnes	x		
Puits producteur	-	32	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	14	
La Courneuve N	x		
Puits producteur	-	4	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	3	
La Courneuve S	x		
Puits producteur	-	25	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	7	
Le Mée/Seine	x		
Puits producteur	-	8	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	6	
Maisons Alfort 1	x		
Puits producteur	-	13	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	5	

Sites	Rubrique « Opération »		
	Fiche 1 Intervenants	Fiche 2 Événements	Fiche 9 Inventaire données
Maisons Alfort 2	x		
Puits producteur	-	19	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	7	
Orly 1 Gazier	x		
Puits producteur	-	7	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	2	
Orly 2 Le Nouvelet	x		
Puits producteur	-	27	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	17	
Tremblay/France	x		
Puits producteur	-	14	
Centrale	-	1	
Puits injecteur	-	1	
Vigneux	x		
Puits producteur	-	37	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	9	
Villiers-le-Bel	x		
Puits producteur	-		
Centrale	-		
Puits injecteur	-		
Villeneuve-St-Gges	x		
Puits producteur	-	20	
Centrale	-		
Puits injecteur	-	15	

Sites	Rubrique « Opération »				
	Fiche 3 Données de base	Fiche 4 Tubages	Fiche 5 Réservoir	Fiche 7 Analyses chimiques	Fiche 8 Corrosion - traitement
Blanc Mesnil N					
Puits producteur	x	8	x	556	2 - 8
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	4	x	381	
Cachan 1					
Puits producteur	x	8	x	717	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	241	
Cachan 2					
Puits producteur	x	8	x	594	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	201	

Sites	Rubrique « Opération »				
	Fiche 3 Données de base	Fiche 4 Tubages	Fiche 5 Réservoir	Fiche 7 Analyses chimiques	Fiche 8 Corrosion - traitement
Chelles					
Puits producteur	x	6	x	429	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	373	
Créteil					
Puits producteur	x	8	x	1284	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	358	
Epinay/Senart					
Puits producteur	x	6	x	627	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	4	x	439	
Fresnes					
Puits producteur	x	8	x	675	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	224	
La Courneuve N					
Puits producteur	x			479	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x			477	
La Courneuve S					
Puits producteur	x	8	x	1334	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	313	
Le Mée/Seine					
Puits producteur	x	10	x	459	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	8	x	461	
Maisons Alfort 1					
Puits producteur	x	4	x	821	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	4	x	220	
Maisons Alfort 2					
Puits producteur	x	9	x	845	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	218	
Orly 1 Gazier					
Puits producteur	x			1394	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x			156	
Orly 2 Le Nouvelet					
Puits producteur	x	6	x	470	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	6	x	344	
Tremblay/France					
Puits producteur	x	8	x	912	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	8	x	427	

Sites	Rubrique « Opération »				
	Fiche 3 Données de base	Fiche 4 Tubages	Fiche 5 Réservoir	Fiche 7 Analyses chimiques	Fiche 8 Corrosion - traitement
Vigneux					
Puits producteur	x	6	x	1222	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	4	x	254	
Villiers-le-Bel					
Puits producteur	x	8	x	562	
Centrale	-	-		-	-
Puits injecteur	x	4		98	
Villeneuve-St-Ges					
Puits producteur	x	6	x	615	
Centrale	-	-	-	-	-
Puits injecteur	x	8	x	178	

Sites	Rubrique « Exploitation »			
	Fiche 6 Données exploitation	Fiche 10 Contrôle tubages	Fiche 11 Capteurs	Fiche 12 Équipements
Blanc Mesnil N				
Puits producteur	417	15		x
Centrale		-		x
Puits injecteur	312	6		x
Cachan 1				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	456			
Cachan 2				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	410			
Chelles				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	329			
Créteil				
Puits producteur	40			
Centrale		-		
Puits injecteur	270			
Épinay/Senart				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	580			
Fresnes				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	330			

Sites	Rubrique « Exploitation »			
	Fiche 6 Données Exploitation	Fiche 10 Contrôle Tubages	Fiche 11 Capteurs	Fiche 12 Equipements
La Courneuve N				
Puits producteur	37			
Centrale		-		
Puits injecteur	283			
La Courneuve S				
Puits producteur	2			
Centrale		-		
Puits injecteur	2			
Le Mée/Seine				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur				
Maisons Alfort 1				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	455			
Maisons Alfort 2				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	436			
Orly 1 Gazier				
Puits producteur	72			
Centrale		-		
Puits injecteur	292			
Orly 2 Le Nouvelet				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	337			
Tremblay/France				
Puits producteur	1			
Centrale		-		
Puits injecteur	330			
Vigneux				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	420			
Villiers le Bel				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	252			
Villeneuve St Gges				
Puits producteur				
Centrale		-		
Puits injecteur	222			

Annexe 3

Modèle de protocole d'accord pour la mise à disposition et le traitement des données d'exploitation des sites géothermiques de la région Ile-de-France

GESTION DU DOGGER

Protocole d'accord entre pour la mise à disposition et le traitement des données d'exploitation du site géothermique de AAAAAAAA

Préambule

Le BRGM est en charge, dans le cadre d'une convention conclue avec l'ADEME et l'ARENE, de l'élaboration d'un outil de gestion du réservoir du Dogger de la région parisienne pour son exploitation géothermique durable. Les objectifs de la mise en œuvre de cet outil de gestion sont de permettre aux maîtres d'ouvrages, d'une part, d'entreprendre des interventions efficaces lors de l'apparition d'un évènement lié au comportement du réservoir, d'autre part, de prendre des décisions appropriées dans le cas d'une modification d'exploitation de ce réservoir.

Ces possibilités d'intervention sont, en particulier, importantes dans les zones où le réservoir du Dogger est exploité de façon intense, comme dans le Val-de-Marne ou le nord de l'Essonne, par des doublets très proches les uns des autres, pour être en mesure de gérer le réservoir et de prévoir l'évolution de sa productivité et de la température de production.

Dans les travaux initiaux de modélisation, les dates calculées de percée thermique étaient de l'ordre de 20 ans. Pour les opérations ayant atteint cette durée de vie, aucune diminution de température n'a été constatée.

Des modélisations globales ont été faites en 1996 qui, en utilisant de nouvelles hypothèses sur la structure de l'aquifère, ont permis d'expliquer le retard constaté de la percée thermique et ont mis en évidence la nécessité de disposer d'informations les plus précises possibles sur le réservoir et sur l'exploitation géothermique de l'ensemble des installations.

C'est l'objet du présent programme qui a été découpé en trois phases : l'acquisition et la transmission des données, leur exploitation puis la modélisation et l'interprétation.

La phase 1, désormais achevée, a consisté en la conception et la réalisation de la base de données, ainsi qu'au recensement et au chargement des données historiques disponibles sur chaque site jusqu'à la date du 30/06/2003 environ.

La phase 2, intermédiaire, est celle qui concerne le présent protocole puisqu'elle consiste à procéder au chargement de la base en données quotidiennes d'exploitation des installations géothermiques.

La phase 3 consistera en l'interprétation des données stockées et leur modélisation en vue de la gestion optimisée du Dogger.

Dans le cadre ainsi exposé, il est convenu ce qui suit :

Le présent protocole est conclu entre :

La Société BBBBB, demeurant ;, agissant en tant que..... du site géothermique de AAAAA, représentée par; signataire du présent protocole,

ayant tous pouvoirs à cet effet pour agir au nom du Maître d'ouvrage de l'exploitation géothermique de AAAAA,

désignée ci-après par «BBBBB»,

Le BRGM, Service Connaissance et Diffusion de l'Information Géologique, demeurant 3, avenue Cl. Guillemin 45060 ORLEANS Cedex 2, représentée par Monsieur D. VASLET, Chef de Service, signataire du présent protocole et ayant tous pouvoirs à cet effet,

désigné ci-après par « le BRGM »

conjoint et solidaire avec

L'ADEME, Délégation régionale Ile-de-France, demeurant : 6-8, rue Jean Jaurès 92807 PUTEAUX Cedex, représentée par Monsieur G. OUZOUNIAN, Délégué régional, signataire du présent protocole et ayant tous pouvoirs à cet effet,

désignée ci-après par « l'ADEME »

et

l'ARENE, Ile-de-France, demeurant 94 bis, avenue de Suffren 75015 PARIS, représentée par Monsieur C. BASSIN-CARLIER, Directeur Général, signataire du présent protocole et ayant tous pouvoirs à cet effet,

désignée ci-après par « l'ARENE »

Article 1 – Engagements de BBBBB

1.1 – BBBBB s'engage à adresser, chaque mois, à la société CFG-Services/GPC ou à toute autre société qui contracterait avec BBBBB pour le suivi des installations du sous-sol du site géothermique de AAAAA, un fichier sous format Excel comportant les valeurs de 17 paramètres relevées quotidiennement du lundi au vendredi inclus entre le premier et le dernier jour du mois considéré. Il est convenu que les paramètres considérés sont relevés chaque jour à la même heure et correspondent donc à des valeurs quotidiennes instantanées.

1.2 – Ces valeurs seront transmises au cours de la première semaine du mois qui suit le mois considéré par l'intermédiaire de l'adresse Internet désignée par CFG-

Services/GPC ou la société de suivi. A la date de signature du présent protocole, cette adresse est :

1.3 – Chaque valeur sera inscrite sur le tableau dont un modèle sera préalablement transmis par CFG-Services/GPC, à la place requise et dans l'unité déterminée d'un commun accord.

Un modèle du tableau considéré est produit en annexe 1 ci-après.

1.4 – BBBB s'engage, par ailleurs, à informer le service CITEG du BRGM de toute modification qui pourrait intervenir dans l'identité de la société chargée du suivi des installations du sous-sol du site géothermique de AAAAA.

De même, BBBB informera au plus tôt, CFG-Services/GPC ou l'entreprise chargée du suivi des installations de sous-sol, ainsi que le service CITEG du BRGM, de tout incident survenant dans l'acquisition des données.

Article 2 – Engagements du BRGM.

2.1 – Le BRGM s'engage à veiller au stockage correct et validé des données transmises par Dalkia dans la base de données dédiée.

2.2 – Il s'engage, en outre, à veiller à la stricte confidentialité des valeurs transmises par BBBB concernant le site objet du présent protocole et à ne publier que des analyses statistiques d'ordre général, résultant de l'interprétation et de la modélisation de ces données.

2.3 – Le BRGM s'engage enfin à permettre à BBBB l'accès aux valeurs stockées des paramètres issus du site de AAAAA par le biais du site Internet, en cours de construction, dédié à la géothermie via un code d'accès personnalisé dans la page réservée à l'espace professionnel sur ce site.

Article 3 – Dispositions générales

3.1 – Durée – Résiliation.

Le présent protocole est prévu pour une durée indéterminée à compter du et ne pourra être dénoncé que par courrier de l'une ou l'autre partie moyennant un délai de trois mois, courant à partir de la date d'envoi du courrier. Ce délai sera mis à profit pour trouver une solution permettant la continuité de l'acquisition des données.

Par ailleurs, le protocole sera interrompu de plein droit en cas d'interruption du contrat auquel il se réfère, conclu entre le BRGM, l'ADEME et/ou l'ARENE. Dans ce cas le BRGM informera BBBB par courrier recommandé avec accusé de réception de l'interruption du protocole.

3.2 – Responsabilités.

Chaque partie est responsable, tant pendant l'exécution du présent protocole, qu'après son achèvement, des prestations et/ou travaux à sa charge.

Par ailleurs et s'agissant d'un programme de gestion technique et de modélisation du réservoir géothermique du Dogger considéré dans son ensemble et sur le plan statistique, le BRGM, l'ADEME et l'ARENE ne sauraient être tenus pour responsables de tous sinistres, perturbations de production et, plus généralement, de tout élément touchant à l'exploitation du site considéré qui se produiraient pendant l'exécution du protocole.

3.3 – Litiges

Tout différent qui naîtrait dans l'application du présent protocole fera l'objet d'une tentative de règlement amiable. En cas de non conciliation, compétence est donnée aux tribunaux du ressort de la Cour d'Appel de Paris.

Fait à _____, le _____

En quatre exemplaires originaux

Pour BBBBB,
XXXXXXXXXX

Pour le BRGM,
Denis VASLET

Pour l'ADEME,
Gérald OUZOUNIAN

Pour l'ARENE
Claude BASSIN-CARLIER