

# EXPLOITATION GEOTHERMIQUE DE VILLIERS-LE-BEL GONESSE (95)

## DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GÎTE GÉOTHERMIQUE AU DOGGER

## DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX DE FORAGE (TRIPLET)

#### **SEPTEMBRE 2016**





## GPC INSTRUMENTATION PROCESS (GPC IP)

SARL au capital de 40 000 € - SIREN 421 314 386 RCS PONTOISE - APE 7112B

PARIS-NORD II – Immeuble Business Park – Bât. 4A

165, rue de la Belle Etoile – BP 55030 – 95946 ROISSY CDG CEDEX

Tél. 33 (0) 1 48 63 08 08 – Fax 33 (0) 1 48 63 08 89 – E-mail: office@geoproduction.fr

## **QUALITE**

Référence : GDCE16093\_PERDOTEX VLB\_v4.docx

Rédacteurs	Vérificateurs
Mélanie DAVAUX Fabien CONSTANT	Sébastien NICOLAON Pierre UNGEMACH

### **REVISION**

Indice	Date	Chapitre concerné	Modification
v2	26/08/2016	1, 2, 3	Commentaires DRIEE
v3	13/09/2016	1, 2, 3	Calendrier GVLB1
v4	26/09/2016	4	Commentaires DRIEE

## **CLIENT**

#### Société Thermique de Villiers le Bel – Gonesse (STVLBG)

Siège social : Centrale Géothermique, Rue de Goussainville, 95400 Villiers-le-Bel Bureaux : 10, allée Bienvenue, Immeuble Horizon 1 93885 NOISY LE GRAND Cedex

M. Didier Pineau

Mails : didier.pineau@groupe-coriance.fr Tél : 01 49 14 79 79 – Fax : 01 43 04 51 42

## **MAITRE D'OUVRAGE**

Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/ Gonesse pour la production et la distribution de chaleur

## **DIFFUSION**

Société Thermique de Villiers le Bel - Gonesse (STVLBG) - M. Didier Pineau



#### **RÉSUMÉ**

#### Puits exploités actuellement

Les puits qui composent le doublet exploité actuellement sont GVLB1, puits de production et GVLB2, puits d'injection. Leur tête de puits sont situées sur la commune de Villiers-le Bel dans l'enceinte du site exploité par la STVLBG délimitée par la rue de Goussainville et l'avenue des Asniers. Ces puits, assurent actuellement environ 40% (donnée 2015) des besoins de chaleur de 7 500 équivalents logements, ce qui représente 24 500 MWh en 2015, via un réseau de distribution d'environ 14 km qui alimentent 65 sous-stations.

L'arrêté du 11 janvier 2007 autorise le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et la distribution de chaleur à poursuivre l'exploitation du gîte géothermique à basse température du Dogger situé sur la commune de Villiers-le Bel jusqu'au 30 octobre 2019 (cf. Annexe 1).

#### Objet de la demande

Le dossier ici présenté (acronyme PER-DOTEX) a été établi conformément aux Codes Minier et de l'Environnement. Cette demande est déposée par le **Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/ Gonesse pour la production et la distribution de chaleur sur les communes de Villiers-le-Bel et Gonesse**. Il comprend :

- une demande concernant l'attribution d'un permis de recherche d'un gite géothermique à basse enthalpie (température inférieure à 150°C), objectif Dogger (Jurassique moyen), dans l'emprise d'un périmètre couvrant tout ou partie des communes de Villiers-le-Bel, Gonesse, Bouqueval, Sarcelles, Ecouen et Arnouville;
- une demande d'ouverture de travaux de forage/complétion d'un puits géothermique au Dogger à trajectoire déviée, pour un fonctionnement en triplet. Cet ouvrage, ci-nommé GVLB3, servira de nouvel ouvrage producteur destiné à (i) assurer la pérennité de l'exploitation géothermique en garantissant un taux de couverture de la chaleur livrée, par les énergies renouvelables et la récupération, supérieur à 50%, (ii) remplacer l'actuel forage producteur GVLB1 qui a connu une forte baisse de sa productivité.
- une demande d'ouverture de travaux et de changement de destination pour l'ouvrage actuel de production GVLB1 qui devra être réhabilité pour le préparer à une mise en stand by, dans l'attente qu'il devienne utile. Il est aujourd'hui envisagé de réutiliser ensuite GVLB1 en tant que second ouvrage d'injection, c'est-à-dire de le transformer en puits injecteur. Ceci dans le but de compléter les capacités du puits injecteur GVLB2 actuel et dans l'éventualité d'une baisse de capacité d'injection à long terme de ce dernier, en particulier après son rechemisage.



#### Localisation de la tête du puits GVLB3 en projet

Les têtes de puits du doublet existant GVLB1/GVLB2 sont localisées dans le département du Val d'Oise, sur la commune de Villiers-le-Bel, à la limite de la commune de Gonesse et à l'intérieur d'un périmètre délimité par la rue de Goussainville et le lycée professionnel Pierre Mendès France (cf. figures suivantes et chapitre **2.1**).

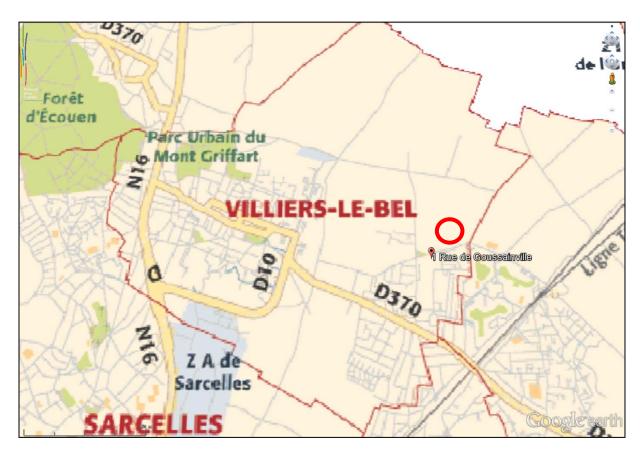


Figure 1 : Localisation de la centrale géothermique et des têtes de puits (vues sur fond de plan routier, source Google Earth)



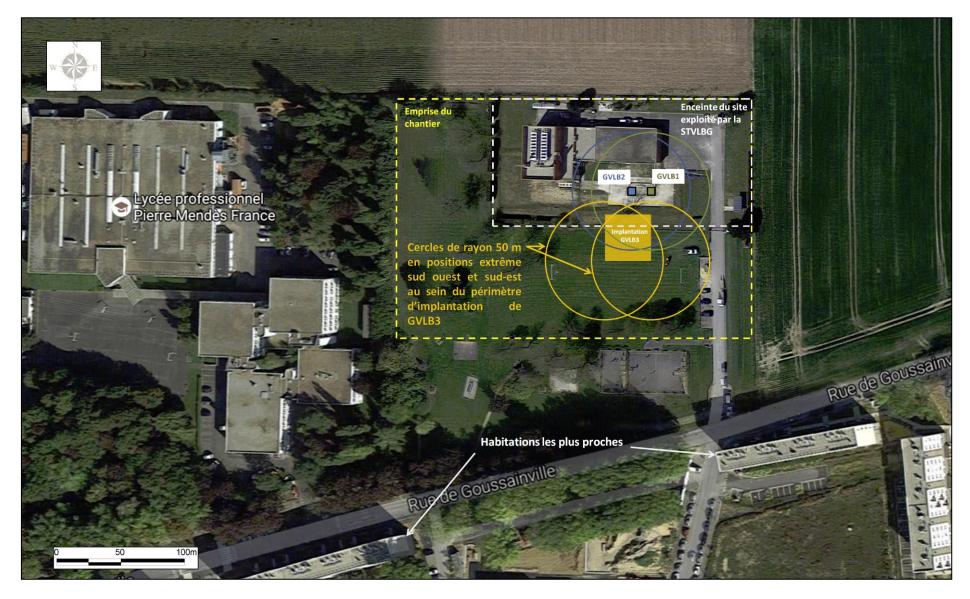


Figure 2 : Localisation de la centrale géothermique et des têtes de puits (vue aérienne, source Google Maps)



L'enceinte du site utilisée actuellement par la STVLBG n'est pas assez grande pour réaliser les travaux de forage et permettre la maintenance et l'entretien du futur puits.

Concernant la phase travaux, il a donc été nécessaire de définir une emprise de chantier pour la durée du forage (~ 40 jours), agrandie plus au sud de la parcelle n°53, sur le terrain de football, ainsi qu'à l'ouest de la centrale (cf. Figure 56 et chapitre **3.1.4**).

L'implantation de la tête du puits GVLB3 en projet sera précisée par la suite mais elle sera circonscrite nécessairement à l'intérieur d'un périmètre de forme carrée de 20 m de côté (cf. Figure 3, Figure 4 et chapitre 3.1.2). Ce périmètre a été retenu car il permet de limiter l'extension des travaux tout en évitant les réseaux enterrés et en facilitant la circulation des engins.

A terme, la future tête de puits sera donc distante de 10 à 30 m de la centrale d'échange.

Concernant la phase exploitation, l'implantation de la tête de puits nécessite d'agrandir l'enceinte de la zone exploitée par le STVLBG d'une vingtaine de mètres vers le sud, (sur la parcelle cadastrale numérotée 53, cf. Figure 55). Cela permettra d'accueillir une machine de *work-over* pour les travaux de gros entretien du forage.

Le tracé final sera déterminé en fonction de la position effective du nouveau puits.

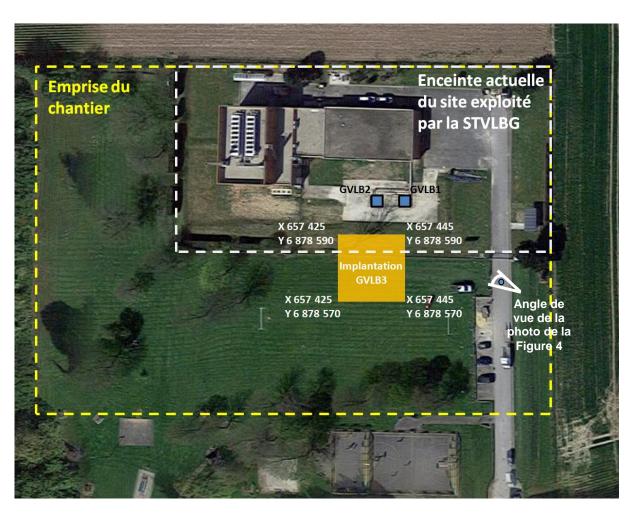


Figure 3 : Limite de l'emprise de chantier pour le site de Villiers-le-Bel





Figure 4 : Photo de la centrale géothermique et de la surface retenue pour l'exploitation du triplet, de l'autre côté de la clôture actuelle

#### Périmètres de recherche demandé et périmètre d'exploitation envisagé

Le périmètre sur lequel est demandée l'autorisation de recherche d'un gîte géothermique et le périmètre envisagé d'exploitation en triplet sont présentés dans les chapitres **2.6.3** et **2.6.4**.

Le périmètre de recherche s'étend sur six communes du Val d'Oise : Villiers-le-Bel, Sarcelles, Arnouville, Gonesse, Ecouen et Bouqueval. Ses dimensions permettent d'anticiper, un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3 d'environ 100m, dû à une différence entre la trajectoire prévue et la trajectoire suivie lors la réalisation du forage.

Les cordonnées (Lambert 93) des angles (A, B, C et D) du permis sollicité sont recensées dans le tableau suivant :

	X: 655 629	D	X : 655 990
A	Y: 6 880 250	В	Y: 6 876 233
C	X: 659 852	D	X: 658 792
C	Y: 6 876 216	D	Y: 6 880 999

Le périmètre d'exploitation envisagée s'étend sur les communes de Villiers-le-Bel, Gonesse, Arnouville, Sarcelles et Bouqueval.



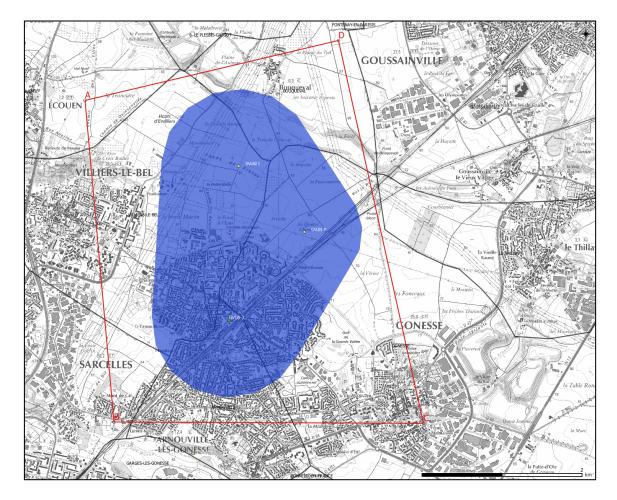


Figure 5 : Périmètre d'exploitation projeté (triplet) en bleu ; localisation (impacts au toit du réservoir) des puits du doublet actuel et du puits de production candidat. En rouge le périmètre de recherche sollicité



#### Justification du projet

La dégradation de la productivité du puits GVLB1, a entraîné une diminution du pourcentage de chaleur produite à partir d'énergies renouvelables ou de récupération sur le réseau à moins de 50% entraînant ainsi le bouleversement de l'équilibre économique du système de production et de distribution de chaleur.

La démarche présentée dans ce rapport traduit la volonté du Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse de (i) pérenniser l'exploitation existante, (ii) d'accroître la production géothermale nominale, (iii) de garantir les conditions de confort de ses abonnés à des tarifs compétitifs, et (iv) de maîtriser ses dépenses de fonctionnement.

#### Exploitation programmée des puits

Le puits GVLB1 (foré en 1984) a vu depuis le mois de mars 2008 sa productivité décliner, ce déclin s'est matérialisé par une baisse récurrente du niveau dynamique (cf. rapport de diagnostic Geofluid 2014 DCE14024) et ce malgré la mise en application d'un entretien régulier du puits depuis sa mise en service. Des investigations supplémentaires, menées par Geofluid en juin 2016, ont permis d'attribuer cette baisse de productivité à un encrassement du puits, probablement dû au caractère chimique particulier et difficilement maîtrisable des eaux du Dogger.

L'analyse des résultats, réalisée par Geofluid, a permis de faire ressortir un scénario pertinent de fonctionnement déclinée en plusieurs phases :

- (i) une phase provisoire de mise en *stand by* du puits producteur actuel GVLB1, après la mise en service du nouveau producteur GVLB3. Cette phase provisoire d'observation prendra fin lors du rechemisage du puits injecteur actuel GVLB2, attendu d'ici à 2019. Afin de s'assurer de l'intégrité du puits durant cette mise en sommeil, GVLB1 sera ausculté, nettoyé puis rempli d'une solution inhibitrice anti-corrosion pour le maintenir inerte. Le doublet GVLB3/GVLB2 sera quant à lui mis en exploitation
- (ii) une phase de travaux de reconversion de GVLB1 en puits injecteur et de rechemisage du puits GVLB2 dès qu'il s'avère nécessaire. Les diagraphies règlementaires programmées en 2016 pour GVLB2, et les contrôles prévus avant la mise en sommeil de GVLB1, permettront de détailler le calendrier et les programmes de réhabilitation à appliquer avant la demande du permis d'exploitation.
- (iii) une phase finale d'exploitation en triplet avec GVLB3 producteur et GVLB2 et GVLB1 injecteurs, à un débit global de pointe de 300 m³/h. Cette reconversion permettra de compléter les capacités d'injection du puits GVLB2 et compensera sa perte d'injectivité après son rechemisage. Dans la mesure où GVLB3 devrait permettre des débits de pointe de 300 m³/h, la sécurisation de l'injection future à l'aide de deux puits se révèle plus que pertinente et valorise pleinement le doublet actuel et le futur ouvrage. Ce fonctionnement à deux injecteurs (dont GVLB2 rechemisé) permettra :
  - de diminuer la surconsommation électrique liée à l'augmentation de pression d'injection du fait du rechemisage futur de GVLB2.
  - d'assurer des vitesses de circulation suffisantes dans les deux puits injecteurs, nécessaires à une bonne protection anti-corrosion en leur sein.

Il est envisagé de demander dans le futur permis d'exploitation, une exploitation à un débit de pointe de  $300~\text{m}^3/\text{h}$  et maximal de  $320~\text{m}^3/\text{h}$ .



Le futur puits GVLB3, nouveau et unique puits producteur devra répondre à des exigences environnementales et techniques élevées, dues en partie aux eaux du Dogger de type chloruré sodique avec une salinité de l'ordre de 27 g/l qui leur confère un caractère corrosif. Des facteurs aggravants de la corrosion, telles que l'activité bactérienne ou la teneur en sulfures, sont également connus dans cet aquifère.

#### Impacts simulés de l'exploitation envisagée

Les forages existants et les simulations géostatistiques ont permis de caractériser le réservoir du Dogger au droit de Villiers-le-Bel/Gonesse ; la température attendue au toit du réservoir, proche de  $67\pm\,1^{\circ}\text{C}$  et le débit de pointe d'exploitation envisagé sur GVLB3, de 300 m³/h, permettront d'assurer une production géothermique couvrant plus de 50% la chaleur livrée via le réseau de chaleur des communes de Villiers-le-Bel et Gonesse.

Ont été définis et sont proposés un nouveau périmètre de recherche ainsi qu'un nouveau périmètre d'exploitation englobant l'impact au toit du réservoir objectif du puits GVLB3 en projet. Les seuls ouvrages voisins d'exploitation du Dogger situés à moins de 3 km du doublet de Villiers-le-Bel/Gonesse, sont les deux forages de Garges-lès-Gonesse, exploités de 1984 à 1987 et abandonnés en 1995. D'après les simulations hydrothermiques des différents scenarii d'exploitation, le triplet futur n'engendrera pas d'interférences hydrothermiques sensibles sur les autres exploitations situées à plus de 6 km. De plus, la position du nouvel impact au toit du réservoir du puits producteur en direction du sud, permettra de s'éloigner de la bulle froide générée par GVLB2 durant les 32 années écoulées depuis la mise en exploitation de GVLB1/GVLB2, et des futures bulles froides générées par GVLB1 et GVLB2 tout en bénéficiant des caractéristiques hydrogéologiques du réservoir optimales (épaisseur cumulée des niveaux producteurs, porosité et perméabilité).



#### **Impacts sur l'environnement**

Pour conserver le caractère vertueux des opérations de géothermie, une attention particulière sera apportée à réduire l'impact durant des travaux (nuisance sonores, routières,...) et assurer la réhabilitation du site pour l'exploitation.

Les risques de pollution des sols et des aquifères traversés par les forages, sont réduits, sinon éliminés, par :

- (i) le stockage des produits chimiques et du fioul sur des bacs de rétention,
- (ii) l'utilisation de boues à l'eau compatibles avec le milieu naturel,
- (iii) l'utilisation d'un bourbier pour les eaux d'exhaure du forage et l'évacuation des résidus solides (déblais, lavés de forage, surnageants, déshydratés, des boues) vers des sites de stockage et de traitement agréés par l'administration minière et environnementale,
- (iv) la mise en place de double tubages en acier, cimentés au droit des aquifères sensibles tel que l'Albien, selon les prescriptions du SDAGE 2016. Une triple protection sera, par ailleurs mise en place au droit de l'Yprésien, aquifère stratégique pour l'eau potable dans le Val-d'Oise, permettant ainsi d'éviter toute mise en communication des aquifères, qui serait préjudiciable du fait de l'existence du captage d'eau potable du quartier des Charmettes se situant dans un rayon d'environ 1 km (de la centrale) et soumis à des risques de pollution au chrome de l'ancienne usines de gants MAPA.
- (v) une aire de travail imperméable pour parties bétonnée (plateforme de forage et caves de têtes de puits) équipée d'un réseau de recueil/drainage des eaux de ruissellement, bitumée, et en enrobés,
- (vi) et la disponibilité d'une surcapacité de stockage (bacs, bennes, citernes), ainsi qu'une ligne de traitement/refroidissement des effluents liquides (eaux d'essais), gazeux (inhibition des gaz dissous) et solides (filtration des particules en suspension).

Un suivi périodique et réglementaire de la boucle géothermale et des tubages, transmis à la DRIEE, (diagraphies différées d'inspection, traçage à l'eau douce) permettra, en cours d'exploitation de déceler les indicateurs précurseurs de fuites/venues d'eaux. La pratique, au départ de l'exploitation, de l'inhibition chimique du puits producteur jusqu'aux puits d'injection, permettra de se prémunir contre les dommages causés par la thermochimie corrosive et incrustante hostile du fluide géothermal, comprenant une phase gazeuse dissoute enrichie en CO2 et H2S.

La réalisation du nouveau puits permettra d'abaisser la production de chaleur à partir du gaz de 15%, permettant ainsi d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 2 284 tonnes de CO<sub>2</sub>. Sans la géothermie, ce serait près de 11 200 tonnes de CO<sub>2</sub> qui seraient rejetées dans l'atmosphère chaque année.

Par ailleurs, le programme prévisionnel d'abandon des puits, en fin d'exploitation, est présenté *in fine* de manière à restaurer l'isolement des différents niveaux réservoirs et éviter toute pollution ascendante ou descendante des aquifères et de la surface.

Enfin, l'analyse de rentabilité présentée dans ce dossier démontre la pertinence économique du projet.



Objet de la demande	Dossier P	ERDOTEX
Localisation du site d'implantation	Centrale Gé 51, Rue de G 95400 Vill	oussainville,
Objectif	Réalisation d'un nouveau puits pro géothermique : GVLB3(P)	*
Maître d'Ouvrage	Syndicat Intercommunal d	le Villiers-le-Bel/Gonesse
Délégataire	Société Thermique de Villier	s-le-Bel/Gonesse (STVLBG)
Maîtrises d'œuvre	Sous-sol	: GPC-IP
Classification minière	Forage de gîte	géothermique
Aquifère cible/ressource sollicitée	Calcaires oolithiques d	lu Dogger (Bathonien)
Type d'ouvrage	Dévié,	orienté
Permis de recherche	Les cordonnées (Lambert 93) of quadrilatère du permis de recherche tableau s  X: 655 629	he sollicité sont recensées dans le
sollicité	Y: 6 880 250	Y: 6876233
	X: 659 852	X: 658 792
	Y: 6876216	Y: 6 880 999
Localisation tête du nouveau puits GVLB3	Position effective à préciser par périmètre carré de 20 m de côté, dor des sommets sor X: 657 425 Y: 6 878 590 X: 657 445 Y: 6 878 570	x: 657 445 Y: 6878 590 X: 6878 570
1 730 m verticaux / 2 215 m forés.  Profondeur finale  La profondeur finale pourra être inférieure ou supérieure en des résultats observés.		férieure ou supérieure en fonction
Impact prévisionnel toit du réservoir (L93)	X : 65 Y : 68	
Paramètres prévisionnels du réservoir	Transmissivité (D.m)  Salinité (g/l)  Température (° C)  Porosité (%)	$75 \pm 2$ $27 \pm 1$ $67 \pm 1$ $16 \pm 1$
Production géothermale	<b>Débit maximal de Production annuelle at</b> Débit de poir  Débit moyen an  Température de re  Débit calorifique corr  Taux de couvert	tendue ≈ 46 000 MWth  nte 300 m³/h  nuel : 247 m³/h  éinjection : 45 °C  respondant : 8,1 MW



## **SOMMAIRE**

1.	INFO	ORMATIONS GENERALE	27	
1.1.	Justification de la demande et du projet			
	1.1.1.	Objet de la demande	29	
	1.1.2.	Contenu du dossier	33	
	1.1.3.	Pertinence du projet	35	
1.2.	Qualite	Qualité du demandeur		
	1.2.1.	Fiche d'identité du demandeur	37	
	1.2.2.	Justification des capacités techniques et financières du demandeur	38	
1.3.	Contex	tte et description du projet de valorisation de la ressource	41	
	1.3.1.	Situation actuelle	41	
	1.3.2.	Description sommaire de l'opération projetée	42	
1.4.	Budget	t prévisionnel et financement du projet	43	
	1.4.1.	Coûts d'investissement sous-sol	43	
	1.4.2.	Puits de production GVLB1	46	
	1.4.3.	Puits injecteur GVLB2	48	
	1.4.4.	Estimation des travaux de modification de surface	51	
	1.4.5.	Coûts d'exploitation du doublet géothermique	53	
	1.4.6.	Plan de financement	57	
1.5.	Plannii	ng prévisionnel du projet	58	
1.6.	Condit	ions réglementaires d'accès à la ressource	58	
	1.6.1.	Permis de recherche minier et permis d'exploitation	59	
	1.6.2.	Demande d'ouverture de travaux miniers	61	
	1.6.3.	Permis d'exploitation existants et périmètres concernés	62	
	1.6.4.	Périmètres de recherche demandé et périmètre d'exploitation envisagé	64	
	1.6.5.	Durée relative à la demande formulée	65	



	1.6.6.	Permis d'exploitation envisagé suite à la recherche	65
	1.6.7. l'Albie	Contraintes liées au SDAGE Seine-Normandie et à la protection de l'aquifè n/Néocomien	
1.7.	Identif	cation des risques et contraintes techniques et organisationnelles applicables au proj	et 66
	1.7.1.	Les contraintes techniques et réglementaires	66
	1.7.2.	Les contraintes d'organisation et de planification	70
	1.7.3.	Les contraintes de chantier	71
1.8.	Finance	ement du projet et garanties	72
		Subventions pouvant être accordées par l'Agence de l'Environnement et de la Manergie (ADEME), la Région Ile de France et le Fonds Européen de Développe al (FEDER).	emen
	1.8.2.	Subventions à la réalisation – Fonds Chaleur et FEDER	72
	1.8.3.	Fonds de garantie géothermie	74
2.1.	Localis	sation du projet de géothermie	77
GĽ	OTHE	RMIQUE AU DOGGER	/ 3
2.2.		tion de surface	
	2.2.1.	Contexte et objectif	79
	2.2.2.	Réseau de chaleur	80
2.3.	Contex	tes géologique et hydrogéologique	84
	2.3.1.	Contexte géologique global	84
	2.3.2.	Contexte géologique du secteur d'étude et lithologie de l'aquifère du Dogger	86
	2.3.3.	Contexte hydrogéologique du secteur d'études	89
2.4.	Caracte	érisation du réservoir du Dogger	90
	2.4.1.	Paramètres réservoirs des puits alentours	90
	2.4.2.	Caractéristiques hydrodynamiques du réservoir	91
2.5.	Modéli	sation hydraulique et thermique du réservoir	96
	2.5.1.	Modèle conceptuel	96
	2.5.2.	Calibration du modèle et historique d'exploitation (1985-2015)	104



	2.5.3.	Modélisations hydro-thermiques (2017-2047)	. 108
	2.5.4.	Conclusions des simulations hydro-thermiques	. 116
2.6.	Sollicit	ation de l'aquifère du Dogger et emprises prévisionnelles du projet	. 117
	2.6.1.	Sollicitations actuelles de l'aquifère du Dogger dans les environs du secteur d'étude	:117
	2.6.2.	Implantation prévisionnelle de GVLB3	. 118
	2.6.3.	Définition du périmètre du permis de recherche d'un gîte géothermique au Dogger .	. 119
	2.6.4.	Volume et périmètre d'exploitation prévisionnels	. 120
2.7.	Disposi	tifs de mobilisation de la ressource	. 125
	2.7.1.	Introduction	. 125
	2.7.2.	Emprise au sol des travaux de forage et aménagement de la plateforme	. 126
	2.7.3.	Description sommaire des ouvrages du sous-sol	. 128
	2.7.4.	Description et fonctionnement de la boucle géothermale	. 129
	2.7.5.	Contraintes liées au fluide	. 132
2.8.	Modific	eation de surface pour fonctionner en triplet	. 133
	2.8.1.	Bilan des outils de production existants	. 133
	2.8.2.	Mixité énergétique	. 135
	2.8.3.	Réseau de chaleur	. 135
	2.8.4.	Modifications	. 136
2.9.	Contrôl	es périodiques et suivi de l'exploitation	. 137
	2.9.1.	Contrôle périodique de l'installation et des équipements	. 137
	2.9.2.	Contrôles périodiques de la ressource	. 138
	2.9.3.	Contrôles périodiques des ouvrages	. 139
	2.9.4.	Contrôles périodiques du fluide géothermal	. 140
2.10.	Conditi	ons d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique (pour chacun des puits)	. 142
	2.10.1.	Protocoles d'abandon	. 143
	2 10 2	Coûte actimatife dae travoux d'abandan	1/12



o. DE		GE (TRIPLET)145
3.1. GVL		re exposant les caractéristiques principales des travaux prévus pour la réalisation du puits
	3.1.1.	Fiche résumé des travaux prévus pour la réalisation du puits GVLB3
	3.1.2.	Implantation du nouveau forage GVLB3
	3.1.3.	Travaux d'aménagement pour la réalisation du puits GVLB3
	3.1.4.	Travaux de forage du puits GVLB3
	3.1.5.	Exposé des méthodes de forages envisagées
	3.1.6.	Remise en état du site
3.2.	Etat du	puits injecteur GVLB2
	3.2.1.	Etat du puits – Contrôles périodiques
3.3.	Etat du	puits producteur GVLB1
	3.3.1.	Etat du puits – contrôle périodiques
	3.3.2.	Investigations complémentaires de 2016
	3.3.3.	Utilisation du puits
3.4.	Fonction	onnement du triplet
	3.4.1. GVLB	Consommation électrique annuelle des pompes pour un fonctionnement en triplet 3/GVLB1 et GVLB2
	3.4.2. fonctio	COP et coût annuel lié à la consommation électrique des pompes pour un nnement en triplet
	3.4.3. GVLB	Consommation électrique annuelle des pompes pour un fonctionnement en doublet 3/GVLB2
	3.4.4. fonctio	COP et coût annuel lié à la consommation électrique des pompes pour un nnement en doublet
3.5.	Descrip	otif des équipements constitutifs de la boucle géothermale
3.6.	Résum	é de l'étude d'impact sur l'environnement
	3.6.1.	Impacts – en cours de travaux
	362	Impacts – en cours d'exploitation



4.	ETUI	DE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	. 203
4.1.	Justific	ation et contexte du projet	205
	4.1.1.	Justificatif du projet	205
	4.1.2.	Contexte géographique et administratif de Villiers-le-Bel	207
	4.1.3.	Contexte historique de Villiers-le-Bel	209
	4.1.4.	Contexte socio-économique de Villiers-le-Bel	210
	4.1.5.	Les axes de communications et de transport	212
	4.1.6.	Patrimoine architectural de Villiers-le-Bel	214
	4.1.7.	Les espaces verts	215
4.2.	Descrip	otion du site et de son environnement – Etat initial du site	216
	4.2.1.	Situation et description du site	216
	4.2.2.	Propriétés	216
	4.2.3.	Projet situé à proximité du site	218
	4.2.4.	Accès et dessertes du site	218
	4.2.5.	Equipements et habitations situés à proximité du site	218
	4.2.6.	Caractère général du paysage du site de l'opération	220
	4.2.7.	Qualité du sol	222
	4.2.8.	Eaux superficielles et souterraines	223
	4.2.9.	Qualité de l'air	226
	4.2.10.	Environnement sonore	238
	4.2.11.	Urbanisme et servitude	243
4.3. néga	-	e des impacts du projet et mesures destinées à supprimer, ou compenser, les	
	4.3.1.	Impact sur le contexte socio-économique de la ville	250
	4.3.2.	Protection du patrimoine	251
	4.3.3.	Impact sur la circulation et les infrastructures	252
	4.3.4.	Impact sur la sécurité des personnes	253
	4.3.5.	Impact sur le paysage, la faune et la flore	255



	4.3.6.	Impact sur le sol et les eaux de surface	. 255
	4.3.7.	Impact sur la géologie et les aquifères profonds	. 257
	4.3.8.	Impacts visuels	. 258
	4.3.9.	Impacts sur la qualité de l'air	. 259
	4.3.10.	Nuisances sonores	. 261
	4.3.11.	Impact sur les réseaux existants	. 263
	4.3.12.	Déchet et propreté du site	. 263
	4.3.13.	Effets cumulés	. 267
4.4. SDA		ce des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et compatibilité ave- e-Normandie 2016-2021	
	4.4.1.	Le SDAGE Seine Normandie 2016-2021	. 268
	4.4.2.	Le SAGE concerné : Croult Enghien Vieille Mer	. 270
	4.4.3.	Protection des ressources en eaux souterraines au droit du site	. 271
4.5.	Elémen	ts économique en regard des impacts et des mesures compensatoires	. 282
	4.5.1.	Phase travaux de forage	. 282
	4.5.2.	Phase exploitation	. 283
5.	DOC	UMENT DE SÉCURITÉ ET DE SANTÉ	285
5.1.	Docum	ent de sécurité et de santé durant les travaux	. 287
5.2.	Sécurite	ś du public	. 288
	5.2.1.	Circulation des véhicules	. 288
	5.2.2.	Bruits de chantier	. 290
	5.2.3.	Production d'eau ou de gaz géothermaux	. 290
	5.2.4.	Stockage de produits divers	. 291
	5.2.5.	Accès au site	. 291
	5.2.6.	Infrastructures de chantier	. 292
	5.2.7.	Protection de la santé du personnel sur le chantier	. 293
	5.2.8.	Mesures et éléments de prévention	. 293



296  De Protection contre le sulfure d'hydrogène
nent de sécurité et de santé durant l'exploitation d'un gîte géothermal
none de securite et de sante durant i expronation d'un grie geometrial
Étude du scénario de fuite par percement d'un cuvelage en exploitation
Mesures de sécurité en cas de fuite
Mesures prises pour protéger la population riveraine des odeurs liées aux émanations 302
Documents à présenter dans le cadre de travaux de maintenance

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la centrale géothermique et des têtes de puits (vues sur fond de plan routier, source Google Earth)
Figure 2 : Localisation de la centrale géothermique et des têtes de puits (vue aérienne, source Google Maps)
Figure 3 : Limite de l'emprise de chantier pour le site de Villiers-le-Bel
Figure 4 : Photo de la centrale géothermique et de la surface retenue pour l'exploitation du triplet, de l'autre côté de la clôture actuelle
Figure 5 : Périmètre d'exploitation projeté (triplet) en bleu ; localisation (impacts au toit du réservoir) des puits du doublet actuel et du puits de production candidat. En rouge le périmètre de recherche sollicité
Figure 6 : Emprise du périmètre de recherche sollicité (en rouge). En vert le périmètre d'exploitation actuel (GVLB1/GVLB2), en bleu le périmètre d'exploitation envisagé
Figure 7 : Coupe géologique et technique actuelle et prévisionnelle à long terme (en rouge) du puits GVLB1
Figure 8 : Coupe géologique et technique actuelle et prévisionnelle à long terme (en rouge) du puits d'injection GVLB2
Figure 9 : Représentation schématique d'un périmètre d'exploitation d'un doublet
Figure 10 : Situation du doublet géothermique de Villiers-le-Bel (en bleu) par rapport aux autres exploitations géothermiques au Dogger du nord est parisien (en jaune) et des réseaux de chaleur 63
Figure 11 : Périmètre d'exploitation actuel en vert et projeté (triplet) en bleu ; localisation (impacts au toit du réservoir) des puits du doublet actuel et du puits de production candidat. En rouge le périmètre de recherche sollicité



Figure 12 : Schéma de principe d'implantation du nouveau puits à proximité des puits existants	67
Figure 13 : Localisation de la centrale et des têtes de puits (vues sur fond de plan routier, so Google Earth)	
Figure 14 : Localisation de la centrale et des têtes de puits (vue aérienne, source Google Maps)	78
Figure 15 : Plan du réseau de chaleur de Villiers-le-Bel/Gonesse	82
Figure 16 : Schéma hydraulique projeté (modifié d'après le schéma de principe actuel réalisé Itherm Conseil)	_
Figure 17 : Nouvelle coupe géologique simplifiée ouest-est du Bassin Parisien (AGBP, 2014)	84
Figure 18 : Coupe stratigraphique du Bassin Parisien avec localisation des principaux aquifères carte du gradient géothermale (source BRGM, Département Géothermie)	
Figure 19: Carte des isobathes du toit du Dogger (Heritier et Villemin)	87
Figure 20 : Coupe géologique prévisionnelle du puits GVLB3 – Report des côtes des forag proximité (doublet de Villiers-le-Bel (GVLB) et de Garges-Lès-Gonesse (GGAR) et PIF051)	
Figure 21 / Positions et coordonnées (en LICarto) des deux impacts au toit du réservoir testés por nouveau puits	
Figure 22 : Carte des transmissivités (D.m) (Coordonnées en LICarto)	92
Figure 23 : Carte isobare du Dogger (Coordonnées en LICarto)	93
Figure 24 : Carte isotherme du Dogger (Coordonnées en LICarto)	94
Figure 25 : Grille du domaine simulé (Coordonnées en LICarto)	97
Figure 26 : Logigramme de simulation de réservoir	98
Figure 27 : Schématisation sandwich du réservoir multicouche à partir des données de flowmétri 1984 et 2014	
Figure 28 : Champ de température modélisé sous Tough 2 (en °C)	. 101
Figure 29 : Champ de perméabilité modélisé sous Tough 2 (en Darcy)	. 101
Figure 30 : Cote du toit du réservoir modélisé sous GOCAD (en m NGF) et exporté sous Tough 2 .	. 102
Figure 31 : Champ de pression modélisé sous Tough 2 (en Pascal)	. 102
Figure 32 : Etat thermique année 2015 (°C)	. 105
Figure 33 : Profil thermique A-B (est-ouest) en 2015 en Y=1145900	. 105
Figure 34 : Température de production du puits GVLB1 (Base Dogger BRGM)	. 106
Figure 35 : Température de production simulée (1984-20015)	. 106
Figure 36 : Rahattements simulés - année 2015 (har)	107



Figure 37 : Cinétique de refroidissement en GVLB3 – scénario de base, d'exploitation sur 30 ans, du triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2,
Figure 38 : Champ de températures projeté en 2047. Scénario de base – GVLB3 producteur/ GVLB3 et GVLB2 injecteurs
Figure 39 : Champ de rabattements projeté en 2047 Scénario de base – GVLB3 producteur/GVLB1 e GVLB2 injecteurs
Figure 40 : Cinétique de refroidissement en GVLB3 – scénario d'exploitation sur 30 ans du double GVLB3/GVLB2
Figure 41 : Champ de températures projeté en 2046. Scénario 1 – GVLB3 producteur/GVLB2 injecteur/GVLB1 en travaux
Figure 42 : Champ de rabattements projeté en 2046. Scénario 1 – GVLB3 producteur/GVLB2 injecteurs et GVLB1 en travaux
Figure 43 : Localisation des périmètres d'exploitation (en jaune) à proximité du doublet de Villiers le Bel (en bleu), et anciennes exploitations (marron hachuré)
Figure 44 : Implantation prévisionnelle de GVLB3, vue en plan (coordonnées en Lambert I) 118
Figure 45 : Emprise du périmètre de recherche sollicité. En vert le périmètre d'exploitation actue (GVLB1/GVLB2), en bleu le périmètre d'exploitation envisagé
Figure 46 : Schéma du périmètre d'exploitation dans le cas d'un doublet
Figure 47 : Périmètre d'exploitation et de recherche Villiers-le-Bel/Gonesse
Figure 48 : Coupe prévisionnelle du futur puits GVLB3
Figure 49 : Emprise au sol d'un appareil de forage et de sa dotation
Figure 50 : Schéma de principe du triplet de Villiers-le-Bel/Gonesse (source GPC-IP)
Figure 51 : Organisation du réseau de chaleur (schéma de principe réalisé par SERMET) 134
Figure 52 : Planning prévisionnel
Figure 53 : Limite de l'emprise de chantier pour le site de Villiers-le-Bel avec coordonnée en Lamber 93
Figure 54 : Photo de la centrale géothermique et de la surface retenue pour l'exploitation du triplet, de l'autre côté de la clôture actuelle
Figure 55 : Emprise au sol d'un appareil de <i>servicing</i> ou <i>work over</i> et de sa dotation, sur fond cadastra
Figure 56 : Emprise au sol d'un appareil de forage et de sa dotation, sur fond cadastral
Figure 57 : Schéma de principe de construction d'une cave de tête de puits
Figure 58 : Coupe verticale et projetée du nouveau puits GVLB3 – les profondeurs et noms des formations géologiques attendues sont reportés



Figure 59 : Vue 3D trajectoires des puits existants et du puits projeté	. 158
Figure 60 : Vue en plan et en coupe des ouvrages existants et du forage projeté (vue en coupe du vers le nord)	
Figure 61 : Paramètres de la trajectoire candidate	. 161
Figure 62 : Vue 3D du puits acier GVLB3	. 162
Figure 63 : Programme prévisionnel de forage/complétion du puits GVLB3	. 163
Figure 64 : Courbe d'avancement prévisionnel du forage de Villiers-le-Bel/Gonesse	. 168
Figure 65 : Pertes de charges dans les tubages et le réservoir	. 178
Figure 66 : Nouveau puits producteur GVLB3. Caractéristiques prévisionnelles du puits et courbe puissance. Puits intègre et dégradé	
Figure 67 : Pression d'injection pour deux injecteurs GVLB1 et -2 dans leur état actuel, rappor 40°C	
Figure 68 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour les injecteurs dans leur état actuel	
Figure 69 : Pression d'injection pour deux injecteurs réhabilités GVLB1 et -2, une fois rechement rapportés à 40°C	
Figure 70 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour les injecteurs, une fois rechemisés	
Figure 71 : Pression d'injection au puits GVLB2, dans son état actuel, rapportée à 40 °C	. 190
Figure 72 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour le GVLB2, dans son état actuel	_
Figure 73 : Pression d'injection au puits GVLB2, une fois rechemisé, rapportée à 40 °C	. 191
Figure 74 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour le GVLB2, une fois rechemisé	
Figure 75 : Schéma hydraulique envisagé (schéma de principe réalisé par Itherm Conseil)	. 196
Figure 76 : Périmètre d'exploitation projeté (triplet) en bleu ; localisation (impacts au toit du réser des puits du doublet actuel et du puits de production candidat. En rouge le périmètre de reche sollicité	erche
Figure 77 : Situation géographique de Villiers-le-Bel et de Gonesse dans le territoire « Roissy Pay France »	-
Figure 78 : Histogramme de l'évolution démographique (INSEE)	. 208
Figure 79 : Réseau de transports ferrés desservant Villiers-le-Bel (SNCF)	. 212
Figure 80 : Réseau routier desservant Villiers-le-Bel	. 213
Figure 81 : Clôture existante et projetée après forage	217



Figure 82 : Vues générales d'implantation : a) centrale vue depuis la rue de Goussainville, b) site, c) lycée sur la façade Ouest de la centrale, d) habitations les plus proches	
Figure 83 : Zones de protection environnementales à proximité de Villiers-le-Bel	221
Figure 84 : cours d'eau à proximité de Villiers-le-Bel	223
Figure 85: nappes souterraines principales (Source: site internet DRIEE)	224
Figure 86: Indicateurs de dépassement des valeurs limites - concentrations en Dioxyd (www.airparif.asso.fr)	
Figure 87: Indicateurs de dépassement des valeurs limites - concentrations en particules fine (www.airparif.asso.fr)	•
Figure 88 : Indicateurs des concentrations en particules fines <2.5 µm (www.airparif.asso.fr).	235
Figure 89 : Indicateurs de dépassement des valeurs limites - concentrations en (www.airparif.asso.fr)	
Figure 90 : Indice Citeair dans le Val d'Oise	236
Figure 91 : Indice Citeair à Villiers-le-Bel	236
Figure 92 : Intensité sonore en Décibels pondération A	239
Figure 93 : Carte de gêne liée au bruit de l'aéroport CDG, en vert limite de zone III soumis 55Db	
Figure 94 : Zone exposée à plus de 55 db <i>Lden</i>	241
Figure 95 : Carte d'expositions au bruit sur 24h des voies ferrées 55 db <i>Lden</i>	241
Figure 96 : Carte d'exposition au bruit de nuit des voies ferrées 50 db <i>Ln</i>	242
Figure 97 : Déviation de la D370 – modification avenue de Parisis	242
Figure 98 : Zonage du PLU concernant le site	246
Figure 99 : Zonage du PLU vue satellite	246
Figure 100 : risques naturels du Val d'Oise	248
Figure 101 : Carte des risques d'inondation (InfoTerre)	249
Figure 102 : Carte des risques par retrait gonflement des argiles, en bleu site où un effondrer déjà produit (InfoTerre)	
Figure 103 : Implantation des têtes de puits GVLB1 et GVLB2	254
Figure 104 : Etat d'avancement des SAGE en Ile-de-France	270
Figure 105 : Situation des données de la RSS dans un rayon de 3 km autour du site	274



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du réservoir du Dogger à Villiers-le-Bel et Gonesse (Puits GVLB1 et GVLB2 à l'origine en 1984)
Tableau 2 : CAPEX forage/complétion (k€). Puis producteur GVLB3 acier [KOP@380m/solgource : avenant n°7 de la DSP)
Tableau 3 : CAPEX workover (Source : avenant n°7 de la DSP)
Tableau 4 : CAPEX surface (Source : avenant n°7 de la DSP)
Tableau 5 : Programme prévisionnel de maintenance du Triplet de 2017 à 2037
Tableau 6 : OPEX Minier et Surface
Tableau 7 : Bilan d'exploitation, en production et vente, d'énergie thermique
Tableau 8 : Principales caractéristiques du réseau de distribution au 31 décembre 2015
Tableau 9 : Paramètres de réservoir mesurés sur les puits du secteur
Tableau 10 : Paramètres principaux pris en compte dans la détermination de la productivité de GVLB3
Tableau 11 : Paramètres hydrodynamiques du modèle
Tableau 12 : Historique d'exploitation du doublet de Villiers-le-Bel (1985-2015) 104
Tableau 13 : Scénario d'exploitation envisagé pour le site de Villiers-le-Bel/Gonesse
Tableau 14 : Scénario de fonctionnement du doublet GVLB3/GVLB2 en attente de rechemisage de GVLB2
Tableau 15 : Descriptif sommaire des équipements de la boucle sous-sol du triplet de Villiers-le-Bel/Gonesse et estimation des fréquences de renouvèlement
Tableau 16 : Tableau de suivi des paramètres d'exploitation, à envoyer chaque trimestre au BRGM138
Tableau 17: Fréquence des contrôles périodiques des paramètres physico-chimiques du fluide géothermal
Tableau 18 : Programme de diagraphie
Tableau 19 : Abréviations relatives aux tableaux précédents
Tableau 20 : Programme de test de BOP, optionnel
Tableau 21 : Programme de test de BOP
Tableau 22 : Organisation générale du chantier
Tableau 23 : Répartition des heures selon les débits de pompage prévus sur une saison d'exploitation pour un fonctionnement en triplet



Tableau 24 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe de production, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation – fonctionnement en triplet
Tableau 25 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en triplet avec GVLB1 et GVLB2 gardés en l'état
Tableau 26 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en triplet, après rechemisage de GVLB1 et GVLB2
Tableau 27 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2 avec GVLB1 et GVLB2 dans leur état actuel
Tableau 28 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2 après rechemisage de GVLB1 et de GVLB2
Tableau 29 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe de production, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation – fonctionnement en doublet
Tableau 30 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en doublet avec GVLB2 gardés en l'état
Tableau 31 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en doublet, après rechemisage de GVLB2
Tableau 32 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en doublet GVLB3/GVLB2 avec GVLB2 dans son état actuel
Tableau 33 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en doublet GVLB3/GVLB2 après rechemisage de GVLB2
Tableau 34 : Seuils et valeurs réglementaires
Tableau 35 : Valeurs limites pour la protection de la santé et objectif qualité relatifs au Benzène 228
Tableau 36 : Valeur guide relative au toluène
Tableau 37 : Valeurs et seuils règlementaires relatifs aux particules PM10
Tableau 38 : Seuils règlementaires relatifs à l'ozone
Tableau 39 : Seuils et valeurs limites réglementaires relatifs au dioxyde de soufre
Tableau 40 : Travaux et emprises prévisibles lors de l'exploitation du doublet géothermique 253
Tableau 41 : Inventaire des captages d'eau dans un rayon de 3 km autour de la centrale géothermique
Tableau 42 : Vitesse de vent et période moyenne de retour en Ile de France (Source : site internet meteo-paris.com)



## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Arrêté du 11 janvier 2007 accordant la prolongation du permis d'exploitation jusqu'au 3 octobre 2019	
Annexe 2 : Accord de principe de la ville de Villiers-le-Bel (courrier en date du 07/07/2016) 30	17
Annexe 3 : Statut du Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et l distribution de chaleur sur les communes de Villiers-le-Bel et Gonesse	
Annexe 4 : Comptes administratifs des années 2012, 2013 et 2014 du Syndicat Intercommunal d Villiers-le-Bel/Gonesse	
Annexe 5 : Présentation de la Société Coriance	0
Annexe 6 : Bilan financier de l'année 2014 de la STVLBG	1
Annexe 7 : Informations techniques et financières de la société GPC-IP	2
Annexe 8 : Liste des abonnés par secteur et principales caractéristiques des points de livraison d'réseau de distribution dont leur date de mise en service suite à leur raccordement	
Annexe 9 : Arrêté portant approbation des cartes de bruits des infrastructures routières et ferroviaire du Val d'Oise	
Annexe 10 : Fiche toxicologique du Sulfure d'Hydrogène H2S	5
Annexe 11 · Avenant n°7 de la DSP	6



## 1. INFORMATIONS GENERALE





#### 1.1. Justification de la demande et du projet

#### 1.1.1.Objet de la demande

Les villes de Villiers-le-Bel et de Gonesse utilisent la géothermie depuis la saison de chauffage 1984-1985. Les puits qui composent ce doublet sont GVLB1, puits de production et GVLB2, puits d'injection.

Les têtes de puits de ce doublet sont situées sur la commune de Villiers-le Bel, dans l'enceinte de la STVLBG, délimitée par la rue de Goussainville et l'avenue des Asniers. Le réseau de géothermie alimente l'ensemble des quartiers des Carreaux, du Puits La Marlière et Derrière les Murs Monseigneur (PLM/DLM) sur la ville de Villiers-le-Bel ainsi que le quartier La Fauconnière sur la ville de Gonesse. En 2015, la centrale géothermique assurait environ 40% des besoins de chaleur de 7 500 équivalents logements (environ 58 000 MWh en 2015 en chauffage et eau chaude sanitaire), via un réseau de distribution de 14 km qui alimente 65 sous-stations.

Les analyses physico-chimiques et le suivi du traitement en fonds de puits sont réalisés par la société Geofluid sous un contrat annuel.

L'arrêté du 11 janvier 2007 autorise le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse à poursuivre l'exploitation du gîte géothermique à basse température du Dogger situé sur la commune de Villiers-le Bel jusqu'au 30 octobre 2019 (cf. Annexe 1).

Cependant, le puits producteur GVLB1, foré en 1984 et rechemisé intégralement en 1995, connaît depuis le mois de mars 2008 un déclin de sa productivité matérialisé par une baisse récurrente du niveau dynamique (cf. rapport de diagnostic DCE14024) et ce malgré la mise en place de différentes mesures, notamment le remplacement de la pompe d'exhaure en début d'année 2014. Cette dégradation de la productivité a entraîné une diminution du pourcentage de chaleur produite à partir d'énergies renouvelables ou de récupération sur le réseau à moins de 50% et le bouleversement de l'équilibre économique du système de production et de distribution de chaleur. L'exploitation du doublet existant ne permet plus de garantir la productivité nécessaire pour assurer la pérennité de service public.

La société STVLBG (Société Thermique de Villiers-le-Bel/Gonesse), filiale de la société SA Coriance, gère les ouvrages de production et la distribution de chaleur sur les communes de Villiers-le-Bel et Gonesse, dans le cadre d'une Délégation de Service Public (DSP), attribuée le 1 février 2007 par le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse.

L'avenant n°7 (Cf. Annexe 11) de cette convention porte désormais l'échéance de la Convention au 31 juillet 2033. Cet avenant rend compte de la défaillance du puits de production existant (GVLB1), et définit comme nécessaire de procéder au forage d'un nouveau puits de géothermie pour accroître l'utilisation des énergies renouvelables sur le réseau. Grâce à la réalisation dudit puits, environ 46 000 MWh issus d'énergie géothermale seront produits sur le réseau.

Afin de sécuriser, pérenniser et développer les moyens de production de chaleur géothermique, la STVLBG a décidé de confier à GPC-IP une mission de maîtrise d'œuvre pour la conception et la réalisation d'un nouveau puits de production GVLB3 destiné à remplacer le puits producteur GVLB1. Cela permettra une augmentation significative de la production géothermale qui passera de débits maximaux actuels d'environ 190 m³/h à des débits de pointe de 300 m³/h et permettra de dépasser durablement 50% d'énergies renouvelables et de récupération sur le réseau et ainsi de rétablir de façon pérenne l'application du taux réduit de TVA sur le terme proportionnel de la facture énergétique des abonnés.



Par ailleurs, de nouvelles investigations menées en juin 2016, ont permis d'attribuer les baisses de productivité du puits GVLB1, non pas à l'endommagement du proche réservoir mais à l'endommagement du puits en lui même.

Il est donc programmé une première phase de mise en stand by du puits GVLB1, dans l'attente qu'il soit utile, pour observation et mesures. Cette phase d'observation, qui devrait s'achever au plus tard en 2019, nécessitera au préalable de réhabiliter GVLB1 puis de le remplir d'une solution inhibitrice anti-corrosion. Elle permettra l'observation/auscultation continue du réservoir géothermal et de l'évolution des champs de température et de pression locaux en vue d'optimiser l'option d'aménagement du triplet futur. Durant cette phase de mise en sommeil, le doublet GVLB3/GVLB2 sera mis en exploitation.

Les mesures et observations réalisées sur le triplet et en particulier sur GVLB1 durant cette première phase, permettront de valider l'option envisagée, de convertir GVLB1 en forage injecteur, une fois le forage GVLB2 rechemisé. L'exploitation serait alors celle d'un triplet avec GVLB3 producteur et réinjection des eaux géothermales refroidies dans les puits GVLB2 et GVLB1. Cette reconversion permettrait de compléter les capacités d'injection du puits GVLB2, et par la même de diminuer la surconsommation électrique liée à l'augmentation de pression d'injection du fait du rechemisage futur de GVLB2. De plus, l'augmentation des vitesses dans l'injecteur rechemisé permettrait en étant répartie sur deux injecteurs, d'assurer des vitesses suffisantes nécessaires à une bonne protection anti-corrosion.

Ce fonctionnement envisagé en triplet avec GVLB3 producteur et GVLB1 et -2 injecteurs permettra de sécuriser une production géothermale pendant de nombreuses années.

Les objectifs du Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse sont donc multiples :

- optimiser la ressource géothermale ;
- pérenniser et fiabiliser les installations ;
- créer un nouveau puits de production (GVLB3) propre à assurer ses besoins existants et futurs avec un taux de couverture minimum de 50%;
- garantir les conditions de confort de ses abonnés et des tarifs compétitifs ;
- maitriser ses dépenses de fonctionnement.

Lorsque le nouveau puits sera mis en exploitation, la mixité de la production énergétique prévue serait la suivante (données pour un débit moyen annuel de 247~m3/h et pour un débit de pointe de 300~m3/h) :

- 58% géothermie,
- 19% gaz,
- 23% cogénération

Ce qui représente une part prévisionnelle d'ENR estimée donc à 58% de couverture.



En cas de raccordement avec l'usine d'incinération, la mixité prévisionnelle serait la suivante :

- 58% géothermie,
- 9 % de valorisation de l'UIOM,
- 10 % de gaz
- 23 % cogénération,

Ce qui représenterait une part prévisionnelle d'ENR estimée à 67% de couverture.

L'avenant n°7 prévoit également la possibilité de raccorder l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) de Sarcelles, au réseau de chaleur de la STVLBG. L'UIOM est gérée par le Syndicat Mixte pour la Gestion de l'Incinération des Déchets Urbains de la Région de Sarcelles (SIGIDURS), ce dernier souhaitant développer son activité disposant d'une énergie fatale qu'il souhaite revendre.

C'est dans ce contexte que le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse dépose une demande d'autorisation de recherche d'un gîte géothermique basse température et une demande d'autorisation d'ouverture de travaux de recherche d'un gîte géothermique qui l'accompagne.

Le dossier comprend dans un premier temps une demande qui concerne l'octroi d'une autorisation de recherche d'un gîte géothermique basse température (inférieure à 150°C) au Dogger dans un périmètre incluant *pro parte* les communes suivantes du Val d'Oise :

- Arnouville,
- Bouqueval,
- Gonesse,
- Villiers-le-Bel,
- Sarcelles,
- Ecouen.

Ce périmètre est assimilable à un quadrilatère orienté selon une direction nord-ouest/ sud-est (cf. quadrilatère rouge sur la Figure 6), d'une superficie de 15,5 km².

Ses dimensions permettent d'anticiper, un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3 d'environ 100 m, dû à une différence entre la trajectoire prévue et la trajectoire suivie lors la réalisation du forage.



Les cordonnées (Lambert 93) des angles (A, B, C et D) du permis sollicité sont recensées dans le tableau suivant :

A	X: 655 629 Y: 6 880 250	В	X: 655 990 Y: 6876 233
С	X: 659 852 Y: 6 876 216	D	X: 658 792 Y: 6 880 999

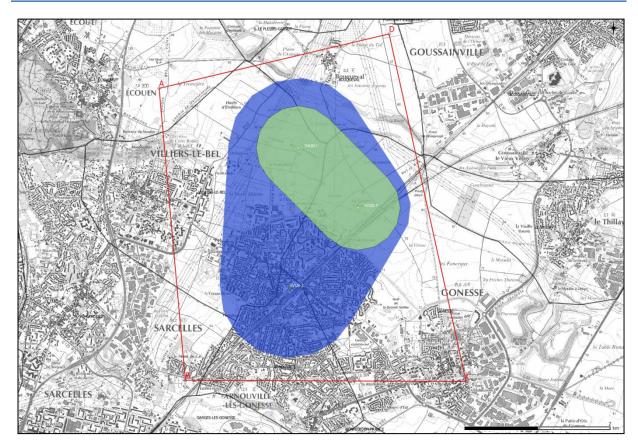


Figure 6 : Emprise du périmètre de recherche sollicité (en rouge). En vert le périmètre d'exploitation actuel (GVLB1/GVLB2), en bleu le périmètre d'exploitation envisagé

Ce dossier comprend également une demande d'autorisation d'ouverture de travaux de recherche d'un gîte géothermique au Dogger correspondant à la réalisation d'un puits orienté et incliné GVLB3, dédié au pompage de l'eau du Dogger, pour un fonctionnement en triplet, avec deux puits injecteurs GVLB1 et GVLB2.

Le site d'implantation de la tête de puits de GVLB3 est localisé à quelques mètres de l'enceinte actuelle de la centrale géothermique et à proximité immédiate des têtes des 2 puits existants (GVLB1 / GVLB2), rue de Goussainville, Villiers-le Bel (95) (cf. §2.1). Cette partie de parcelle référencée n° 53 section ZA sur le cadastre national informatisé (cf. Figure 55) sera mise à la disposition de la STVLBG par la ville de Villiers-le Bel au même titre que le sont actuellement les parcelles 54 et 55 dans leur ensemble. Cette mise à disposition dont l'accord de principe a déjà été transmis par courrier par la ville de Villiers-le-Bel (Cf. Annexe 2), sera validée au plus tard à la fin de l'Enquête Publique, induite par la procédure d'instructions de la présente demande de permis minier. Une convention tripartite entre le Syndicat Intercommunal, Coriance et la ville de Villiers-le-Bel sera mise en œuvre pour acter cette mise à disposition.



#### 1.1.2. Contenu du dossier

Le dossier détaille les aspects techniques et environnementaux relatifs au puits GVLB3 faisant l'objet de la demande d'autorisation de recherche et de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux.

Dans sa structure, il constitue l'armature de la future demande de permis d'exploitation qui sera complétée par les informations obtenues à l'issue des travaux et plus particulièrement des tests de production finaux.

Vu le (nouveau) code minier et vu le décret  $n^{\circ}78-498$  du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie et le décret  $n^{\circ}$  2006-649 du 2 juin 2006 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines,

#### Le Chapitre 1 de ce document comprend :

- les informations relatives à la demande ;
- l'identification du demandeur et la justification de ses capacités techniques et financières ;
- le contexte et la description du projet de valorisation de la ressource ;
- le budget prévisionnel du projet ;
- le planning prévisionnel;
- les références réglementaires ;
- l'identification des risques et des contraintes techniques et organisationnelles applicables au projet ;
- le financement du projet et les garanties.



## Le Chapitre 2 concerne la demande du permis de recherche d'un gîte géothermique au Dogger. Il comprend :

- la localisation du secteur d'étude ;
- les sollicitations actuelles de l'aquifère du Dogger et l'emprise prévisionnelle du projet ;
- les contextes géologique et hydrogéologique du secteur d'étude ;
- la modélisation des impacts hydraulique et thermique de l'exploitation sur 30 ans, soit une durée supérieure de 15 ans à la durée du permis sollicité;
- le débit et le volume d'exploitation prévisionnels ;
- la description des dispositifs de mobilisation de la ressource ;
- la description du réseau de surface géothermique ;
- la description des contrôles périodiques et du suivi de l'exploitation ;
- les conditions d'arrêt de l'exploitation du gîte géothermique.

## Le Chapitre 3 de ce document concerne la demande d'ouverture de travaux de forage. Il comprend :

- un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus ;
- l'exposé des méthodes de forage envisagées ;
- l'état des puits existants,
- le descriptif de fonctionnement du triplet et de la boucle primaire.



#### Le Chapitre 4 traite de l'impact du projet sur l'environnement d'une manière globale.

L'analyse des impacts permanents liés au fonctionnement de l'exploitation géothermique et les mesures compensatoires envisagées qui entrent dans le cadre de la demande du permis de recherche.

L'analyse des impacts temporaires liés à la période de travaux et les mesures compensatoires envisagées qui entrent dans le cadre de la demande d'ouverture des travaux.

#### Ce chapitre comprend :

- la description du contexte relatif au projet ;
- la description du site et de son environnement (état initial du site) ;
- l'analyse des impacts du projet et les mesures compensatoires ;
- l'incidence des travaux sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine-Normandie ;
- les éléments économiques relatifs aux impacts et aux mesures compensatoires envisagées, en phases forage et exploitation.

Le Chapitre 5 traite des aspects relatifs à la sécurité et à la santé pour la période des travaux, puis pour la période d'exploitation du gîte géothermal.

#### 1.1.3. Pertinence du projet

Les villes de Villiers-le-Bel et Gonesse sont engagées depuis longtemps dans la mise en œuvre de politiques de développement durable. C'est pour affirmer cet engagement que s'est créé le Syndicat Intercommunal pour la production de chaleur de Villiers-le-Bel/Gonesse en 1984.

Dans ce cadre, et dans la continuité des projets de renouvèlement urbains (ANRU) les villes de Villiers-le-Bel et de Gonesse ont souhaité raccorder un maximum de nouvelles constructions sur leur réseau de chaleur. Dans ce sens, de nouveaux raccordements ont été réalisés sur le réseau à partir de 2011 (cf. **Figure 15**).

Or, le forage de production GVLB1 connaît depuis le mois de mars 2008 un déclin de sa productivité, qui ne permet plus de garantir une part de chaleur produite à partir d'énergies renouvelables ou de récupération sur le réseau, supérieure à 50%. Les travaux (workover) de curage du doublet engagés à l'automne 2010, n'ont eu d'autre effet que celui d'une rémission, restaurant momentanément les niveaux dynamiques antérieurs à 2008, une nouvelle baisse étant enregistrée à compter de mai 2011 qui perdure depuis. Il apparaît donc indispensable non pas uniquement de réhabiliter GVLB1 mais également de forer un nouveau puits producteur.



Un scénario pertinent a été conçu de manière à optimiser l'exploitation de la géothermie. Il est défini par le phasage suivant.

- (i) une phase provisoire de mise en *stand by* du puits producteur actuel GVLB1, après la mise en service du nouveau producteur GVLB3. Cette phase provisoire d'observation prendra fin lors du rechemisage du puits injecteur actuel GVLB2, attendu d'ici à 2019. Afin de s'assurer de l'intégrité du puits durant cette mise en sommeil, GVLB1 sera ausculté, nettoyé puis rempli d'une solution inhibitrice anti-corrosion pour le maintenir inerte. Le doublet GVLB3/GVLB2 sera quant à lui mis en exploitation
- (ii) une phase de travaux de reconversion de GVLB1 en puits injecteur et de rechemisage du puits GVLB2 dès qu'il s'avère nécessaire. Les diagraphies règlementaires programmées en 2016 pour GVLB2, et les contrôles prévus avant la mise en sommeil de GVLB1, permettront de détailler le calendrier et les programme à appliquer avant la demande du permis d'exploitation.
- (iii) une phase finale d'exploitation en triplet avec GVLB3 producteur et GVLB2 et GVLB1 injecteurs. Cette reconversion permettra de compléter les capacités d'injection du puits GVLB2 et compensera sa perte d'injectivité après son rechemisage. Dans la mesure où GVLB3 devrait permettre des débits de pointe à 300 m³/h, la sécurisation de l'injection future à l'aide de deux puits se révèle donc plus que pertinente et valorise pleinement le doublet actuel et le futur ouvrage. Ce fonctionnement à deux injecteurs (dont GVLB2 rechemisé) permettra :
  - de diminuer la surconsommation électrique liée à l'augmentation de pression d'injection du fait du rechemisage futur de GVLB2.
  - d'assurer des vitesses de circulation nécessaires pour limiter la corrosion dans les deux puits injecteurs.

Grâce à la réalisation dudit puits, environ 46 000 MWh issus d'énergie géothermale seront produits sur le réseau. Cette production permettra de dépasser durablement 50% d'énergies renouvelables et de récupération sur le réseau et ainsi de rétablir de façon pérenne l'application du taux réduit de TVA sur le terme proportionnel de la facture énergétique des abonnés.



#### 1.2. Qualité du demandeur

#### 1.2.1. Fiche d'identité du demandeur

#### 1.2.1.1. Identité du demandeur

Le demandeur est Monsieur Michel JAURREY, 2ème Adjoint au Maire de Gonesse et président du Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et la distribution de chaleur.

Adresse du Siège:

66 Rue de Paris, BP 10060

95503 GONESSE Cedex

<u>Téléphone</u>:

01 34 45 11 11

Représentant du Maître d'ouvrage :

Monsieur Michel JAURREY

Président

#### 1.2.1.2. Présentation et statuts

Le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et la distribution de chaleur est un syndicat institué entre la commune de Villiers-le-Bel et la commune de Gonesse.

Il a pour objectif de réaliser et d'exploiter toutes installations nécessaires au captage, à la production, au transfert et à la distribution d'énergie calorifique pour le chauffage d'immeubles, d'équipements ou d'ouvrages publics et éventuellement pour des applications à des activités économiques diverses.

Cet objectif concerne en particulier la mise en œuvre de l'utilisation des ressources de la géothermie ainsi que toute action d'optimisation rattachable à ces ressources et pouvant concourir à la satisfaction des besoins en énergie calorifique.

Les statuts du Syndicat sont présentés en Annexe 3.

# 1.2.1.3. Capacité financière et taux d'endettement sur les trois dernières années

L'Annexe 4 présente les comptes administratifs du Syndicat Intercommunal pour les exercices 2012, 2013, 2014.



#### 1.2.2. Justification des capacités techniques et financières du demandeur

#### 1.2.2.1. Le maître d'ouvrage demandeur

Le maitre d'ouvrage et demandeur du permis de recherche et d'ouverture des travaux est le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et la distribution de chaleur.

D'un point de vue technique, le Syndicat Intercommunal a confié à la STVLBG l'exploitation du système géothermique.

Les informations financières concernant le Syndicat Intercommunal sont consignées en Annexe 4.

#### 1.2.2.2. L'assistant au maître d'ouvrage demandeur

L'assistance au maître d'ouvrage demandeur est assurée par la société ENERCAD dont le siège se situe 3 allée du Hameau d'Alfort 94 700 Maisons-Alfort.

La société est représentée par Monsieur Jean-Luc NICAISE.

#### 1.2.2.3. Le maître d'ouvrage délégué (délégataire du réseau)

Le maître d'ouvrage délégué, responsable de la gestion des services de production et de distribution de chaleur sur les communes de Villiers-le-Bel et Gonesse est la Société Thermique de Villiers-le-Bel/Gonesse (STVLBG) filiale de Coriance.

#### Adresse du Siège:

Centrale Géothermique,

Rue de Goussainville,

95400 Villiers-le-Bel

# Adresse du bureau:

10, allée Bienvenue, Immeuble Horizon 1

93885 NOISY LE GRAND Cedex

Représentant du Maître d'ouvrage délégué :

Monsieur Frédéric Turin

Président



La STVLBG assure depuis 2007 la gestion du réseau géothermal. Elle fait appel à des bureaux d'études extérieurs pour l'accompagner dans l'exploitation de son installation et la conception – réalisation de ses projets neufs.

La société CORIANCE, acteur majeur des réseaux de chaleur depuis 18 années, assure l'exploitation et le petit entretien des équipements de la centrale pour le compte de la STVLBG (cf. présentation en Annexe 5).

L'Annexe 6 présente le bilan financier de la STVLBG pour l'année 2014. Les bilans financiers de la STVLBG des années 2012 et 2013 sont disponibles auprès du Syndicat Intercommunal.

La société CORIANCE a confié à la société GPC-IP une mission de maîtrise d'œuvre des travaux du sous-sol pour la réalisation du doublet.

La STVLBG dispose d'un patrimoine géothermal important composé d'un doublet initialement mis en service en 1985 situé sur la commune de Villiers-le-Bel, et d'un réseau de distribution de chaleur de 14 km environ qui alimentent 65 sous-stations et assurent en 2015 environ 40% des besoins de chaleur de 5 500 équivalents logements. Dans le cadre du projet de rénovation urbaine, conformément à la volonté de la Ville de Villiers-le-Bel, le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse a choisi de faire raccorder un maximum de nouvelles constructions au réseau de chaleur, ce qui s'est traduit depuis 2011 par de nouveaux raccordements (cf. **Figure 15**).

Le nouveau puits de production GVLB3, l'ancien puits de production transformé en injecteur GVLB1 et le puits injecteur GVLB2, permettront une sécurisation, une pérennisation et une augmentation significative de la production géothermale qui passera d'environ 190 m³/h à 300 m³/h.

Les caractéristiques de la ressource sont bien connues, via les données recueillies sur le doublet existant et sur l'ancien doublet de Garges-lès-Gonesse. Le réservoir du Dogger, au droit de Villiers-le-Bel et Gonesse présente les caractéristiques suivantes (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques du réservoir du Dogger à Villiers-le-Bel et Gonesse (Puits GVLB1 et GVLB2 à l'origine en 1984)

	Profondeur Verticale	Température au sabot
Puits producteur GVLB1	1 587 m	65,9 °C
Puits injecteur GVLB2	1 578 m	69 °C



#### 1.2.2.4. La maîtrise d'œuvre

L'entreprise SERMET, est le conseil technique surface du déléguant actuel.

En ce qui concerne les travaux de surface, études, conception et suivi des travaux de réalisation, la STVLBG s'appuiera sur un bureau d'étude surface afin de compléter ses compétences propres. Le bureau d'étude qui interviendra n'a pas encore été défini.

Pour ce qui concerne le suivi et les travaux du sous-sol, la STVLBG fait appel depuis 2007 au bureau d'études GPC-IP, spécialisé en géothermie.

#### **GPC Instrumentation Process**

(SARL)

165, RUE DE LA BELLE ETOILE- BP 55030 95946 ROISSY CDG Cedex

> Tél.: 01.48.63.08.08 Fax.: 01.48.63.08.89 Courriel: office@geoproduction.fr

Adresse internet : http://www.gpc-france.com

Siret: 421 314 386 00028 Pierre UNGEMACH, Gérant

GPC INSTRUMENTATION PROCESS (GPC IP), Bureau d'Études spécialisé dans l'ingénierie géothermique, assure les études de sous-sol, les démarches administratives et les dossiers concernant la géothermie profonde.

GPC IP est une société créée en 1998 à partir d'un noyau d'ingénieurs expérimentés dans l'exploration et l'exploitation des fluides du sous-sol (eau, hydrocarbures, géothermie) avec pour objectif la promotion de technologies de forage/complétion/production innovants.



Son champ d'intervention couvre les domaines d'activité suivants :

- forage/complétion;
- ingénierie de réservoirs et évaluation de ressources et réserves ;
- mesures électriques/essais de puits, simulations de réservoirs et gestion des ressources
   ;
- suivi et maintenance des installations de production ;
- réparations (« workovers ») de puits et complétions endommagés ;
- service « coiled tubing» ;
- traitement/abattement des effluents et rejets ;
- inhibition chimique anti-corrosion/dépôts/biocides;
- études de faisabilité et montages financiers ;
- études d'impact environnemental ;
- aspects légaux et réglementaires ;
- due diligence.

Sept brevets d'invention (France, Europe, USA) ont étés déposés à ce jour.

Afin de sécuriser la réussite, aux plans techniques et financiers, de projets souvent complexes, la structure maison, matérialisée par un effectif de treize personnes à temps plein, a été maintenue à dessein légère et ouverte à des collaborations et partenariats, scientifiques et industriels, extérieurs.

Cette souplesse permet de concentrer sur un objectif précis, l'expertise et le savoir faire conceptuels et industriels ainsi que l'accompagnement financier.

Les informations techniques et financières concernant GPC-IP sont consignées en Annexe 7.

#### 1.3. Contexte et description du projet de valorisation de la ressource

#### 1.3.1. Situation actuelle

En l'état actuel, les moyens de production géothermale composés d'un puits de production GVLB1 dégradé et d'un puits de réinjection GVLB2 ne permettent pas d'envisager une exploitation géothermale à moyen ou long terme dans un contexte de croissance de la demande de chaleur et un taux de couverture en énergie renouvelable à respecter de 50%.

Le débit actuellement mobilisable à partir de cet ouvrage est d'environ 80 m³/h en production artésienne (contre 225 m³/h initialement) et d'environ 190 m³/h en production assistée par une électropompe immergée.



#### 1.3.2. Description sommaire de l'opération projetée

L'étude de faisabilité réalisée par GPC-IP dans le cadre d'une mission de maitrise d'œuvre globale a permis de faire ressortir un scénario pertinent de fonctionnement en triplet avec GVLB3 producteur et GVLB2 ainsi que GVLB1 injecteurs (cf. §1.1 et 0).

Un fonctionnement à terme en triplet avec GVLB3 producteur et GVLB2 et GVLB1 injecteurs, permettra de compléter les capacités d'injection du puits GVLB2 et compensera sa perte d'injectivité après son rechemisage. Dans la mesure où GVLB3 devrait permettre des débits de pointe à 300 m³/h, la sécurisation de l'injection future à l'aide de deux puits se révèle plus que pertinente et valorise pleinement le doublet actuel et le futur ouvrage. Ce fonctionnement à deux injecteurs (dont GVLB2 rechemisé) permettra :

- de diminuer la surconsommation électrique liée à l'augmentation de pression d'injection du fait du rechemisage futur de GVLB2.
- d'assurer des vitesses de circulation suffisantes dans les deux puits injecteurs, nécessaires à une bonne protection anti-corrosion en leur sein.

Ce fonctionnement en triplet sera précédé des étapes préliminaires de nettoyage du puits producteur actuel GVLB1, de mise en stand by de GVLB1 avec exploitation du doublet GVLB2/GVLB3 puis de reconversion de GVLB1, décrites au chapitre 3.

Le projet présente par ailleurs un caractère particulièrement vertueux en matière de gestion de la ressource du Dogger en optimisant l'impact au réservoir du nouvel ouvrage dans une zone de températures et de transmissivités du réservoir favorables et suffisamment éloigné de la bulle froide actuelle et future des puits injecteurs.



#### 1.4. Budget prévisionnel et financement du projet

#### 1.4.1. Coûts d'investissement sous-sol

#### 1.4.1.1. Travaux de forage du producteur GVLB3

Dans l'industrie du forage, deux types de rémunération sont utilisés, la rémunération au métré et la rémunération en régie.

# Rémunération au métré/forfait

Dans la rémunération au métré/forfait, l'entreprise principale, généralement l'entreprise de forage, est rémunérée forfaitairement pour chaque mètre foré. C'est donc l'entrepreneur qui gère les opérations de forage en ce qui concerne les décisions d'ordre technique (choix des outils, des paramètres, du type de boue et toute décision liée au forage).

Dans ce type de rémunération, l'entrepreneur inclut donc dans ses prix une provision destinée à couvrir les risques liés aux conditions de forage (vitesse d'avancement, risques de coincement, pertes de temps pour arrêts, etc.).

Dans les contrats de rémunération au métré, certaines prestations demeurent systématiquement rémunérées au temps passé. Ce sont les prestations demandées par le Maître d'Ouvrage ou son Maître d'œuvre dans lesquelles l'entrepreneur n'a pas la direction des opérations (mesures en cours de forage, essais de production, test d'injection par exemple).

Il pourrait être demandé dans le cadre d'une rémunération au forfait une supervision permanente des opérations.

#### Rémunération en régie

La rémunération en régie est une rémunération au temps passé pour l'utilisation du matériel et du personnel de l'Entrepreneur de forage et des autres entreprises concernées (cimentation, boue de forage, services de forage dirigé, diagraphies, suivi des paramètres, etc.).

Les entreprises mettent à la disposition du Maître d'ouvrage leur matériel et leur personnel. Elles approvisionnent les consommables sur la base des quantités établies par le Maître d'œuvre.

La direction des opérations est assurée par le Maître d'œuvre. Les consommables sont facturés sur justification de la consommation réelle. Ce type de rémunération est celle qui offre le plus de souplesse et qui aboutit au "juste prix" tout particulièrement quand il s'agit d'exploration.

La rémunération en régie nécessite une implication plus forte de la Maîtrise d'œuvre dans sa mission de Direction de l'Exécution des Travaux pour des opérations se déroulant 24h/24h et 7j/7j.

A ce stade du projet, la STVLBG n'a pas encore décidé du mode de rémunération.



#### 1.4.1.2. Conception du nouveau puits producteur GVLB3

Dans sa conception actuelle, le puits GVLB3 est un ouvrage dévié et orienté qui captera le Dogger entre 1630 et 1730 mètres de profondeur verticale (2068 et 2215 mètres de profondeur forée) en diamètre 8''1/2. La réalisation de ce nouvel ouvrage à tubage de soutènement en acier permettra de répondre aux exigences règlementaires.

Le tubage en acier sera protégé par un inhibiteur de corrosion injecté par un dispositif de traitement en fond de puits, qui permet de protéger l'ensemble des conduites et installations de surface ainsi que les puits injecteurs contre la corrosion. Par ailleurs les aquifères sensibles tels que l'Albien et le Néocomien sont protégés par un double tubage en acier cimenté.

Le prix global des travaux de forage du puits GVLB3 (prestations intellectuelles et assurances comprises) est estimé dans l'avenant n°7 à 5 906 000 € HT (cf. Tableau 2).

Le prix estimé repose sur les postes techniques suivants :

- plate-forme;
- amené repli de l'appareil de forage ;
- fuel et eau ;
- régie et suivi forage et avant-puits ;
- outils de forage;
- acidification;
- transport et logistique chantier;
- tubages;
- accessoires de cimentation et des tubages/vissage ;
- cimentation;
- boues de forage et traitement des boues ;
- forage directionnel;
- diagraphies;
- surveillance géologique (mud logging) ;
- équipements tête de puits.

Cette estimation (valeur septembre 2015) est faite sur la base de travaux en régie, pour une durée prévisionnelle de 40 jours (essais inclus) avec des marchés séparés de fournitures et de services.



Définition du code article	Date de l'estimation : sept-15	Estimations V-1 détaillées par le CdP des prestations	Total par code article des estimations V-1 du CdP	Définition et justification des prestations correspondantes
	3361.23	neressaires		LOT 1 (forage 1 puits producteur et services associés) :
Forage		3 800	4 845	- amenée/repli chantier - logistique chantier - régie forage - outils de forage - service boues - service de forage dirigé - service de vissage - accessoires tubages - découpe tubage 9"5/8 (x1) - traitement et évacuation effluents - cimentations - acidification et essais - équipements têtes de puits
		50		LOT 3 (avant-puits x1)
		170		LOT 4 (fourniture carburant GNR)
		500 175		LOT 5 (fourniture, transport, stockage des tubages)
		150		LOT 6 (diagraphies) LOT 7 (suivi géologique)
Total Géothermie	0	4 845	4 845	- (a) Ban (B 4) (a)
Total Autres moyens de productions ou communs	0	0	0	
Total Centrales de production	0	4 845	4 845	
Total Réseaux structurants	0			
Total Réseaux extensions	0	0	0	
Total Transport	0	•	0	
Total Transport  Total Postes de livraison	0			
Total Branchement	0			
	_		_	
Total Distribution	0	0	0	
TOTAL TRAVAUX HORS PRESTATIONS INTEL.	0	4 845	4 845	
Coordonnateur Sécurité		7	7	CSPS
Géomètre		3	6	Plan topographique installations initiales Plan de récolement des installations terminées
Etude Géotechnique		10	10	Etudes de sol
Solidité - Contrôle technique		0		Mesures acoustiques (avant, pendant, après) Supposition en V-1 de la conformité des installations électriques. Et comme il n'est pas non plus prévu d'intervention lourde sur les installation existantes, le CONSUEL n'est également pas prévu dans cette V-1
Architecte		0		supposition en V-1 : aucune intervention sur les
		10		bâtiments existants Diagnostic pollution des sols
Autres études		4	29	Visite huissier pour enquête publique + au démarrage des travaux Prestations diverses pour la communication
Assistance à maîtrise d'œuvre		330	330	MOE sous-sol Supervision WO Assistance BE technique, projeteurs pour relevés de l'existant et remise à jour des plans électriques et hydrauliques
				nyaraanques
TOTAL PRESTATION INTELLECTUELLES	0		394	
TOTAL TRAVAUX	0	5 239	5 239	
Assurances		311 150	465	Assurance TRForage (6% travaux de forage + MOE ss-sol) Garantie court terme SAF
Assistance à Maîtrise d'ouvrage CORIANCE	4	202	202	Assurance TRME (0,3% travaux surface + MOE Surface)
Assistance a Mainise a duviage COMANCE	4	202	202	
Total Frais Annexes	4	667	667	
	<u> </u>			
TOTAL INVESTISSEMENT	4	5 906	5 906	

Tableau 2 : CAPEX forage/complétion (k€). Puis producteur GVLB3 acier [KOP@380m/sol] (Source : avenant n°7 de la DSP)



# 1.4.2.Puits de production GVLB1

# Etat du puits

Les opérations engagées en 1995 sur le puits de production GVBG 1 au titre du rechemisage total de l'ouvrage par une colonne tubée acier, cimentée, mixte 10"3/4 x 7", appelaient les conclusions suivantes :

L'intégrité de la colonne est acquise aux plans de la cimentation des entrefers et de son étanchéité (Cf. Figure 7). Les difficultés rencontrées dans l'application du programme initial, qui visait à une cimentation en trois étages, n'ont pas pénalisé la qualité de la cimentation des entrefers 13"3/8 x 10"3/4 et 9"5/8 x 7", qui peut être considérée comme satisfaisante au vu d'expériences passées rencontrées dans des applications semblables. Des craintes ont pu être éprouvées du fait de la présence de lambeaux de ciment résiduel sur certaines fractions du tubage 10"3/4, qui se matérialise par des amas dépositionnels localisés, d'épaisseurs millimétriques, qui n'affectent pas la rugosité du tubage telle qu'elle a pu être appréciée lors de l'essai de production par dégorgement artésien limité à un débit de 126 m3/h.

Par ailleurs les conclusions du rapport de fin de diagraphie de 2014 des tubages 10"3/4 et 7" montrent un puits en bon état intérieur :

#### - Chambre de pompage 10" 3/4

De 0 à 165 m/sol, l'épaisseur moyenne du tubage 10"3/4 apparaît très proche de l'épaisseur nominale. A partir de 165 m/sol jusqu'à 200 m/sol, on constate la formation de dépôts sur la paroi du puits, dont l'épaisseur s'accroit avec la profondeur. Cette zone correspond à l'emplacement de l'aspiration de la pompe immergée jusqu'en 2011. Au cours des 4 dernières années, l'épaisseur moyenne a augmentée de 2,09 mm. Cette augmentation est due à la formation de dépôts sur l'intervalle 165-200 m/sol avec une épaisseur moyenne de 14 mm comparée au 10,2 mm nominaux du tubage. De 0 à 165 m/sol puis de 200 à 333 m/sol, l'épaisseur moyenne a augmenté de 1,3 mm. Depuis la dernière diagraphie, on constate une vitesse moyenne de formation des dépôts de l'ordre de 642 μm/an.

#### - Tubage 7"

Le tubage 7" apparaît dans un bon état, sans excroissance dépositionnelle ni piqûre de corrosion marquée. De nombreux joints de tubage et les DV sont toujours visibles. L'épaisseur moyenne a été mesurée à 10,69 mm soit une augmentation d'épaisseur de 1,23 mm depuis la dernière diagraphie ce qui représente une vitesse de formation de dépôt de 376  $\mu m/an$ .

# Utilisation du puits GVLB1

En l'état actuel de nos connaissances, l'état de l'ouvrage GVLB1 est compatible avec la perspective de sa réutilisation en second injecteur. Ce fonctionnement en triplet est considéré comme une sécurité pour assurer la réinjection du débit de pointe produit par le puits GVLB3, en particulier en cas de baisse d'injectivité ou après rechemisage de GVLB2.

En attendant le rechemisage de GVLB2, un programme de mise en sommeil du puits GVLB1 est proposé, il sera mis en œuvre après la mise en service du nouveau puits GVLB3.



L'objectif est de permettre une saison de chauffe normale à l'hiver 2016 et au début de l'hiver 2017 (avec le doublet GVLB1/GVLB2), puis d'assurer la saison de chauffe 2017/2018 avec le nouveau puits (doublet GVLB3/GVLB2).

Le programme de mise en stand-by du puits GVLB1 proposé, nécessite un contrôle préalable des tubages. Les résultats de ces contrôles permettront d'affiner le programme à appliquer pour la mise en attente, l'observation et la réutilisation de GVLB1, ils seront communiqués pour la demande du permis d'exploitation. Actuellement, le programme de mise en sommeil consiste à nettoyer le puits avant de le remplir par une solution inhibitrice anti-corrosion. Ces actions permettent de maintenir le puits inerte jusqu'à sa réutilisation.

GVLB1 a été rechemisé intégralement en 1995. Ainsi, conformément à l'avenant n°7, il pourra être envisagé le rechemisage du tubage en 8"<sup>5/8</sup> intérieur du puits (chambre de pompage) et 5" (Cf. Figure 7), pour un montant estimé de 600 000 € H.T (Tableau 3 : CAPEX *workover*).



# 1.4.3. Puits injecteur GVLB2

# Etat du puits

La diagraphie de cimentation CBL/VDL du tubage 9"5/8 du puits injecteur GVLB2 de Villiers-le-Bel/Gonesse a été réalisée le 12 septembre 2007 dans le cadre des inspections réglementaires de l'ouvrage (diamétrage et cimentation) conformément à l'arrêté préfectoral n°2007/008 du 11 janvier 2007 autorisant à poursuivre l'exploitation du gîte géothermique de Villiers-le-Bel/Gonesse.

L'analyse de l'enregistrement du CBL/VDL permet de distinguer trois zones de tubage (Cf. Figure 8). De 1065 à 630 m/sol, le signal témoignant de la qualité de l'adhérence du ciment au tubage peut être qualifié de moyen avec quelques passages où l'amplitude du signal augmente, signe d'une adhérence plus faible, notamment sur les portions de tubage 950-970 m/sol, 935-965 m/sol, 775- 795 m/sol et 740-750 m/sol. Le long de cette zone, le tubage traverse les aquifères de l'Albien (727- 830 m/sol profondeur forée, cf. figures 1 et 2) et du Néocomien (830-987 m/sol profondeur forée).

Le CBL ne montre aucun signe d'absence de cimentation au droit de ces aquifères. Entre 630 et 360 m/sol, la qualité de l'adhérence peut être qualifiée de faible. Cependant, les couches géologiques traversées sont celles de la Craie (Sénonien, Turonien et Cénomanien) qui ne renferme aucun aquifère dans la zone des puits de Villiers-le-Bel/Gonesse. Il n'existe donc pas de risque identifié de corrosion externe du tubage dans cette zone.

De 360 à 110 m/sol, l'adhérence du ciment s'améliore. De plus, le puits est complété en double tubage 13"3/8 et 9"5/8 entre 0 et 387 m/sol, ce qui réduit considérablement le risque de corrosion externe sur cette longueur.

La diagraphie différée d'inspection du puits injecteur GVLB 2 du doublet géothermique de Villiers Le Bel / Gonesse a eu lieu le 17 juillet 2013. La diagraphie a mis en œuvre un outil d'inspection conventionnel 40 bras, remontant en surface les valeurs minimales et maximales du rayon intérieur du tubage. Elle révèle un bon état de surface intérieur, ayant peu évolué depuis 2010 si l'on excepte une cinétique légèrement dépositionnelle proche de 117  $\mu$ m/an. Ces éléments permettent de conclure qu'en l'état actuel, le puits peut être déclaré intègre.

# Utilisation du puits GVLB2

Les capacités d'injectivité du puits GVLB2 (cf. coupe Figure 8) n'ont pas évolué depuis la mise en service de ce puits et son restées très bonnes. D'après les dernières diagraphies d'inspection de 2013, cette infrastructure étant toujours en bon état, elle ne nécessite *a priori* pas de travaux imminents.

Toutefois une diagraphie réglementaire est prévue à l'automne 2016, afin de connaître l'état actuel du puits. Elle sera accompagnée d'une diagraphie électromagnétique simultanée qui mesure l'épaisseur résiduelle du tubage (sous réserve que les dépôts ne perturbent pas la mesure), par comparaison avec les caractéristiques initiales des tubages. Les résultats des diagraphies seront transmis à la DRIEE, ils permettront de préciser le programme à appliquer pour l'exploitation optimale de GVLB2 (de même que pour GVLB1) et seront présentés pour la demande de permis d'exploitation.

Ainsi, dans l'éventualité d'une dégradation révélée et dans un souci de limitation du montant des investissements, les parties (le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse et la Société Thermique de Villiers-le-Bel/Gonesse) ont décidé contractuellement dans l'avenant n°7 de la DSP, de le rechemiser en 7'' le cas échéant.

Les montants estimés de ces travaux sont de 950 000 € H.T (Tableau 3 : CAPEX workover).



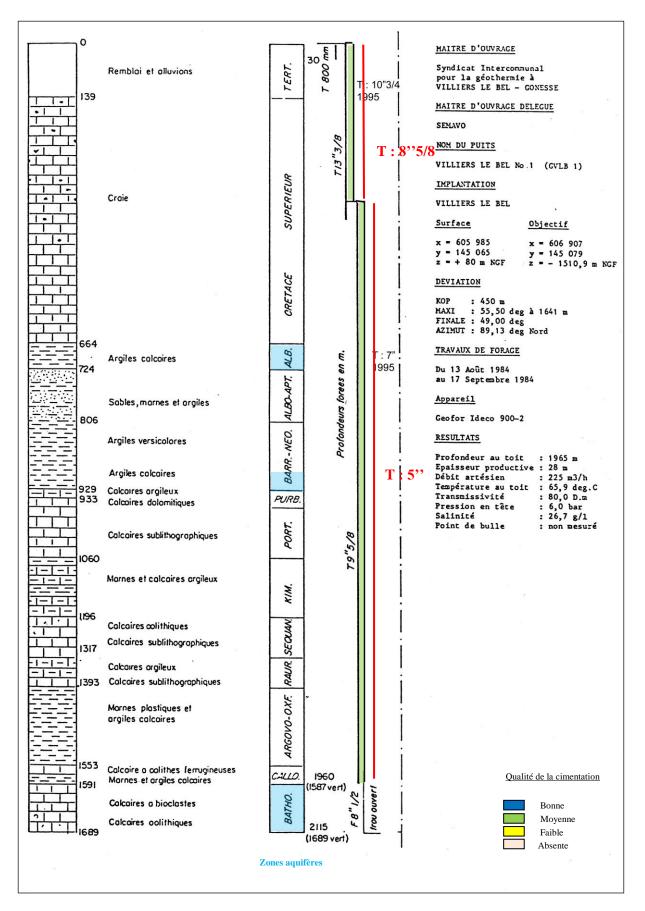


Figure 7 : Coupe géologique et technique actuelle et prévisionnelle à long terme (en rouge) du puits GVLB1



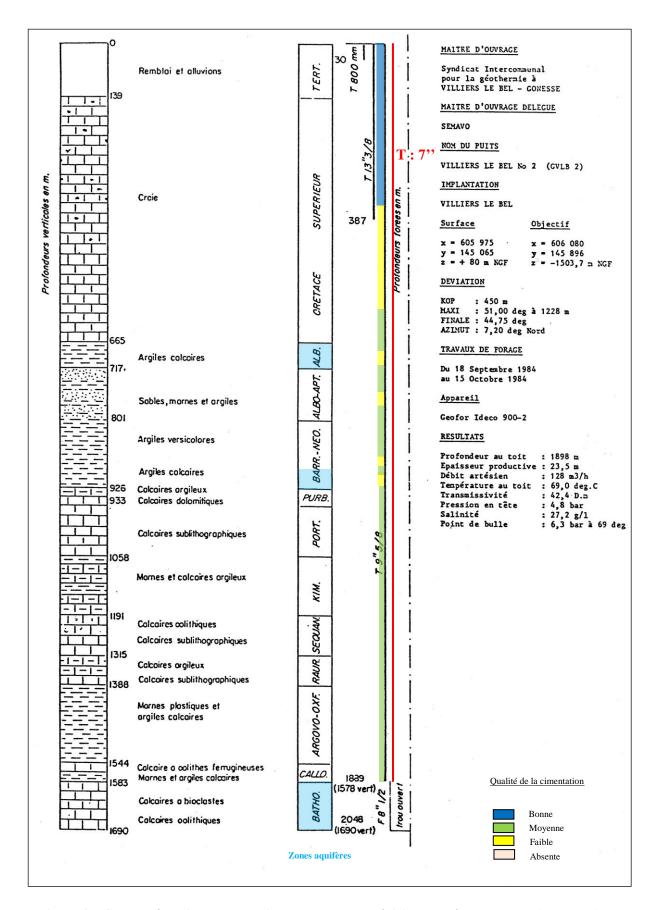


Figure 8 : Coupe géologique et technique actuelle et prévisionnelle à long terme (en rouge) du puits d'injection GVLB2



Définition du code article	Date de l'estimation : sept-15	Estimations V-1 détaillées par le CdP des prestations	Total par code article des estimations V-1 du CdP	Définition et justification des prestations correspondantes
Work over	sept-13	950	1 550	TRAVAUX : Rechemisage ancien injecteur (GVLB-2) : - amenée et repli chantier - fourniture tubage 7" - 1 semaine tubage - cimentation - essais TRAVAUX : Rechemisage ancien producteur (GVLB-1) : - amenée et repli chantier - fourniture tubage 8"5/8 et 5" - 1 semaine tubage - cimentation - essais
Total Géothermie	0	1 550	1 550	
Total Autres moyens de productions ou communs	0	0	0	
Total Centrales de production	0	1 550	1 550	
Total Réseaux structurants	0	0	0	
Total Réseaux extensions	0	0	0	
Total Transport	0	0	0	
Total Postes de livraison	0	0	0	
Total Branchement	0	0	0	
Total Distribution	0	0	0	
TOTAL TRAVAUX HORS PRESTATIONS INTEL.	0	1 550	1 550	
TOTAL PRESTATION INTELLECTUELLES	0	107	107	
TOTAL TRAVAUX	0	1 657	1 657	
Assurances		75 100	1/5	Assurance TRC WO rechemisage (50k€/mois) Assurance TRC WO bouchage (50k€/mois)
Assistance à Maîtrise d'ouvrage CORIANCE	4	65	65	
Total Frais Annexes	4	240	240	

Tableau 3 : CAPEX workover (Source : avenant n°7 de la DSP)

Ainsi le coût des travaux de rechemisage des puits GVLB1 et GVLB2 est estimé pour un montant de 1 897 000 €HT, assurances et prestations intellectuelles comprises (conformément aux investissements prévus à l'avenant n°7). Ces travaux seront réalisés lorsque l'état des tubages actuels le nécessitera, mais ils sont intégrés au calcul de rentabilité au plus tard à l'année 2019.

Le programme de mise en *stand-by* du puits GVLB1 qui consiste à le contrôler, le nettoyer et le remplir d'une solution inhibitrice anticorrosion pour le maintenir inerte, est déduit des coûts de *work-over* prévus en 2019.

# 1.4.4. Estimation des travaux de modification de surface

Dans le cas du nouveau forage et d'un fonctionnement en triplet avec deux injecteurs, relativement peu de modifications de surface sont à prévoir. L'estimation des travaux repose entre autres sur les postes du Tableau 1Tableau 4 (page suivante)



Définition du code article	Date de l'estimation :	Estimations V-1 détaillées par le CdP des prestations nécessaires	Total par code article des estimations V-1 du CdP	Définition et justification des prestations correspondantes
		40		Remplacement du système de traitement
Traitement inhibiteur de corrosion		100	140	Fourniture et pose du tube de traitement fond de puits
Pompes et accessoires		225	325	Colonne d'exhaure Hagusta DN175 de 300m
Génie Civil et Bâtiments		100 30		Fourniture pompe de réinjection @ 300m3/h - 45bars Reprises au niveau des pénétrations
		250		Tuyauterie de liaison entre nouveau puits et centrale existante + modifications sur pompe réinjection et filtre + remplacement manchons sur puits existants NB: optimisation de la récupération de l'existant sans modifications des canalisations en centrale existante excepté la pose d'un compteur sur une des canalisations
Pomperie- tuyauterie - traitement eau chaufferie		50	450	Calorifuge
		100		Fourniture vannes, soupapes, etc. et avec conservation des matériels existants sur les puits existants
		20		Fourniture compteurs de calories ultrasons (x2 : 1 prod + 1 injecteur)
		20		Fourniture d'1 filtre géothermal complémentaire
		10		Potences et supportages spécifiques (manutention des filtres et autre)
Serrurerie		20	20	Aménagement de la nouvelle cave et couverture en caillebotis
Travaux électriques et instrumentation		60	60	Raccordement électrique des équipements de la boucle géothermale avec 1 coffret en tête de puits et câbles HT et ajout d'un disjoncteur sur TGBT existant pour PC et éclairage tête de puits
Matériels divers		40	40	Travaux divers pour la sécurité du chantier et la logistique
Total Géothermie	0	1 065	1 065	rogistique
Total Autres moyens de productions ou communs	0	0	0	
Total Centrales de production	0		1 065	
Total Réseaux structurants  Total Réseaux extensions	0	0	0	
Total Reseaux extensions	U	U	U	
Total Transport	0	0	0	
Total Postes de livraison  Total Branchement	0	0	0	
rotal branchement	Ū		Ů	
Total Distribution	0	0	0	
TOTAL TRAVAUX HORS PRESTATIONS INTEL.	0	1 065	1 065	
CoordonnatSiiti		6		CSPS
Coordonnateur Sécurité Géomètre		3	6	Plan topographique installations initiales
		3	6	Plan de récolement des installations terminées
Assistance à maîtrise d'œuvre		50	50	Assistance BE technique, projeteurs pour relevés de l'existant et remise à jour des plans électriques et
				hydrauliques
TOTAL PRESTATION INTELLECTUELLES	0	62	62	
TOTAL TRAVAUX	0	1 127	1 127	
Assurances		4	4	Garantie court terme SAF Assurance TRME (0,3% travaux surface + MOE Surface)
Assistance à Maîtrise d'ouvrage CORIANCE	4	40	40	
Total Frais Annexes	4	44	44	
TOTAL INVESTISSEMENT	4	1 171	1 171	

Tableau 4 : CAPEX surface (Source : avenant n°7 de la DSP)

Le coût des travaux d'adaptation des équipements de surface a été estimé à 1 171 000  $\in$  HT (valeur septembre 2015).



#### 1.4.5. Coûts d'exploitation du doublet géothermique

Les coûts d'exploitation de la boucle géothermale hors échangeur, présentés dans le Tableau 5 sont calculés sur une période de 30 ans.

Les coûts annuels, hors frais financiers, liés à l'exploitation géothermique constituée de trois puits déviés en acier (dans l'hypothèse d'un rechemisage futur de GVLB1 et GVLB2) sont estimés à 1 686 000 k€ HT (valeur juin 2016) à partir des trois postes suivants :

- consommation d'électricité de pompage (charge P1) ;
- conduite, suivi et petit entretien (charge P2);
- gros entretien et renouvellement (charge P3).

# Le montant total des charges P1 intègre :

- la consommation d'électricité de pompage ;
- la quantité de produit inhibiteur injecté annuellement ;
- la consommation en eau;
- l'appoint au gaz (et fioul de secours).

#### Le montant total des charges P2 comprend :

- le suivi réglementaire réalisé par une entreprise spécialisée assurant le suivi et le contrôle des installations géothermiques (caractéristiques chimiques de l'eau géothermale, paramètres hydrodynamiques des puits, paramètres électriques de fonctionnement des équipements, indicateurs de corrosion et traitement);
- les diagraphies réglementaires du puits d'exhaure et du puits d'injection, réalisées par une entreprise spécialisée afin de s'assurer de l'intégrité des cuvelages et de l'absence de risque de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, et de contrôler l'épaisseur des dépôts à la surface des parois;
- le petit entretien de la boucle géothermale par du personnel d'exploitation qualifié.



Le montant annuel total des charges P3 de gros entretien et de renouvellement des équipements de la boucle géothermale intègre :

- le remplacement du dispositif de traitement d'inhibiteur de corrosion (tous les 10 ans);
- le renouvellement de la station de traitement (tous les 10 ans);
- le remplacement des groupes électropompe d'injection (tous les 15 ans);
- le remplacement du groupe électropompe immergé de production (tous les 4 ans);
- le renouvellement des variateurs (injection et production) tous les 15 ans;
- le renouvellement des têtes de puits (tous les 10 ans);
- les tuyauteries et robinetteries (tous les 10 ans) ;
- les autres charges de gestion et d'assurance.



Le Tableau 5 résume l'ensemble des opérations de maintenance préventive et curative prévisionnelles des installations du sous-sol sur une durée de vie de 20 ans.

Année	Triplet en acier					
0	Réalisation du forage GVLB3					
3	Diagraphie injecteurs GVLB2 et GVLB1					
4	Diagraphie producteur GVLB3 – Remontée de la pompe de production et du TAI					
6	Diagraphie injecteurs GVLB2 et GVLB1					
8	Diagraphie producteur GVLB3- Remontée de la pompe de production et du TAI					
9	Diagraphie injecteurs GVLB2 et GVLB1					
10	Entretien du dispositif d'injection à l'annulaire – acidification douce des puits					
12	Diagraphie injecteurs GVLB2 et GVLB1- Diagraphie de GVLB3					
15	Curage hydro-mécanique des puits - acidification du réservoir – remplacement du système d'inhibiteur de corrosion- remplacement des groupes éléctropompes d'injection et de production					
16	Diagraphie producteur GVLB3- Remontée de la pompe de production et du TAI					
18	Diagraphie injecteurs GVLB2 et GVLB1					
20	Entretien du dispositif d'injection à l'annulaire – acidification douce des puits - Diagraphie producteur GVLB3 - Remontée de la pompe de production et du TAI					

Tableau 5 : Programme prévisionnel de maintenance du Triplet de 2017 à 2037



ITEM		2016	
	OPEX (k € HT/AN)		
	MINIER		
P1	Electricité dans le cas d'un triplet rechemisé (102 en triplet non rechemisé, 126 en doublet non rechemisé, 224 en doublet rechemisé)	146	
	Inhibiteurs corrosion/dépôts et bactéricides	35	
	Eau	2	
	Sous-total:	103	
	Petit entretien/suivi réglementaire	35	
P2	Diagraphies différées d'inspection (2 injecteurs, 1 producteur) Contrat anti-éruption	17 3	
	Sous-total:	55	
	Gros entretien des équipements/pièces de rechange		
	Variateurs de fréquences et équipements électriques	8	
	Station d'injection d'inhibiteur	2,5	
	Canalisation et appareillages divers Bâtiments et clôture	4 3	
	Pompe d'injection	6	
	Renouvèlement des équipements		
D2	Electropompe de production et colonne d'exhaure	40	
Р3	Motopompe injection	4	
	Variateurs de fréquences	3	
	Transfo élévateur	2 9	
	Têtes de puits TAI, station d'injection, tube piézométrique	13	
	Prestation pour renouvèlement		
	Remontée électropompe immergée + TAI	27	
	Sous-total:	121,5	
	Provisions travaux lourds (work-over, services/puits, acidification)	85	
P'3 Autres charges (SAF FLT)			
	Sous-total:	130	
	TOTAL MINIER:	489,5	
	SURFACE		
	Electricité	25	
P1	Appoint chaufferie	495	
	Eau	6	
	Sous-total:	526	
D2	Personnel de maintien/entretien (centrale, réseaux, sous-stations)	260	
P2	Sous-total:	260	
Р3	Personnel et fournitures de gros entretien (centrale, réseaux, sous-	86	
rs	stations)	86	
	Sous-total :  Provision travaux lourds	150	
P'3		174	
1.5	Autres charges (gestion, structure, assurances,)  Sous-total:	324	
		1 196	
	TOTAL SURFACE:		
	TOTAL OPEX:	1 686	

**Tableau 6 : OPEX Minier et Surface** 



# 1.4.6. Plan de financement

- Les objets du financement sont donc :
  - le nouveau puits GVLB3
    - o Avec un CAPEX minier de 5 906 000 € HT,
    - o Un CAPEX surface de 1 171 000 € HT
  - La réhabilitation des anciens puits :
    - o Le nettoyage et la mise en *standby* du puits GVLB1, les rechemisages de GVLB1 et GVLB2 dès qu'ils s'avèrent nécessaires pour un montant de 1 897 000 €HT.
- ➤ Les coûts d'exploitation sont calculés pour une exploitation géothermique constituée de trois puits déviés en acier (dans l'hypothèse d'un rechemisage futur de GVLB1 et GVLB2) et sont estimés à 1 686 000 k€ HT.
  - Le plan de financement est le suivant :
    - ➤ Emprunt (70 %): 4 954 000 €HT
    - ➤ Fonds propres (30%): 2 123 000 €HT.

Tout ou partie de ces travaux sont éligibles aux subventions du fonds chaleur. Les demandes correspondantes seront formulées par le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse. Conformément à l'avenant n°7, la subvention retenue pour le calcul est égale à 1 916 000 € HT.

Les investissements réalisés pour l'ensemble du projet (forage, surface, *workover*, ...) ont, entre autres, deux objectifs : permettre d'atteindre des taux de couverture en ENR supérieurs à 50% et garantir la stabilité du prix de la chaleur pour les abonnés du réseau.

L'analyse de rentabilité présentée ici tient compte des 21 000 MWh produit en plus par l'exploitation du nouveau puits GVLB3 chaque année.

Ainsi grâce à la réalisation du nouveau puits, sous réserve de l'attribution d'une subvention ADEME, le taux d'ENR serait supérieur à 50% et le prix de vente de la chaleur sur le réseau pourrait alors être maintenu à 59,68 € HT/MWh avec un taux de rendement interne (TRI) de 6,9%.

Toutefois, sans subvention et pour conserver un TRI sensiblement équivalent à 6,9%, le prix de vente de la chaleur serait impacté de + 2,71 € HT/MWh.

Les analyses sont calculées pour permettre un amortissement des investissements sur une durée de 25 ans. Elles tiennent compte des autres éléments du mix énergétique : gaz, cogénération, fioul pour l'appoint.



#### 1.5. Planning prévisionnel du projet

Le planning détaillé du projet est présenté en Figure 52.

#### 1.6. Conditions réglementaires d'accès à la ressource

Ce chapitre présente les contraintes réglementaires auxquelles est soumis le projet d'exploitation du triplet géothermique de Villiers-le-Bel selon deux niveaux :

- la procédure réglementaire afin d'obtenir successivement les permis de recherche de gîte géothermique, d'ouverture de travaux, puis d'exploitation ;
- les permis d'exploitation de gîte géothermique au Dogger déjà existants dans le secteur.

Les textes réglementaires applicables sont les suivants :

#### • Phase Projet :

- Les gîtes géothermiques relèvent du code Minier (nouveau): Article L112-1 Créé par Ordonnance n°2011-91 du 20 janvier 2011 et article 4 du Décret n°2006-649 du 2 juin 2006 modifié par DÉCRET n°2015-15 du 8 janvier 2015 - art. 18.
- Les conditions administratives d'obtention des titres de recherche et d'exploitation sont précisées par le décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le décret n° 78-498 du 28 mars 1978 et l'Article L124-4 créé par Ordonnance n° 2011-91 du 20 janvier 2011 du Code Minier (nouveau).

#### • Phase Travaux :

- Le décret n° 2014-118 du 11 février 2014 modifiant le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains ainsi que l'annexe de l'article R. 122-2 du code de l'environnement;
- Le Règlement Général des Industries Extractives (RGIE) : ce décret introduit le titre « Recherche par forage, exploitation de fluides par puits et traitement de ces fluides ».

Toutes les autorisations sont délivrées par arrêtés préfectoraux, y compris l'arrêt définitif des travaux d'exploitation du gîte (Article 124-4 et L162-1du Code Minier (nouveau) et article 3 du décret n°2006-648 du 2 juin 2006 modifié par DÉCRET n°2015-15 du 8 janvier 2015 - art. 2.



# 1.6.1. Permis de recherche minier et permis d'exploitation

L'objectif du projet étant la récupération de chaleur souterraine, assimilée à une substance minérale qualifiée de "gîte géothermique", le cadre règlementaire qui s'applique est le **Code Minier, art. L124-4 (Livre Ier, Titre II, Chapitre IV) :** « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative. Cette autorisation détermine soit l'emplacement du ou des forages que son titulaire est seul habilité à entreprendre, soit le tracé d'un périmètre à l'intérieur duquel les forages peuvent être exécutés. Sa validité ne peut excéder trois ans. » fin de citation. En outre, les obligations prévues à <u>l'article L. 121-4</u> s'appliquent à tous les gîtes géothermiques quelle que soit leur température.

Les procédures d'obtention des permis minier et d'exploitation sont étroitement liées. L'exploitation des gîtes géothermiques fait l'objet du Chapitre IV, (Titre III du Livre Ier du Code Minier).

Il faut retenir des articles 134-4 à 134-9 du Code Minier que :

- Les gîtes géothermiques à basse température ne peuvent être exploités qu'en vertu d'un permis d'exploitation accordé par l'autorité administrative;
- Le titulaire d'une autorisation de recherches peut seul obtenir, pendant la durée de cette autorisation, un permis d'exploitation qui englobe les emplacements des forages autorisés ou qui est situé en tout ou en partie à l'intérieur du périmètre de cette autorisation. De plus, si ses travaux ont fourni la preuve qu'un gîte est exploitable et s'il en fait la demande avant son expiration, le titulaire de l'autorisation a droit à l'octroi d'un permis d'exploitation.
- Le permis d'exploitation confère un droit exclusif d'exploitation dans un volume déterminé, dit "volume d'exploitation ", défini par un périmètre et deux profondeurs. L'arrêté portant permis d'exploitation peut limiter le débit calorifique qui sera prélevé. Il peut également imposer toutes dispositions concernant notamment l'extraction, l'utilisation et la réinjection des fluides calorifères et des produits qui y seraient contenus et, plus généralement, les obligations relatives au respect des intérêts mentionnés à l'article L. 161-1. Il peut abroger l'autorisation de recherches dont dérive le permis d'exploitation, ou réduire les droits qui y sont attachés.
- Les dispositions des articles L. 131-3 et L. 131-4 s'appliquent à l'exploitation des gîtes à basse température. A savoir que l'exploitation des mines est considérée comme un acte de commerce et que les mines sont immeubles. Sont aussi immeubles, outre les bâtiments des exploitations des mines, les machines, puits, galeries et autres travaux établis à demeure. Sont immeubles par destination les machines et l'outillage servant à l'exploitation. Les actions ou intérêts dans une société ou entreprise pour l'exploitation de mines sont meubles. Sont également meubles les matières extraites, les approvisionnements et autres objets mobiliers.
- La durée initiale de validité du permis d'exploitation ne peut excéder trente ans.
- L'arrêté initial portant permis d'exploitation ou un arrêté ultérieur de l'autorité administrative peut, à la demande du pétitionnaire, fixer un périmètre de protection à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés tous travaux souterrains susceptibles de porter préjudice à l'exploitation géothermique. La détermination du périmètre de protection, lorsqu'elle n'est pas prévue par l'arrêté initial portant permis d'exploitation, est effectuée selon la procédure prévue à l'article L. 124-5. Le



périmètre de protection peut être modifié ou supprimé dans les mêmes formes que celles prévues pour sa détermination.

Les modalités administratives de demande d'autorisation de recherche, de permis d'exploitation ou de prolongation de permis sont décrites dans le **Décret n°78-498 du 28 mars 1978**. **La demande d'autorisation de recherches d'un gîte géothermique doit être accompagnée d'une étude d'impact environnemental** définie par les articles R.122-1 à R.122-16 du Code de l'Environnement.

La demande de permis d'exploitation sera présentée après que les autorisations de recherche du gîte, puis d'ouverture des travaux ont été obtenues. La DRIEE accepte que ces deux demandes préalables soient présentées conjointement dans un seul document.

Le dossier de demande d'autorisation est adressé au Préfet. Lorsque la demande est jugée recevable, une enquête publique d'une durée minimale de 15 jours est diligentée dans chaque commune concernée par la demande.

Sauf modification significative du projet, le permis d'exploitation ne nécessite pas de nouvelle enquête publique.



#### 1.6.2. Demande d'ouverture de travaux miniers

L'Article L162-1 du code minier (nouveau) subordonne l'ouverture de travaux de recherches et d'exploitation de mines soit à une autorisation, soit à une déclaration administrative suivant la gravité des dangers ou des inconvénients qu'ils peuvent représenter pour les intérêts mentionnés à <u>l'article L. 161-1</u>.

La procédure est régie par le **décret 2006-649 du 2 juin 2006** dont l'article 3 soumet les travaux de recherche géothermique à autorisation, délivrée par le Préfet (article 15).

Le dossier doit être constitué des pièces prévues à l'article 6-I du décret qui reprend en grande partie ceux nécessaires à l'obtention de l'autorisation de recherche :

- 1° L'indication de la qualité en laquelle le dossier est présenté ;
- 2° Un mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus avec les documents, plans et coupes nécessaires et, lorsqu'il y a lieu, leur décomposition en tranche;
  - 3° Un exposé relatif, selon le cas, aux méthodes de recherches ou d'exploitation envisagées;
- 4° L'étude d'impact définie à l'article R. 122-3 du code de l'environnement. Pour les injections de gaz naturel ou de gaz de pétrole liquéfié (GPL) en nappe aquifère contenant ou en contact avec de l'eau potable ou qui peut être rendue potable, l'étude d'impact doit, notamment, démontrer que l'injection est effectuée de manière à éviter tout risque présent ou futur de détérioration de la qualité des eaux souterraines concernées ;
  - 5° Le document de sécurité et de santé prévu à l'article 28 ;
- **6**° Un document indiquant, à titre prévisionnel, en vue de l'application des dispositions des articles 91 à 93 du code minier, les conditions de l'arrêt des travaux ainsi que l'estimation de son coût ;
- 7° Un document indiquant les incidences des travaux sur la ressource en eau et, le cas échéant, les mesures compensatoires envisagées ainsi que la compatibilité du projet avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux mentionné à l'article L. 212-1 du code de l'environnement.



#### 1.6.3. Permis d'exploitation existants et périmètres concernés

L'arrêté du 11 janvier 2007 autorise le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse à poursuivre l'exploitation du gîte géothermique à basse température du Dogger situé sur la commune de Villiers-le Bel jusqu'au 30 octobre 2019 (cf. Annexe 1).

Les coordonnées en Lambert 1 Nord des deux puits sont :

	Production GVLB1	Injection GVLB2	
Surface (têtes de puits)	X= 605 990	X = 605 980	
Surface (tetes de puits)	Y= 145 066	Y = 145 066	
	Z= + 80 m NGF	Z = +80  m NGF	
	X = 606 907	$X = 606\ 080$	
Toit du réservoir	$Y = 145\ 079$	Y = 145896	
(fond de puits)	Z = - 1 510.9 m NGF	Z = - 1 503.7 m NGF	
	(-1709 m NGF)	(-1735 m NGF)	

La distance entre les impacts des deux puits au toit du réservoir est de 1 162 m.

La partie de la nappe aquifère du Dogger sollicitée est constituée par les niveaux calcaires compris entre les cotes -1 508m et - 1 584 m NGF, soit une hauteur de 76 m. Le volume d'exploitation prend la forme d'une gélule compris entre les plans horizontaux correspondants à ces deux cotes. Il s'agit de l'enveloppe convexe des deux cylindres verticaux centrés sur chaque impact des puits au toit du réservoir, de rayon d/2, d étant la distance entre les verticales passant par ces impacts, soit une longueur de 2 325 m, une largeur de 581 m pour un volume total de 132 millions de m³ (cf. Figure 9)

Les points P et I sont la représentation des impacts des forages de pompage et d'injection au toit du réservoir du Dogger.

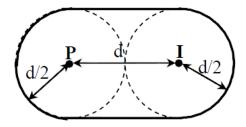


Figure 9 : Représentation schématique d'un périmètre d'exploitation d'un doublet

Le périmètre actuel du volume d'exploitation s'étend partiellement sur les communes de Bouqueval, Gonesse et Villiers-le-Bel. Le doublet de Villiers-le-Bel Gonesse est isolé du reste des exploitations. En effet les périmètres d'exploitation les plus proches se trouvent à plus de 6 km, avec Le Blanc-Mesnil, La Courneuve Nord et Sud, Paris Nord Est (Aubervilliers), Villepinte et Tremblay (cf. Figure 10).



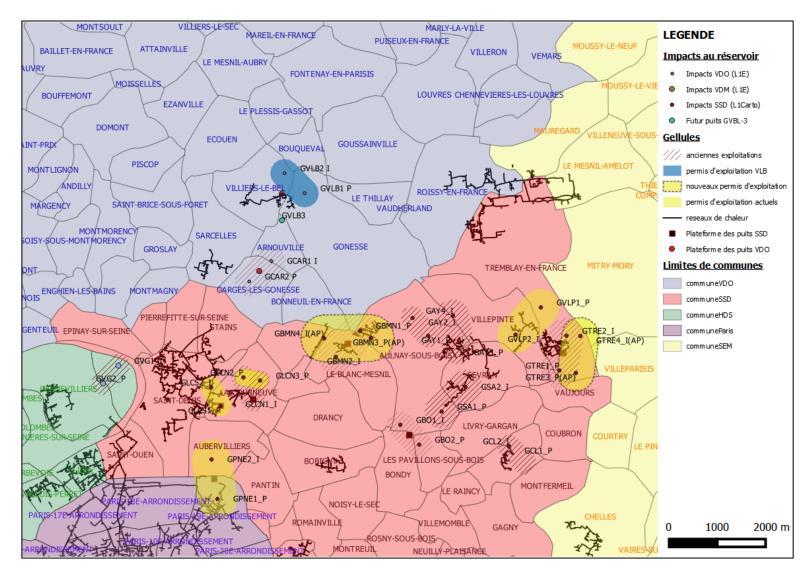


Figure 10 : Situation du doublet géothermique de Villiers-le-Bel (en bleu) par rapport aux autres exploitations géothermiques au Dogger du nord est parisien (en jaune) et des réseaux de chaleur



#### 1.6.4. Périmètres de recherche demandé et périmètre d'exploitation envisagé

Le périmètre sur lequel est demandée l'autorisation de recherche d'un gîte géothermique et le périmètre envisagé d'exploitation en triplet sont présentés dans les chapitres **2.6.3** et **2.6.4**.

Le périmètre de recherche s'étend sur six communes du Val d'Oise : Villiers-le-Bel, Sarcelles, Arnouville, Gonesse, Ecouen et Bouqueval. Ses dimensions permettent d'anticiper, dans une certaine limite, un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3, dû à une différence entre la trajectoire prévue et la trajectoire suivie lors la réalisation du forage.

Les cordonnées (Lambert 93) des angles (A, B, C et D) du permis sollicité sont recensées dans le tableau suivant :

X: 655 629 Y: 6 880 250	X: 655 629	D	X: 655 990
	Y: 6 880 250	В	Y: 6 876 233
C	X: 659 852	D	X: 658 792
C	Y: 6 876 216	D	Y: 6 880 999

Le périmètre d'exploitation envisagée s'étend sur les mêmes communes sauf Ecouen, sous réserve d'un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3.

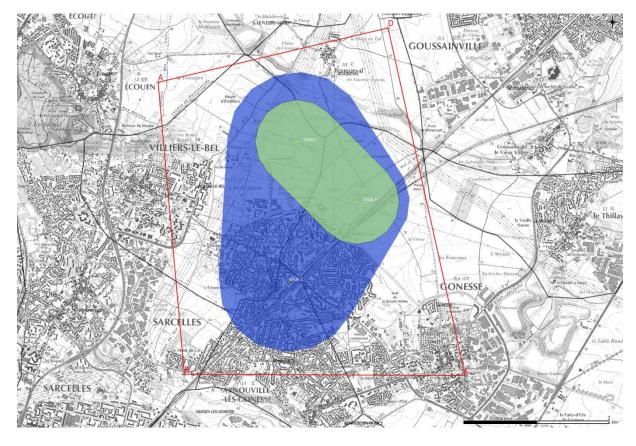


Figure 11 : Périmètre d'exploitation actuel en vert et projeté (triplet) en bleu ; localisation (impacts au toit du réservoir) des puits du doublet actuel et du puits de production candidat. En rouge le périmètre de recherche sollicité



#### 1.6.5. Durée relative à la demande formulée

Conformément à la réglementation en vigueur, le titre de recherche est sollicité pour la durée maximale de 3 ans.

Les travaux de forage seront réalisés, après réception de l'autorisation préfectorale d'ouverture des travaux, dans un délai maximum de 3 ans et en tout état de cause dans le cadre du permis de recherche.

# 1.6.6. Permis d'exploitation envisagé suite à la recherche

A l'issue des travaux de forage du nouveau puits, en cas de succès du forage, une nouvelle demande de permis d'exploitation sera formulée pour une durée initiale de 15 ans. Cette demande tiendra compte d'une part de la nouvelle ressource mobilisée (température, débit) et d'autre part d'éventuelles perspectives d'évolution du réseau géothermique se traduisant par une nouvelle puissance calorifique et de nouvelles prévisions de consommation sur le réseau.

# 1.6.7. Contraintes liées au SDAGE Seine-Normandie et à la protection de l'aquifère de l'Albien/Néocomien

Les travaux doivent être réalisés dans le respect des dispositions du SDAGE et du SAGE en vigueur au voisinage du site d'implantation des installations.

Adopté par le Comité de bassin le 5 novembre 2015, et applicable au 1<sub>er</sub> janvier 2016, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie 2016-2021 est le nouveau document de planification qui fixe, pour une période de six ans, « les orientations fondamentales d'une **gestion équilibrée et durable de la ressource en eau** et les **objectifs de qualité et de quantité des eaux** » (article L.212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de la Seine et des cours d'eaux côtiers normands. « Cette gestion prend en compte les adaptations aux changements climatiques » (article L.211-1 du code de l'environnement) et « la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole » (article L.430-1 du code de l'environnement).

Ses dispositions prévoient une protection accrue de l'aquifère stratégique de l'Albien/Néocomien.

Le SAGE auquel appartient Villiers-le-Bel est dénommé « Croult-Enghien-Vieille Mer » et est en cours d'élaboration. Le SDAGE constitue par conséquent le seul document règlementaire de référence sur ce périmètre.



# 1.7. Identification des risques et contraintes techniques et organisationnelles applicables au projet

# 1.7.1. Les contraintes techniques et réglementaires

#### 1.7.1.1. Les contraintes en surface

La réalisation d'un puits foré en diamètre 8'' au Dogger (prévisionnel de 2 215 mètres de longueur forée), nécessite autour de la tête de puits, une aire vierge de végétation et de construction qui soit horizontale et traitée en voirie lourde. A l'issue des travaux, une aire de « servicing » d'au moins 1 500 m² doit être ménagée autour des têtes de puits du triplet pour en assurer la maintenance.

La présence et la localisation précise des réseaux enterrés au droit du projet doivent être vérifiées avant travaux. Une première analyse a permis d'identifier des réseaux de gaz et d'eau à proximité de la centrale, et de proposer un schéma de principe d'implantation du chantier et du nouveau puits en fonction de cette contrainte. Toutefois, il sera nécessaire de lancer une Demande de Renseignement (DR) auprès de tous les concessionnaires concernés, afin d'identifier au droit des futurs sites d'implantation des chantiers de forage, les plans de tous les réseaux enterrés (conduites de gaz, téléphone, réseaux d'assainissement, réseau d'eau potable...). Avant le début de chacun des chantiers, les entreprises chargées du terrassement et de la réalisation des forages procéderont à une demande de renseignements et à une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) afin de localiser d'éventuels réseaux présents sur le site.

Le site géothermique de Villiers-le-Bel se situe dans une zone faiblement urbanisée (cf. Figure 12). Le site d'implantation de la tête de puits de GVLB3 est localisé à quelques mètres au sud de l'enceinte actuelle de la centrale géothermique située quant à elle sur une parcelle qui sera mise à la disposition de la STVLBG par la ville de Villiers-le-Bel au plus tard à la fin de l'Enquête Publique comprise dans l'instruction de la présente demande.

L'installation de l'appareil de forage sur le site est une difficulté majeure du projet. Cette installation doit prendre en compte deux aspects importants : l'exiguïté du site actuel avec la présence de deux têtes de puits et de la centrale géothermique, ainsi que la proximité de riverains susceptibles de subir des nuisances pendant la phase travaux.

L'implantation de la tête de puits sera précisée par la suite mais elle sera circonscrite nécessairement à l'intérieur d'un périmètre de forme carrée de 20 m de côté (cf. Figure 12 et chapitre **3.1.2**). La future tête de puits sera distante de 10 à 30 m de la centrale d'échange. Cette contrainte nécessite d'agrandir l'enceinte de la centrale d'une vingtaine de mètres vers le sud, sur la zone cadastrale numérotée 53 (cf. Figure 55).

Le tracé final sera déterminé en fonction de la position effective du nouveau puits.

Quelle que soit la position au sein du périmètre, la tête de puits sera à plus de 50 mètres des habitations et des terrains compris dans les clôtures murées attenantes, conformément à l'article L512-5 du Code Minier.





Figure 12 : Schéma de principe d'implantation du nouveau puits à proximité des puits existants

Des appareils types de forage et de *workover* ont été positionnés sur les parcelles correspondantes pour choisir le périmètre d'implantation de la tête du puits GVLB3 (cf. Figure 55 et Figure 56). La tête de puits est matérialisée par un rond rouge sur ces plans.

Conformément au Code Minier (cf. Paragraphe 1.6.1), tout nouveau projet au Dogger doit être conçu dans le respect des permis d'exploitation en vigueur à proximité du projet. Cet aspect n'est pas une contrainte pour le site de Villiers-le-Bel, aucun permis n'étant présent à proximité. Les études d'interférence et l'optimisation des impacts au réservoir doivent minimiser le risque d'interférences avec les opérations voisines.

#### 1.7.1.2. Les contraintes liées à l'existant et à l'historique d'exploitation

L'exploitation d'un doublet géothermique au Dogger impacte le réservoir sollicité ainsi que les formations géologiques traversées.

Le gite géothermique de Villiers-le-Bel aura été exploité pendant 32 années (1985 – 2017) lors de la réalisation du nouveau puits.

Cette exploitation a impacté le Dogger où s'est développée une « bulle froide » autour du puits de réinjection GVLB2. La localisation de cette bulle, son développement et son déplacement sous l'effet de la sollicitation future du réservoir sont autant de contraintes à intégrer dans le modèle de réservoir et les simulations menées dans le cadre de cette demande (cf. §2.5) notamment pour la localisation des impacts au réservoir du nouvel ouvrage.

#### 1.7.1.3. Les contraintes de conception

L'architecture du forage doit tenir compte de l'obligation de protection des aquifères de l'Albien et du Néocomien traversés pour atteindre la cible du Dogger. Ces aquifères « stratégiques », compte tenu de l'exceptionnelle qualité de l'eau qu'ils contiennent, doivent être isolés par deux tubages concentriques avec cimentation de chaque annulaire. Le nouvel ouvrage sera réalisé dans les règles de l'art avec notamment un doublet tubage en acier cimenté au droit des aquifères sensibles. Une attention particulière sera portée sur les cimentations des tubages et sur leur contrôle au regard des aquifères sensibles.

# 1.7.1.4. Le risque géologique

Des incertitudes sur les cotes des différents horizons géologiques traversés ou sur leur lithologie peuvent constituer un risque pour le projet.

La bonne connaissance de la structure du Bassin Parisien et la réalisation antérieure de deux forages (GVLB1 et GVLB2) sur le site, et deux forages à proximité (GGAR1 et GGAR 2 à Garges-Lès-Gonesse) permettent de construire une coupe géologique prévisionnelle fiable. De plus, le suivi géologique en temps réel permet d'adapter le programme à l'avancement.

Le risque n'étant cependant pas nul, la couverture du risque par le fond court terme de la SAF environnement sera demandée.



#### 1.7.1.5. Les risques hydrogéologiques

Le projet devra tenir compte des variations régionales des paramètres hydrogéologiques et thermiques de l'aquifère du Dogger.

L'accès à l'aquifère du Dogger implique le percement de nappes sus-jacentes potentiellement productrices (Albien, Néocomien, Lusitanien). En cours de forage, des venues d'eau, ou au contraire des pertes de boue de forage, sont possibles au droit de ces formations. Une adaptation permanente des paramètres de forage est nécessaire. Une attention particulière sera portée au programme de boue du nouveau forage en particulier pour ce qui concerne les phases de forage des aquifères sensibles. La densité de la boue et l'assemblage de la colonne de forage seront adaptées en cours de forage à la spécificité du forage dévié en gros diamètre dans ces formations aquifères, sableuses.

L'aquifère du Dogger est artésien. Le forage du réservoir implique la mise en place de dispositifs particuliers de contrôle des éruptions (Bloc Obturateur de Puits - BOP).

# 1.7.1.6. Les risques liés au forage

Les formations superficielles sont généralement très perméables au droit des aquifères, les risques de perte totale de fluides de forage sont élevés, c'est pourquoi analyser et évaluer les choix du foreur pour cette opération est primordial.

L'inclinaison d'un ouvrage est génératrice de risque accru de coincement de la garniture de forage. Plus l'angle d'inclinaison est élevé, plus le risque est fort. Le facteur de risque découle en réalité de la combinaison diamètre de forage/angle.

Dans le cas de Villiers-le-Bel, afin d'écarter suffisamment l'impact du puits GVLB3 de l'impact des puits injecteurs GVLB1 et -2 à partir de la plate-forme, l'inclinaison sera de 47°, en accord avec les conditions d'utilisation des tubages en acier.

Cette inclinaison est techniquement compatible avec un diamètre de forage en 17''1/2 des formations non consolidées de l'Albien et du Néocomien.



# 1.7.2.Les contraintes d'organisation et de planification

Elles sont de trois ordres, respectivement (i) la disponibilité d'appareils de forage, (ii) les délais d'approvisionnement de fournitures, et (iii) la variabilité des prix.

<u>Disponibilité d'appareils de forage</u>. Seules deux entreprises de forage, disposant des classes d'appareil et dotations requises par l'objectif géologique, opèrent sur le marché français. Elles sont fréquemment sollicitées, ce qui peut poser des problèmes de programmation. Aussi, est-il recommandé de ménager dans les plannings prévisionnels une plage d'incertitude réaliste pour la phase forage. Le marché de forage étranger, peu sollicité pour l'heure, pourrait constituer une alternative plausible pour autant que l'entreprise puisse espérer un contrat multi-doublets justifiant son « expatriation », à l'image des initiatives lancées dans ce sens par Géochaleur lors du « boom » des années 1980.

<u>Délais d'approvisionnement</u>. Ils peuvent atteindre plusieurs mois, voire une année en période de forte activité pétrolière et gazière (ce qui n'est pas le cas en 2016, les cours du pétrole étant au plus bas). Ils affectent les fournitures de tubage acier (classe casing), d'accessoires de cimentation [en particulier les anneaux de cimentation, DV], les équipements de pompage/électropompes de production immergées, les équipements d'injection de surface, et accessoires hydrauliques (colonne d'exhaure, robinetterie/vannes) et électromécaniques (transformateur et variateurs de fréquences) pour lesquels les délais d'approvisionnement sont de l'ordre de 15 à 18 semaines. Ces contraintes impactent bien évidemment la planification des opérations au sens d'une plus grande flexibilité.

Variabilité des prix. Si les coûts de régie d'appareils de forage connaissent une relative stabilité (de l'ordre de 25 000 €HT/j, fioul inclus, tarif T1 pour un appareil de capacité au crochet 200 t), il n'en va pas de même pour les services associés (forage dirigé, services boues, contrôle géologique, mud logging, cimentations, diagraphies différées, traitement des effluents...), dont les prix ont connu ces dernières années une escalade spectaculaire sous la double impulsion du rebond des activités d'exploitation/production pétrolière et gazière, du renforcement de la sécurité et des affectations/rotations du personnel, ces dernières particulièrement sensibles eu raison du droit social français, peu perméable à la spécificité des opérations minières, en particulier en matière de travaux postés (3x8h).

Un autre impact est la variabilité des prix des matières premières et matériaux, qui concernent principalement l'acier (tubages) et le titane (échangeurs de chaleur à plaques) sensibles aux fluctuations de la demande et à la pression du marché.



#### 1.7.3.Les contraintes de chantier

Elles proviennent principalement des sujétions liées au trafic routier aux abords du chantier, à l'activité continue de forage et des nuisances sonores, visuelles et olfactives qu'elles engendrent.

Le chantier entraîne inévitablement une intensification du trafic routier en phase d'amenée/montage/démontage/repli (DTM) de l'appareil de forage et de sa dotation, qui mobilise couramment de 50 à 60 colis pendant une durée de 8 à 10 jours (mobilisation/démobilisation), assurée par des transports poids lourds, semi-remorques surbaissées, en convois en partie exceptionnels.

Les approvisionnements en tubages, produits boue, ciment, outillages divers, les camions de diagraphies et les véhicules (camions, bennes et citernes) représentent un mouvement régulier de camions estimé à un minimum de 50 par phase, nécessitant une gestion rigoureuse des flux correspondants.

La nature postée (3x8h) du travail continu, 24h/24, 7j/7 interdit tout repos dominical ou férié, justifiant le cas échéant des dérogations.

Le chantier est par ailleurs source de nuisances, au demeurant atténuées par le recours obligatoire à des motorisations électriques et hydrauliques, des protocoles de traitement (déshydratation, floculation) des boues (de formulations compatibles avec le milieu naturel), de lavage des déblais, traitement par centrifugation des solides, compactage et ennoyage ciment des résidus solides, et de neutralisation (hypochlorite, Javel) des émanations de H2S par ailleurs contrôlées vis-àvis des seuils de toxicité.

Toutes ces contraintes sont abordées dans le Chapitre 4 de ce document relatif à l'impact du projet sur l'environnement.



# 1.8. Financement du projet et garanties

# 1.8.1. Subventions pouvant être accordées par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), la Région Ile de France et le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

La STVLBG prévoit de financer le projet sur ses fonds propres, à hauteur de 30% et par un emprunt, à hauteur de 70%.

La STVLBG prévoit également de recourir aux subventions du fond de chaleur de l'ADEME qui ont été redéfinies par la nouvelle loi sur la transition énergétique pour la croissance verte en 2015 et dont le doublement progressif d'ici à 2017 est prévu.

Les autres subventions pouvant être considérées étant celles :

- du fonds européen de développement régional (FEDER),
- de la Région IIe de France (délibération sur l'énergie N°CR-37-08 du mois d'avril 2008).

#### 1.8.2. Subventions à la réalisation – Fonds Chaleur et FEDER

Le Fonds Chaleurs est l'une des 50 mesures opérationnelles en faveur du développement des énergies renouvelables, annoncées suite aux engagements du Grenelle Environnement.

Il a pour objectif d'aider financièrement au développement de la production de chaleur à partir des énergies renouvelables (biomasse, géothermie, solaire) par le remplacement ou la création de nouvelles installations et de diversifier ainsi les approvisionnements en énergie pour renforcer l'indépendance énergétique de la France.

Dans le cadre du projet de loi sur la transition énergétique pour la croissance verte, le doublement progressif du fonds chaleur a été annoncé, dans l'objectif d'atteindre 420 millions d'euros d'ici 2017. Son champ d'action est élargi pour accompagner plus de projets en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Cet outil financier complète les dispositifs d'aide actuels et s'intègrera dans les projets des Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie à venir. Il est destiné aux entreprises (industrie, tertiaire, agriculture), aux collectivités et à l'habitat collectif.

La gestion de ce fonds est confiée à l'ADEME et ses délégations régionales. L'ADEME inscrit les objectifs des aides aux énergies renouvelables dans le cadre de ses missions fixées par le Code de l'Environnement (articles L. 131-3, R.131-2 et R131-3).

En particulier, l'ADEME a pour mission de susciter, animer, coordonner, faciliter et, le cas échéant, réaliser toutes opérations ayant pour finalité la réalisation d'économie d'énergie et de matières premières et le développement des énergies renouvelables. La Région IIe de France agit sur ce sujet en partenariat avec l'ADEME.

Le principe du Fonds Chaleur qui sous-tend le calcul des aides attribuées dans le cadre de ce fonds est de **permettre à la chaleur renouvelable d'être vendue à un prix inférieur d'au moins** 5% à celui de la chaleur produite à partir d'énergie conventionnelle.



Le fond de chaleur concerne la géothermie sur aquifère profond et/ou la création d'un réseau de chaleur associé :

- réalisation d'un doublet (ou autre configuration spécifique) et l'adaptation d'un réseau de chaleur existant ;
- mise en œuvre d'une réinjection en aquifère sur une opération existante ;
- réalisation d'un doublet sur un aquifère profond peu connu avec (ou sans) création d'un réseau de chaleur associé et/ou avec (ou sans) la mise en place d'une pompe à chaleur;
- transformation d'un ancien puits pétrolier pour une valorisation thermique de l'eau chaude produite avec (ou sans) la mise en place d'une pompe à chaleur.

Le niveau d'aide est déterminé au cas par cas, suite à l'instruction du dossier de demande et à l'analyse économique du projet. Il peut être seul, ou en combinaison avec des crédits régionaux et le fonds européen de développement régional (FEDER).

Les aides du Fonds Chaleur ne sont pas cumulables avec les Certificats d'Economie d'Energie lorsque ceux-ci portent sur le même objet que l'aide du Fonds Chaleur.

L'aide aux investissements peut être complétée par une aide spécifique pour le financement de l'opération d'assistance Maîtrise d'Ouvrage pour accompagner le maître d'ouvrage tout le long de l'opération.

L'octroi des aides est subordonné à l'adhésion de l'opération au fonds de garantie abondé par l'ADEME et la Région d'Île de France, ainsi qu'à la validation de l'analyse économique du projet par un Comité Technique ADEME-Région.

Dans le cadre du projet de Villiers-le-Bel qui correspond à la réalisation d'un nouvel ouvrage producteur GVLB3 et à long terme les rechemisages de GVLB1 et de GVLB2, pour un fonctionnement en triplet à deux injecteurs GVLB1 et GVLB2, un dossier de candidature sera déposé en 2016. L'ADEME ignore le montant de son aide. Les informations devraient être communiquées au maître d'ouvrage au cours de l'année 2017.

Pour ce qui concerne le FEDER et l'aide de la Région, l'attribution de ces subventions est également déterminée au cas par cas, après l'instruction d'un dossier de demande et l'analyse économique du projet.



# 1.8.3. Fonds de garantie géothermie

Précisées dans le Plan Régional pour la relance de la Géothermie en Ile de France, elles visent à mutualiser les risques respectivement miniers (échec géologique) et d'exploitation (pérennité de la ressource, dommages liés à la thermochimie du fluide géothermal) selon les modalités suivantes :

## 1.8.3.1. Fonds Court Terme (couverture du risque géologique)

Dans le cas d'un doublet, les grandes lignes sont les suivantes :

- > Garanties: échec des forages (les débits ou températures escomptés ne sont pas vérifiés).
- > Cotisation: 3,5 à 5 % du montant Hors Taxe du forage d'un puits au DOGGER.

#### **Couverture:**

Elle garantit la puissance thermique de l'installation selon les critères de température et de débit exploitable et injectable. Elle prend en charge jusqu'à 65% des coûts assurés et supportés par le maître d'ouvrage, c'est-à-dire hors subventions. Ce pourcentage peut être porté à 90% grâce à une couverture additionnelle de 25% proposée par certaines régions françaises. Le montant plafond garanti par forage est de 4,2 M€ pour des cotisations comprises entre 3,5% et 5% (selon le risque minier) du montant garanti. En cas d'échec partiel d'un des deux forages du doublet (puissance thermique avérée inférieure à 85% de la puissance thermique escomptée), le montant de l'indemnisation est égal à une fraction du montant maximal garanti.

#### 1.8.3.2. Fonds Long Terme (couverture du risque thermochimique)

- ➤ Garanties : pérennité de la ressource (en terme de débit et de température), dommages aux puits d'origine géologique ou géothermique (dépôts, corrosion, colmatage, vieillissement du réservoir...).
- **Durée** : 20 ans.
- ➤ Cotisation: 15 000 €/an pour une opération sur le Dogger dans le Bassin Parisien (montant en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2015).

# > Couverture:

Elle couvre la valeur des puits au moment du sinistre, celle de la boucle géothermale ainsi que le débit et la température du fluide géothermique. Cette couverture est accordée en cas de déclaration de sinistre et dépend du degré de déperdition de la ressource. Elle est plafonnée à 1,4 M€ pour une cotisation fixe de 15 k€/an et une durée de garantie long terme fixée à 20 ans.

Dans le cadre du doublet actuellement exploité, le Syndicat Intercommunal n'a plus de police d'assurance auprès de la SAF Environnement (Organisme ADEME - Caisse des Dépôts et Consignations).

Néanmoins, la STVLBG et/ou le Syndicat Intercommunal feront une demande de contrat pour le nouveau puits GVLB3 et pour les puits GVLB1 et -2, qui sera effective pour GVLB1 et -2, s'ils sont amenés à être rechemisés. Cette police d'assurance couvrira les risques géologiques liés aux travaux ainsi que ceux liés à la ressource.



# 2. DEMANDE D'AUTORISATION DE RECHERCHE D'UN GITE GEOTHERMIQUE AU DOGGER





# 2.1. Localisation du projet de géothermie

Les têtes de puits du doublet existant sont localisées dans le département du Val d'Oise, sur la commune de Villiers-le-Bel, à la limite de la commune de Gonesse et à l'intérieur d'un périmètre délimité par la rue de Goussainville et le lycée professionnel Pierre Mendès France (cf. Figure 12 et Figure 14).



Figure 13 : Localisation de la centrale et des têtes de puits (vues sur fond de plan routier, source Google Earth)



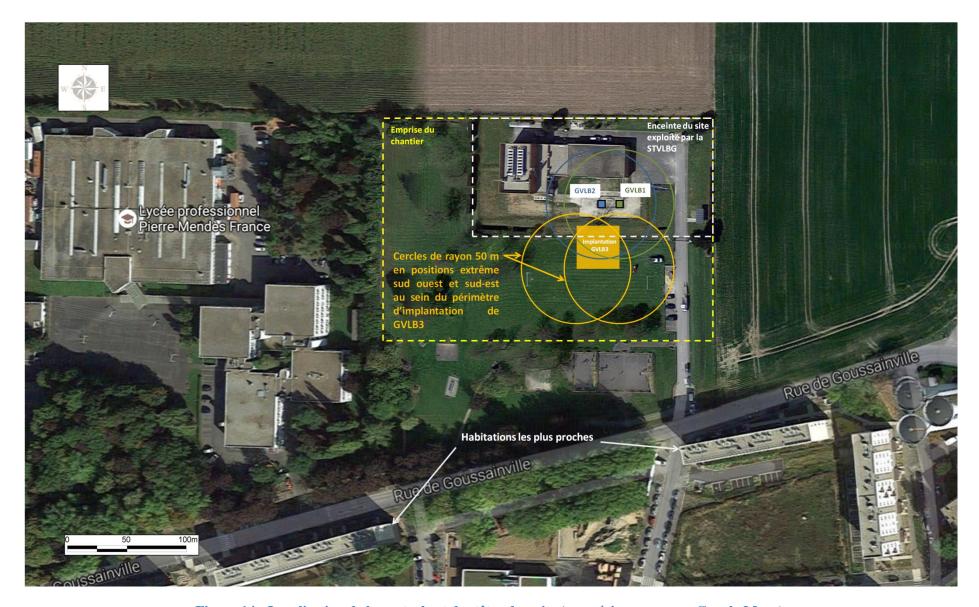


Figure 14 : Localisation de la centrale et des têtes de puits (vue aérienne, source Google Maps)



# 2.2. Installation de surface

# 2.2.1. Contexte et objectif

Entre 2010 et 2013, le réseau de chaleur a connu une profonde mutation qui a impacté les communes de Villiers le Bel et de Gonesse. Dans ce contexte général d'extension du réseau de chaleur, de nouveaux raccordements ont été opérés depuis 2010 (cf. schéma du réseau en Figure 15 et chapitre 2.2.2).

Sur les trois dernières années, la dégradation de productivité de GVLB1 couplée à des incidents survenus sur le réseau n'ont pas permis de dépasser un taux de couverture de la chaleur livrée via le réseau de chaleur des communes de Villiers-le-Bel et Gonesse, par la géothermie, de plus de 40%. Le Tableau 7 présente le bilan d'exploitation 2015 en production et en vente d'énergie thermique.

	DJU	Ventes therm STVLBG	Ventes therm PLM/D LM	Ventes therm totales	Ventes électriques	Production thermique totale	Géoth	Cogé	Chaufferie gaz PLM /DLM	Chaufferie gaz Fauco Nord	Appoint fuel	Pertes réseaux
		MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Janvier	391	5 658	5 100	10 759	4 743	10 964	2 634	3 198	4 188	0	944	205
Février	392	5 983	4 804	10 787	4 358	11 417	3 170	3 839	4 219	0	189	630
Mars	309	4 764	4 004	8 767	4 625	9 221	3 401	3 404	2 416	0	0	454
Avril	190	2 975	3 086	6 061		6 278	3 067	657	2 554	0	0	217
Mai	120	1 276	1 221	2 497		2 777	2 011	0	766	0	0	280
Juin	0	370	422	792		905	905	0	0	0	0	113
Juillet	0	147	352	499		765	765	0	0	0	0	266
Août	0	117	350	467		754	754	0	0	0	0	287
Septembre	0	341	384	725		814	814	0	0	0	0	75
Octobre	151	2 189	2 089	4 278		4 420	2 514	6	1 428	472	0	142
Novembre	202	2 932	2 780	5 712	4 668	6 230	2 021	3 133	1 076	0	0	519
Décembre	283	3 396	3 570	6 966	4 780	7 286	2 499	3 753	1 034	0	0	320
	2038	30 148	28 161	58 310	23 174	61 832	24 555	17 990	17 682	472	1 133	3 508
					Taux de couverture		40%	29%	29%	1%	2%	

Tableau 7: Bilan d'exploitation, en production et vente, d'énergie thermique

C'est dans ce contexte qu'est né le projet de réalisation d'un nouveau forage de production, permettant d'escompter des débits supérieurs à 300 m³/h et donc d'assurer une production géothermique couvrant plus de 50% de la chaleur livrée.



#### 2.2.2. Réseau de chaleur

Le réseau de géothermie du Syndicat Intercommunal alimente l'ensemble des quartiers des Carreaux et de PLM/DLM sur la ville de Villiers le Bel et du quartier de la Fauconnière sur la ville de Gonesse. Un schéma du plan du réseau avec les nouveaux raccordements est cartographié Figure 15.

A l'heure actuelle, les caractéristiques techniques du réseau de chaleur sont les suivantes:

- 1 centrale géothermique implantée à Villiers le Bel qui extrait l'eau de la terre à une température en sortie de puits de 67°C avec un débit de pointe actuel de 190 m3/h. Cette production de chaleur sert à alimenter les réseaux de chauffage urbain des 2 communes (chauffage et eau chaude sanitaire), 1 centrale de cogénération implantée sur le même site fonctionnant au gaz en période hivernale d'une puissance ·de 6,43 MW électrique et 6,7 MW thermique qui alimente en chaleur le réseau de chauffage.
- 3 chaufferies d'appoint et/ou de secours sur PLM/DLM fonctionnant au gaz puissance 17,7 MW, sur Fauconnière Nord fonctionnant au fioul puissance 8,5 MW, sur Fauconnière Sud fonctionnant au fioul puissance 5,5 MW.

# • Réseau de distribution :

Longueur 14 km, fluide eau chaude, 65 sous-stations raccordées, 7 500 équivalents logements.

Besoins annuels (2400 DJU -degré jour unifié) : 70.000 MWh (en chauffage et eau chaude sanitaire).

# • Typologie des abonnés :

Le périmètre du réseau couvre 3 zones géographiques:

# O Quartier des Carreaux :

31 sous-stations, 1 543 logements desservis appartenant à un bailleur social Osica, des bâtiments appartenant à la ville de Villiers le Bel, le collège Léon Blum et le lycée Pierre Mendès France.

#### Ouartier de la Fauconnière :

22 sous-stations, 2 276 logements desservis appartenant à plusieurs bailleurs sociaux Osica, I3F, VOH, Domaxis, la Copropriété SOC la Garenne, le collège François Truffaut et des bâtiments appartenant à la ville de Gonesse (Cinéma, Centre Social M.Sangnier, Complexe Sportif R.Vaux).

# Quartier PLM/DLM:

12 sous-stations, 2 707 logements desservis appartenant à 3 bailleurs sociaux Osica, VOH, I3F et 2 copropriétés (Pré de l'Enclos 1 et 2).



Les principales caractéristiques du réseau de distribution au 31 décembre 2015 sont résumées dans le tableau suivant.

Au 31 décembre 2015	Carreaux	Fauconnière	PLM/DLM	TOTAL
Nombre abonnés	4	9	7	
Nombre de sous-stations	31	22	12	65
Points de livraison	31	24	40	95
Part des logements de la Ville raccordés au réseau	15%	24%	27%	1
Logements	1 543	2 276	2 707	6 526
Equipements	613	385	0	998
Equivalent-logements des bâtiments raccordés (logements)	2 156	2 661	2 707	7 524
Puissance souscrite (kW)	11 581	15 548	17 098	44 227
Puissance souscrite (URF)	49 973	68 683	132 077	250 733

Tableau 8 : Principales caractéristiques du réseau de distribution au 31 décembre 2015

En Annexe 8 sont listés par secteur les abonnés du réseau de distribution et synthétisées les principales caractéristiques des points de livraison correspondant, dont leur date de mise en service suite à leur raccordement. Dans l'optique d'extension du réseau de chaleur, de très nombreux raccordements ont été opérés depuis octobre 2010.

Le schéma hydraulique de la centrale géothermique, intégrant les modifications projetées pour un fonctionnement en triplet, est décrit en Figure 16.





Figure 15 : Plan du réseau de chaleur de Villiers-le-Bel/Gonesse



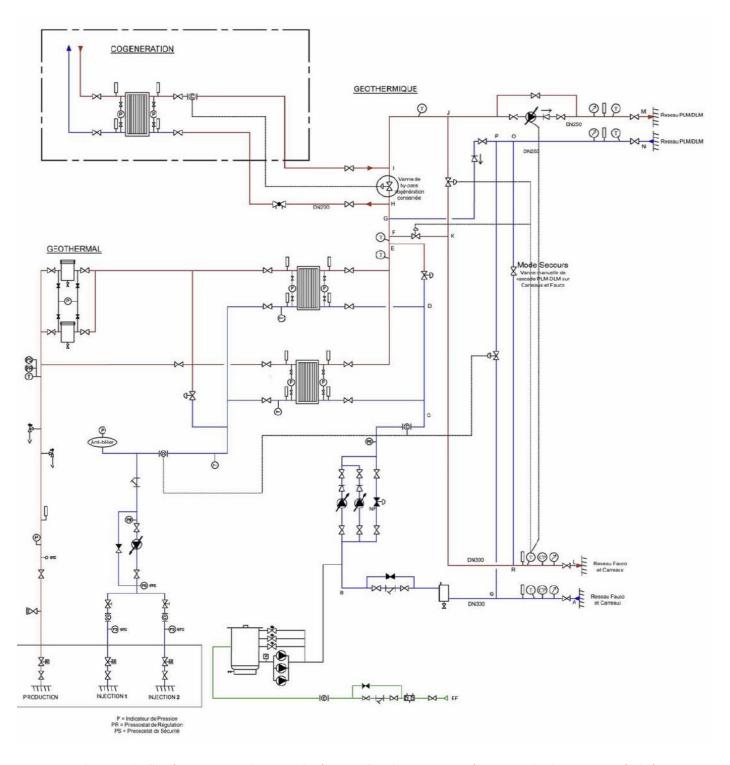


Figure 16 : Schéma hydraulique projeté (modifié d'après le schéma de principe actuel réalisé par Itherm Conseil)



# 2.3. Contextes géologique et hydrogéologique

#### 2.3.1. Contexte géologique global

Le doublet géothermique de Villiers-le-Bel se situe dans l'unité géologique la plus grande du territoire français : le Bassin Parisien. Ce bassin sédimentaire est une dépression faiblement tectonisée qui s'est mise en place depuis le Permien jusqu'au Néogène. Les différentes strates reposent sur le socle Hercynien et sont empilées comme des « assiettes » (Figure 17). Elles sont légèrement déformées par une succession de synclinaux et d'anticlinaux, principalement en réponse aux évènements tardi-orogéniques et longue distance de la compression alpine.

Les sédiments qui composent le Bassin Parisien proviennent d'environnements variés (marin, lacustre, lagunaire ou fluviatile) et sont de natures diverses (sable, calcaire, évaporite, argile). Plusieurs niveaux aquifères et géothermiques sont rencontrés dans la succession stratigraphique et l'anomalie locale du gradient géothermique en Ile-de-France (3.6°C/100 m) favorise leur exploitation (Figure 18).

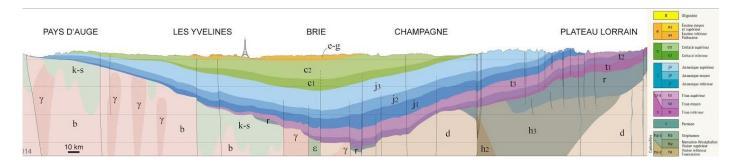


Figure 17: Nouvelle coupe géologique simplifiée ouest-est du Bassin Parisien (AGBP, 2014)

Ainsi, les formations géologiques à l'affleurement sur le site et les alentours sont les suivantes, des plus récentes au plus anciennes :

- les formations du **Quaternaire**, constituant un faible recouvrement:
  - limon des plateaux ;
  - alluvions actuelles, subactuelles et anciennes ;
- les formations de l'Eocène supérieur (Tertiaire) apparaissant localement :
  - Bartonien supérieur (Ludien supérieur) : Marnes supragypseuses comprenant les Marnes blanches de Pantin, les Marnes bleues d'Argenteuil et la formation du gypse ;
  - Bartonien supérieur (Ludien moyen et inférieur) : Calcaire de Saint Ouen Marnes à Pholadomyes.



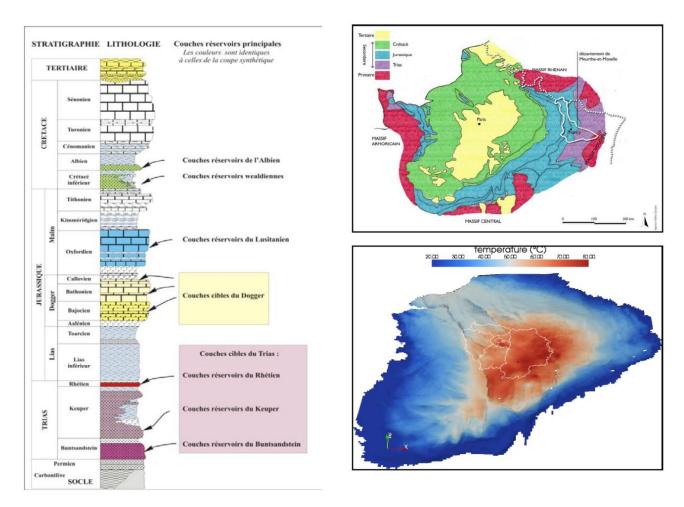


Figure 18 : Coupe stratigraphique du Bassin Parisien avec localisation des principaux aquifères et la carte du gradient géothermale (source BRGM, Département Géothermie)

# Au droit du site, les terrains non affleurant, se poursuivent par :

- les formations suivantes du **Tertiaire** :
  - Bartonien : Calcaire de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp ;
  - Lutétien supérieur : Marnes et Caillasses ;
  - Lutétien inférieur : Calcaire grossier moyen et inférieur ;
  - Yprésien : formation sableuse dite des « Sables du Soissonais », puis argilo-sableuse « Fausses Glaises » et Argile plastique (Sparnacien).
- les formations du **Crétacé** sont ensuite représentées par :
  - la Craie du Sénonien, Turonien et Cénomanien;
  - les argiles de l'Albien supérieur (argiles du Gault) ;
  - les Sables verts de l'Albien inférieur et de l'Aptien ;
  - les formations argilo-sableuses et calcaires du Barrémien Néocomien ;
  - le calcaire et la dolomie du Purbeckien.



- les formations du **Jurassique** sont représentées par :
  - les calcaires du Portlandien, les marnes du Kimméridgien et les calcaires de l'Oxfordien pour l'ensemble du Jurassique Supérieur (Malm);
  - les argiles du Callovien, les calcaires micritiques, graveleux et oolithiques du Bathonien et les Marnes du Bajocien pour l'ensemble du Jurassique Moyen (Dogger).

Les formations carbonatées du Dogger, et plus particulièrement du Bathonien supérieur, sont abondamment exploitées pour les besoins du chauffage urbain à base géothermique.

On rappelle qu'au Jurassique moyen se mettent en place des plateformes carbonatées, sous l'effet d'un comblement associé à une sédimentation calcaire active (supérieure au taux de subsidence) à un rythme séquentiel saccadé, qui atteint un paroxysme régressif à la fin du Bathonien/début du Callovien (Rojas et al, 1989).

Au cours du Bathonien, des barrières oolithiques se développent sur les bordures du bassin, qui progressent vers le centre, en arrière desquelles se constitue une plateforme interne développant des faciès de type lagon (sédiments alternativement fins et graveleux).

Ce processus progresse de la Bourgogne à la Manche, l'édifice carbonaté étant bordé à l'Ouest par un sillon marneux et à l'Est par le domaine marin ouvert germanique. La série bathonienne captée par les forages géothermiques correspond à la partie supérieure du complexe de plateforme où se développent au maximum les dépôts calcarénitiques.

# 2.3.2. Contexte géologique du secteur d'étude et lithologie de l'aquifère du Dogger

Les forages de Villiers-le-Bel sont situés dans un rayon de 20 km des doublets de La Courneuve, Le Blanc-Mesnil, Aulnay-sous-Bois, Sevran, Villeneuve-la-Garenne, Aubervilliers, et Bondy. La réalisation de ces différents forages ont permis de préciser la carte des isobathes du toit du Dogger pour nos modélisations (cf. § 2.3.3).

En surface, le forage est implanté à proximité de la limite de la cuvette synclinale de Viosne, caractérisée comme ayant eu un maximum de subsidence à l'Oligocène. Il est implanté sur les formations affleurantes du Bartonien supérieur, Ludien, dites aussi Masses et Marnes du Gypse. Il est situé au droit de la zone "Calcaire Oolithique ou calcarénite bioclastique et oolithique" en ce qui concerne le faciès prévisionnel du Dogger.

# Coupe géologique prévisionnelle au droit du secteur d'étude

Les unités lithostratigraphiques sont des subdivisions provisoires, parfois arbitraires, établies à partir de repères identifiables sur diagraphies (G.R.L.) et corrélables à l'échelle régionale. La lithologie et les limites des différentes séries stratigraphiques traversées par les forages de Villiers-le-Bel, ont été comparées à celles des forages voisins. Pour le Crétacé, les variations d'épaisseur des étages, sont peu importantes et le plus souvent dues aux difficultés d'appréciation des limites stratigraphiques à l'aide du Gamma-Ray.

La coupe géologique prévisionnelle synthétique est présentée en Figure 20. Elle a été conçue en fonction de l'impact au réservoir de l'ouvrage et sur la base de la coupe géologique de GVLB1, GVLB2, GGAR-2, GGAR-1 et PIF051 (puits au Lutétien). Les profondeurs des formations géologiques peuvent légèrement varier en fonction de l'emplacement de ce nouvel ouvrage.



L'altitude de la tête de puits de GVLB3 est de +80 m NGF. La coupe ci-dessous présente le toit du Dogger en profondeur verticale (0 mètre correspond au niveau du sol).

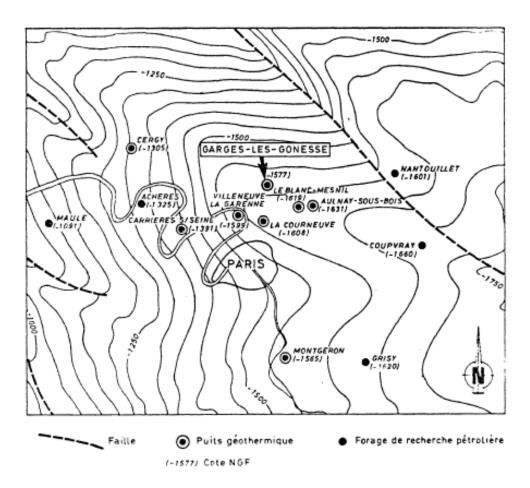


Figure 19 : Carte des isobathes du toit du Dogger (Heritier et Villemin)



PUITS			Prévisionnel GVLB 3	GVLB 1	GVLB 1	GVLB 2	GVLB 2	GGAR 1	GGAR 2	PIF051	Description lither being		
Age	Sér	rie stratigraphique		Toit (mNGF) -	Toit (profondeur	Toit (mNGF)-	Toit (profondeur	Toit (mNGF)-	Toit (profondeur	Toit (profondeur	Toit (mNGF)- côte sol =	Description lithologique (en bleu les niveaux aquifères rencontrés dans le Bassin Parisien)	
	Sous-système	Eta	age	côte sol = +80m	verticale m/sol)	côte sol = +80m	verticale m/sol)	côte sol = +80m	verticale m/sol)	verticale m/sol)	+77m		
37.8 (Ma)		Bartonien inf	Auversion	74							74	Calcaire de St-Ouen	
		But tomen ini	Auversion	63							63	Sable de Beauchamps	
	Eocène	Lutetien sup	Lutetien sup	47							47	Marne et caillasse	
	20000	Lutétien inf	Lutétien inf	34							34	Calcaire grossier	
		Ypresien	Cuisien	19 1							19 1	Sables du Soissonnais, fausses glaises, sables d'Auteuil, argile plastique	
56 (Ma)		Thanétien	Cuisien		Lacune								
	Paléocène	Sélandien					1	ı	Lacunc	1			
		Danien	Montien	-49					151			Marne de Meudon	
66 (Ma)		Maastrichtien							Lacune				
		Campanien											
	Cuéta a é a um	Santonien		Senonien	Senonien	-59	139	59	139	59	161		
	Crétacé sup.	Coniacien											
		Turonien	Turonien	-444			494	414	542	534,5		Craie compacte grise à silex	
		Cénomanien	Cénomanien	-542	605	525	598	518	640	645		Craie grise gléseuse et glauconieuse	
100.5 (Ma)		Aptien	"Gault" (Albien sup.)	-617	664	584	665	585	711	711		Argile, sable argileux	
		Albien	Albo-Aptien	-664	724	644	717	637	746,5	749		Sable argileux, argile, calcaire sableuse	
	Crétacé Inf.	Barremien	Barremien	-756	806	726	801	721	852	848		Argile calcaire, sable argileux	
		Néocomien	Hauterivien Valenginien Berriasien	-814					894	906		Sable, grès argile	
145 (Ma)		Purbeckien	Purbeckien	-870	929	849	926	846	948	958		Calcaire, dolomie	
		Portlandien	Portlandien	-885	933	853	933	853	976	979		Calcaire sublithographique, Calcaire argileux, Calcaire gréseux	
	Jurassique	Kimmeridgien	Kimmeridgien	-1011	1060	980	1058	978	1102	1106		Marne silteuse Calcaire argileux, Calcaire sublithographique	
	supérieur (Malm)	Sequanien		-1147	1196	1116	1191	1111	1242	1242		Calcaire avec niveaux oolithique	
		Rauracien	Lusitanien	-1271	1317	1237	1315	1235	1367	1368		Calcaire + ou - graveleux argile calcaire	
		Argovien		-1345	1393	1313	1388	1308	1437	1443		Calcaire dolomitique Marne silteuse	
		Oxfordien	Oxfordien						1523	1538		Calcaire micritique marne silteuse, grès	
163.5 (Ma)		Callovien	Callovien	-1502	1553	1473	1544	1464	1594,5	1599		Argile, marno calcaire	
	Jurasique moyen (Dogger)	Bathonien	Bathonien	-1544	1591	1511	1583	1504	1637	1647		Calcaire micritique, Calcaire graveleux, Calcaire oolithique	
		Callovien											

Figure 20 : Coupe géologique prévisionnelle du puits GVLB3 – Report des côtes des forages à proximité (doublet de Villiers-le-Bel (GVLB) et de Garges-Lès-Gonesse (GGAR) et PIF051)

#### 2.3.3. Contexte hydrogéologique du secteur d'études

Plusieurs aquifères (nappes d'eau souterraines) sont présents au droit du site. Les aquifères «superficiels» de l'Eocène au Néocomien sont traversés pour atteindre la cible du Dogger. Leurs localisations conditionnent la géométrie des ouvrages de manière à assurer leur protection et à respecter les contraintes règlementaires dont les aquifères peuvent faire l'objet. Ils conditionnent aussi, lors des opérations de forage, les programmes du fluide de forage (boue) et de cimentation des cuvelages. L'aquifère du Dogger, cible du projet, doit être isolé des aquifères traversés par le forage.

# Aquifères rencontrés par le forage : du Quaternaire à l'Albien /Néocomien

Au niveau régional, les aquifères du bassin de Paris présentent des caractéristiques très variables en fonction de leur changement d'épaisseur ou de faciès. Dans le secteur d'étude, sous les alluvions, cinq formations potentiellement aquifères sont traversées avant d'atteindre le Dogger :

- la nappe du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp de l'Eocène supérieur ;
- la nappe de l'Eocène moyen et inférieur : ces eaux minéralisées peuvent se rencontrer au niveau des calcaires sableux de la base du Lutétien ainsi qu'à la base des sédiments de l'Yprésien ;
- la nappe de la Craie : cette nappe, importante au niveau du Bassin de Paris dans les zones à faible recouvrement et à l'affleurement, se situe en majorité dans la partie supérieure de la craie du Sénonien à la faveur de zones de fractures et/ou d'altérations ; généralement le recouvrement du tertiaire lui confère une importance moindre ;
- la nappe de l'Albien/Néocomien : l'aquifère du Crétacé inférieur constitue, à l'échelle régionale une réserve d'eau potable de qualité chimique remarquable ; le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie (2016), l'identifie comme une nappe d'importance stratégique. L'imbrication de l'Albien et du Néocomien à l'échelle régionale conduit cependant à prendre en compte l'ensemble de ce système hydrogéologique comme un aquifère stratifié constitué de sables et grès séparés par des niveaux plus ou moins argileux.
- la nappe des calcaires du Lusitanien, du Jurassique Supérieur (Malm).



# 2.4. Caractérisation du réservoir du Dogger

# 2.4.1. Paramètres réservoirs des puits alentours

Le tableau suivant récapitule les principaux paramètres réservoir, mesurés sur les puits GVLB1, GVLB2, GGAR-1 et GGAR-2 directement après forage.

Le réservoir du Dogger à Villiers-le-Bel se caractérise par une très bonne transmissivité, pour une température de gisement et une pression artésienne moyennes.

Paramètres	GVLB1	GVLB2	GGCAR-1	GGAR-2
Transmissivité	80 D.m (2.9D)	42.4 D.m	82.7 D.m (5.16 D)	52.8 D.m (2.85 D)
Température maximale enregistrée	67°C	70.3°C	68.1°C	65.5°C
Diamètre du puits au réservoir	Tubage 7"	Tubage 9" 5/8	Tubage 7"	Tubage 7"
Pression artésienne mesurée	6 bars (en tête)	4.8 bars (en tête)	168.7 bars (1633,71 m TVD)	168.7 bars (1795 m MD)
Débit artésien maximal (fin de forage)	225 m <sup>3</sup> /h	128 m³/h	171 m³/h	135 m <sup>3</sup> /h
Hauteur cumulée productrice	28 m (MD)	23.5 (MD)	19.5 m	18.5 m
Porosité	15 %	17.3 %	16.5%	18%
Salinité moyenne	26.7 g/l	27.2 g/l	25 g/l	30.38 g/l

Tableau 9 : Paramètres de réservoir mesurés sur les puits du secteur



#### 2.4.2. Caractéristiques hydrodynamiques du réservoir

#### 2.4.2.1. Transmissivité

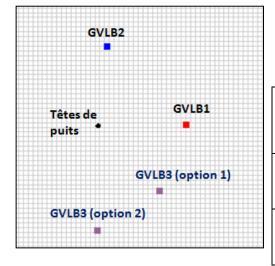
Pour un débit d'exploitation donné, le rabattement de la nappe est fonction de la transmissivité du réservoir. Les disparités géologiques entre les puits se retrouvent sur les valeurs de transmissivité.

Ainsi, si l'on considère la carte obtenue par interpolation des transmissivités relevées dans les différents puits de la base de données Dogger (BRGM) (cf. Figure 22), la transmissivité de la zone modélisée croit d'est en ouest avec 80 D.m au niveau du puits producteur GVLB1 et 43 D.m au niveau du puits injecteur GVLB2. Au nord est et à l'ouest, les transmissivités ne sont pas connues (pas de puits forés). L'interpolation n'est donc pas fiable dans cette zone.

Au vu de ces observations, l'azimut du nouvel ouvrage sera orienté dans la direction sud-ouest de manière à bénéficier de la transmissivité du réservoir et de températures (cf. Figure 24) les plus favorables à l'exploitation du nouveau puits, tout en tenant compte des contraintes du forage (par rapport aux trajectoires des puits existants) et de la situation de la bulle froide générée depuis 31 ans par l'injection au puits GVBL-2 (cf. Figure 32).

Deux positions d'impact au toit du réservoir du puits GVLB3 (option 1) et GVLB3 (option 2) ont été testées dans les simulations préalables. Le puits GVLB3 option 2 (ci-nommé après GVLB3) a été retenue car il présente le moins d'interférences thermique et hydrauliques, ainsi, seules ses modélisation sont présentées.

Par ailleurs, les interpolations des différents paramètres ont permis d'estimer les valeurs des paramètres pour la position GVLB3 (option 2).



Impacts au toit du réservoir	X (LI Carto)	Y (LI Carto)
GVLB3 option 1	606 625	1 144 380
GVLB3 option 2'	605 975	1 143 970

Figure 21 / Positions et coordonnées (en LICarto) des deux impacts au toit du réservoir testés pour le nouveau puits



# La transmissivité attendue est de l'ordre de $75 \pm 5$ Dm.

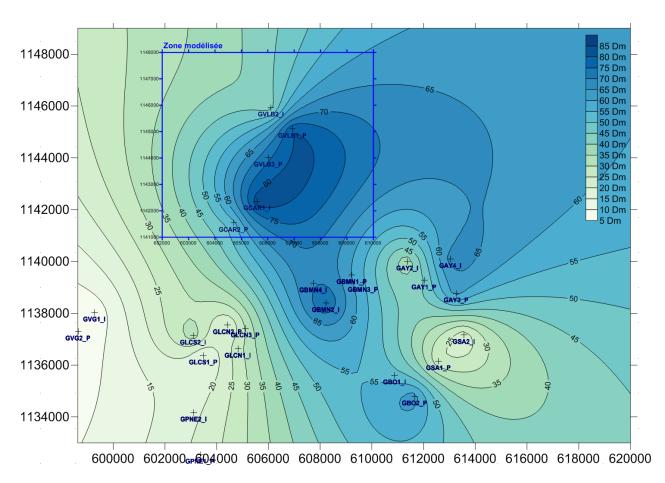


Figure 22 : Carte des transmissivités (D.m) (Coordonnées en LICarto)



#### 2.4.2.2. *Pressions*

Les débits artésiens mesurés initialement sur GVLB1, GVLB2, GGAR-1 et GGAR-2 sont respectivement de 225 m³/h, 128 m³/h, 171 m³/h et 135 m³/h. Ci-dessous la carte obtenue par interpolation des pressions mesurées dans les différents puits de la base de données Dogger (BRGM)

Le futur ouvrage tubé en diamètre 13"3/8 et 9"5/8 permettra d'obtenir le débit artésien attendu de 220 m³/h.

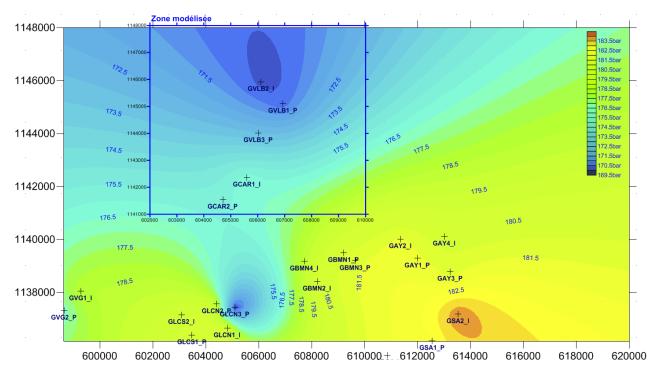


Figure 23 : Carte isobare du Dogger (Coordonnées en LICarto)



# 2.4.2.3. Température

Régionalement, une augmentation des températures du Dogger de l'ouest vers l'est est observée. La carte présentée sur la Figure 24 a été réalisée à partir des données relevées dans la base de données Dogger du BRGM. L'interpolation dans les zones dépourvues de données au nord est et nord ouest ne permet pas d'avoir une analyse fiable dans ces domaines pour l'ensemble des paramètres mesurés aux puits.

Toutefois les températures relevées à proximité du futur ouvrage GVLB3, permettent d'envisager <u>une température de  $67 \pm 1^{\circ}C$  en fond de puits.</u>

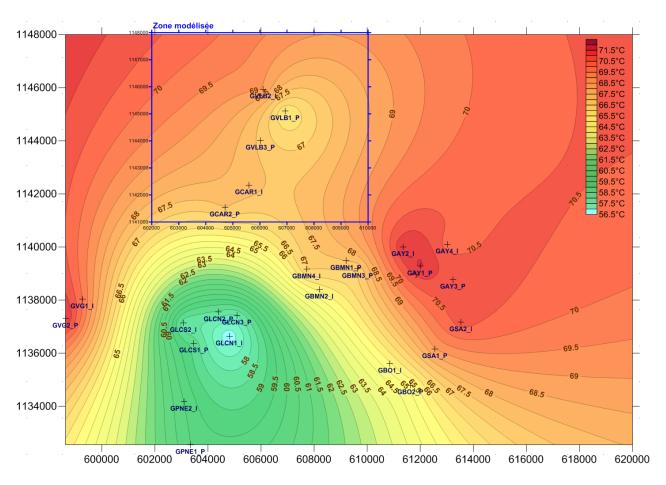


Figure 24 : Carte isotherme du Dogger (Coordonnées en LICarto)



#### 2.4.2.4. Qualité chimique du fluide géothermal

La chimie de l'eau du Dogger est agressive ; en effet la salinité est élevée (> 25 g/l) et l'eau géothermale contient des gaz dissous (notamment CO2, CH4, H2S).

A l'échelle régionale, on observe un gradient croissant de salinité orienté selon une direction ouest-sud-ouest / est-nord-est. Le niveau de salinité de l'eau du Dogger impose sa réinjection dans le réservoir et exclut tout autre type de valorisation de ce fluide.

La mise en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion permettra de protéger le tubage en acier. Au niveau de Villiers-le-Bel, la salinité moyenne mesurée en tête du puits GVLB1 durant les suivis d'exploitation est de 26,7 g/l. Pour GVLB2 la salinité relevée en fin de forage était de 27,2 g/l.

Compte tenu de la proximité du doublet existant, <u>le puits GVLB3 devrait produire un fluide</u> de salinité voisine de 27 g/l.

# 2.4.2.5. Productivité du nouvel ouvrage

La détermination de la productivité de GVLB3 est réalisée à partir des éléments hydrogéologiques préalablement définis et de la configuration du doublet déterminée lors de la modélisation hydraulique.

Le tableau suivant résume les valeurs prises pour ces principaux paramètres et leur incertitude.

Paramètres	GVLB3
Transmissivité (D.m)	75 ± 2
Salinité (g/l)	27 ± 1
Température (° C)	67 ± 1
Porosité (%)	16 ± 1

Tableau 10 : Paramètres principaux pris en compte dans la détermination de la productivité de GVLB3



#### 2.5. Modélisation hydraulique et thermique du réservoir

La simulation numérique des transferts de masse et de chaleur, visant à quantifier l'évolution des champs de pressions et températures, a été conduite selon la méthodologie développée dans le logigramme de la Figure 26, qui présuppose un modèle structural cohérent. Les simulations de calage et prévisionnelles ont fait appel au logiciel spécialisé TOUGH2 V2, qui résout par voie numérique les formes discrétisées (différences finies) des équations aux dérivées partielles décrivant les transferts de masse et de chaleur, assorties de leurs équations d'état et des conditions initiales et aux limites.

Le logiciel TOUGH2 V2 est un simulateur numérique de transferts de masse et de chaleur de fluides multi-composants, en conditions non isothermales, polyphasiques, et des environnements poreux bi ou tridimensionnels, fracturés ou non. Il est majoritairement utilisé dans l'ingénierie des réservoirs pour la géothermie, le stockage des déchets nucléaires ou encore la modélisation des domaines hydrogéologiques saturés et non saturés.

Ce logiciel est écrit en langage FORTRAN77, dont la version utilisée permet de préciser l'équation d'état à appliquer pour les calculs. TOUGH2 étant peu ergonomique et rigide sur les formats des données d'entrée, l'interfaçage est assurée par le logiciel MVIEW de gestion des entrées/sorties, plus convivial.

# L'étude a été séparée en trois parties :

- une étude hydro-thermique de l'exploitation de Villiers-le-Bel depuis sa mise en service en 1985 ;
- une étude hydro-thermique de l'évolution prévisionnelle de la bulle froide créée à l'injection en fonction des différents scénarios d'exploitation. Ces scénarios ont également permis de tester deux emplacements d'impact du nouveau puits producteur et de sélectionner celui qui génère la moins forte interférence thermique aux pompages.
- une étude des impacts hydrauliques permettant de simuler les interférences hydrauliques entre les puits de l'exploitation pour les différents scénarios envisagés.

# 2.5.1. Modèle conceptuel

## 2.5.1.1. Domaine simulé

La seule opération à proximité immédiate du site de Villiers le Bel est celle de Garges-Lès-Gonesse et a été abandonnée il y a 20 ans. Par ailleurs, les opérations voisines, sont très éloignées et ne sont donc pas prises en compte pour les interférences hydrauliques et thermiques de leurs exploitations.

Toutefois, les données dont nous disposons grâces aux opérations voisines nous ont permis de paramétrer les conditions initiales de notre modèle.

Le domaine simulé est un rectangle d'environ 72 km² de superficie incluant le doublet actuel de Villiers-le-Bel et le doublet abandonné de Garges-Lès-Gonesse (cf. Figure 25). Les cellules de la grille ont une taille de 400 m x 400 m. La transition entre les cellules autour du doublet et le reste du domaine discrétisé s'effectue via des cellules de 50 m x 50 m puis 100 m x 100 m et enfin 200 m x 200 m.



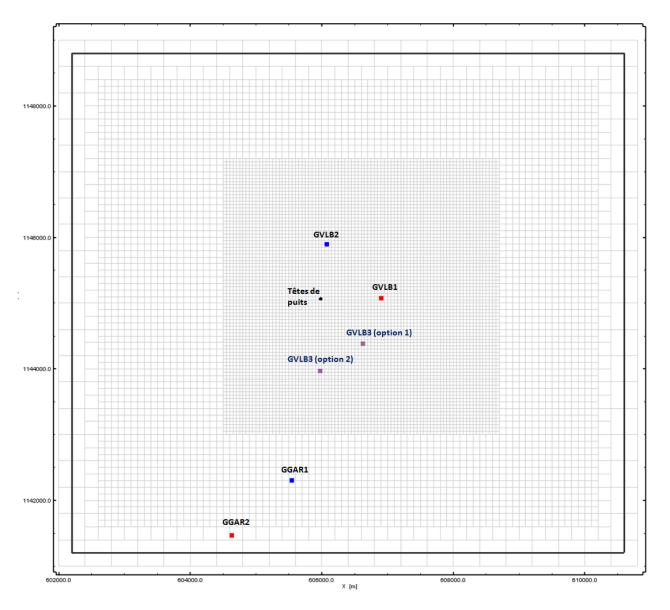


Figure 25 : Grille du domaine simulé (Coordonnées en LICarto)

Deux positions d'impact au toit du réservoir du puits GVLB3 (option 1) et GVLB3 (option 2) ont été testées dans les simulations préalables. L'option 2 a été retenue en raison de ses meilleurs résultats en termes d'impacts thermiques et hydrauliques, seules les simulations afférentes à cette option sont présentées dans la présente demande de permis.

La modélisation verticale choisie est du type « sandwich » (Antics *et al*, 2005 ; Ungemach *et al*, 2011, GPC-IP), schématisée en Figure 27. L'épaisseur productrice totale (hp) ainsi que l'épaisseur cumulée des épontes intermédiaires (hi) sont déterminées à partir des diagraphies différées de débitmétrie, la dernière ayant été réalisée en 2014 nous permet de connaître assez précisément les valeurs actuelles.



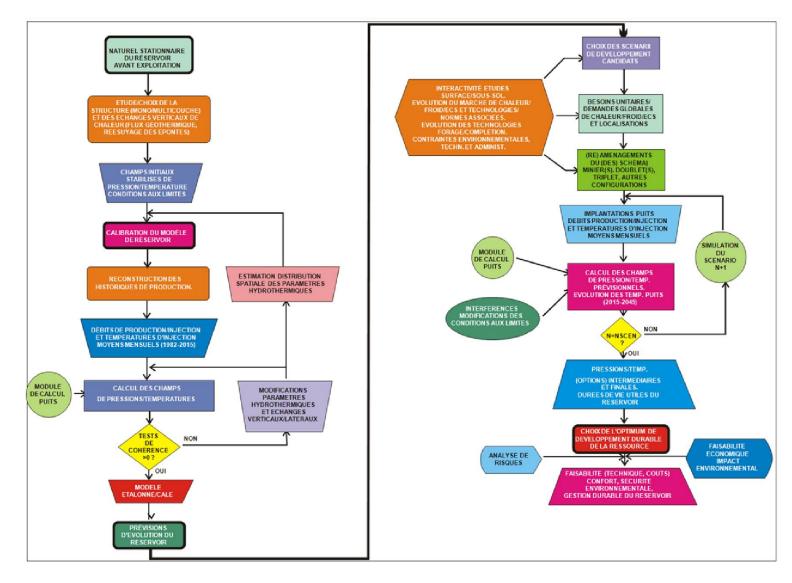


Figure 26 : Logigramme de simulation de réservoir



# 2.5.1.2. Paramètres hydrodynamiques et thermiques du réservoir et conditions initiales aux limites

# - Hypothèses de modélisation

Les hypothèses de modélisation utilisées pour le site de Villiers-le-Bel sont les suivantes :

- Lors de la simulation thermo-hydraulique, l'impact des doublets environnants n'est pas pris en compte, ceux-ci étant tous éloignés de plus de 6 km à l'exception de Garges-Lès-Gonesse mais qui n'a fonctionné que quelques années.
- La conduction, la convection et la dispersion thermique sont résolues dans les niveaux producteurs ; au niveau des épontes, seule la conduction est simulée ; le transport de chaleur en milieu poreux est résolu en régime transitoire.
- Les changements de viscosité sont négligés (hypothèse pessimiste) ainsi que les écoulements gravitaires.

Le modèle est basé sur les données de réservoir des puits d'Aulnay-sous-Bois, Sevran, Bondy, Le-Blanc-Mesnil, La Courneuve, Villeneuve-la-Garenne, Aubervilliers, Garges-Lès-Gonesse et Villiers-le-Bel. Les données de Villiers-le-Bel sont favorisées lorsque des simplifications sont nécessaires à la modélisation.

# - Epaisseur des niveaux producteurs

Pour les épaisseurs des niveaux producteurs, une moyenne a été réalisée entre les puits de Villiers-le-Bel (dont les épaisseurs productives ont très peu variée de 1984 à 2014, comme le montre la Figure 27) et Garges-Lès-Gonesse. Cette hypothèse simplificatrice implique la mise en relation de tous les niveaux producteurs, soit la construction d'un modèle pessimiste. La quasi-totalité des niveaux producteurs est présente dans le niveau graveleux et le niveau oolithique. Un modèle sandwich a donc été utilisé (cf. Figure 27).

Celui-ci respecte la hauteur totale (18 m) comprise entre le toit du premier niveau producteur de l'ensemble graveleux et le mur du dernier niveau producteur de la formation à oolithe. Ce modèle d'épaisseur a été extrapolé à l'ensemble de la grille.



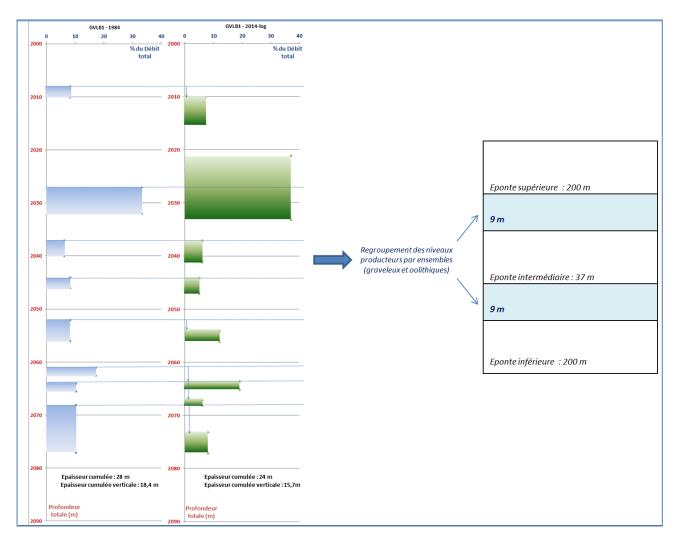


Figure 27 : Schématisation sandwich du réservoir multicouche à partir des données de flowmétrie de 1984 et 2014

# 2.5.1.3. Températures et perméabilités du réservoir

Les champs de perméabilités et de température du Dogger, interpolés par méthodes géostatistiques (krigeage) à partir des valeurs recueillies sur les doublets renseignés de la zone, sont représentés respectivement en Figure 29 et Figure 28. Les champs de pressions du réservoir (cf. Figure 31) suivent les variations en profondeur du toit du réservoir (cf. Figure 30), préalablement géomodelées sous GOCAD. Cela induit une légère différence avec les valeurs disponibles dans la base de données Dogger (cf. Figure 23).

Les propriétés pétrophysiques appliquées aux différentes couches sont consignées dans le Tableau 11. Des conditions de Dirichlet (pressions et températures constantes) ont été imposées aux limites verticales (épontes supérieure et inférieure) et latérales (périmètre du domaine simulé). Les valeurs des paramètres thermiques et des épontes sont celles usuellement utilisées dans la modélisation du Bathonien du Bassin de Paris.



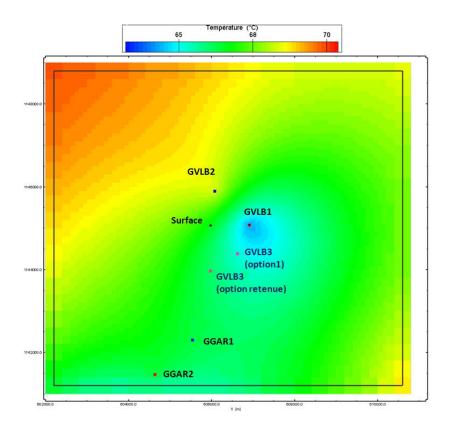


Figure 28 : Champ de température modélisé sous Tough 2 (en °C)

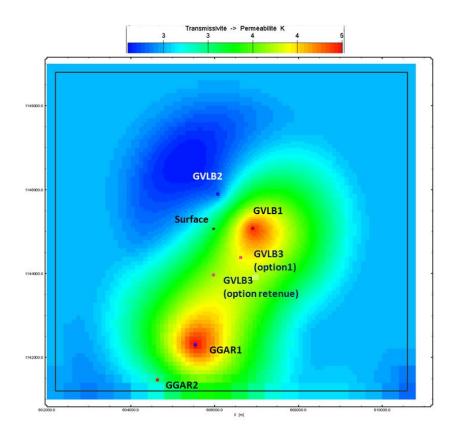


Figure 29 : Champ de perméabilité modélisé sous Tough 2 (en Darcy)



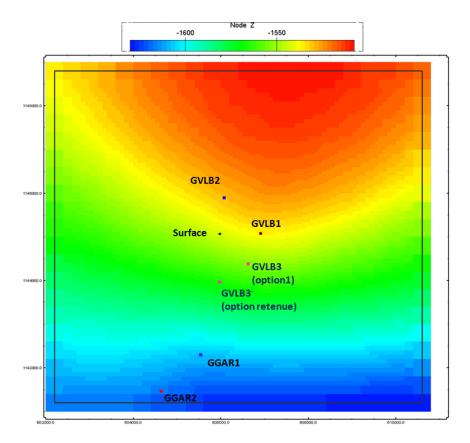


Figure 30 : Cote du toit du réservoir modélisé sous GOCAD (en m NGF) et exporté sous Tough 2

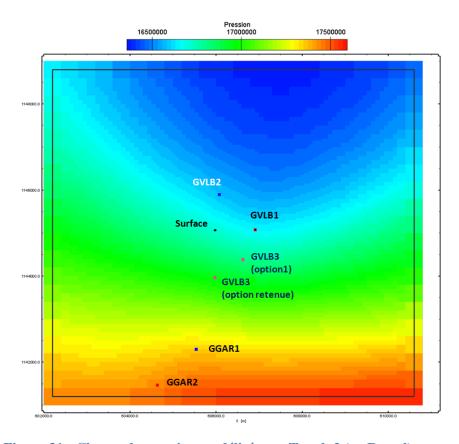


Figure 31 : Champ de pression modélisé sous Tough 2 (en Pascal)



Les paramètres hydrodynamiques associés aux cinq couches du modèle (cf. Figure 27) sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Masse volumique (kg/m3)	Porosité	Perméabilité (m²)	Conductivité thermique (W/m°C)	Chaleur spécifique (J/kg.K)
Eponte supérieure et inférieure	2 200	1%	10 <sup>-16</sup>	2,3	840
1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> réservoir	2 700	18%	10 <sup>-12</sup>	2,4	1 000
Eponte intermédiaire	2 200	1%	10 <sup>-16</sup>	2,3	840

Tableau 11 : Paramètres hydrodynamiques du modèle

L'état initial de la simulation, qui correspond à un état stabilisé des pressions et températures, a été calculé au moyen d'une modélisation en régime stationnaire, soumis aux seules sollicitations naturelles (flux de fluides et chaleur latéraux et verticaux), hors toute exploitation géothermique.



# 2.5.2. Calibration du modèle et historique d'exploitation (1985-2015)

Pour la calibration du modèle, l'historique des exploitations depuis 1985 a été intégré, de manière à prendre en compte les impacts hydro-thermiques existants. Les effets saisonniers ont été lissés et intégrés sous forme de moyennes annuelles, calculées à partir des données du Dogger disponibles sur le site éponyme du BRGM.

Année	GVLB1 P	GVLE	32 I	Année	GVLB1 P	GVLE	32 I
	Q <sub>prod</sub> (m3/h)	Q <sub>inj</sub> (m3/h)	T <sub>inj</sub> (°C)		Q <sub>prod</sub> (m3/h)	Q <sub>inj</sub> (m3/h)	T <sub>inj</sub> (°C)
1985	0	0	0	2001	186	186	54
1986	161	161	46	2002	131	131	54
1987	168	168	48	2003	120	120	54
1988	174	174	49	2004	113	113	54
1989	181	181	51	2005	99	99	54
1990	181	181	51	2006	110	110	54
1991	181	181	51	2007	150	150	54
1992	181	181	51	2008	150	150	54
1993	181	181	51	2009	150	150	54
1994	181	181	51	2010	180	180	54
1995	154	154	51	2011	170	170	54
1996	158	158	51	2012	185	185	51
1997	180	180	51	2013	185	185	51
1998	183	183	51	2014	185	185	51
1999	172	172	51	2015	185	185	51
2000	171	171	51	2016	185	185	51

Tableau 12: Historique d'exploitation du doublet de Villiers-le-Bel (1985-2015)

Les cinétiques de refroidissement simulées, représentées en Figure 32, et Figure 33 (vue en section du profil thermique dans l'axe du puits injecteur GVLB2), montrent l'absence de percée thermique au puits producteur GVLB1 dans le modèle. On peut même constater à la fois sur les résultats du modèle et sur l'historique de la base Dogger, une très légère augmentation de la température de production (cf. Figure 34 et Figure 35). Cette augmentation s'explique par le drainage d'eaux plus chaudes par le puits GVLB1 (cf. Figure 28), drainage qui fait largement augmenter la température des eaux pompées en GVLB1 sur les premières années puis est progressivement compensée par l'arrivée de la bulle froide générée par l'injection d'eaux refroidies à l'injecteur GVLB2.

En revanche, le rabattement obtenu par simulation, (cf. Figure 36), est bien inférieur aux niveaux mesurés actuellement sur GVLB1, suite à la baisse de productivité constatée. Grâce aux nouvelles investigations il peut être considéré que cette baisse de niveau est imputable à la dégradation de l'état du forage GVLB1 et ne peut par conséquent pas être simulée dans le modèle.



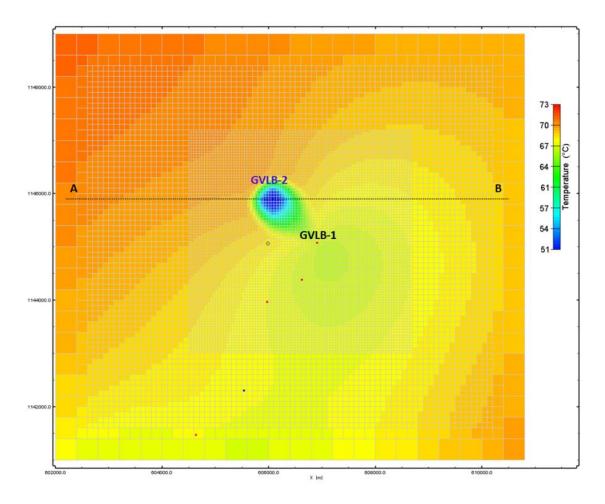


Figure 32 : Etat thermique année 2015 (°C)

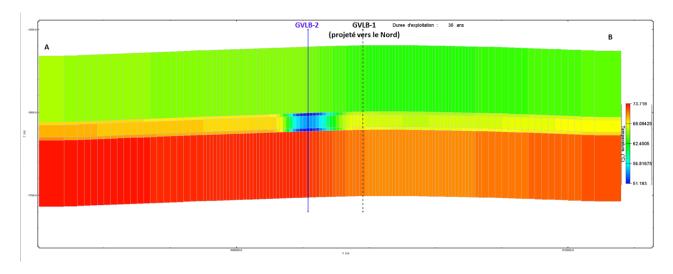


Figure 33 : Profil thermique A-B (est-ouest) en 2015 en Y=1145900



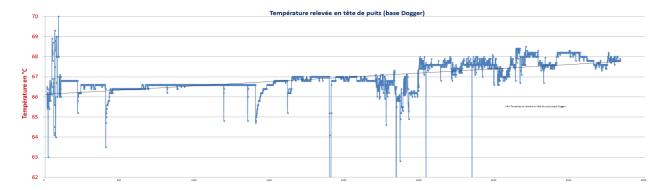


Figure 34 : Température de production du puits GVLB1 (Base Dogger BRGM)

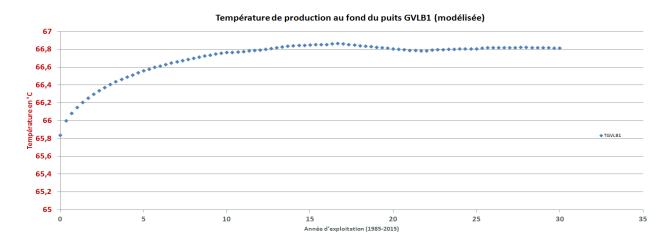


Figure 35 : Température de production simulée (1984-20015)



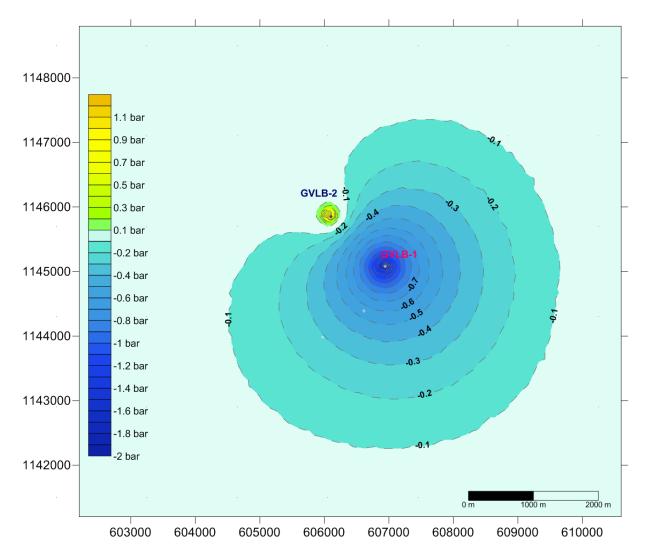


Figure 36 : Rabattements simulés - année 2015 (bar)



# 2.5.3. Modélisations hydro-thermiques (2017-2047)

Le débit moyen annuel à produire sur la boucle géothermale (247 m³/h) et la température d'injection annuelle moyenne (45 °C) ont été calculés en utilisant la répartition des températures sur une année type et les puissances thermiques prévisionnelles de production par la géothermie correspondantes.

Pour les deux scenarii testés, deux positions d'impact au toit du réservoir du puits GVLB3 (option 1) et GVLB3 (option 2) ont été testées dans les simulations préalables. Les résultats présentés correspondent aux impacts simulés sur la position GVLB3 (option 2), retenue car la plus favorable puisque qu'à l'origine d'une moindre interférence thermique au nouveau puits producteur dans tous les cas simulés.

# 2.5.3.1. Scénario de base en triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2

Ce scénario de base correspond à l'exploitation d'un triplet à un producteur GVLB3 et deux injecteurs GVLB1 et GVLB2, demandée dans le présent dossier et dont le schéma minier est présenté ci-dessous.

Producteur	Injecteur(s)	Débit moyen annuel – GVLB1 (m³/h)*	Débit moyen annuel – GVLB2 (m³/h)*	Débit moyen annuel – GVLB3 (m³/h)*	
GVLB3	GVLB1 et GVLB2	-123,5	-123,5	247	

<sup>\*</sup> Débit positif pour la production et négatif pour l'injection

Tableau 13 : Scénario d'exploitation envisagé pour le site de Villiers-le-Bel/Gonesse

# - Cinétique de refroidissement au puits de production

La Figure 37 montre l'évolution des températures de GVLB3 sur 30 années d'exploitation.

La percée thermique apparaît à partir d'une quinzaine d'année. On observe, au bout de 30 années d'exploitation, une baisse de la température produite limitée à moins de 0,2°C.

L'impact thermique au puits producteur GVLB3 après 30 ans d'exploitation à un débit moyen de 247 m³/h et une température de réinjection de 45°C est très faible.



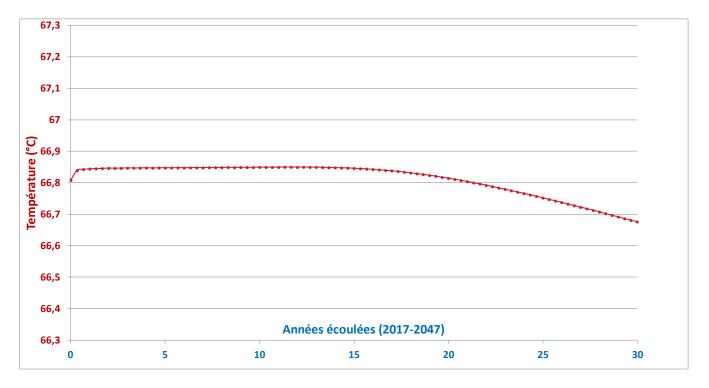


Figure 37 : Cinétique de refroidissement en GVLB3 – scénario de base, d'exploitation sur 30 ans, du triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2,

## - Bulles froides simulées

La figure suivante matérialise la formation des bulles froides après 30 ans d'exploitation du triplet.

La mise en service du triplet en 2017 se manifeste clairement par l'existence de bulles froides autour de GVLB1 et GVLB2.

La percée thermique simulée à partir d'environ 15 ans d'exploitation est issue de l'arrivée de la bulle froide issue non pas de GVLB2, dont l'impact est très éloigné de celui de GVLB3 (environ 1 930 m) mais de GVLB1, dont l'impact est plus proche (environ 1 440 m).

L'impact thermique se limite au seul triplet en fonctionnement dans la zone.



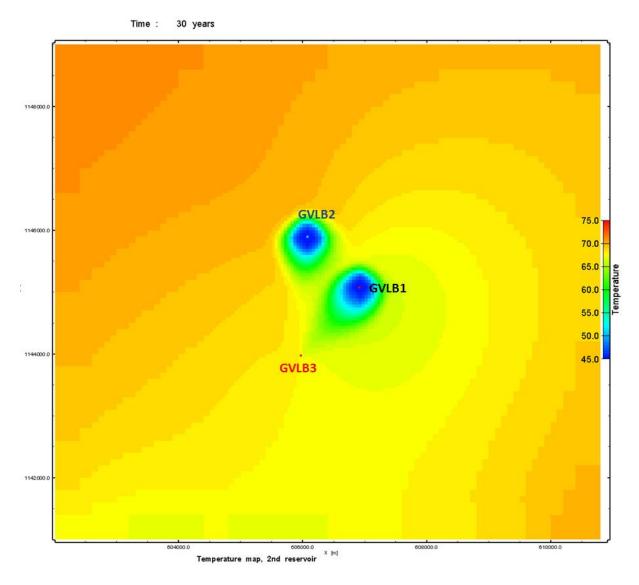


Figure 38 : Champ de températures projeté en 2047. Scénario de base – GVLB3 producteur/ GVLB1 et GVLB2 injecteurs



#### Rabattements simulés

Pour apprécier l'ampleur de l'impact hydraulique provoquée par l'exploitation du triplet, les charges simulées en 2047 sont comparées à celles simulées en 2017. La figure suivante montre les rabattements simulés.

Les résultats mettent en évidence la formation d'un dôme piézométrique (une augmentation de pression) au droit de la zone de rejet (hausse du niveau de la nappe) et d'une zone dépressionnaire (rabattement de la nappe) autour du forage de pompage :

- au droit du forage de pompage GVLB3, la baisse de pression simulée est de 3,6 bars.
- au droit des forages d'injection GVLB1 et GVLB2, les augmentations de pression sont respectivement de 0,8 bars et de 1,8 bars.

Ces valeurs ne prennent en compte ni les effets pariétaux ni les pertes de charges dans le tubage.

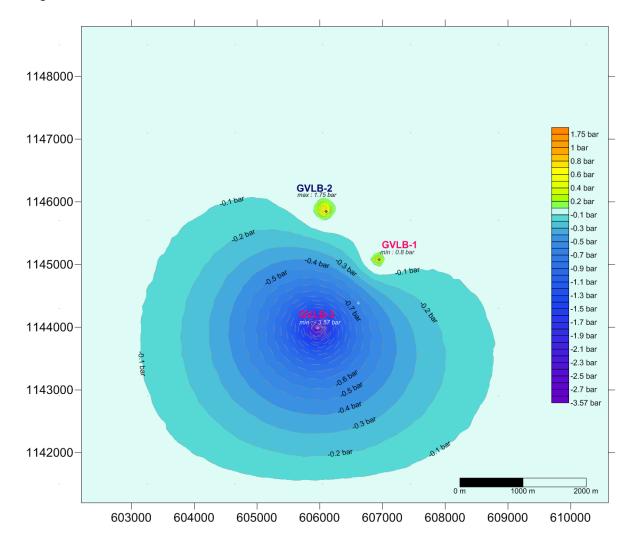


Figure 39 : Champ de rabattements projeté en 2047 Scénario de base – GVLB3 producteur/GVLB1 et GVLB2 injecteurs

L'impact hydraulique du triplet se limite au seul triplet en fonctionnement dans la zone et ne remet pas en question son exploitation.



# 2.5.3.2. Scénario de fonctionnement en doublet GVLB3/GVLB2 en attente de rechemisage de GVLB2

Ce scénario correspond à l'exploitation du doublet GVLB3/GVLB2. Il correspond à la phase de mise en stand by de GVLB1, mise en œuvre dans l'attente de rechemiser GVLB2, suite à quoi la transformation de GVLB1 en injecteur permettra de compléter les capacités d'injection du puits GVLB2.

Le schéma minier correspondant est présenté ci-dessous.

Producteur	Injecteur(s)	Débit moyen annuel – GVLB1 (m³/h)*	Débit moyen annuel – GVLB2 (m³/h)*	Débit moyen annuel – GVLB3 (m³/h)*
GVLB3	GVLB2	0	- 247	247

Tableau 14 : Scénario de fonctionnement du doublet GVLB3/GVLB2 en attente de rechemisage de GVLB2

# - Cinétique de refroidissement au puits de production

La Figure 40 montre l'évolution des températures de GVLB3 sur 30 années d'exploitation. La température des eaux pompées en GVLB3 connait non pas une baisse mais une croissance (quasi négligeable, de moins de 0,1°C) sur les 30 années d'exploitation simulées.

La percée thermique ne se produit pas durant cette période.

L'impact thermique au puits producteur GVLB3 après 30 ans d'exploitation à un débit moyen de 247 m³/h et une température de réinjection de 45°C est nul.



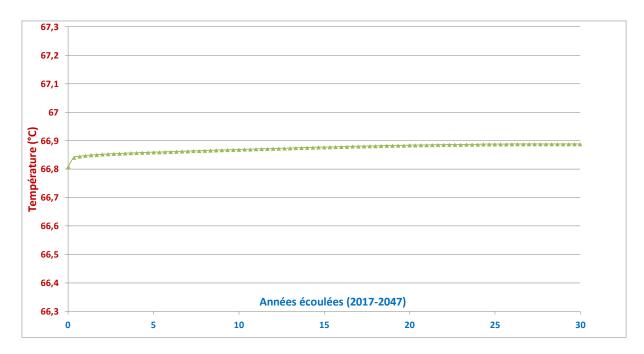


Figure 40 : Cinétique de refroidissement en GVLB3 – scénario d'exploitation sur 30 ans du doublet GVLB3/GVLB2

#### - Bulles froides simulées

La figure suivante matérialise la formation des bulles froides après 30 ans d'exploitation du triplet.

L'exploitation du doublet GVLB3/GVLB2 se manifeste clairement par l'existence d'une unique bulle froide autour de GVLB2. Un seul injecteur (GVLB2) est utilisé et son point d'impact est très éloigné du puits de production GVLB3, à environ 1 930 m.

Le fait de pomper sur GVLB3 draine donc d'abord des zones plus chaudes situées entre les impacts de GVLB2 et de GVLB3 (cf. Figure 28), avant d'attirer vers GVLB3 la bulle froide issue de GVLB2. Cela explique la montée, même très faible, des températures simulées en GVLB3 et l'amorçage de la percée thermique sur les dix dernières années simulées (cf. Figure 40). En effet, on peut supposer que cette pseudo stabilisation des températures précède une inversion de la tendance des températures, c'est-à-dire un changement d'inflexion de la courbe.

Quoi qu'il en soit, l'impact thermique est négligeable et se limite au seul doublet/triplet en fonctionnement dans la zone.



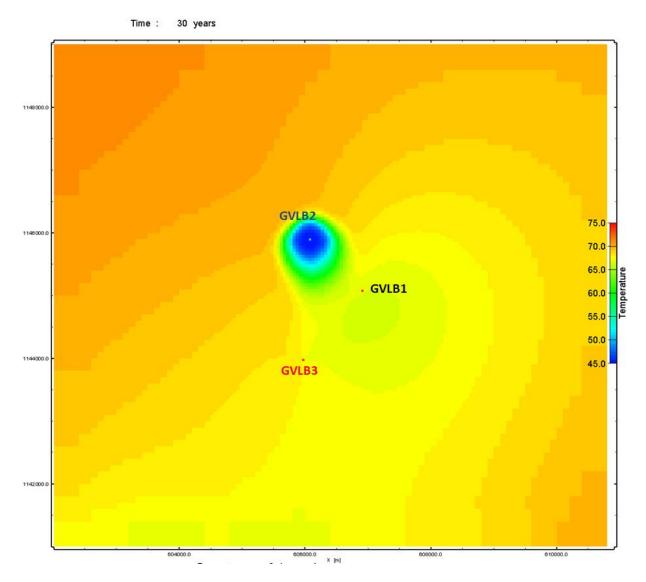


Figure 41 : Champ de températures projeté en 2046. Scénario 1 – GVLB3 producteur/GVLB2 injecteur/GVLB1 en travaux

## - Rabattements simulés

La figure suivante montre les rabattements simulés.

Les résultats mettent en évidence la formation d'un dôme piézométrique au droit de la zone de rejet (hausse du niveau de la nappe) et d'une zone dépressionnaire (rabattement de la nappe) autour du forage de pompage :

- au droit du forage de pompage, la baisse du niveau d'eau est au maximum de 36,3 m.
- au droit du forage d'injection, l'augmentation de pression est de 3,5 bars.
- la pression simulée au forage GVLB1 augmente quant à elle de 0,4 bars.



Ces valeur ne prennent en compte ni les effets pariétaux ni les pertes de charges dans le tubage.

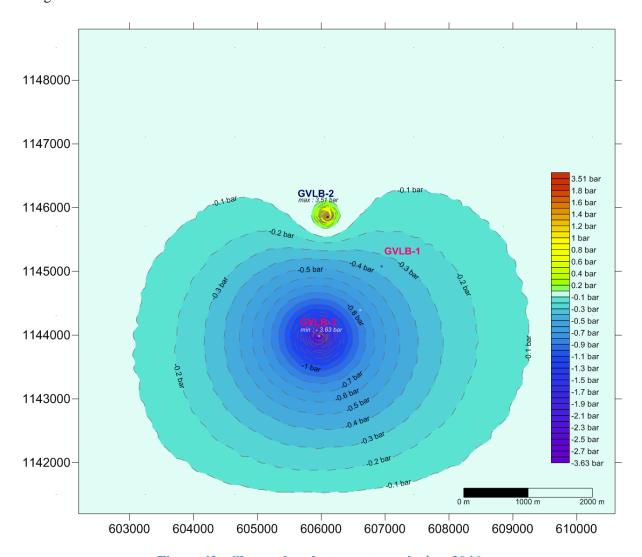


Figure 42 : Champ de rabattements projeté en 2046. Scénario 1 – GVLB3 producteur/GVLB2 injecteurs et GVLB1 en travaux

L'impact hydraulique du triplet se limite au seul doublet en fonctionnement dans la zone et ne remet pas en question son exploitation.

# 2.5.3.3. Scénario de fonctionnement en doublet GVLB3/GVLB2 en cas d'abandon de GVLB1

En cas d'abandon de GVLB1, le doublet GVLB3 producteur et GVLB2 injecteur sera exploité. La simulation d'une telle exploitation est déjà présentée dans la partie précédente.



## 2.5.4. Conclusions des simulations hydro-thermiques

Quel que soit le scénario considéré, en doublet ou en triplet avec deux injecteurs, les impacts hydraulique et thermique d'exploitation sur 30 ans à un débit moyen de production de 247  $\rm m^3/h$  et à une température de réinjection de 45°C, se limitent au doublet/triplet exploité et ne remettent pas en question la pérennité de l'exploitation.

L'efficacité thermique est en outre assurée jusqu'à l'horizon 2047 puisque la température au puits de production ne devrait pas baisser de plus de 0,2°C à cette échéance.



## 2.6. Sollicitation de l'aquifère du Dogger et emprises prévisionnelles du projet

## 2.6.1. Sollicitations actuelles de l'aquifère du Dogger dans les environs du secteur d'étude

Le doublet de Villiers-le-Bel Gonesse est isolé du reste des exploitations. En effet les périmètres d'exploitation les plus proches se trouvent à plus de 6 km, il s'agit du Blanc-Mesnil, de La Courneuve Nord et Sud, de Paris Nord Est (Aubervilliers), de Villepinte et de Tremblay.

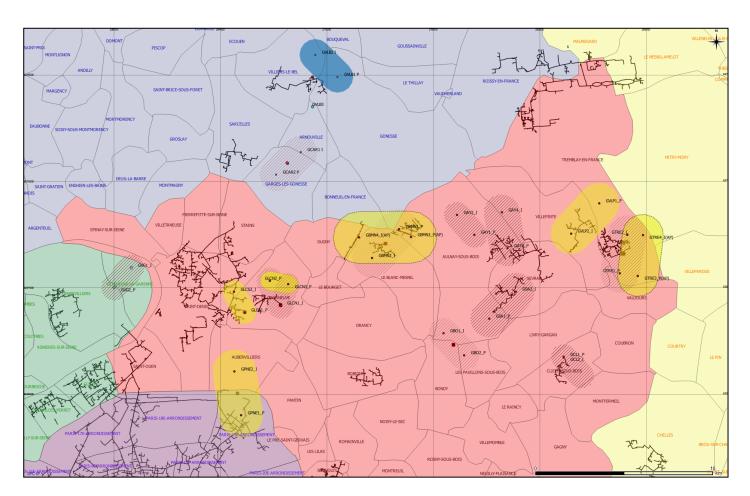


Figure 43 : Localisation des périmètres d'exploitation (en jaune) à proximité du doublet de Villiers le Bel (en bleu), et anciennes exploitations (marron hachuré)

NB : les périmètres d'exploitation des nouveaux doublets du Blanc-Mesnil et de Tremblay reportés sur cette carte sont les permis prévisionnels suite aux nouveaux forages réalisés, ils sont sujets à modification.



### 2.6.2.Implantation prévisionnelle de GVLB3

La cible au réservoir de GVLB3 proposée et présentée sur la Figure 44, a été conditionnée par les points suivants :

- les paramètres du réservoir : la transmissivité est optimale dans cette zone ;
- la distance aux bulles froides actuelle et prévisionnelles ; en effet, le nouvel ouvrage doit se situer à une distance suffisante de GVLB2 et GVLB1 pour ne pas être impacté par des interférences thermiques trop importantes ;
- les contraintes techniques du forage, notamment limitant sur les angles de déviations.

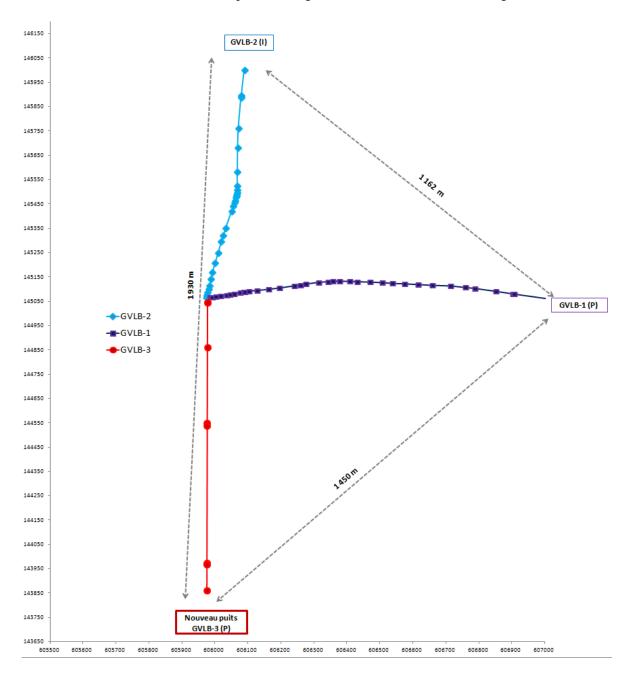


Figure 44 : Implantation prévisionnelle de GVLB3, vue en plan (coordonnées en Lambert I)



### 2.6.3. Définition du périmètre du permis de recherche d'un gîte géothermique au Dogger

Rappel de l'art. L124-4 du Code Minier: « Nul ne peut entreprendre un forage en vue de la recherche de gîtes géothermiques à basse température sans une autorisation de recherches accordée par l'autorité administrative. Cette autorisation détermine soit l'emplacement du ou des forages que son titulaire est seul habilité à entreprendre, soit le tracé d'un périmètre à l'intérieur duquel les forages peuvent être exécutés. Sa validité ne peut excéder trois ans. »

Ainsi, dans le cas de Villiers-le-Bel, le périmètre sur lequel est demandée l'autorisation de recherche d'un gîte géothermique est assimilable à un quadrilatère orienté selon une direction nordouest/sud-est (cf. quadrilatère rouge sur la Figure 45), d'une superficie de 15,5 km².

Ce périmètre s'étend sur six communes du Val d'Oise : Villiers-le-Bel, Sarcelles, Arnouville, Gonesse, Ecouen et Bouqueval. Ses dimensions permettent d'anticiper, un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3 d'environ 100 m, dû à une différence entre la trajectoire prévue et la trajectoire suivie lors la réalisation du forage.

Les cordonnées (Lambert 93) des sommets (A, B, C et D) du quadrilatère du permis sollicité sont recensées dans le tableau suivant :

A	X: 655 629	D	X: 655 990		
	Y: 6 880 250	Б	Y: 6 876 233		
C	X: 659 852	D	X:658 792		
	Y: 6 876 216	D	Y: 6 880 999		



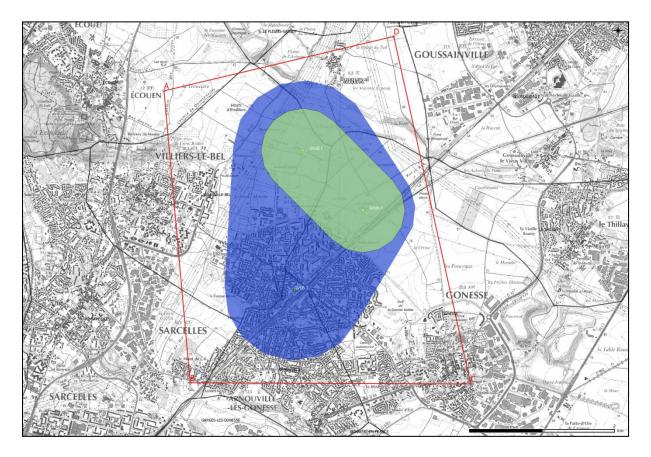


Figure 45 : Emprise du périmètre de recherche sollicité. En vert le périmètre d'exploitation actuel (GVLB1/GVLB2), en bleu le périmètre d'exploitation envisagé

# 2.6.4. Volume et périmètre d'exploitation prévisionnels

# 2.6.4.1. Coordonnées des puits

Suite à la modélisation numérique du réservoir (cf. §2.5), les coordonnées prévisionnelles du sabot de GVLB3 et des puits existant sont données dans le tableau suivant (projection Lambert93) :

Toit du réservoir GVLB1	$X = 658 \ 364$ $Y = 6 \ 878 \ 605$ $Z = -1 \ 511 \ m \ NGF$			
Toit du réservoir GVLB2	X = 657 544 Y = 6 879 429 Z = -1 504 mNGF			
Toit du réservoir GVLB3	X = 657 423 Y = 6 877 504 Z = - 1 544 mNGF			



### 2.6.4.2. Définition du périmètre d'exploitation

Le périmètre d'exploitation sollicité à l'issue des travaux sera inclus dans le périmètre du permis de recherche sollicité dans ce dossier (cf. Figure 45). Il prendra en compte les paramètres réels du réservoir ainsi que l'impact réel de GVLB3 au toit du réservoir et en fond d'ouvrage.

La projection horizontale de l'enveloppe du volume d'exploitation a la forme d'un « stade » ou d'une « gélule » dans le cas d'un doublet, où P et I sont les impacts au niveau du Dogger respectivement des puits producteur et injecteur (cf. Figure 46).

Dans le cas d'un triplet, cette enveloppe est plus complexe et le périmètre est formé par l'enveloppe convexe de l'union des gélules crées par les combinaisons des doublets de puits : GVLB1/GVLB2, GVLB1/GVLB3 et GVLB2/GVLB3 (cf. Figure 47)

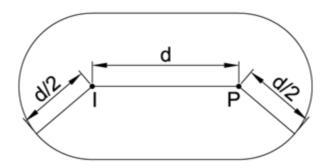


Figure 46 : Schéma du périmètre d'exploitation dans le cas d'un doublet

Ce périmètre s'étend sur cinq communes du Val d'Oise (Villiers-le-Bel, Sarcelles, Arnouville, Gonesse et Bouqueval), sous réserve d'un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3.



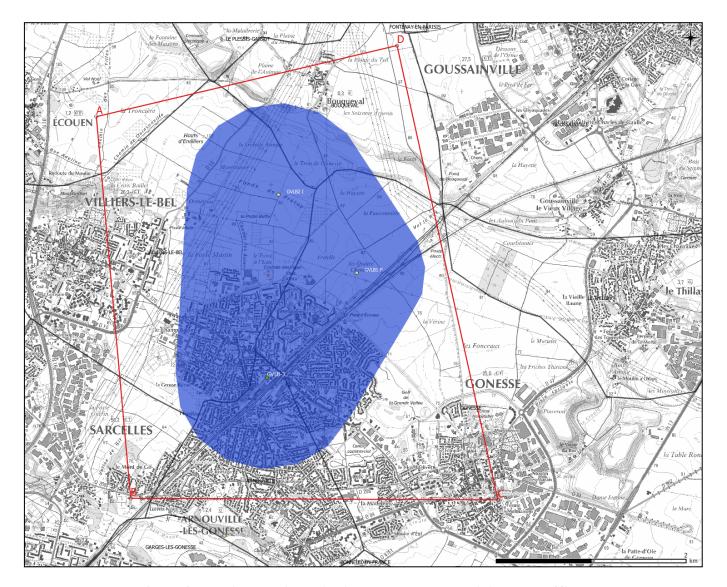


Figure 47 : Périmètre d'exploitation et de recherche Villiers-le-Bel/Gonesse



#### 2.6.4.3. Définition du volume d'exploitation

L'épaisseur d'aquifère sollicitée est définie par deux cotes en mètres par rapport au sol :

- la côte du sabot du tubage le moins profond (au toit du réservoir), soit à la côte prévisionnelle de 1 630 m de profondeur verticale (2 068 m foré, cf. Figure 48);
- la côte de fond du forage le plus profond, soit à la cote prévisionnelle de 1 730 m de profondeur verticale (2 215 m foré, cf. Figure 48).

L'épaisseur d'aquifère sollicité prévisionnelle est estimée à 100 m (soit environ 150 mètres forés). L'épaisseur finale sera définie dans le Dossier des Ouvrages Exécutés suite aux travaux de forage.

Le volume d'exploitation est compris entre les plans horizontaux correspondant à ces deux cotes et a pour projection horizontale l'enveloppe convexe des gélules citées ci-dessus (cf. Figure 47) soit 7,4.10<sup>6</sup> m². Le volume d'exploitation prévisionnelle serait d'environ 740 .10<sup>6</sup> m³.



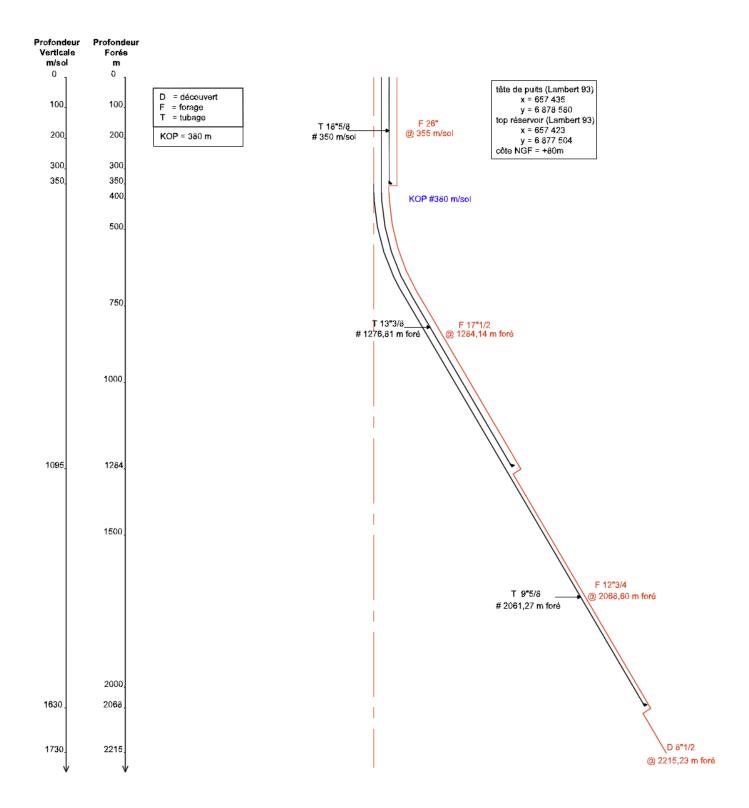


Figure 48 : Coupe prévisionnelle du futur puits GVLB3



#### 2.7. Dispositifs de mobilisation de la ressource

#### 2.7.1. Introduction

La mobilisation de la ressource géothermale locale s'articule succinctement selon le phasage suivant :

- élaboration d'un programme de développement en accord avec l'adéquation entre la ressource géothermale (débit, température) attendue et les besoins du réseau de chaleur, objet des études d'APS/APD et les missions normalisées de maîtrise d'œuvre :
- définition d'un schéma minier (type triplet), d'une architecture puits et d'une boucle géothermale (interface puits/réseau) aptes à sécuriser l'objectif de production (mission PRO);
- affrètement d'un appareil et d'une dotation de forage appropriés dont l'empreinte au sol et la signature acoustique permettront de sélectionner un site de forage compatible avec les contraintes logistiques (accès, transports) et environnementales (habitats, végétation, faune) locales ;
- engagement des travaux de Génie Civil préparatoires à l'installation de l'appareil et de la dotation de forage ;
- réalisation du programme de forage, complétion et essais validant la ressource et son exploitation ultérieure ;
- établissement du cahier des charges des équipements, prestations et services requis par la mise en œuvre de la boucle géothermale ;
- réception des travaux et équipements ;
- mise en service du doublet géothermique de chauffage urbain. Cette mise en œuvre devrait s'établir comme suit :

Lors de ces deux phases, les paramètres prévisionnels d'exploitation des forages sont les suivants.

Température en tête de puits	Température d'injection	Delta T	Débit maxi/moyen	Puissance thermique maxi
67 ± 1°C	45 °C	22 °C	320/247 m <sup>3</sup> /h	8,1 MW

Les différentes phases d'exploitation envisagées sont décrites au chapitre 1.1.3.



# 2.7.2.Emprise au sol des travaux de forage et aménagement de la plateforme

L'emprise au sol d'une machine de forage de capacité au crochet à 200 tonnes est représentée sur la figure suivante. L'implantation de la plateforme est commandée par des contraintes spécifiques au site (développés dans le Chapitre 3) qui déterminent la sélection d'un appareil de forage et d'une dotation adaptée afin de s'inscrire dans un périmètre autorisé.



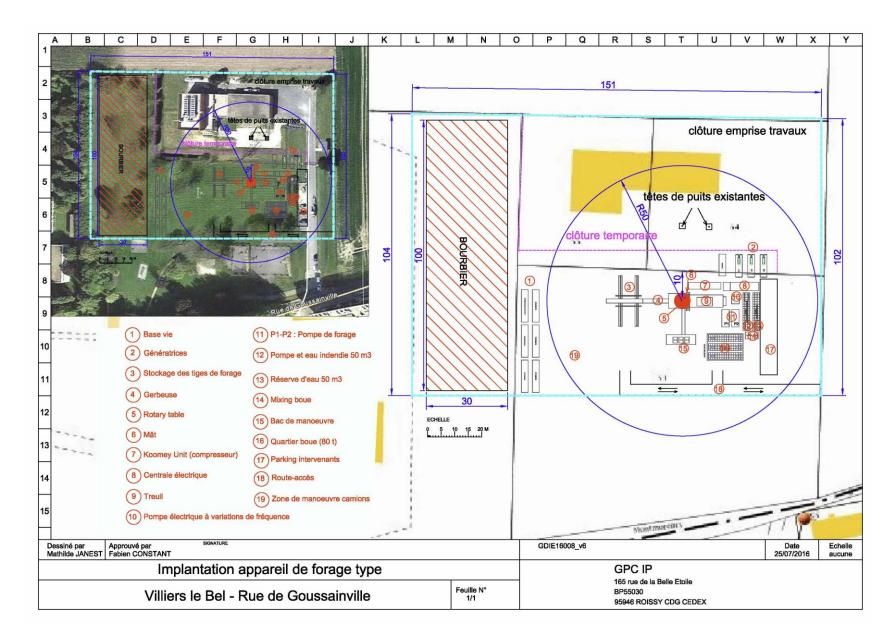


Figure 49: Emprise au sol d'un appareil de forage et de sa dotation



#### 2.7.3. Description sommaire des ouvrages du sous-sol

Le profil du nouveau puits et la coupe technique prévisionnelle ont été définis à partir de la synthèse de la coupe géologique prévisionnelle (cf. Figure 20) et des résultats de la modélisation Le déplacement latéral du point d'impact au réservoir par rapport à la verticale est de 1 075 mètres.

La configuration proposée correspond à la réalisation d'un nouveau puits producteur incliné à partir de la plate-forme existante selon le schéma de principe (Figure 50), pour un fonctionnement en triplet avec le puits producteur (GVLB1) transformé en puits injecteur et le puits injecteur (GVLB2) existants.

Le nouveau puits producteur GVLB3 comport. une phase verticale entre la surface et 380 m de profondeur, suivie d'une phase durant laquelle l'inclinaison croît progressivement (jusqu'à environ 47°) par rapport à la verticale ; la troisième phase réalisée en inclinaison stabilisée permet d'obtenir un écartement au toit du réservoir entre le nouveau puits de production GVLB3 et le puits d'injection GVLB2 d'environ 1 930 m, et entre le puits de production GVLB3 et le puits de production, transformé en injecteur GVLB1 d'environ 1 450 m. L'espacement actuel entre GVLB1 et GVLB2 étant de 1 162 m (cf. Figure 50).

Le programme de forage est développé dans la demande d'autorisation d'ouverture de travaux de forage (Chapitre 3). La coupe prévisionnelle (cf. Figure 48) tient compte des éléments de dimensionnement évalués en relation avec le cahier des charges de l'exploitation (réglementation sur l'eau, puissance, entretien, pérennité etc.). La protection de l'aquifère stratégique de l'Albien/Néocomien est assuré par le double cuvelage 13''3/8 et 9''.5/8.

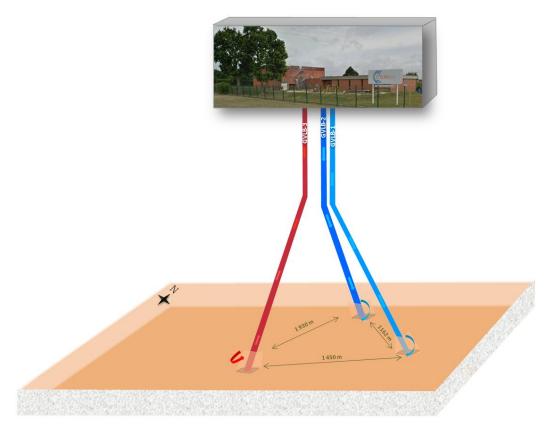


Figure 50 : Schéma de principe du triplet de Villiers-le-Bel/Gonesse (source GPC-IP)



### 2.7.4.Description et fonctionnement de la boucle géothermale

#### 2.7.4.1. Généralités

#### Phase 1 : Durée du permis de recherche

La boucle géothermale, ou circuit primaire sera constituée d'un doublet de forages (GLVB3 producteur et GVLB2 injecteur) permettant l'extraction d'eau géothermale puis sa réinjection dans le même aquifère. La chaleur est extraite de l'eau géothermale au moyen d'un échangeur de chaleur situé entre le circuit primaire ou boucle géothermale (puits, équipements de tête de puits, conduite de surface, filtres, échangeurs) et le circuit secondaire ou boucle géothermique (réseau de distribution de chaleur). Le puits GVLB1 ayant subit une baisse de productivité importante ces dernières années, sera durant cette phase nettoyé, inspecté et éventuellement rechemisé, afin de pérenniser son utilisation.

#### **Phase 2: Exploitation**

Il est prévu dans la phase 2 d'exploiter le gisement à l'aide du puits producteur incliné GVLB3, assisté par une pompe de production pour obtenir un débit de pointe égale à 300 m³/h. Ce débit sera réinjecté dans deux puits injecteurs inclinés, GVLB2 et GVLB1.

De la même manière que pour le fonctionnement actuel en doublet, le triplet sera équipé d'une station de traitement des fluides spécifique au Dogger au niveau du puits producteur GVLB3.

#### 2.7.4.2. Les équipements de complétion

Les équipements nécessaires à la mise en production de la boucle géothermale sont décrits succinctement par sous-ensembles fonctionnels, depuis le puits d'exhaure jusqu'aux puits d'injection dans le Tableau 15. Dans ce tableau sont présentées également, les durées de vie moyenne des équipements, données d'entrée indispensable à l'évaluation des coûts de gros entretien exposés dans le Tableau 6.

Les échangeurs de chaleur constituent la limite entre la boucle géothermale et la boucle géothermique.

Les spécifications techniques des équipements seront déterminées pour un fonctionnement au débit de pointe de  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  pour le puits GVLB3, et une température exhaure de  $67 \pm 1$  °C.

Les sous-ensembles fonctionnels sont les suivants :

- Pour ce qui concerne les équipements du sous-sol (jusqu'en tête de puits) :
- Un dispositif de traitement anticorrosion en fond de puits ;
- Un groupe électropompe de production immergée ;
- Pour ce qui concerne les équipements situés en surface (boucle géothermale) :
- Une station d'injection du traitement anticorrosion ;
- Des conduites de surface et robinetterie jusqu'à l'échangeur de chaleur ;



- Des équipements électriques d'alimentation du groupe de pompage de réinjection depuis le Tableau Général Basse Tension (TGBT) ;
- Un échangeur de chaleur à plaques ;
- Un groupe de pompage de réinjection ;
- Des conduites de surface et robinetterie entre échangeur et les têtes de puits d'injections ;
- Une régulation et un contrôle des puits, des installations de surface et du fluide.

Les caractéristiques des équipements fixes de la boucle géothermale (puits, équipements de tête de puits, dispositif de traitement inhibiteur, conduite de surface, filtres, échangeurs) seront déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale, inhibiteur de corrosion) et limiter les pertes de charge.

Les caractéristiques des éléments mobiles de la boucle géothermale (pompes et variateurs associés) seront déterminées pour réguler la production d'eau géothermale en fonction des besoins en chaleur. Leur dimensionnement sera tel qu'il permettra d'anticiper une possible dégradation des caractéristiques des puits par augmentation des pertes de charge.

La durée de vie des équipements d'une boucle géothermale va dépendre de plusieurs facteurs :

- la qualité des matériels à l'achat;
- le choix de matériaux adaptés à la corrosivité du fluide géothermal ;
- la maintenance et la conduite des équipements ;
- l'efficacité du traitement inhibiteur de corrosion ;
- les caractéristiques techniques des équipements, qui seront précisées au stade des études de projet.



Sous-ensembles fonctionnels	Fonction	Durée de vie moyenne
Dispositif d'injection d'inhibiteur en fond de puits - Station de traitement associée	Lutter contre les phénomènes de corrosion et de dépôts dans les puits et dans les installations de surface.	10 ans
Groupe électropompe de production	Augmenter le débit artésien naturel au débit souhaité	4 ans
Régulation et contrôle des puits, des installations de surface et du fluide	<ul> <li>Régulation des pressions et des débits en fonction des besoins</li> <li>Sécurité</li> <li>Contrôle des paramètres du fluide.</li> </ul>	15 ans
Equipements électriques d'alimentation depuis le tableau TGBT	Alimentation électrique du groupe de pompage de production	20 ans
Filtration réseau géothermal	Eliminer des éléments pouvant réduire la durée de vie des échangeurs.	10 ans
Echangeurs de chaleur à plaques titane	Transférer l'énergie thermique du fluide primaire (réseau géothermal) au fluide secondaire (réseau géothermique).	20 ans
Groupe de pompage de réinjection et équipements électriques d'alimentation depuis le TGBT	Réinjecter la totalité du volume extrait. Vaincre les pertes de charge cumulées des tubages d'injection et du réservoir.	20 ans
Réseaux d'eau géothermale de surface	Relier les trois forages du triplet en traversant les échangeurs de chaleur	25-30 ans

Tableau 15 : Descriptif sommaire des équipements de la boucle sous-sol du triplet de Villiers-le-Bel/Gonesse et estimation des fréquences de renouvèlement



### 2.7.5. Contraintes liées au fluide

#### 2.7.5.1. *Corrosion*

La nature agressive de l'eau du Dogger est en partie due à sa composition chlorurée sodique avec une salinité de l'ordre de 27 g/l, qui lui donne un caractère corrosif. Des facteurs aggravants de la corrosion tels que l'activité bactérienne ou la teneur en sulfure, sont connus dans cet aquifère. La présence de gaz est également dommageable aux équipements, dès lors qu'un fonctionnement audessus de la pression de point de bulle n'est pas respecté.

Le suivi de la corrosion sur les doublets est réalisé au moyen de coupons témoins immergés dans le fluide géothermal et dont la pesée différentielle (avant et après séjour dans l'eau géothermale), tous les 3 mois, permet une estimation de la vitesse moyenne de corrosion des tubages sur la durée considérée. La corrosivité de l'eau du Dogger non traitée est de l'ordre de quelques dixièmes à quelques mm/an sur l'acier au carbone.

La mise en œuvre d'un traitement par inhibiteur de corrosion, dès la mise en service des installations, dans le puits de production est une nécessité dans le cas de réalisation de puits en acier. Il permet de diviser par un facteur d'environ 5 à 10 les vitesses de corrosion sur l'acier au carbone des cuvelages. Ce dispositif consiste en un tube de traitement de petit diamètre descendu dans le puits producteur jusqu'au sabot du tubage et injectant en continu un produit inhibiteur. Il est relié en surface à une station d'injection dont le fonctionnement est asservi au débit d'exploitation.

La mise en place de ce traitement ne justifie pas l'abandon de certaines règles de l'Art en matière d'exploitation, telles que le respect de la pression de point de bulle ou le choix de matériaux adéquats par exemple.

En outre, les processus de corrosion constituent un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages et donc de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, en particulier celui de l'Albien. Au droit de cet aquifère, un double tubage est mis en place et l'espace annulaire est cimenté afin de constituer une barrière étanche et minimiser ainsi le risque de perforation des cuvelages.

En tout état de cause, les paramètres de la corrosion font l'objet, en cours d'exploitation, d'un suivi rigoureux dont le contenu et la fréquence sont intégrés à l'arrêté préfectoral d'exploitation.

#### 2.7.5.2. Risques de dépôts

La composition chimique de l'eau du Dogger induit un risque de dépôts de sulfures de fer et de carbonates (de fer et de calcium), dès lors que l'eau est refroidie et/ou dégazée.

Le niveau de risque est quantifié par l'indice de saturation du fluide vis-à-vis de chaque phase minérale susceptible de précipiter. Cet indice évolue en fonction du pH, de la température et de l'état d'oxydation de l'eau (potentiel redox). Le maintien d'une pression, en tout point de l'installation, supérieure à la pression de point de bulle, permet de limiter ce risque.



#### 2.7.5.3. *Filtration*

Une filtration des fines particules doit être mise en place en entrée de centrale et si besoin en entrée des échangeurs afin d'éviter le colmatage de ces derniers.

En effet, à la production, l'eau du Dogger véhicule des particules dont la granulométrie et la quantité varient en fonction de la lithologie des niveaux producteurs et des vitesses d'écoulement dans la formation et les cuvelages.

A la réinjection, l'aquifère calcaire est relativement tolérant quant à la teneur en particules du fluide.

## 2.8. Modification de surface pour fonctionner en triplet

# 2.8.1. Bilan des outils de production existants

#### 2.8.1.1. *Géothermie*

La boucle géothermale du doublet géothermique initial de Villiers-le-Bel/Gonesse en fonction depuis 1985 comprend d'ores et déjà les éléments suivants :

- Un puits de réinjection GVLB2 en 9"5/8,
- Un puits de production GVLB1 rechemisé en 10''3/4 x 7'' en 1995,
- Une pompe d'injection de produit inhibiteur,
- Un tube auxiliaire d'injection (jusqu'au fond du puits producteur GVLB1) et la cuve associée (en surface),
- Un groupe électropompe immergé, de production,
- Un groupe électropompe d'injection,
- 2 échangeurs géothermaux à plaques,
- 2 filtres,
- Un débitmètre,
- Des conduites de surface du puits producteur et robinetterie jusqu'aux échangeurs de chaleur et du dispositif de filtration ;
- Des conduites de surface et robinetterie entre échangeurs et tête de puits d'injection ;



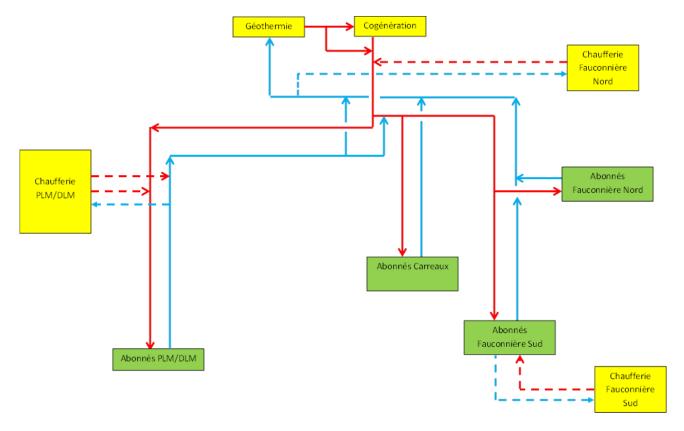


Figure 51 : Organisation du réseau de chaleur (schéma de principe réalisé par SERMET)

# 2.8.1.2. Les chaufferies

- La chaufferie centrale de Fauconnière Nord, au gaz pour l'appoint ;
- La chaufferie locale de Fauconnière Sud, au fioul domestique pour le secours.

# 2.8.1.3. La cogénération

L'électricité produite par la centrale électrique est réinjectée sur le réseau EDF. Cette génération électrique dégage une grande quantité de chaleur réutilisée sur le réseau de chaleur de la STVLBG.

La cogénération fonctionne en continue du 1<sup>er</sup> Novembre au 31 Mars, sur une base de 6,274 MW électriques. Disponible 95 % du temps, elle correspond à près de 30 % du mix énergétique.



### 2.8.2. Mixité énergétique

En 2015, le taux de couverture en énergie renouvelable sur le réseau de chaleur de Villiers-le-Bel/Gonesse était de 40% de chaleur produite par la géothermie. L'avenant n°7 de la DSP prévoit une élévation de ce niveau d'ENR à 50% minimum pour pérenniser l'équilibre économique de ce service public.

Lorsque le nouveau puits sera mis en exploitation, la mixité de la production énergétique prévue serait la suivante (données pour un débit moyen annuel de 247 m3/h et pour un débit de pointe 300 m3/h) :

- 58% géothermie,
- 19% gaz,
- 23% cogénération

Ce qui représente une part prévisionnelle d'ENR estimée donc à 58% de couverture

L'avenant n°7 de la DSP prévoit également la possibilité d'une signature de convention avec l'usine d'incinération des ordures ménagères de Sarcelle (UIOM) afin de récupérer l'énergie fatale produite par l'usine, sur le réseau de chaleur de Villiers-Le-Bel/Gonesse.

En cas de raccordement avec l'usine d'incinération, la mixité prévisionnelle serait la suivante :

- - 58% géothermie,
- - 9 % de valorisation de l'UIOM,
- - 10 % de gaz
- - 23 % cogénération,

Ce qui représenterait une part prévisionnelle d'ENR estimée à 67% de couverture.

La réalisation du nouveau puits permettra d'abaisser la production de chaleur à partir du gaz de 15%, permettant ainsi d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 2 284 tonnes de CO<sub>2</sub>. Sans la géothermie ce serait près de 11 200 tonnes de CO<sub>2</sub> qui seraient rejetées dans l'atmosphère chaque année.

#### 2.8.3. Réseau de chaleur

Le réseau de chaleur est décrit au chapitre 2.2.2.



### 2.8.4. Modifications

Les modifications prévues sont la réalisation d'un nouveau puits et des aménagements afférents, ainsi que la valorisation des puits du doublet actuel.

Les équipements de production et d'injection suivants sont prévus :

- Pompe de production: REDA-SCHLUMBERGER N1400N-AC avec Moteur MAXIMUS 562 15 F153 469HP @50HZ, ou BAKER HUGHES 725 série 6 WGT1300 avec moteur 725 séries HMI/400/4170/58/60 (le nombre d'étages sera à adapter fonction des études et du rabattement/productivité attendus de l'ouvrage),
- Variateur production : SCHNEIDER ALTIVAR 61 avec filtre sinus et protections contre les harmoniques,
- Transformateur élévateur : pas de référence présélectionnée,
- Pompe de réinjection : FLOWSERVE type 125NM (le nombre d'étages sera à adapter fonction des études en tenant compte de la ''dureté'' du(es) puits existant(s) (avec un seul injecteur et avec 2) en considérant également le(s) puits rechemisé(s),
- Variateur réinjection : ALTIVAR avec filtre sinus.



## 2.9. Contrôles périodiques et suivi de l'exploitation

Le contrôle se conformera à l'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation. Le permis actuel, datant du 11 janvier 2007, exige les mesures exposées ci-dessous.

# 2.9.1. Contrôle périodique de l'installation et des équipements

Les installations et équipements constituant la boucle géothermale doivent être maintenus en permanence en état de propreté et de bon fonctionnement.

Un suivi des paramètres électromécaniques des équipements de production constituant la boucle géothermale (variateurs de fréquence, vannes, échangeurs...) sera réalisé.

Ces auscultations permettent de détecter des dérives ou l'évolution de paramètres symptomatiques de dysfonctionnements de matériel ou l'évolution des paramètres hydrodynamiques de l'ensemble réservoir/puits. Toute dérive fait l'objet d'une analyse conduisant, si besoin, à l'organisation d'une intervention d'entretien ou de renouvellement.

Les éléments suivants sont rapportés et comparés avec ceux de l'auscultation précédente tous les trois mois :

- La productivité des puits d'exhaure (niveau hydrodynamique et rabattement) ;
- L'injectivité du puits d'injection ;
- L'état du groupe de pompage d'injection (consommation électrique, puissance, rendement);

Chaque intervention sur site fera l'objet d'un rapport détaillé où seront reportées les mesures réalisées, les observations particulières, les recommandations et toute suggestion relative à un éventuel désordre. Le rapport sera diffusé à la DRIEE, au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation.

Par ailleurs, un contrôle régulier des éléments suivants sera réalisé par l'exploitant :

- Le bilan thermique des échangeurs (efficacité, pertes de charge) ;
- L'état des dispositifs de sécurité et de mesure : vannes de barrage en tête de puits, clapets anti-retour, manomètres, thermomètres...
- L'état des régulations.



## 2.9.2. Contrôles périodiques de la ressource

Opération déothermique de :

L'exploitant de surface réalise quotidiennement un relevé des débits, températures, pressions et de l'énergie thermique transférée au réseau. Cette surveillance permet de s'assurer du bon fonctionnement des installations et d'optimiser l'appoint sur le réseau. Les données sont enregistrées soit de façon numérique, soit dans un registre papier. Elles sont ensuite mises à disposition sur la base de données en ligne *Gestion du Dogger* du BRGM, par envoi trimestriel du tableau suivant complété.

Informations/Observations sur les conditions d'exploitation														
0	1	2	3	3		4		5	6			7	8	9
jour et heure (jj/mm/aaaa hh:mm	Flag état fonctionne ent de la boucle GTH/On-O 1=OK; ) 2=indispor e ou non représenta; 1=faux ou incohérent	ff: Pressic Aspirati Producti /Pap/ba	on Refoule ion Product	ment ion/P	Pression t Aspiration		Asp Inje /Pa	Aspiration R		Pression Refoulement Injection/Pi/b ar		ression oulement ction/Pi2/ bar	Température extérieure/Te xt/°C	Température de Production/T p/°C
commentaires					injed	e d'un let ou ouits ur d'un	p injecto	second ouits eur d'un iplet	unio doi 1e injec	si puits jecteur que d'un ublet ou er puits eteur d'un riplet	injed	second puits cteur d'un triplet		
0	10	11	12	1	13 14		1	15	15 16			17	18	19
U	10	11	12		13	14	4	15		10		17	10	19
jour et heure (jj/mm/aaaa hh:mm)	supplémentai re 1 - Départ	Température supplémentai re 2 - Retour réseau T2/°C	Température d'Injection/Ti/ °C	Elec Prod	ssance Puissa ctrique Electr luction/ Injectio p/kW kV		rique on/Wi/ V	Puissa Electrio Injection /kW	que /Wi2	Débit Géotherr de Producti Qp/m³/	nal on	Débit Géotherma d'Injectior Qi1/m <sup>3</sup> /h	d'Injection Qi2/m³/h	Sonde de Corrosion/C or/ mm/an
commentaires						si pr injec unique doubl 1er p injected	teur e d'un let ou ouits	si sec puit injecteur triple	s r d'un		i	premier puits injecteur d' triplet	second puits un injecteur d'ui triplet	ו

Tableau 16 : Tableau de suivi des paramètres d'exploitation, à envoyer chaque trimestre au BRGM

Tous les évènements dont les interventions telles que les nettoyages de filtre, les contrôles particuliers et les incidents survenus sur la boucle géothermale, y sont également enregistrés.

Les mesures, les enregistrements et les évènements relevés au cours des cinq dernières années sont tenus à la disposition des agents de la DRIEE. Ces données doivent lui être transmises annuellement et une synthèse trimestrielle doit être produite.



### 2.9.3. Contrôles périodiques des ouvrages

#### 2.9.3.1. *Corrosion*

En complément du suivi chimique des paramètres indicateurs de la corrosion (fer et sulfures), le suivi de la corrosion sur ce triplet géothermal sera réalisé au moyen de coupons témoins immergés dans le fluide géothermal et dont la pesée différentielle (avant et après séjour dans l'eau géothermale) tous les 3 mois permet une estimation de la vitesse moyenne de corrosion des tubages sur la durée considérée. Les coupons témoins sont réalisés dans un métal de même nuance que le tubage équipant les puits géothermiques. Ils permettent donc de simuler l'effet de la corrosion de l'eau géothermale.

Une estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion sera présentée tous les trois mois pour l'estimation de la cinétique des phénomènes de corrosion/dépôts dans la partie de la boucle en surface.

#### 2.9.3.2. Suivi hydrodynamique des puits

L'objectif du contrôle des caractéristiques des ouvrages et équipements de pompage est d'identifier des variations de fonctionnement et d'en diagnostiquer les origines possibles.

Les mesures des caractéristiques des puits et leurs évolutions sont les principaux indicateurs de l'état des puits et des performances du réservoir.

Les mesures de consommations, puissance électriques et rendement des pompes informent sur le fonctionnement des équipements de pompage. Ces mesures sont alors complétées par des mesures trimestrielles de pertes de charge en surface afin d'identifier des encrassements éventuels qui auraient un impact sur les performances des équipements.

#### 2.9.3.3. Etat des tubages et principes de diagraphies différées

Le principe d'une diagraphie est de faire remonter à faible vitesse le long du tubage un outil de mesure afin d'obtenir les variations d'épaisseur du tubage dues aux dépôts ou à la corrosion.

Les parois des tubages des puits sont maintenues dans un état de surface suffisant pour assurer la validité des contrôles visés ci-dessous. Dans l'éventualité où l'épaisseur des dépôts sur les parois des tubages dépasse 2 cm, le titulaire procède au nettoyage des puits ou adresse au préfet du Val d'Oise et à la DRIEE un argumentaire justifiant le report de l'opération de nettoyage à une échéance donnée.

# Calibrage des tubages

Classiquement, pour vérifier l'état des tubages, ce sont les diagraphies de diamétrage qui sont utilisées. Elles mettent en œuvre des outils multibras (40 ou 60 bras pour les plus courants) qui sont descendus au fond des puits et communiquent en surface, via une télémétrie et un câble de suspension, les valeurs des rayons maximum et minimum du tubage. Ces mesures permettent de mesurer les phénomènes de corrosion et de dépôts pouvant affecter les puits.



Les inspections sont réalisées tous les 3 ans et à l'issue de chaque opération de nettoyage des parois sur les puits d'injection et tous les 5 ans sur le puits de production (ainsi qu'à l'occasion d'une opération de remontée d'équipements tels que la pompe, le tube d'injection d'inhibiteur si le dernier contrôle date de plus de 3 ans, ou après chaque opération de nettoyage des parois).

### **Contrôle de cimentation**

A la demande de la DRIEE pourront être mis en œuvre des diagraphies de contrôle de cimentations des annulaires entre tubages et formations et entrefers entre deux tubages mettant en œuvre des outils de type CBL-VDL ou imageurs USIT/URS.

Les comptes rendus de ces différentes diagraphies sont diffusés dans un délai de deux mois après leur réalisation au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation et le suivi ainsi qu'à la DRIEE.

#### 2.9.4. Contrôles périodiques du fluide géothermal

L'objectif du suivi chimique de la qualité du fluide géothermal est d'identifier d'éventuels problèmes survenant en sous-sol à partir de mesures faites en surface.

Les paramètres physico-chimiques, mesurés sur site, sont les premiers indicateurs de stabilité ou d'évolutions des propriétés de l'eau géothermale produite. Les mesures des teneurs en ions majeurs, réalisées en laboratoire, complètent ces mesures en quantifiant pour chaque ion l'évolution de sa teneur dans l'eau géothermale. La mesure des gaz dissous contribue à l'évaluation des modifications des propriétés de l'eau géothermale.

Les mesures des éléments significatifs de la corrosion (fer et souffre), la recherche bactériologique ainsi que la mesure des teneurs en matières en suspension informent sur l'évolution des phénomènes de corrosion/dépôts affectant le puits producteur et par conséquence le puits injecteur.



Les analyses physico-chimiques et bactériologiques seront réalisées selon la fréquence suivante :

Paramètres	Périodicité		
Fer total et dissous, sulfure, mercaptans  Température, pH, Eh, conductivité	6 fois par an		
SiO <sub>2</sub> , Na, Ca, K, Mg, HCO <sub>3</sub> , Cl, SO <sub>4</sub> , Mn, NH <sub>4</sub> , Sr, F  Comptage des particules microniques – Mesure de la filtrabilité et des matières en suspension  Détermination de la présence de bactéries sullfatoréductrices et de ferrobactéries	3 fois par an		
Mesure des teneurs en gaz libres et dissous : N <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> Recherche des traces d'O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> – Contrôle de la valeur du point de bulle  Détermination du rapport gaz/liquide (GLR)	Une fois par an		

Tableau 17 : Fréquence des contrôles périodiques des paramètres physico-chimiques du fluide géothermal

A l'issue de chaque série de mesures, les éléments sont rapportés et comparés avec ceux de la visite précédente. Les mesures sont interprétées en termes de :

- variation de la composition chimique du fluide et notamment de sa conformité avec les caractéristiques de l'eau du Dogger au droit du site;
- évolution de la quantité et de la qualité du gaz et implication sur les conditions d'exploitation;
- examen des indicateurs de corrosion/dépôts;
- évolution de la charge solide ;
- nature et abondance des colonies bactériennes.

Les interprétations conduisent, selon les cas, à des mesures correctives d'exploitation ou à des diagnostics de désordres nécessitant des actions curatives.

Le rapport sera diffusé trimestriellement à la DRIEE, au maître d'ouvrage et aux entreprises impliquées dans l'exploitation.



## 2.10. Conditions d'arrêt d'exploitation du gîte géothermique (pour chacun des puits)

Trois cas d'arrêt d'exploitation peuvent survenir :

- (i) Si, en fin de travaux de forage de GVLB3, après stimulation du réservoir, les tests de production produisent des résultats insuffisants, ceux-ci ne pouvant être améliorés par les moyens disponibles ;
- (ii) Si la température en tête de puits de production ou la productivité du puits GVLB3 chute de manière importante, de telle sorte que la chaleur géothermale n'est plus valorisable et compétitive par rapport à des modes de production d'énergie conventionnels;
- (iii) Si l'état des puits est tel qu'il ne permet plus d'assurer la production de la ressource géothermale dans le respect des normes environnementales requises, sans qu'une solution technique et économique soit envisageable.

Une déclaration d'arrêt d'exploitation et une procédure d'abandon et de sécurisation des ouvrages doivent alors être adressées au Préfet par le maître d'ouvrage.

La décision d'abandon d'un ou de plusieurs puits prend en compte des mesures de préventions des risques pour les aquifères superficiels, qui impliquent des protocoles de cimentation ad hoc.

Cette déclaration sera accompagnée des éléments suivants :

- un résumé des conditions conduisant à la décision de fermeture du ou des puits ;
- un plan de position des ouvrages concernés et leur coupe technique avant rebouchage;
- la procédure d'abandon de puits appliquée (coupe après rebouchage);
- les mesures de prévention des risques identifiées, notamment celles concernant la protection des aquifères superficiels.



#### 2.10.1. Protocoles d'abandon

Avant de réaliser la cimentation des tubages au droit des zones à risque, en vue de l'abandon du puits, il est indispensable d'effectuer le curage des puits afin de déterminer l'état complet de l'acier des cuvelages (sous dépôts) et de placer judicieusement les bouchons de ciment.

Le cas échéant et en fonction de la qualité de la cimentation des cuvelages au droit de l'aquifère sensible de l'Albien / Néocomien, des bouchons supplémentaires pourraient être mis en place.

L'abandon sera réalisé dans le respect des règles de l'art en matière d'abandon de puits profonds et dans les conditions optimales de sécurité par rapport à la protection des aquifères sensibles, en évitant par conséquent toutes connections hydrauliques entre aquifères.

Exemple de programme d'abandon type dans le cas d'un puits dont l'intégrité du tubage est assurée :

- Neutralisation de l'artésianisme du puits,
- Installation de l'appareil de workover et de sa dotation,
- Nettoyage hydro-mécanique de la phase tubée,
- Diagraphies CIC et CBL-VDL du tubage,
- Mise en place d'un gel visqueux colmatant dans le découvert ou mise en place d'un Bridge Plug au sabot du tubage en fond de puits,
- Mise en place de bouchons de ciment vis-à-vis des aquifères producteurs ou cimentation totale du puits avec un coiled tubing,
- Découpe de la casing head et soudure d'une plaque de fermeture.

## 2.10.2. Coûts estimatifs des travaux d'abandon

Les enveloppes budgétaires sont données à titre indicatifs dans les conditions économiques estimées du mois de juin 2016 et pour un ouvrage type. Elles ne prennent pas en compte la spécificité des puits à abandonner en fonction de leur état.

Les travaux de curage représentent, à eux seul, la majeure partie du coût global d'abandon. Les coûts d'abandon sont évalués en première approche à 525 k€ HT par puits. Ils prennent également en compte :

- l'amené-repli et les charges opérationnelles d'un appareil de forage sur site ;
- les coûts d'ingénierie et de supervision des travaux.





# 3. DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX DE FORAGE (TRIPLET)





# 3.1. Mémoire exposant les caractéristiques principales des travaux prévus pour la réalisation du puits GVLB3

Ce chapitre est consacré à la présentation du programme technique de réalisation du puits GVLB3 appartenant au futur triplet de Villiers-le-Bel sur le site de l'actuelle centrale géothermique.

Les contextes géologique et hydrogéologique ont été présentés précédemment (cf. § 2.3).

Le nouveau puits sera réalisé à proximité des puits actuels du doublet (GVLB1 et GVLB2) qui seront conservés pour le fonctionnement en triplet après la phase de mise en stand by de l'ancien producteur GVLB1 (cf. §1.1.3).

## 3.1.1. Fiche résumé des travaux prévus pour la réalisation du puits GVLB3

Intitulé du projet	Réalisation d'un triplet géothermique de chauffage urbain pour les communes de Villiers le Bel/Gonesse					
Département	Val d'Oise (95)					
Localisation du site d'implantation	Centrale Géothermique, 51, Rue de Goussainville, 95400 Villiers-le-Bel					
Objectif	Réalisation d'un nouveau puits producteur pour constituer un triplet géothermique					
Maître d'Ouvrage	Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse					
Délégataire	Société Thermique de Villiers-le-Bel/Gonesse					
Maîtrises d'œuvre	Surface : non défini pour l'instant Sous-sol : GPC-IP					
Classification minière	Forage de gîte géothermique					
Aquifère cible/ressource sollicitée	Calcaires oolithiques du Dogger (Bathonien)					
Type d'ouvrage	Dévié, orienté					
Profondeur finale	1 730 m verticaux / 2 215 m forés. La profondeur finale pourra être inférieure ou supérieure en fonction des résultats observés					
Production géothermale	Production annuelle attendue $\approx 46~000~\text{MWth}$ (débit de pointe $300~\text{m}^3/\text{h}$ )  Taux de couverture ENR $\approx 56\%$					
Calendrier prévisionnel	Voir Planning suivant (Figure 52)					
Date prévisionnelle de début des travaux	Deuxième trimestre 2017 après la notification des autorisations administratives					
Durée prévisionnelle des travaux sur site	Environ 11 semaines					
Durée prévisionnelle des travaux de forage	40 jours (Figure 64)					
Date prévisionnelle de mise en service	Saison de chauffe 2017					



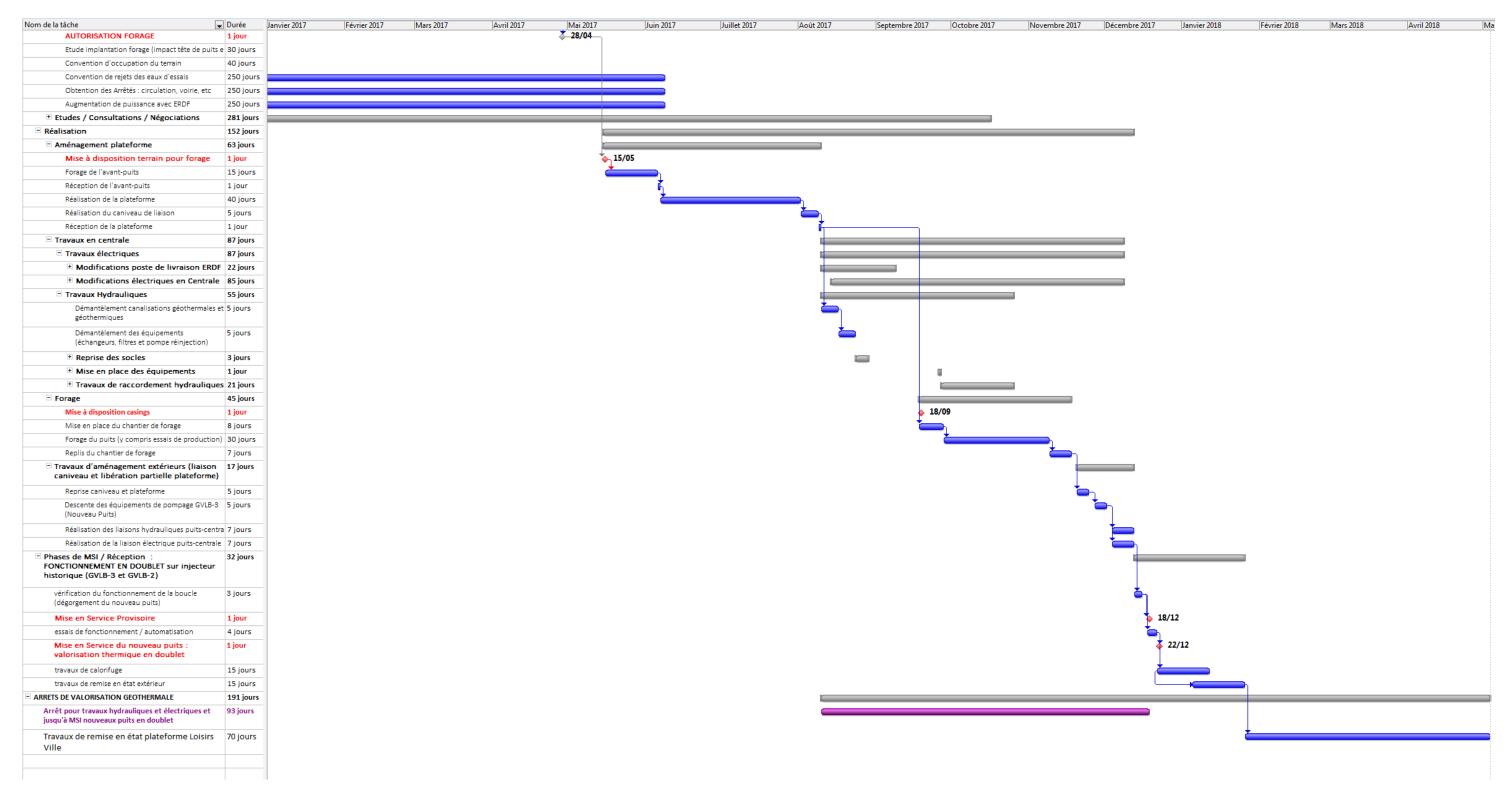


Figure 52 : Planning prévisionnel



#### 3.1.2. Implantation du nouveau forage GVLB3

Le nouveau puits producteur sera implanté sur la commune de Villiers-le-Bel (département du Val-d'Oise, 95), à proximité des puits GVLB1 et GVLB2 au plus près de l'actuelle enceinte de la centrale géothermique. Ce terrain est à ce jour clos, et sera étendu **durant la phase exploitation** de GVLB3 d'une vingtaine de mètres vers le sud (cf. surface d'exploitation retenue en Figure 55).

Cette partie de parcelle référencée n° 53 section ZA sur le cadastre national informatisé sera mise à la disposition de la STVLBG par la ville de Villiers-le Bel au même titre que le sont actuellement les parcelles 54 et 55 dans leur ensemble (cf. Figure 55).

Les têtes de puits existants, la tête de puits future et les centrales géothermiques et de cogénération sont accessibles par la rue de Goussainville.

Le tracé final de la nouvelle zone d'exploitation du triplet sera déterminé en fonction de la position effective du nouveau puits, qui sera précisée par la suite mais qui sera circonscrite nécessairement à l'intérieur d'un périmètre de forme carrée de 20 m de côté (cf. Figure 53 et Figure 54), entre 10 et 30 m de la centrale d'échange.

La nouvelle tête de puits sera contenue dans le périmètre orange placé sur la Figure 53. Dans un souci de simplification, une valeur centrale a été choisie pour la coupe de forage (en Lambert 93  $\times$  = 657435 et  $\times$  = 6878580).

**Concernant la phase chantier de forage,** une surface de chantier d'environ 2 000 m² est disponible au sud de l'enceinte du site actuel, sur la parcelle n°53, pour accueillir l'implantation d'une machine de *work-over* pour les travaux de gros entretien du forage, mais cette surface n'est pas suffisante pour accueillir une machine de forage, capable de forer à une profondeur d'environ 2 220 mètres forés en diamètre final 8'' au réservoir (besoin de 3200 m²).

C'est une contrainte forte de ce chantier qui nécessite d'étendre la surface de travaux, pendant la durée du forage (~ 40 jours) :

- Plus au sud de la parcelle n°53, sur le terrain de football où environ 4 700 m² seront utilisés pour permettre d'accueillir la machine de forage,
- Ainsi qu'à l'ouest de la centrale, sur la parcelle cadastrale n°51 où environ 3 200 m² seront utilisés pour permettre l'installation d'un bourbier qui se conformera aux prescriptions du PLU (cf. surface de chantier retenue en Figure 56).





Figure 53 : Limite de l'emprise de chantier pour le site de Villiers-le-Bel avec coordonnée en Lambert 93



Figure 54 : Photo de la centrale géothermique et de la surface retenue pour l'exploitation du triplet, de l'autre côté de la clôture actuelle



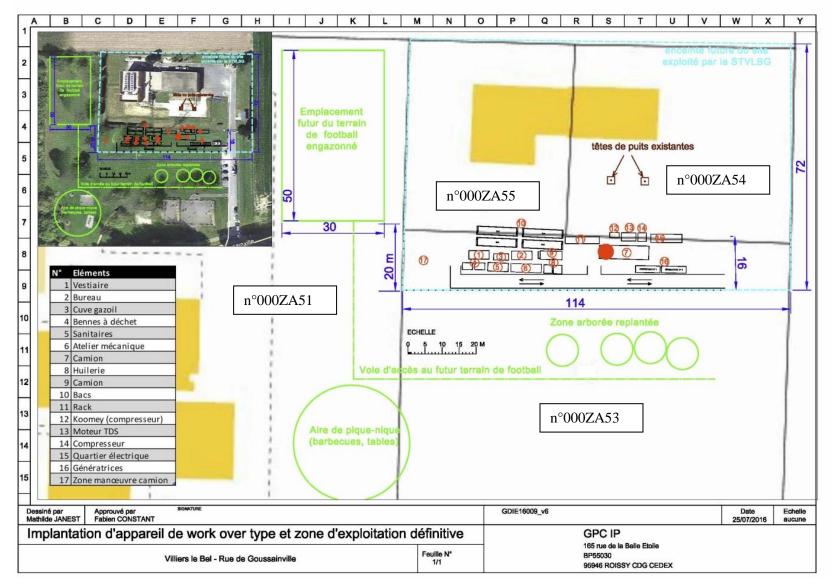


Figure 55: Emprise au sol d'un appareil de servicing ou work over et de sa dotation, sur fond cadastral



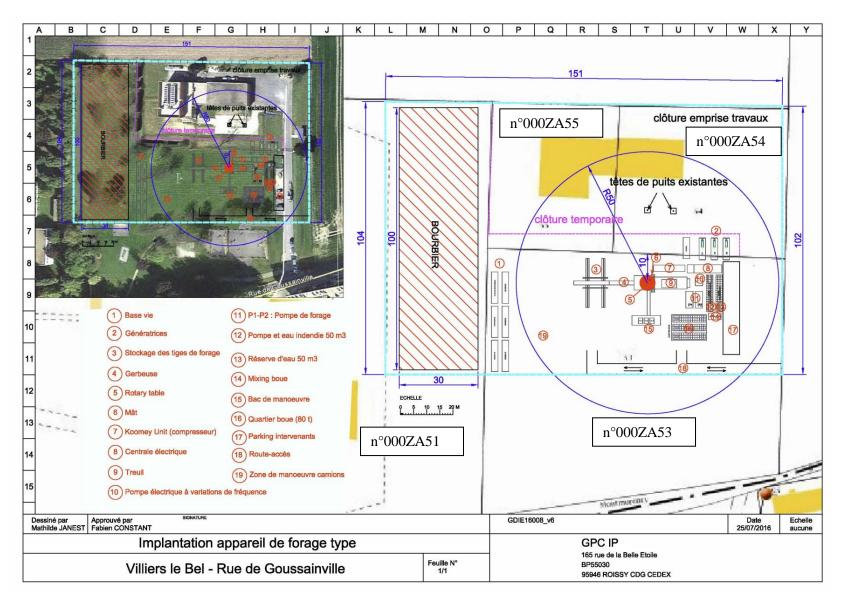


Figure 56 : Emprise au sol d'un appareil de forage et de sa dotation, sur fond cadastral



#### 3.1.3. Travaux d'aménagement pour la réalisation du puits GVLB3

Les travaux sur le site de la chaufferie existante et sur le terrain à proximité consisteront à :

- Clôturer l'aire de travail en y aménageant deux accès (véhicules et évacuation en cas de nécessité), délimitant ainsi le périmètre rapproché de sécurité du chantier et du triplet futur ;
- Permettre le passage des camions, des engins de manutention et de transport des équipements lors de la mise en place et du démontage du chantier, et le passage des engins de manutention des consommables et des matériels tubulaires lors des travaux ; cette aire est donc généralement traitée en « voirie lourde ». On pourra par exemple aménager une aire empierrée et compactée sur 40 cm de profondeur ; l'empierrement et le compactage sont réalisés via la pose d'un géotextile complété par une épaisseur de 10 cm de sablon et d'un empierrage (30x80) sur les 20 cm suivants, terminé par 10 cm d'enrobé bitumineux ; ou bien procéder à un traitement du sol.
- **Forer un avant-puits**, sur le principe du havage, de diamètre 36/40", arrêtés à une profondeur de 50 m et équipés d'un tube guide en acier roulé/soudé de diamètre 30";
- Aménager un réseau de caniveaux et/ou de canalisations disposé autour des bassins de fabrication et de circulation de la boue de forage ; ce réseau de caniveaux est destiné à drainer les effluents boueux vers le bourbier par l'intermédiaire d'un bac déshuileur qui piège les effluents polluants ;
- **Mise en œuvre d'un bourbier**, (qui devra se conformer aux prescriptions du PLU pour la zone UF) destiné à la récupération des déblais solides et liquides produits par le forage ainsi que l'eau géothermale lors de la phase d'essai des puits ;

**NB**: durant ces essais, si les capacités du bourbier ne suffisent pas, il pourra être procéder à la réinjection de l'eau géothermale dans le puits injecteur GVLB2, après décantation et filtration des particules en suspension.

Ces ouvrages sont destinés à être détruits à l'issue des travaux de forage, seuls resteront à demeure sur le site :

- Une cave en béton armé au centre de laquelle est positionné le puits avec son empilage de vannes de sécurité et adaptateurs; la profondeur de la cave est adaptée à l'utilisation ultérieure du puits, la largeur et la longueur étant liées aux dimensions de la sous-structure de l'appareil de forage. Un schéma de cave de tête de puits type est présenté en Figure 57,
- Les conduites d'eau géothermales allant des têtes de puits à la centrale,
- Une aire de servicing pour les travaux d'entretien et de maintenance des ouvrages.

Des aménagements peuvent être apportés à ce programme type. Le degré de liberté est moindre pour l'implantation du puits et donc de la dalle bétonnée sur la plate-forme, cette position étant imposée par l'espace nécessaire pour la mise en place des équipements (le mât de forage par exemple est assemblé à terre et nécessite donc un espace suffisant dans l'axe avant de la dalle).



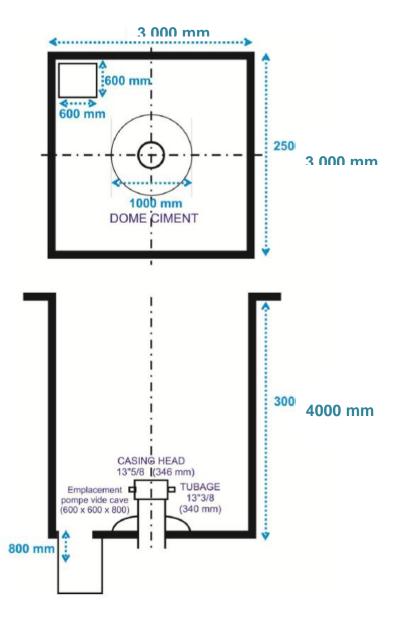


Figure 57 : Schéma de principe de construction d'une cave de tête de puits



#### 3.1.4. Travaux de forage du puits GVLB3

#### 3.1.4.1. Introduction

Les travaux de forage consisteront à la réalisation d'un nouveau puits producteur GVLB3 pour un fonctionnement en triplet avec les puits existants, GVLB1 (transformé en injecteur) et GVLB2 (injecteur). Ce nouveau puits sera réalisé au moyen d'un appareil de forage lourd, de capacité au crochet 200 t (en dynamique) conformément à l'architecture de puits décrite en Figure 48 et au programme de forage/complétion/mesures/essais développé au chapitre 3.1.4.4.

Ces travaux devront se conformer au « guide des bonnes pratiques d'un forage pour la géothermie en aquifère profond » issu d'un projet porté par l'ADEME et le BRGM et publié au début de l'année 2016.

#### 3.1.4.2. Travaux et études préparatoires

Conformément à l'arrêté du 30 mai 1975, le chantier devra, dès la prise de possession des lieux et pendant toute la durée du chantier jusqu'à la réception des travaux, être signalé, à un endroit visible de l'extérieur, avec les mentions :

- nature et description des travaux ;
- maître d'ouvrage;
- maître d'œuvre ;
- entreprises intervenantes.

Un balisage devra être mis en place pour en interdire l'accès aux personnes non autorisées.

Ce balisage sera équipé de panneaux « chantier interdit au public » et « port des équipements de protection individuelle» à chaque accès.

Un balisage de guidage sera également mis en place aux environs du chantier sur les principales voies d'accès, pour faciliter l'accès au chantier des fournisseurs et des différentes sociétés de service.



#### 3.1.4.3. Profils des puits et coupes géologiques et techniques prévisionnelles

En dépit de ses avantages structurels, le site de Villiers-le-Bel est assujetti à plusieurs contraintes de trajectoires puits, respectivement :

- (i) les impacts au toit du réservoir des trajectoires candidates doivent rester circonscrites au périmètre d'exploration/de recherche cartographié en Figure 45;
- (ii) leur inclinaison doit rester inférieur à 50° faute de quoi l'intégrité du matériau court un risque de vieillissement prématuré ;
- (iii) l'espacement des impacts au toit du réservoir doit, dans les limites imposées par (i) et (ii), sécuriser une vie utile de nouveau triplet de trente ans, équivalents à une percée thermique inférieur à 1°C.

Ce dernier point a permis de trancher sur la trajectoire candidate à retenir. En effet, deux positions d'impact au toit du réservoir du puits GVLB3 (option 1) et GVLB3 (option 2) ont été testées dans les simulations préalables (Chapitre 2), les résultats en terme de recyclage thermique et d'impact hydraulique ont permis de retenir la position la plus favorable, celle de GVLB3 option 2 (nommé ci après GVLB3).

Ainsi la trajectoire candidate retenue, correspond à des cotes de départ (Kick Off Point, KOP) de la déviation de 380 m, soit à un déport latéral de 1 075 m (Cf. Figure 58).



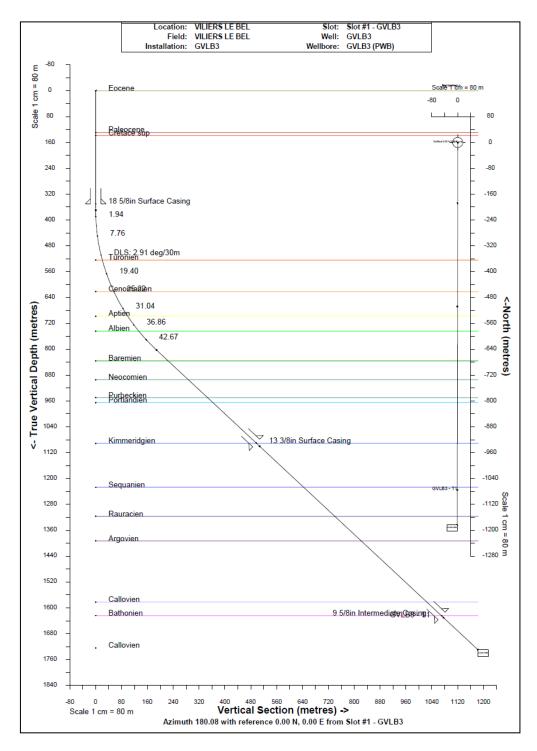


Figure 58 : Coupe verticale et projetée du nouveau puits GVLB3 – les profondeurs et noms des formations géologiques attendues sont reportés



La trajectoire, en inclinaison et azimuts, des ouvrages existants et de GVLB3 projeté, illustrées en Figure 59 et Figure 60, suggèrent les commentaires suivants :

- (i) les impacts au toit du réservoir restent circonscrits au périmètre d'exploration visé en en Figure 45 ;
- (ii) la trajectoire (KOP @ 380 m/sol) est recommandée car elle s'écarte de près de 1 930 du puits injecteur GVLB2 et de 1 450 m du puits producteur GVLB1 au toit du réservoir, sécurisant ainsi l'intégrité thermique du nouveau triplet;
- (iii) la trajectoire projetée évite tout risque d'intersection avec les trajectoires déviées des ouvrages existants GVLB1 et GVLB2.

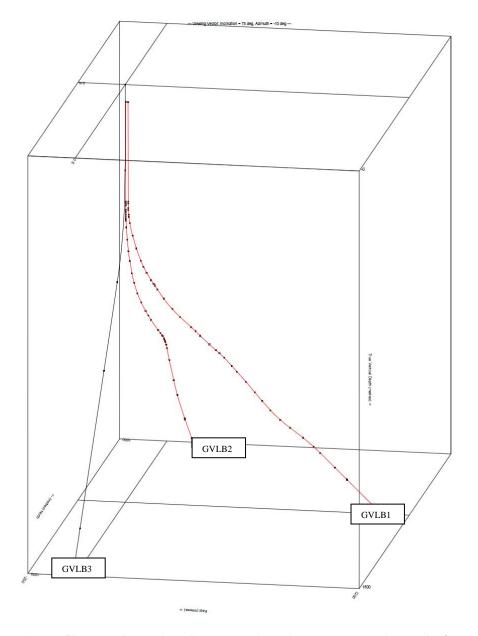


Figure 59 : Vue 3D trajectoires des puits existants et du puits projeté



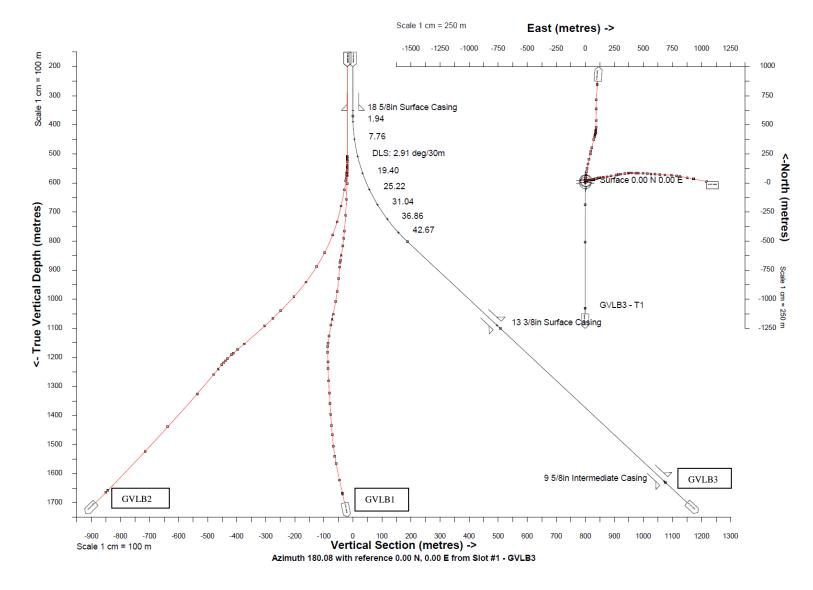


Figure 60 : Vue en plan et en coupe des ouvrages existants et du forage projeté (vue en coupe du sud vers le nord)



#### 3.1.4.4. Programme de forage/complétion du puits GVLB3 et programme de boue

Le forage de l'ouvrage producteur sera réalisé au moyen d'un appareil de forage lourd, de capacité au crochet 200 t (en dynamique), conformément à l'architecture de puits décrite et au programme de forage/complétion/mesures/essais.

Le forage débutera en diamètre 26", l'avant puits et le tubage guide en acier de 30" ayant été réalisés lors des opérations de génie civil, pour se terminer en 8"1/2 (réservoir objectif), les phases tubées se télescopant successivement de 18"5/8 à 13"3/8 puis de 13"3/8 à 9"5/8 (réservoir exploité en découvert 8"1/2). On observera la double protection tubée acier 13"3/8 et 9"5/8 des aquifères à eaux douces de l'Albien-Néocomien.

Les outils, à l'exception des horizons supérieurs et du réservoir qui utiliseront des tricônes, seront du type tricônes à dents (phase 26") à picots (phase 17"<sup>1/2</sup>) et PDC (*polycristalline diamond cutters*) (phase 12"<sup>1/4</sup> et 8"<sup>1/2</sup>); ces derniers, démontrant des avancements rapides et durées de vie prolongées, sont couramment utilisés par les opérateurs pétroliers dans les formations sédimentaires du bassin parisien.

Les fluides de forage évolueront des boues bentonitiques simples (BBS) à des formulations mixtes bentonitiques/polymères (BBA) cellulosiques/Oglycols, puis à des boues à eau salée et biopolymères dégradables dans le réservoir objectif.

Les cimentations des annulaires et entrefers, à l'exception de la cimentation *innerstring* (à travers tiges) de la phase tubée 18"<sup>5/8</sup>, seront de type classique [tête de cimentation, anneau (*float collar*) et sabot (*shoe*)], les ciments utilisés faisant appel à des laitiers de classe G (d#1,8-2) pour les sabots, et des boues *POZZMIX* plus légère (d#1,5-1,6), et à des formulations de laitier allégés (d#1,15-1,20) pour les phases tubées 13"<sup>3/8</sup>, de façon à soulager les pressions de cimentation sur des portées longues.

Une chambre de pompage, de diamètre  $13^{"3/8}$  et de profondeur 350 m, sera aménagée sur le puits producteur par coupe/arasage du tubage  $9^{"5/8}$ , au dessus de la DV mécanique ménagée à cet effet.

Les mesures et essais comprendront (cf. §3.1.4.6):

- (i) des diagraphies différées de découvert, de caractérisation des lithologies des terrains traversés, de la géométrie du trou (volumes de cimentation), et de la porosité des formations réservoir.
- (ii) de production (débitmétrie du découvert, essais de puits et enregistrement des pressions de fond),
- (iii) de trou tubé (contrôle de cimentations des annulaires et des diamètres intérieurs des tubages),
- (iv) des essais de production (cycles transitoires de rabattement et de remontée de pressions) de détermination des caractéristiques hydrodynamiques du réservoir (et de dimensionnement ultérieur des équipements de pompage et variateurs de fréquences), et, des prélèvements de fluides en fond de puits aux fins d'analyses physico-chimiques et thermodynamiques (PVT, gaz dissous) de l'eau géothermale.



Le programme de forage/complétion et le programme de boue envisagé est décrit en détails dans le tableau qui suit.

Le choix retenu est celui présentant les caractéristiques techniques les plus adaptées à une production assistée par pompe à 300 m³/h, conformément au débit maximum de production envisagé.

<b>Name</b> GVLB3 (PWB)					Created 17-May-2016			<b>LastRevised</b> 21-Jun-2016			
nstallation											
<b>Name</b> GVLB3		<b>Easting</b> 605976.5510		<b>Northing</b> 1145045.7894		Coord System Name IGNC-I on NOUVELLE TRIANGULATION FRANCAISE datum				North Alignment Grid	
Well path R											
MD[m]	Inc[deg]	Azi[deg]	TVD	[m]	North[m]	East[m]	Dogleg [deg/30m		tical on[m]		
0.00	0.00	0.00	0.0	00	0.00N	0.00E			00	Tie on	
370.00	0.00	0.00	370	.00	0.00N	0.00E	==>	0.	00	End of Hold	
854.60	47.00	180.08	802	.05	187.86S	0.27W	2.91	187	7.86	End of Build/Turn	
1291.48	47.00	180.08	1100	00	507.37S	0.73W	==>	507	7.37	End of Hold	
2068.60	47.00	180.08	1630		1075.73S	1.56W	==>		5.73	End of Hold	
2215.23	47.00	180.08	1730		1182.96S	1.71W	==>			T.D. & End of Hold	
Hole Sectio	ns										
Diameter	Start	Start	Start	Start	End	End	End	End		Wellbore	
[in]	MD[m]	TVD[m]	North[m]	East[m]	MD[m]	TVD[m]	North[m]	East[m]			
26.0	0.00	0.00	0.00N	0.00E	355.00	355.00	0.00N	0.00E		/LB3 (PWB)	
17 1/2	355.00	355.00	0.00N	0.00E	1284.14	1095.00	502.01S	0.73W		/LB3 (PWB)	
12 1/4	1284.14	1095.00	502.01S	0.73W	2068.60	1630.00	1075.73S	1.56W		/LB3 (PWB)	
8 1/2	2068.60	1630.00	1075.73S	1.56W	2215.23	1730.00	1182.96S	1.71W	G\	/LB3 (PWB)	
Casings											
Nam	ie	Top MD[m]	Top TVD[m]	Top North[m]	Top East[m]	Shoe MD[m]	Shoe TVD[m]	Shoe North[m]	Shoe East[m]	Wellbor	
8 5/8in Surface C	Casing	0.00	0.00	0.00N	0.00E	350.00	350.00	0.00N	0.00E	GVLB3 (PWB)	
3 3/8in Surface C	Casing	0.00	0.00	0.00N	0.00E	1276.81	1090.00	496.65S	0.72W	GVLB3 (PWB)	
5/8in Intermedia	te Casing	350.00	350.00	0.00N	0.00E	2061.27	1625.00	1070.37S	1.55W	GVLB3 (PWB)	
Targets											
Name GVLB3 - T1	North[m] 1075.73S	East[m] 1.56W	TVD[m] 1630.00	Latitude N48 59 46.0		ongitude 25 7.9780	Easting 605974.99		thing 970.15	Last Revise 17-May-201	

Figure 61 : Paramètres de la trajectoire candidate



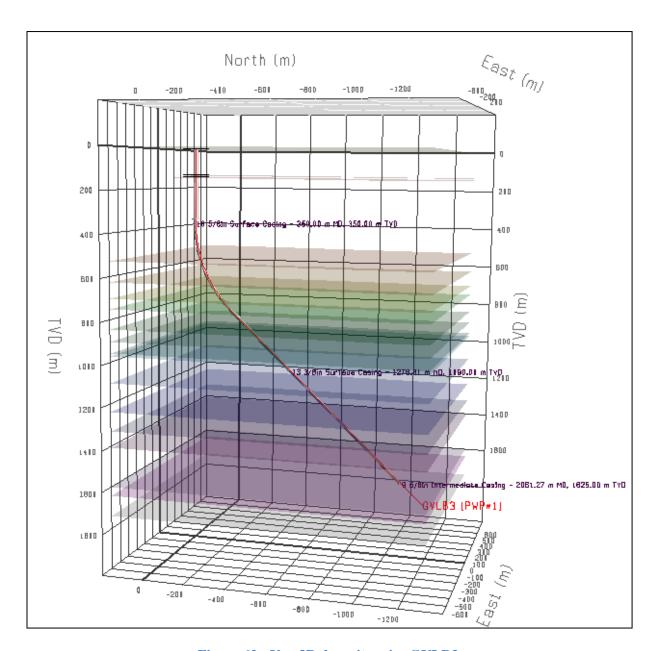


Figure 62 : Vue 3D du puits acier GVLB3



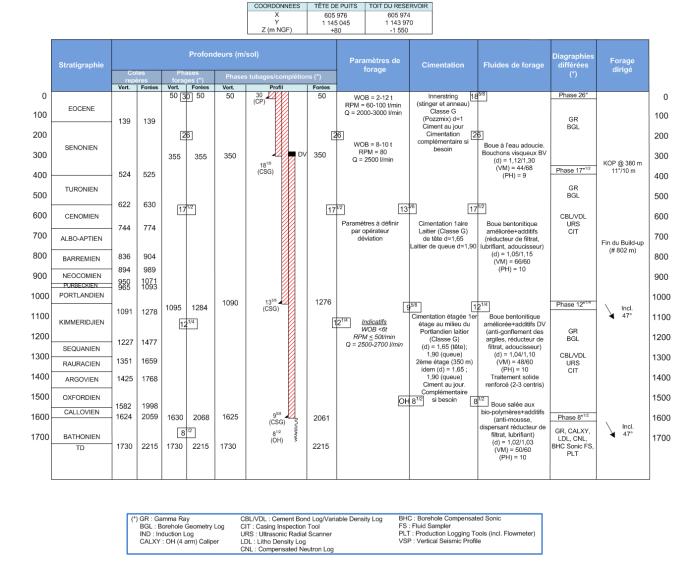


Figure 63: Programme prévisionnel de forage/complétion du puits GVLB3



En outre, le maître d'œuvre transmettra à la DRIEE, pendant les travaux de forage, un compte rendu détaillé du déroulement de l'opération à l'issue de chaque opération de cimentation des cuvelages (18"5/8, 13"3/8, et 9"5/8) et avant le démarrage de la phase de forage suivante. Ce compte rendu comprendra à minima les éléments suivants :

- nom du projet,
- date / heure,
- références de l'ouvrage,
- maître d'ouvrage / maître d'œuvre,
- rig / entrepreneur,
- opérateur de cimentation,
- opération de cimentation concernée (cote fin de phase, cote sabot tubage),
- volume théorique mis en œuvre (calcul),
- composition de la colonne de cimentation (densités, cotes) schéma à l'appui le cas échéant,
- descriptif sommaire des données techniques de l'opération (volumes, densités, débits, matériel mis en œuvre (DV),...),
- contrôle visuel du retour de ciment au jour,
- remarques.

Ce compte rendu a pour vocation d'attester du "bon déroulement des travaux". Il ne se substitue pas aux contrôles de cimentation réalisés en différé à l'aide des outils dédiés (CBL, VDL, USIT), conformément au programme prévisionnel des travaux présenté dans le dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux de forage.



# 3.1.4.5. Programme de diagraphies et test BOP

Phase	Outil de diagraphies
En fin de forage 26''	Log OH : CAL-GR
Après cimentation du cuvelage 18" 5/8	Log CH : USI/URS-CBL/VDL-CCL-GR
En fin de forage 17''1/2	Log OH : CAL-GR
Après cimentation du cuvelage 13"3/8	Log CH : USI/URS-CBL/VDL-CCL-GR
En fin de forage 12''1/4	Log OH : CAL-GR
Après cimentation du cuvelage 9''5/8	Log CH : USI/URS-CBL/VDL-CCL-GR
En cours et fin de forage 8''1/2	(LWD : GR, MFR) - Option Log OH : GR-LDL-BHC-CALXY-CNL
Après acidification	Log OH: FS, PLT, HRT

Tableau 18 : Programme de diagraphie

ОН	Openhole (découvert)	FS	Fluid sampler (bottomhole)	
СН	Cased hole (trou tubé)	GR	Gamma Ray	
LWD	Logging while drilling	HRT	High resolution thermometer	
PLT	Production logging tool	LDL	Lithodensity log	
ВНС	Borehole compensated (sonic)	MFR	Multifrequency resistivity	
CAL	Caliper	MSC	Multisensor casing caliper	
CBL	Cement bond log	QPG	Quartz pressure gauge	
CCL	Casing collar locator	SAGR	Spectral azimuthal gamma ray	
CNL	Compensated neutron log	URS	Ultrasonic radial scanner	
FMI	Formation micro imager	VDL	Variable density log	

Tableau 19 : Abréviations relatives aux tableaux précédents



Option Phase 17" <sup>1/2</sup>							
BOP annulaire et à mâchoi	res	Durée	Fréquence				
Tests en pression	10 bars	10 mn	Changement de phase, démontage et remontage du BOP, au				
	30 bars	20 mn	moins 1 fois/21 jours				
Test de fonctionnement			1 fois/ semaine				

Tableau 20 : Programme de test de BOP, optionnel

Phase 12'',1/4							
BOP annulaire et à mâchoires Durée			Fréquence				
Toota on proggion	10 bars	10 mn	Changement de phase, démontage et remontage du BOP, au				
Tests en pression	30 bars	20 mn	moins 1 fois/21 jours				
Test de fonctionnement			1 fois/ semaine				
	Phase 8"1/2						
BOP annulaire et à mâchoi	res	Durée	Fréquence				
	10 bars	10 mn	Changement de phase, démontage et remontage du BOP, au				
Tests en pression	30 bars	20 mn	moins 1 fois/21 jours				
Test de fonctionnement		•	1 fois/ semaine				

Tableau 21 : Programme de test de BOP



#### 3.1.4.6. Programme des essais de production après réalisation du forage

A la fin de l'opération de forage, il sera procédé à la réalisation des essais de production préliminaires, comprenant les séquences suivantes :

- la mise en eau du puits ;
- le dégorgement en production artésienne et si nécessaire à l'air lift ;
- la stimulation du réservoir par injection d'acide chlorhydrique (plusieurs acidifications peuvent être nécessaires) ;
- les essais d'évaluation de la productivité des différents niveaux.
- Les essais de productivité comprendront :
- une phase de fermeture du puits après stimulation pour assurer la recompression de l'aquifère ;
- une phase de production à débit constant d'une durée de 12 heures environ pendant laquelle seront enregistrées les diagraphies de production (flowmétrie, température) et effectués les prélèvements de fluide géothermal;
- une phase de remontée de pression d'une durée de 12 heures environ pendant laquelle on enregistrera la remontée de pression du réservoir au moyen d'une sonde de pression positionnée au sabot du tubage 9''5/8.

#### 3.1.4.7. Programme d'échantillonnage des déblais

Pendant le forage, des échantillons de terrain seront prélevés tous les 3 à 5 mètres, observés à la loupe binoculaire et décrits par le géologue qui établira la coupe lithologique des terrains traversés.

#### 3.1.4.8. Durée prévisionnelle des travaux

La durée d'un forage dévié (hors travaux préparatoires de génie civil) est estimée à 40 jours sur la base d'un travail effectué en 3 postes par jour (cf. Figure 64) :

```
- Phase 26": 7 jours;
```

- Phase 17"1/2: 12 jours;

- Phase 12"<sup>1/4</sup>: 10 jours

- Phase 8"<sup>1/2</sup>: 4 jours; diagraphie et essais: 7 jours.



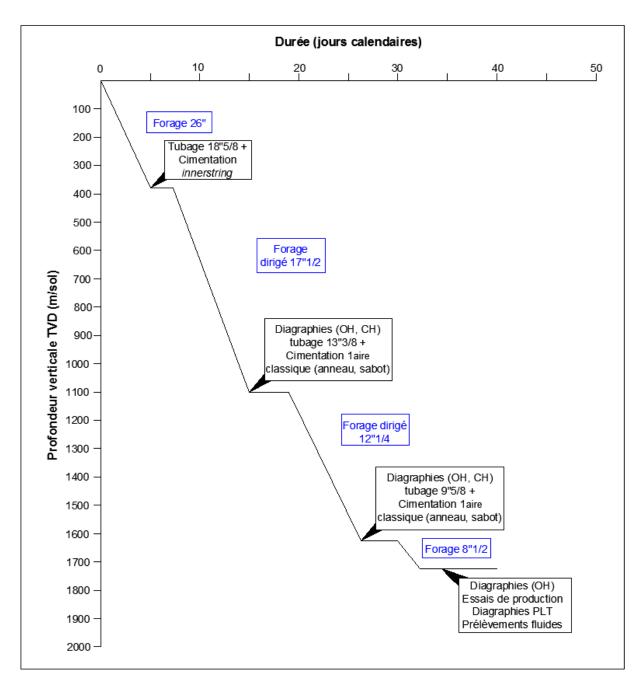


Figure 64 : Courbe d'avancement prévisionnel du forage de Villiers-le-Bel/Gonesse



#### 3.1.5. Exposé des méthodes de forages envisagées

#### 3.1.5.1. Principe et méthodologie des travaux de forage

## - Mise en place du tube guide

Compte tenu de l'instabilité des terrains de surface, il est indispensable de réaliser un « avantpuits » au forage de diamètre 36/40" par la méthode de havage et arrêté à la côte de refus (attendue à ~50m) et équipés d'un tube guide en acier roulé/soudé de diamètre 30".

#### Le forage « rotary »

Le terrain foré étant totalement détruit, on parle de forage destructif. Le forage *rotary* utilise un trépan (ou outil) à dents ou monobloc sur lequel on applique une force procurée par un poids, tout en l'entraînant en rotation. Forage *rotary* pour le forage « droit » (vertical et *slant*), et alternance de *rotary* et *sliding* lors du forage dirigé, ces modes opératoires sont appliqués avec le matériel indiqué au chapitre suivant.

On injecte en continu un fluide au niveau du trépan de manière à emporter les débris hors du trou grâce au courant ascensionnel du fluide vers la surface.

Le poids appliqué sur l'outil est fourni par les masses-tiges vissées au dessus de l'outil et prolongées jusqu'en surface par les tiges de forage, simples tubes vissés entre eux et qui assurent la transmission du mouvement de rotation et la canalisation du fluide de forage.

Le mouvement de rotation est obtenu soit par une table de rotation qui entraîne une tige d'entraînement solidaire des tiges de forage, soit par une tête d'injection montée sur une glissière dans le mât.

Le mât est la superstructure métallique montée à l'aplomb du puits qui permet la manutention des tiges et soutient leur poids.

Le fluide de forage, constitué d'un mélange d'eau et de bentonite (argile naturelle) est utilisé en circuit fermé et injecté par une pompe à haute pression. Il assure la remontée des déblais produits par l'action des dents de l'outil, contribue au soutien des parois du puits et maintient en place par pression hydrostatique les fluides présents dans les terrains perméables.

Le puits est foré par intervalles ou phases de diamètres décroissants et concentriques. A la fin de chaque phase, un tubage en acier est mis en place dans le puits puis cimenté à l'extrados jusqu'à la surface. En général, deux ou trois phases de forage sont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé.



#### 3.1.5.2. Matériel mis en œuvre pour les travaux de forage

# - Forage de l'avant trou

Le matériel qui sera utilisé pour réaliser « l'avant trou » pour le forage GVLB3 sur le site de la centrale géothermique n'est pas encore déterminé et fera l'objet d'une consultation.

#### - Matériel de forage rotary

La réalisation du programme de travaux, tel qu'il est défini au paragraphe 3.1.4.4, nécessite l'utilisation d'une machine de forage d'une capacité minimale au crochet de 200 tonnes, dont l'emprise au sol est représentée sur la Figure 56.

- Top drive system (TDS) à privilégier, par rapport à une table de rotation;
- Garniture de forage (BHA), composée de :
- Tricône (PDC pour phase 12"1/4);
- Stabilos;
- Masse tiges (DC);
- Tiges lourdes (HWDP);
- Coulisse de forage (Jar);
- Tiges de forage (DP);
- Pour les phases déviés, il sera également utilisé (entre outil tricône et DC) :
- Moteur coudé;
- MWD (tool carrier + emetting sub);
- NMDC.

# - Installation électrique

Pour permettre le travail nocturne (ou en cas de faible luminosité) dans des conditions de sécurité maximales, une installation électrique d'éclairage sera mise en place sur la zone de travail, les aires de stockage ainsi que l'accès immédiat au chantier.

#### - Fluides

La sollicitation des réseaux d'alimentation en eau potable sera sujette à autorisation des concessionnaires respectifs. Les besoins en eau pour le forage sont très variables, mais l'on peut considérer une estimation grossière de 5 000 m³ (fabrication de boue, cimentation et essais).



La consommation approximative de fioul pour un forage (valeur indicative à confirmer après sélection de l'appareil et dotation de forage) est de l'ordre de 230 m<sup>3</sup>. Ainsi, des bacs de rétention (éventuellement des bacs gonflables) seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

# 3.1.5.3. Organisation générale du chantier

#### - Horaires de travail

Pour des raisons de sécurité et de stabilité de l'ouvrage, les opérations de forages doivent faire l'objet d'un minimum d'interruptions. Aussi, il est envisagé un fonctionnement du chantier en 3 postes de 8 heures par jour, 7 jours sur 7. Ce rythme de travail concerne les phases opérationnelles de forage et de test. Les autres opérations s'effectueront selon un régime horaire classique de huit heures par jour, cinq jours sur sept sauf situation exceptionnelle de courte durée qui sera gérée, le cas échéant, dans le cadre des lois et règlements définis par le code du travail (par exemple lors d'une opération de diagraphie, intervention urgente ou cas d'alarme pendant le week-end...).

# - Effectifs d'intervention

Toutes entreprises confondues, l'effectif est en général de 15 personnes présentes simultanément sur le site, en pointe il peut être bien plus important (Cf. Tableau 22).



				1	Maitre d'ouvrag	e						
	Maitrise d'œuvre											
	1 x Superviseur jour 1 x Superviseur nuit											
	Mud-logging	Déviation	Fluide de forage	Service Traitement	Entreprise de forage	Diagraphies	Cimentation	Service vissage	Acidification			
Encadrement	1 x géologue	1 x chef d'équipe	1 x mud engineer jour	1 x opérateur centrifugeuses jour	1 x rig manager	1 x ingénieur logging	1 x chef d'équipe	1 x chef d'équipe jour	1 x chef d'équipe			
					1 x chef de chantier jour 1 x chef de chantier nuit 1 x HSE 1 x mécanicien sénior 1 x électricien sénior			1 x chef d'équipe nuit				
	3 x mud- loggers	3 x opérateurs	1 x mud engineer nuit	1 x opérateur centrifugeuses nuit	3 x chef de poste	3 x opérateurs	3 x opérateurs	1 x opérateur jour	3 x opérateurs			
					3 x seconds			1 x opérateur nuit				
Non cadres					3 x accrocheurs 6 x opérateurs 1 x surfacier 1 x mécanicien 1 x électricien							

Tableau 22 : Organisation générale du chantier



#### 3.1.6. Remise en état du site

Après évacuation par citernage ou via le réseau d'assainissement des effluents des travaux (en conformité avec la convention signée avec le concessionnaire du réseau d'eaux usées, autorisant un débit de rejet de 15 m³/h maximum) et démontage du matériel de forage, quatre semaines sont prévues pour la remise en état du site par une entreprise spécialisée. Le cahier des charges de cette entreprise sera rédigé de manière à obtenir un état final de la plate-forme le plus proche possible de l'état initial, en accord avec les services techniques de la ville de Villiers-le-Bel.

# Ces travaux comprennent notamment :

- La démolition des dalles en béton, la démolition ou la démobilisation du bourbier, ainsi que l'évacuation des matériaux de démolition ;
- L'évacuation éventuelle des matériaux d'apport ;
- Le démontage de la clôture ;
- La remise en place des matériaux déplacés ;
- La remise en forme la plus proche possible de la topographie d'origine.

En ce qui concerne l'espace « convivialités », des aménagements seront prévus afin de compenser l'agrandissement de l'aire du site après travaux :

- Par la reconstruction du terrain de grands jeux sur la parcelle située entre le Lycée Mendès France et la cogénération,
- Par la reconstruction de barbecues entre le City Stade et la nouvelle limite de la centrale.

Le réaménagement du site et des aires de loisirs sera fait selon les accords fixés avec la Ville et ses Services Techniques.



#### 3.2. Etat du puits injecteur GVLB2

#### 3.2.1. Etat du puits – Contrôles périodiques

La diagraphie de cimentation CBL/VDL du tubage 9"5/8 du puits injecteur GVLB2 de Villiers-le-Bel/Gonesse a été réalisée le 12 septembre 2007 dans le cadre des inspections réglementaires de l'ouvrage (diamétrage et cimentation) conformément à l'arrêté préfectoral n°2007/008 du 11 janvier 2007 autorisant à poursuivre l'exploitation du gîte géothermique de Villiers-le-Bel/Gonesse.

L'analyse de l'enregistrement du CBL/VDL permet de distinguer trois zones de tubage. De 1065 à 630 m/sol, le signal témoignant de la qualité de l'adhérence du ciment au tubage peut être qualifié de moyen avec quelques passages où l'amplitude du signal augmente, signe d'une adhérence plus faible, notamment sur les portions de tubage 950-970 m/sol, 935-965 m/sol, 775- 795 m/sol et 740-750 m/sol. Le long de cette zone, le tubage traverse les aquifères de l'Albien (727- 830 m/sol profondeur forée, cf. figures 1 et 2) et du Néocomien (830-987 m/sol profondeur forée).

Le CBL ne montre aucun signe d'absence de cimentation au droit de ces aquifères. Entre 630 et 360 m/sol, la qualité de l'adhérence peut être qualifiée de faible. Cependant, les couches géologiques traversées sont celles de la Craie (Sénonien, Turonien et Cénomanien) qui ne renferme aucun aquifère dans la zone des puits de Villiers-le-Bel/Gonesse. Il n'existe donc pas de risque identifié de corrosion externe du tubage dans cette zone : de 360 à 110 m/sol, l'adhérence du ciment s'améliore. De plus, le puits est complété en double tubage 13"3/8 et 9"5/8 entre 0 et 387 m/sol, ce qui réduit considérablement le risque de corrosion externe sur cette longueur.

La diagraphie différée d'inspection du puits injecteur GVLB 2 du doublet géothermique de Villiers Le Bel / Gonesse a eu lieu le 17 juillet 2013. La diagraphie a mis en œuvre un outil d'inspection conventionnel 40 bras, remontant en surface les valeurs minimales et maximales du rayon intérieur du tubage.

La diagraphie du puits injecteur GVLB 2 de la géothermie de Villiers Le Bel / Gonesse révèle un bon état de surface intérieur, ayant peu évolué depuis 2010 si l'on excepte une cinétique légèrement dépositionnelle proche de 117  $\mu$ m/an. Ces éléments permettent de conclure qu'en l'état actuel, le puits peut être déclaré intègre.

# Utilisation du puits

Les capacités d'injectivité du puits GVLB2 n'ont pas été modifiées depuis la mise en service de ce puits et son restées très bonnes. D'après les dernières diagraphies d'inspection de 2013, cette infrastructure étant toujours en bon état, elle ne nécessite *a priori* pas de travaux imminents.

Toutefois une diagraphie réglementaire est prévue à l'automne 2016, afin de connaître l'état actuel du puits. Elle sera accompagnée d'une diagraphie électromagnétique simultanée qui mesure l'épaisseur résiduelle du tubage (sous réserve que les dépôts ne perturbent pas la mesure), par comparaison avec les caractéristiques initiales des tubages.

Les résultats des diagraphies seront transmis à la DRIEE, ils permettront de préciser le programme à appliquer pour l'exploitation optimale de GVLB2 (de même que pour GVLB1) et seront présentés pour la demande de permis d'exploitation.



Ainsi, dans l'éventualité d'une dégradation révélée et dans un souci de limitation du montant des investissements, les parties (le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse et la Société Thermique de Villiers-le-Bel/Gonesse) ont décidé contractuellement dans l'avenant n°7 de la DSP, de le rechemiser en 7'' le cas échéant.

# Les montants estimés de ces travaux sont de 950 000 € H.T (Tableau 3 : CAPEX workover).

Dans le cas d'un rechemisage, des baisses d'injectivité pourraient survenir (cf. Figure 73). C'est pourquoi l'utilisation de deux injecteurs se révèle être l'option la plus sécurisante pour la pérennité de l'exploitation géothermale.



#### 3.3. Etat du puits producteur GVLB1

#### 3.3.1.Etat du puits – contrôle périodiques

Les opérations engagées en 1995 sur le puits de production GVBG 1 au titre du rechemisage total de l'ouvrage par une colonne tubée acier, cimentée, mixte 10"3/4 x 7", appelaient les conclusions suivantes :

- l'intégrité de la colonne est acquise aux plans de la cimentation des entrefers et de son étanchéité.
- les difficultés rencontrées dans l'application du programme initial, qui visait à une cimentation en trois étages, n'ont pas pénalisé la qualité de la cimentation des entrefers 13"3/8 x 10"3/4 et 9"5/8 x 7", qui peut être considérée comme satisfaisante au vu d'expériences passées rencontrées dans des applications semblables.
- Des craintes ont pu être éprouvées du fait de la présence de lambeaux de ciment résiduel sur certaines fractions du tubage 10"3/4, qui se matérialise par des amas dépositionnels localisés, d'épaisseurs millimétriques, qui n'affectent pas la rugosité du tubage telle qu'elle a pu être appréciée lors de l'essai de production par dégorgement artésien limité à un débit de 126 m3/h.

Par ailleurs les conclusions du rapport de fin de diagraphie (caliper) de 2014 des tubages 10"3/4 et 7" montrent un puits en bon état intérieur :

- Chambre de pompage 10" 3/4

De 0 à 165 m/sol, l'épaisseur moyenne du tubage 10"3/4 apparaît très proche de l'épaisseur nominale. A partir de 165 m/sol jusqu'à 200 m/sol, on constate la formation de dépôts sur la paroi du puits, dont l'épaisseur s'accroit avec la profondeur. Cette zone correspond à l'emplacement de l'aspiration de la pompe immergée jusqu'en 2011. Au cours des 4 dernières années, l'épaisseur moyenne a augmentée de 2,09 mm. Cette augmentation est due à la formation de dépôts sur l'intervalle 165-200 m/sol avec une épaisseur moyenne de 14 mm comparée au 10,2 mm nominaux du tubage. De 0 à 165 m/sol puis de 200 à 333 m/sol, l'épaisseur moyenne a augmenté de 1,3 mm. Depuis la dernière diagraphie, on constate une vitesse moyenne de formation des dépôts de l'ordre de 642  $\mu$ m/an.

- Tubage 7"

Le tubage 7" apparaît dans un bon état, sans excroissance dépositionnelle ni piqûre de corrosion marquée. De nombreux joints de tubage et les DV sont toujours visibles. L'épaisseur moyenne a été mesurée à 10,69 mm soit une augmentation d'épaisseur de 1,23 mm depuis la dernière diagraphie ce qui représente une vitesse de formation de dépôt de  $376 \,\mu\text{m/an}$ .

Ces éléments justifient que GVLB-1 puisse continuer à être exploité.



#### 3.3.2.Investigations complémentaires de 2016

Le puits de production GVLB1 du doublet de Villiers-le-Bel/Gonesse, mis en service à l'automne 1984, accuse, depuis l'année 2009, une baisse récurrente de son niveau dynamique, passé en six ans de -60 à -275 m/sol (soit une baisse supérieure à 200 ml), au débit de 220 m³/h, et ce malgré la mise en application de l'entretien réglementaire du puits depuis sa mise en service.

La recherche des causes de cette baisse de productivité a fait l'objet, au mois de décembre 2013, d'essais de production (et d'une diagraphie différée d'inspection) décrits et commentés dans le rapport GEOFLUID référencé DCE14024, daté du 24/02/2014. Les essais ne permettant pas de conclure à une hypothèse (baisse de productivité liée à l'ouvrage ou liée au réservoir), un programme d'investigation complémentaire a été réalisé au mois de juin 2016 (DCE16094 Mesures GVLB1).

Ce programme a consisté à mesurer la pression en fond du puits GVLB1 (soit au sabot du tubage producteur 7") au moyen du TAI rempli pour la circonstance d'un fluide allégé (densité 0,8-0,9), après chasse préalable (lente) du produit inhibiteur de corrosion (SOLAMINE 129). Cette opération, a été effectuée à 4 débits (nul, pression statique ; 135, 155 et 182 m³/h), permettant d'établir la loi actuelle de pertes de charges singulières, du sabot du tubage producteur 7" à la cote d'aspiration de l'électropompe de production immergée. Il a ainsi confirmé les hypothèses proposées par Geofluid, attribuant la baisse de productivité à l'existence de dépôt important dans le puits impliquant un coefficient de rugosité variable croissant non seulement avec le débit, mais également dans le temps.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des mesures réalisées en statique et aux trois débits de test (135, 155 et 182 m3/h) après au moins une heure d'attente.

Les pertes de charge totales sont calculées par différence entre la pression d'azote bulle-à-bulle en statique et la pression au débit de mesure.

Les pertes de charge "réservoir" sont calculées par différence entre la pression du propan-1-ol dans le TAI en statique et la pression à débit de mesure.

Les pertes de charge mesurées au réservoir sont très modérées et ne contribuent qu'à hauteur de 10 % aux pertes de charges totales mesurées sur le puits.

L'origine de la baisse du niveau dynamique est donc à rechercher dans des pertes de charge singulières affectant le tubage entre le sabot et l'aspiration de l'électropompe immergée.

Débit en m3/h	0	135	155	182
Pression azote bulle-à-bulle (230 m/sol) en bar	28,05	13,86	9,40	2,80
Niveau dynamique mesuré à l'azote en m	60,07	-86,67	-132,79	-201,04
Rabattement en m		146,74	192,87	261,12
Pression TAI en surface en bar	40,78	39,14	38,88	38,53
Pertes de charge totales en bar		14,19	18,65	25,25
Pertes de charge ''réservoir'' en bar		1,64	1,90	2,25
Pertes de charge ''tubages'' en bar		12,55	16,75	23,00



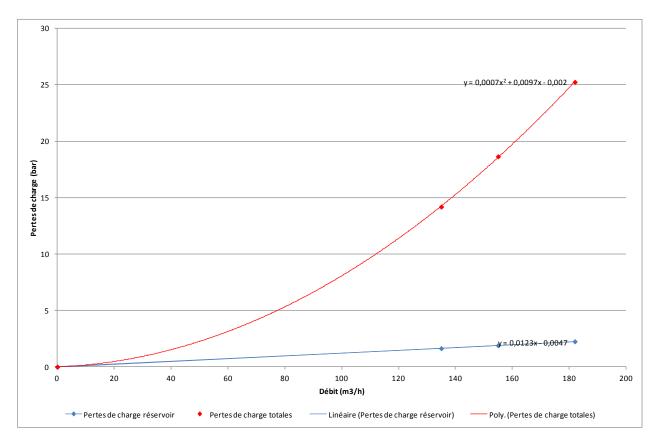


Figure 65 : Pertes de charges dans les tubages et le réservoir



#### 3.3.3. Utilisation du puits

A terme, la reconversion de GVLB1 en injecteur permettra de compléter les capacités d'injection de GVLB2 et de diminuer la surconsommation électrique liée à l'augmentation de pression d'injection du fait du rechemisage futur de GVLB2. De plus, l'augmentation des vitesses dans l'injecteur rechemisé permettrait, en étant répartie sur deux injecteurs, d'assurer des vitesses suffisantes nécessaires à une bonne protection anti-corrosion.

En attendant, un programme de mise en *stand-by* du puits GVLB1 est proposé, il sera mis en œuvre après la mise en service du nouveau puits GVLB3 et ce jusqu'au rechemisage du puits injecteur GVLB2.

L'objectif est de permettre une saison de chauffe normale à l'hiver 2016 et au début de l'hiver 2017 (avec le doublet GVLB1/GVLB2), puis d'assurer la saison de chauffe 2017/2018 avec le nouveau puits (doublet GVLB3/GVLB2).

Le programme de mise en stand-by nécessite un contrôle préalable des tubages. Les résultats de ces contrôles permettront d'affiner le programme à appliquer pour la mise en attente, l'observation et la réutilisation de GVLB1, ils seront communiqués lors de la demande du permis d'exploitation. Actuellement, le programme de mise en sommeil consiste à nettoyer le puits avant de le remplir par une solution inhibitrice anti-corrosion. Ces actions permettent de maintenir le puits inerte jusqu'à sa réutilisation.

GVLB1 a été rechemisé intégralement en 1995, mais si l'état du puits le nécessite et conformément à l'avenant n°7, il pourra être envisagé le rechemisage du tubage en 8"5/8 intérieur du puits (chambre de pompage) et 5" (Cf. Figure 7), pour un montant estimé de 600 000 € H.T (Tableau 3 : CAPEX workover).



#### 3.4. Fonctionnement du triplet

Il est envisagé de demander dans le futur permis d'exploitation, un débit maximal de 320 m³/h. Néanmoins, l'exploitation du triplet est prévue à un débit de pointe de 300 m³/h et un débit moyen annuel de 247 m³/h.

Le principe de fonctionnement du triplet doit permettre une vitesse de circulation minimum de l'eau géothermale dans les cuvelages des puits et dans les conduites et échangeurs de surface. En effet, une trop faible vitesse de circulation de l'eau géothermale favorise les phénomènes de déposition et de corrosion à la surface des aciers et des plaques d'échangeurs.

Les courbes caractéristiques des puits existants et/ou réhabilités et la courbe prévisionnelle de GVLB3, nous permettent d'anticiper les débits mobilisables en fonction des besoins de chaleur et les puissances électriques sollicitées ainsi que les coûts associés.



# 3.4.1. Consommation électrique annuelle des pompes pour un fonctionnement en triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2

# 3.4.1.1. Consommation électrique annuelle de la pompe de production de GVLB3

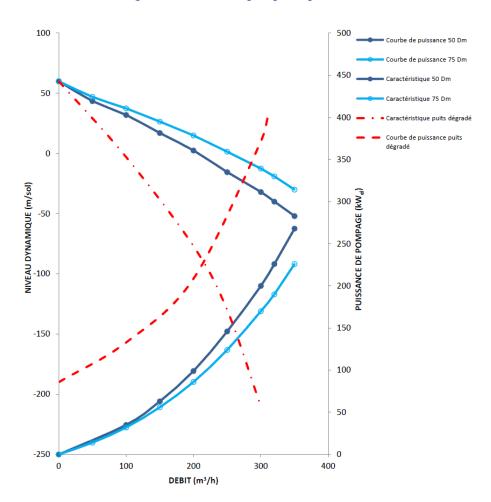


Figure 66 : Nouveau puits producteur GVLB3. Caractéristiques prévisionnelles du puits et courbes de puissance. Puits intègre et dégradé

Le niveau dynamique du puits GVLB3 est estimé entre -10 (courbe 75 Dm) et -30 m/sol (courbe 50 Dm) à 300 m³/h (cf. Figure 66). La pompe sera initialement placée à environ 200 m/sol (par sécurité). La profondeur de la chambre de pompage (350 m) permettra, en cas de baisse du niveau dynamique, de descendre la pompe jusqu'à 320 m/sol.

En conservant une hauteur de 100 m d'eau au-dessus de l'aspiration de la pompe, soit un niveau à 220 m/sol, il sera possible d'admettre une baisse du niveau dynamique de 190 à 210 m à 300 m³/h. Cette baisse de productivité représente une baisse de niveau de 85 m à 200 m³/h, soit la baisse de niveau observée entre 2011 et 2015 sur le puits GVLB1.



Mode de fonctionnement	150 m <sup>3</sup> /h	250 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	Maintenance
avec cogé (h/an)	51	216	3357	10
sans cogé (h/an)	3167	543	1066	350
Total heures	3218	759	4423	360

Tableau 23 : Répartition des heures selon les débits de pompage prévus sur une saison d'exploitation, pour un fonctionnement en triplet

Mode de fonctionnement	Mini	Moyen	Maxi
Débit d'exploitation (m³/h)	150	250	300
Niveau dynamique GVLB3 transmissivité à 50 Dm (m/sol)	25	-10	-25
Puissance électrique pompe de production (kWel)	65	150	200
Consommation électrique pompe de production (MWh)	209	114	885

Tableau 24 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe de production, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation – fonctionnement en triplet

La consommation électrique annuelle attendue pour la pompe de production s'élèverait à 1 208 MWh/an.



# 3.4.1.2. Consommation électrique annuelle de la pompe d'injection, avec GVLB1 et GVLB2 gardés en l'état

M	ode de fonctionnement	Mini	Moyen	Maxi
	Débit d'exploitation	150	250	300
	Pression d'injection (bar)	7,5	9	10,5
Avec GVLB1 et GVLB2 en l'état actuel	Puissance électrique pompe d'injection (kW)	/	20	30
	Consommation électrique pompe d'injection	/	15,2	132

Tableau 25 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en triplet avec GVLB1 et GVLB2 gardés en l'état

La consommation électrique attendue pour la pompe d'injection s'élèverait à 147 MWh/an.



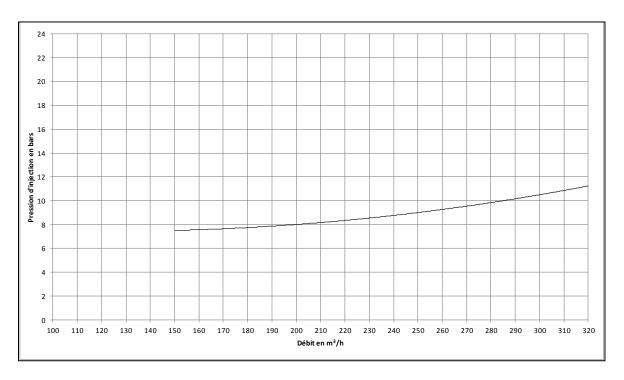


Figure 67 : Pression d'injection pour deux injecteurs GVLB1 et -2 dans leur état actuel, rapportés à  $40^{\circ}\mathrm{C}$ 

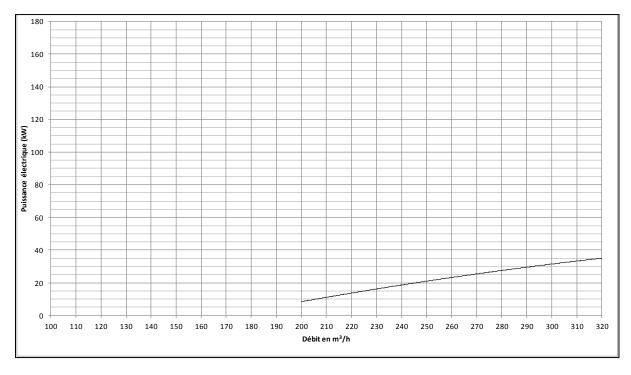


Figure 68 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour les deux injecteurs dans leur état actuel



# 3.4.1.3. Consommation électrique annuelle de la pompe d'injection, après rechemisage de GVLB1 et GVLB2

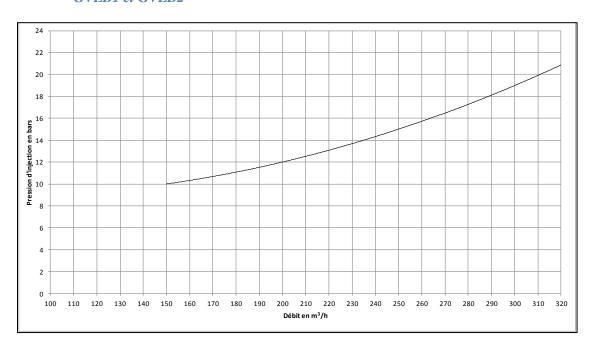


Figure 69 : Pression d'injection pour deux injecteurs réhabilités GVLB1 et -2, une fois rechemisés, rapportés à 40°C

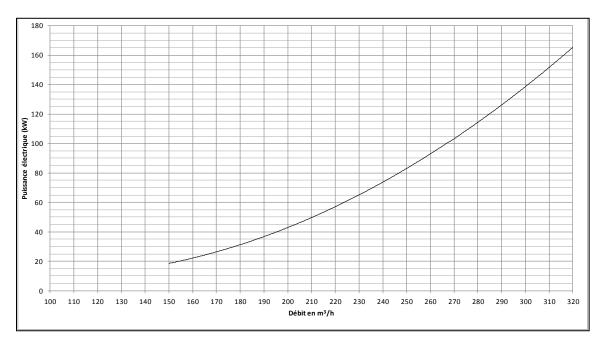


Figure 70 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour les deux injecteurs, une fois rechemisés



M	ode de fonctionnement	Mini	Moyen	Maxi
	Pression d'injection (bar)	10	15	19
Avec GVLB1 et GVLB2 rechemisés	Puissance électrique pompe d'injection (kW)	20	85	140
	Consommation électrique pompe d'injection	64	65	619

Tableau 26 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en triplet, après rechemisage de GVLB1 et GVLB2

La consommation électrique attendue pour la pompe d'injection s'élèverait à 748 MWh/an.



# 3.4.2.COP et coût annuel lié à la consommation électrique des pompes pour un fonctionnement en triplet

TRIPLET sans rechemisage	150 m <sup>3</sup> /h	250 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	Prix MWh à 75€
Puissance électrique pompe de production (kWel)	65	150	200	
GVLB3 Conso électrique pompe (MWh/an)	209	114	885	90 572
Puissance électrique pompe d'injection (kWel)	0	20	30	
GVLB1 et 2 en l'état, Conso électrique pompe (MWh/an)	0	15,2	132	11 040
Total conso (€) =				101 612
Production Chaleur attendue (MWh/an)				46 000
Total conso (MWh/an) = GVLB 2 et 1 en l'état				1 355
			COP	33

Tableau 27 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2 avec GVLB1 et GVLB2 dans leur état actuel

TRIPLET rechemisé	150 m <sup>3</sup> /h	250 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	Prix MWh à 75€
Puissance électrique pompe de production (kWel)	65	150	200	
GVLB3 Conso électrique pompe (MWh/an)	209	114	885	90 572
Puissance électrique pompe d'injection (kWel)	20	85	140	
GVLB1 et 2 rechemisés, conso électrique pompe (MWh/an)	64	65	619	56 107
Total conso (€) =				146 679
Production Chaleur attendue (MWh/an)				46 000
Total conso (MWh/an) = GVLB1 et 2 rechemisés				1 956
			СОР	23

Tableau 28 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en triplet GVLB3/GVLB1 et GVLB2 après rechemisage de GVLB1 et de GVLB2

Dans le cas d'une utilisation du triplet avec les puits non rechemisés (cf. Figure 67 et Figure 68), la consommation des pompes annuelles s'élèverait à 1 355 MWh (soit 102 k€), pour une production de chaleur escomptée de 46 000 MWh, ce qui représenterait un COP de 33.

Dans le cas d'une utilisation du triplet avec les puits rechemisés, (cf. Figure 69 et Figure 70), la consommation des pompes annuelles s'élèverait à 1 956 MWh (soit 147k€), pour une production de chaleur escomptée de 46 000 MWh, ce qui représenterait un COP de 23.



# 3.4.3. Consommation électrique annuelle des pompes pour un fonctionnement en doublet GVLB3/GVLB2

# 3.4.3.1. Consommation électrique annuelle de la pompe de production de GVLB3

Les courbes utilisées pour GVLB3, ainsi que le tri horaire retenu pour la variation des débits sont les mêmes que pour le cas d'un fonctionnement en triplet (cf. Figure 66 et Tableau 23).

Mode de fonctionnement	Mini	Moyen	Maxi
Débit d'exploitation (m³/h)	150	250	300
Niveau dynamique GVLB3 transmissivité à 50 Dm (m/sol)	25	-10	-25
Puissance électrique pompe de production (kWel)	65	150	200
Consommation électrique pompe de production (MWh)	209	114	885

Tableau 29 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe de production, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation – fonctionnement en doublet



3.4.3.2. Consommation électrique annuelle de la pompe d'injection, avec GVLB2 gardés en l'état

N	Tode de fonctionnement	150 m3/h	250m3/h	300m3/h
	Pression d'injection (bar)	8,5	12,5	14,5
Doublet (GVLB2 actuel)	Puissance électrique pompe d'injection (kW)	10	55	90
	Consommation électrique pompe d'injection	32	42	398

Tableau 30 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en doublet avec GVLB2 gardés en l'état

La consommation électrique attendue pour la pompe d'injection s'élèverait à 472 MWh/an.



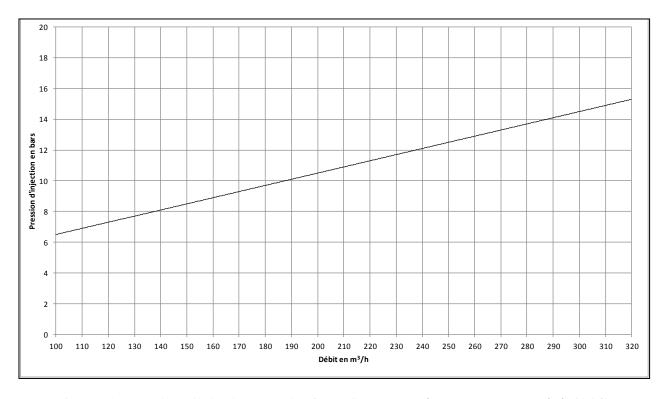


Figure 71 : Pression d'injection au puits GVLB2, dans son état actuel, rapportée à 40 °C

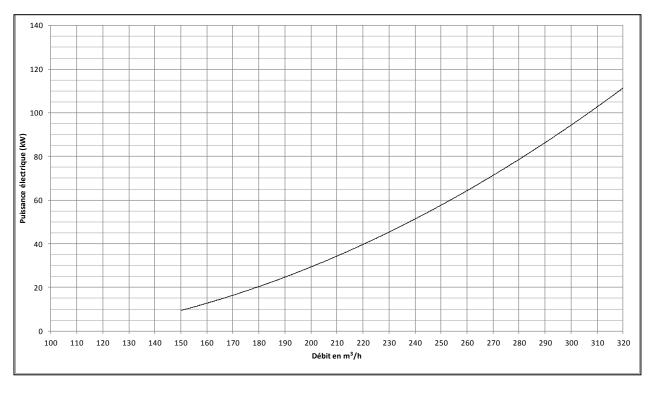


Figure 72 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour le puits GVLB2, dans son état actuel



# 3.4.3.3. Consommation électrique annuelle de la pompe d'injection, après rechemisage de GVLB2

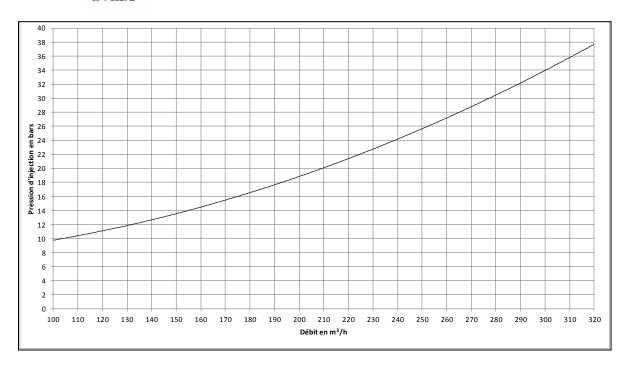


Figure 73: Pression d'injection au puits GVLB2, une fois rechemisé, rapportée à 40 °C

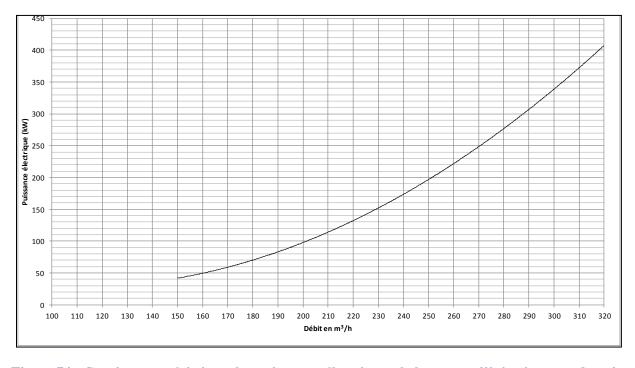


Figure 74 : Courbe caractéristique des puissances électriques de la pompe d'injection pour le puits GVLB2, une fois rechemisé



N	Iode de fonctionnement	150 m3/h	250m3/h	300m3/h
	Pression d'injection (bar)	14	26	34
Doublet (GVLB2 rechemisé)	Puissance électrique pompe d'injection (kW)	40	195	340
rechemise)	Consommation électrique pompe d'injection	129	148	1 504

Tableau 31 : Synthèse des puissances et consommations électriques de la pompe d'injection, selon les débits de pompage, sur une saison d'exploitation, fonctionnement en doublet, après rechemisage de GVLB2



# 3.4.4.COP et coût annuel lié à la consommation électrique des pompes pour un fonctionnement en doublet

DOUBLET sans rechemisage	150 m <sup>3</sup> /h	250 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	Prix à 75€/MWh
Puissance électrique pompe de production (kWel)	65	150	200	
GVLB3 Conso électrique pompe (MWh/an)	209	114	885	90 572
Puissance électrique pompe d'injection (kWel)	10	55	90	
GVLB2 en l'état conso électrique pompe (MWh/an)	32	42	398	35 400
Total conso (€) = GVLB2 en l'état				125 971
Production Chaleur attendue (MWh/an)				46 000
Total conso (MWh/an) = GVLB2 en l'état				1 680
			СОР	27

Tableau 32 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en doublet GVLB3/GVLB2 avec GVLB2 dans son état actuel

DOUBLET rechemisé	150 m <sup>3</sup> /h	250 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	Prix à 75€/ MWh
Puissance électrique pompe de production (kWel)	65	150	200	
GVLB3 Conso électrique pompe (MWh/an)	209	114	885	90 572
Puissance électrique pompe d'injection (kWel)	40	195	340	
GVLB2 rechemisé conso électrique pompe (MWh/an)	129	148	1 504	133 541
Total conso (€) = GVLB2 rechemisé				224 112
Production Chaleur attendue (MWh/an)				46 000
Total conso (MWh/an) = GVLB2 rechemisé				2 988
			СОР	15

Tableau 33 : COP et consommation électrique des pompes pour une exploitation en doublet GVLB3/GVLB2 après rechemisage de GVLB2

Dans la perspective d'un fonctionnement en doublet, avec GVLB2 utilisé en état, (cf. Figure 71 et Figure 72), la consommation des pompes annuelles s'élèverait à 1 680 MWh (126k€), pour une production de chaleur escomptée de 46 000 MWh, soit un COP de 27.

Dans l'éventualité d'un rechemisage (cf. Figure 73 et Figure 74), la consommation électrique de la pompe de réinjection serait bien plus importante, et ma consommation électrique totale de 2 988 MWh (224k€), le COP s'abaisserait à 15.



# 3.5. Descriptif des équipements constitutifs de la boucle géothermale

Le schéma détaillé de la boucle géothermale est présenté sur la Figure 75.

Les équipements nécessaires à la mise en production de la boucle géothermale sont décrits succinctement par sous-ensembles fonctionnels depuis le puits d'exhaure GVLB3 jusqu'au puits de réinjection GVLB2 et GVLB1. L'échangeur de chaleur constitue la limite géothermal / géothermique.

Les spécifications techniques des équipements sont déterminées pour un fonctionnement au débit de pointe de 300 m<sup>3</sup>/h et une température d'exhaure de  $67 \pm 1$ °C en tête de puits.

Les sous-ensembles fonctionnels sont les suivants :

- puits de production GVLB3,
- groupe électropompe immergée, de production (sous sol) ;
- pompe d'injection de produit inhibiteur et la cuve associée (en surface),
- tube auxiliaire d'injection (jusqu'au fond du puits producteur GVLB1)
- conduites de surface du puits producteur et robinetterie jusqu'aux échangeurs de chaleur et du dispositif de filtration ;
- échangeurs de chaleur à plaques ;
- groupe de pompage de réinjection ;
- vannes de régulation pour répartir les débits entre les deux injecteurs ;
- conduites de surface et robinetterie entre échangeurs et têtes de puits d'injection ;
- deux puits de réinjection GVLB1 et GVLB2;
- contrôle/commande/régulation des puits, des installations de surface et du fluide.

Les caractéristiques des équipements fixes de la boucle géothermale (puits, conduites de surface, échangeurs) sont déterminées pour résister aux contraintes physiques et chimiques des fluides (eau géothermale) et limiter les pertes de charge (réduites notamment par le choix d'un forage à gros diamètre).



Leur dimensionnement est tel qu'il permet d'anticiper sur une possible dégradation des caractéristiques des puits par augmentation des pertes de charge.

La durée de vie des équipements d'une boucle géothermale va dépendre de plusieurs facteurs :

- la qualité des matériels à l'achat ;
- le choix de matériaux appropriés à la corrosivité du fluide géothermal ;
- la maintenance et conduite des équipements.

Les équipements de production et d'injection suivants sont prévus :

- Pompe de production: REDA-SCHLUMBERGER N1400N-AC avec Moteur MAXIMUS 562 15 F153 469HP @50HZ, ou BAKER HUGHES 725 série 6 WGT1300 avec moteur 725 séries HMI/400/4170/58/60 (le nombre d'étages sera à adapter fonction des études et du rabattement/productivité attendus de l'ouvrage),
- Variateur production : SCHNEIDER ALTIVAR 61 avec filtre sinus et protections contre les harmoniques,
- Transformateur élévateur : pas de référence présélectionnée,
- Pompe de réinjection : FLOWSERVE type 125NM (le nombre d'étages sera à adapter fonction des études en tenant compte de la ''dureté'' du(es) puits existant(s) (avec un seul injecteur et avec 2) en considérant également le(s) puits rechemisé(s),
- Variateur réinjection : ALTIVAR avec filtre sinus.



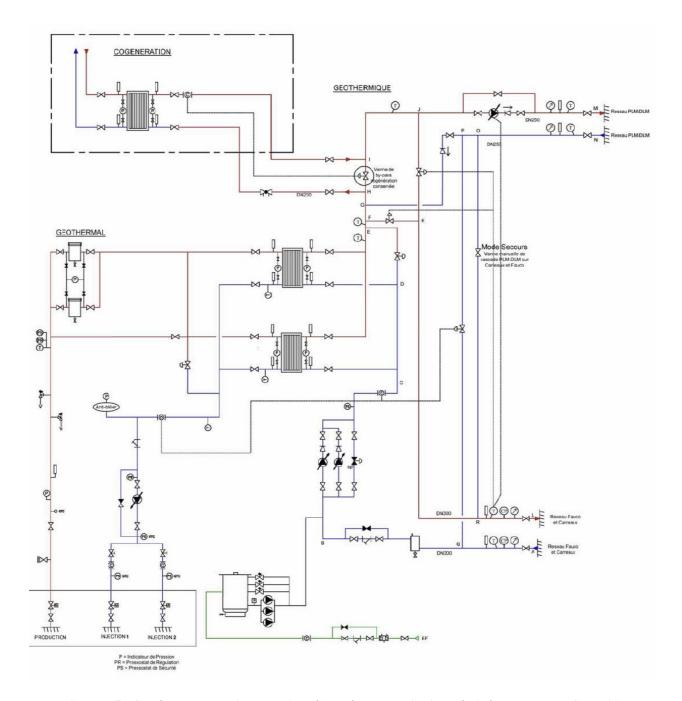


Figure 75 : Schéma hydraulique envisagé (schéma de principe réalisé par Itherm Conseil)



### 3.6. Résumé de l'étude d'impact sur l'environnement

L'étude d'impact sur l'environnement fait l'objet de l'ensemble du chapitre 4 du présent dossier. Les éléments présentés dans les paragraphes ci-dessous reprennent donc de façon synthétique les impacts temporaires (en cours de travaux) par opposition aux effets permanents (en cours d'exploitation) qu'ils soient positifs ou négatifs, ainsi que les mesures compensatoires envisagées.

# 3.6.1.Impacts – en cours de travaux

La réalisation d'un forage profond est une occasion unique pour communiquer sur les atouts de la géothermie comme solution alternative sur le plan énergétique. Bien entendu, les travaux liés à la réalisation d'un puits ne sont pas neutres en termes d'impact environnemental, et la période du chantier estimée à 45 jours environ peut engendrer quelques nuisances.

Ces impacts portent principalement sur :

- les anciens usages de la zone de chantier ;
- l'aspect visuel du site;
- la sécurité des personnes ;
- la circulation routière;
- l'environnement sonore ;
- les sols, les eaux de surface et les eaux souterraines.

# 3.6.1.1. Anciens usages de la zone de chantier

L'installation de l'appareil de forage sur le site est une difficulté majeure du projet. L'exigüité du site avec la préexistence de deux têtes de puits, nécessite d'étendre la zone de travaux (4 700 m² pour le rig de forage et 3 200 m² pour le bourbier) sur une aire comportant actuellement un terrain de football et des aires de pique-nique. Il sera donc nécessaire d'informer au préalable les usagers de cette aire de convivialité, par le biais des services municipaux, afin de les réorienter vers les nombreux espaces de détentes que compte la commune.



# 3.6.1.2. *Aspect visuel*

Les nuisances visuelles concernent moins la vision de l'appareil de forage proprement dit que les fumées et vapeurs émises durant les travaux. Les fumées liées aux appareillages sont atténuées, toutes les motorisations sensibles (treuil, pompes, tête d'injection rotative – top drive) étant électriques. Par ailleurs, le maître d'ouvrage mettra en œuvre des mesures techniques et organisationnelles visant à réduire ou supprimer l'impact des travaux au voisinage du site comme par exemple la mise en place d'un grillage ou d'un bardage de 2 mètres de hauteur autour du chantier.

# 3.6.1.3. Sécurité des personnes

En ce qui concerne la sécurité sur le chantier, les équipements et personnels d'exécution/encadrement sont éprouvés et expérimentés en matière de forages géothermiques et pétroliers, et rompus aux exercices/briefings de sécurité exigés par la profession et l'administration minière de tutelle, en particulier en ce qui concerne les risques liés à  $l^2H_2S$ . En outre, un document de sécurité et de santé précisera les modalités d'accès et de circulation sur le site (cf. chapitre 5).

Concernant la sécurité du public, le chantier sera balisé, clos (grillage ou bardage périphérique de 2 mètres de hauteur) et interdit au public par voie d'affichage (panneaux).

#### 3.6.1.4. Circulation routière

Concernant la circulation routière, en dehors des phases d'amenée et de repli des équipements de forage (qui s'effectuera par convoi exceptionnel), le nombre de rotation de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plate-forme de forage restera limité, avec un minimum d'une rotation quotidienne de deux véhicules. La D970 est à seulement 800 m de la centrale où plus de 6000 véhicule/jour y circulent, le site sera facilement accessible depuis cet axe. Un trafic de véhicules légers sera induit par les rotations de personnel de l'entreprise de forage et de supervision (une dizaine de rotations par jour).

Le maître d'ouvrage mettra en œuvre des mesures pour ne pas entraver la circulation sur les voies d'accès au chantier puis à la centrale géothermique. Si besoin, un protocole sera établi en concertation avec les services techniques de la Ville et des Routes et Chaussées (DIRIF) pour l'organisation des transports lors des phases d'amenée/repli des matériels et d'approvisionnement du chantier.

# 3.6.1.5. Environnement sonore

Du point de vue de l'environnement sonore le jour, le chantier et son environnement pourraient atteindre environ 55 dB à 300 m. Pour rappel les premières habitations se trouvent à environ 100m de la zone de travaux et pourrait donc être affectées. Ceci nécessitera des aménagements, comme des murs antibruit pour minimiser cet impact. Pour ce qui concerne la période nocturne, toutes les mesures seront prises pour respecter la législation en vigueur. Afin de limiter l'impact sonore du chantier la nuit, les activités les plus génératrices de nuisances sonores seront réalisées uniquement de jour. Ainsi, la principale gêne devrait être liée, aux chocs des tiges métalliques et au BIP de recul des engins de chantier.



# 3.6.1.6. Sols, eaux de surface et eaux souterraines

Enfin, en ce qui concerne les risques de pollution des sols et des aquifères traversés par les forages, ils sont réduits, sinon éliminés, par

- (vii) le stockage des produits chimiques et du fioul sur des bacs de rétention,
- (viii) l'utilisation de boues à l'eau compatibles avec le milieu naturel,
- (ix) l'utilisation d'un bourbier (respectant les prescriptions du PLU pour la zone UF) pour les eaux d'exhaure du forage et l'évacuation des résidus solides (déblais, lavés de forage, surnageants, déshydratés, des boues) vers des sites de stockage et de traitement agréés par l'administration minière et environnementale,
- (x) la mise en place de double tubages en acier, cimentés au droit des aquifères sensibles tel que l'Albien, selon les prescriptions du SDAGE 2016. Une triple protection sera, par ailleurs mise en place au droit de l'Yprésien, aquifère stratégique pour l'eau potable dans le Val-d'Oise, permettant ainsi d'éviter toute mise en communication des aquifères, qui serait préjudiciable du fait de l'existence du captage d'eau potable du quartier des Charmettes se situant dans un rayon d'environ 1 km (de la centrale) et soumis à des risques de pollution au chrome de l'ancienne usines de gants MAPA.
- (xi) une aire de travail imperméable pour parties bétonnée (plateforme de forage et caves de têtes de puits) équipée d'un réseau de recueil/drainage des eaux de ruissellement, bitumée, et en enrobés,
- (xii) et la disponibilité d'une surcapacité de stockage (bacs, bennes, citernes), ainsi qu'une ligne de traitement/refroidissement des effluents liquides (eaux d'essais), gazeux (inhibition des gaz dissous) et solides (filtration des particules en suspension).



# 3.6.2.Impacts – en cours d'exploitation

La centrale et les installations géothermiques sont sur le site du « Fossé à l'eau » depuis plus de 30 ans, la réalisation du nouveau puits permettra d'abaisser la production de chaleur à partir du gaz de 15%, permettant ainsi d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 2 284 tonnes de CO<sub>2</sub>. Sans la géothermie ce serait près de 11 200 tonnes de CO<sub>2</sub> qui seraient rejetées dans l'atmosphère chaque année.

#### 3.6.2.1. Aspect visuel

L'aspect visuel de l'installation sera quelques peu modifié par le recul de la barrière de la centrale jusqu'à la nouvelle tête de puits, recul estimé à une vingtaine de mètres (cf. Figure 4). Il sera peu impacté par le système géothermal dont les équipements seront partiellement enterrés. Si des arbres doivent être abattus en phase travaux (après autorisation), des arbres de haute tige seront plantés en remplacement avec un ratio de 1:1.

#### 3.6.2.2. Environnement sonore

En revanche, les sources de bruit seront les mêmes qu'actuellement (des mesures acoustiques sont réalisées régulièrement et sont conformes à la réglementation en vigueur).

# 3.6.2.3. Sécurité des personnes

En ce qui concerne les risques pour la sécurité des personnes, le périmètre comprenant l'ensemble des installations passées et futures sera entièrement clôturé et fermé au public. Les têtes de puits sont enterrées et les caves sont recouvertes de caillebotis empêchant la chute d'une personne. Seul le personnel spécialisé est autorisé à intervenir sur le site. En fonctionnement normal de la centrale géothermique, il n'existe aucun dégagement gazeux.

#### 3.6.2.4. Circulation routière

L'activité d'exploitation de la centrale géothermique n'a et n'aura pas d'impact notable sur les infrastructures voisines. Les interventions lourdes de *workover* sont rares (fréquence : tous les trois à cinq ans, durée : variable entre 15 jours et plusieurs mois), elles occasionnent la circulation d'une vingtaine de poids lourds vers la parcelle.



#### 3.6.2.5. Les eaux souterraines

Il n'y a pas d'interférence avec les opérations voisines au Dogger qui sont situées à plus de 6 km des points d'impact au réservoir.

Par ailleurs, la conception des puits géothermiques empêche le contact entre le fluide et les couches géologiques traversées, jusqu'à la surface.

La prévention des risques de fuite en sous-sol est assurée par un contrôle régulier et réglementé par les autorités. La mise en place d'un traitement inhibiteur en fond de puits producteur depuis 1990 permet de protéger et sécuriser l'ensemble de la boucle géothermale (puits producteur + boucle de surface + puits injecteurs) contre les phénomènes de corrosion inhérents à l'exploitation de la nappe du Dogger. Les vitesses de corrosion sont maintenant nettement inférieures à ce qu'elles étaient lorsqu'aucun traitement n'était mis en place.

Par ailleurs, ces risques sont fortement amoindris grâce au double tubage à entrefers cimenté au droit des aquifères stratégiques de l'Albien et du Néocomien, et par le triple tubage présent au droit de l'Yprésien, source d'eau potable également.

Enfin, le projet est conforme avec la prescription du SDAGE 2016, le SAGE Enghien-Croult-Vieille Mer étant encore en cours d'élaboration.

#### 3.6.2.6. Anciens usages de la zone d'exploitation

L'agrandissement de la zone d'exploitation de la centrale géothermique implique un débordement sur le nord de ma parcelle cadastrale n°53 section ZA (cf. Figure 55) qui sera mise à disposition de la STVLBG par la ville (cf. Annexe 2), occupée jusque là par un terrain de football engazonné, des zones enherbées de plaisance et des arbres. Le terrain de football sera déplacé dans l'angle nord est de la parcelle n°51, à l'ouest de la parcelle 55 réservée à la cogénération (cf. Figure 56). Un chemin sera aménagé juste au nord du terrain de sport bétonné, pour accéder au terrain de football.

Les zones anciennement boisées, engazonnées puis modifiées pour les besoins du chantier de forage seront replantées et réengazonnées.

En fonctionnement normal de la centrale, il n'y a aucun dégagement gazeux. Les seuls dégagements possibles ont lieu en cas de fuite. La phase gazeuse se compose essentiellement d'azote (61 %), de méthane (25 %), de dioxyde de carbone (12%) et de traces d'hydrogène sulfuré (H2S). Le bilan carbone d'une exploitation géothermique est largement positif.





# 4. ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT





#### 4.1. Justification et contexte du projet

### 4.1.1. Justificatif du projet

Les villes de Villiers-le-Bel et de Gonesse utilisent la géothermie depuis la saison de chauffage 1984-1985. Les puits qui composent ce doublet sont GVLB1, puits de production et GVLB2, puits d'injection.

Les têtes de puits de ce doublet sont situées sur la commune de Villiers-le Bel, dans l'enceinte de la STVLBG, délimitée par la rue de Goussainville et l'avenue des Asniers. Le réseau de géothermie alimente l'ensemble des quartiers des Carreaux, du Puits La Marlière et Derrière les Murs Monseigneur (PLM/DLM) sur la ville de Villiers-le-Bel ainsi que le quartier La Fauconnière sur la ville de Gonesse. En 2015, la centrale géothermique assurait environ 40% des besoins de chaleur de 7 500 équivalents logements (environ 58 000 MWh en 2015 en chauffage et eau chaude sanitaire), via un réseau de distribution de 14 km qui alimente 65 sous-stations.

Cependant le puits producteur GVLB1 connaît depuis le mois de mars 2008 un déclin de sa productivité matérialisé par une baisse récurrente du niveau dynamique. Son exploitation ne permet donc plus de garantir une part de chaleur produite à partir d'énergies renouvelables ou de récupération sur le réseau, supérieure à 50%. Les travaux (workover) de curage du doublet engagés à l'automne 2010, n'ont eu d'autre effet que celui d'une rémission, restaurant momentanément les niveaux dynamiques antérieurs à 2008, une nouvelle baisse étant enregistrée à compter de mai 2011 qui perdure depuis.

Dans ce contexte, le projet de réutilisation des ouvrages existants réhabilités et de réalisation d'un nouveau puits producteur GVLB3 s'avère judicieux pour pérenniser et sécuriser la ressource.

Il permettre d'accroître l'utilisation des énergies renouvelables sur le réseau, sans modification majeure sur les autres installations existantes fonctionnelles. Grâce à la réalisation dudit puits, environ 46 000 MWh issus d'énergie géothermale seront produits sur le réseau. Cette production permettra de dépasser durablement 50% d'énergies renouvelables et de récupération sur le réseau et ainsi de rétablir de façon pérenne l'application du taux réduit de TVA sur le terme proportionnel de la facture énergétique des abonnés.

De plus, en vertu de l'arrêté du 29 Avril 2015, la ville de Villiers-le-Bel est retenue dans la liste des quartiers prioritaires de la politique de la ville présentant les dysfonctionnements urbains les plus importants et visés en priorité par le nouveau programme nation de renouvèlement urbain. Ainsi trois quartiers sont concernés : Village, Le Puits la Marlière et Derrière les Murs de Monseigneur. Cette rénovation aboutira à la démolition et la construction de nouveaux logements. A cet égard, de nouveaux raccordements sont en cours de réalisation pour optimiser l'utilisation d'énergies renouvelables.

Le périmètre sur lequel est demandée l'autorisation de recherche d'un gîte géothermique et le périmètre envisagé d'exploitation en triplet sont présentés dans les chapitres 2.3.6 et 2.3.7.

Le périmètre de recherche s'étend sur six communes du Val d'Oise : Villiers-le-Bel, Sarcelles, Arnouville, Gonesse, Bouqueval et Ecouen. Ses dimensions permettent d'anticiper, dans une certaine limite, un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3, dû à une différence entre la



trajectoire prévue et la trajectoire suivie lors la réalisation du forage (environ 50 m dans toutes les directions).

Les cordonnées (Lambert 93) des angles (A, B, C et D) du permis sollicité sont recensées dans le tableau suivant :

Α.	X: 655 629	D	X: 655 990
A	Y: 6 880 250		Y: 6 876 233
C	X: 659 852	D	X: 658 792
C	Y: 6876216	D	Y: 6 880 999

Le périmètre d'exploitation envisagée s'étend sur les communes de Villiers-le-Bel, Gonesse, Arnouville et Sarcelles, sous réserve d'un éventuel déplacement du point d'impact du puits GVLB3.

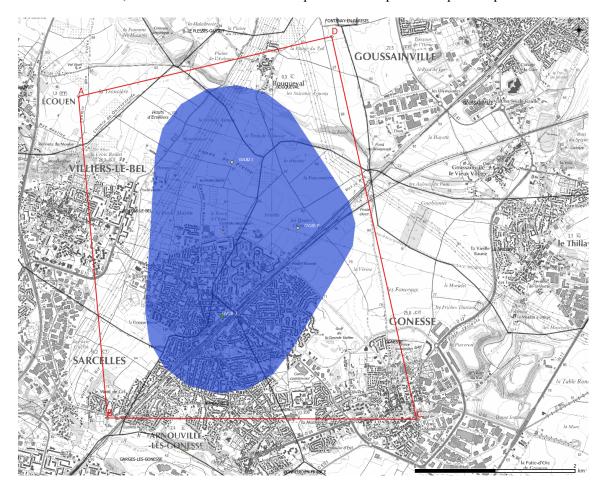


Figure 76 : Périmètre d'exploitation projeté (triplet) en bleu ; localisation (impacts au toit du réservoir) des puits du doublet actuel et du puits de production candidat. En rouge le périmètre de recherche sollicité

### 4.1.2. Contexte géographique et administratif de Villiers-le-Bel

Villiers-le-Bel, commune du Val d'Oise, se situe à 18 km au nord de Paris, avec Gonesse, elles font partie de la Communauté d'agglomération « Roissy Pays de France » depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016. Cette nouvelle communauté d'agglomération regroupe 42 communes et rassemble près de 350 000 habitants. Elle est constituée de 25 communes du Val d'Oise et de 17 communes de Seine-et-Marne (cf. Figure 77). Ce regroupement cohérent autour de l'Aéroport Charles de Gaulle est à la fois un bassin de vie et un bassin d'emploi.

La ville de Villiers-le-Bel présente un habitat fractionné de deux types, l'un pavillonnaire, l'autre constitué de logements collectifs.

Elle a connu un développement urbain accéléré ces 40 dernières années, réparti sur plusieurs quartiers : le village (le bourg), des lotissements pavillonnaires du début du siècle et surtout entre les deux guerres dans le secteur Est, des ensembles de tailles différentes pour les quartiers des Carreaux, de la Cerisaie, du Puits la Marlière, de Derrière Les Murs de Monseigneur.

Depuis le début des années 80, ces derniers quartiers ont fait l'objet de réhabilitations importantes. Le recensement de 2015 a dénombré 27 794 habitants (en augmentation depuis 1990).

Proche du pôle d'emploi de Roissy-Charles de Gaulle, de zones vertes (bois d'Ecouen, plaine agricole de la plaine de France), Villiers-le-Bel est une ville à taille humaine disposant de nombreux équipements de qualité qui puise sa richesse dans la diversité culturelle de ses habitants.



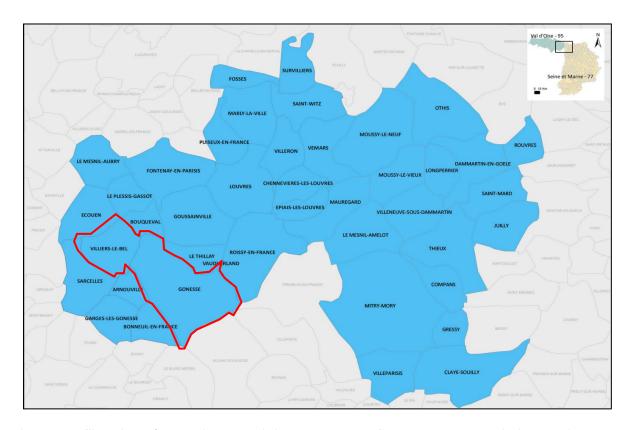


Figure 77 : Situation géographique de Villiers-le-Bel et de Gonesse dans le territoire « Roissy Pays de France »

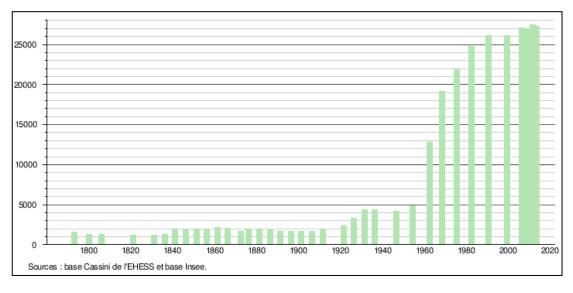


Figure 78 : Histogramme de l'évolution démographique (INSEE)



# 4.1.3. Contexte historique de Villiers-le-Bel<sup>1</sup>

Avant son urbanisation récente, Villiers-le-Bel se résumait à un village de quelque 2000 habitants, regroupés autour du centre ancien, le Village. Des vestiges gallo-romains nous rappellent pourtant que la commune a traversé l'histoire et qu'elle a été le témoin d'épisodes connus tels que les guerres de religion ; en 1870, les Prussiens en guerre s'y sont installés.

Quelques ouvrages (notamment "Histoire de Villiers-le-Bel" de messieurs Guadagnin et Renaux) mentionnent aussi de nombreuses anecdotes, parfois surprenantes.

A la fin du 19e siècle, à partir de la construction de la gare de chemin de fer, une population ouvrière s'installe dans le quartier aujourd'hui appelé " les Charmettes ". Ce deuxième quartier, situé sur la partie Est de la commune, se développera progressivement durant le 20e siècle.

Entre 1955 et 1972, trois quartiers constitués principalement de logements collectifs voient le jour : les Carreaux à la fin des années 50, le Puits-la-Marlière au milieu des années 60 et enfin Derrière-les-Murs Monseigneur, au début des années 70. Durant cette période, la population atteint et dépasse les 20 000 habitants. Villiers-le-Bel voit donc naître une série impressionnante d'équipements qui répondent aux besoins divers d'une population jeune.

En 1997, la Municipalité engage le développement économique de la commune sur la voie de l'intercommunalité en fondant avec la ville de Sarcelles la communauté d'agglomération "Val de France ". Depuis 2016, elle fait partie de la nouvelle communauté d'agglomération « Roissy Pays de France », regroupant près de 350 000 habitants.

Villiers-le-Bel s'étend sur 730 hectares dont près d'un dixième constitué d'espaces verts entretenus.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Source : site internet de la ville www.ville-villiers-le-bel.fr





GDCE16093\_PERDOTEX VLB\_v4



Par ailleurs, à la reconstruction de l'école et du collège Saint-Didier, une fouille, prescrite par l'État, est réalisée en 2009 par les équipes de l'Inrap. Elle fait suite à de précédentes recherches archéologiques dans la partie ancienne de Villiers-le-Bel (Val-d'Oise) qui avaient révélé son évolution depuis le haut Moyen Âge.

# 4.1.4. Contexte socio-économique de Villiers-le-Bel<sup>2</sup>

La population beauvillésoise est une population jeune. Près de 50% des habitants ont moins de 30 ans. Cette population est plus précaire que la moyenne nationale. En 2012, le taux de chômage de la ville s'élevait à 19,1% (10,6% en France) et le taux de pauvreté à 36,3% (13,9% en France). Les emplois sont occupés à 84,3% en CDI (85,7% en moyenne dans les villes), avec des catégories réparties majoritairement entre employés (34,3%), professions intermédiaires (28,4%) et ouvriers (21,6%). Les secteurs d'activités privilégiés sont l'administration publique, l'enseignement, la santé, l'action sociale (51,5%) et le commerce, les transports, et les services divers (35,3%).

Villiers-le-Bel est située dans l'académie de Versailles. La ville administre et compte onze écoles maternelles et écoles élémentaires communales. Le département gère trois collèges (Saint-Exupéry, Martin-Luther-King, Léon-Blum) et la région Île-de-France, le lycée professionnel (Pierre Mendes-France) situé à proximité immédiate de la centrale de géothermie. Villiers-le-Bel compte également deux établissements privés (dont le collège Saint-Didier) et un centre de formation des apprentis (CFA) de l'Institut des métiers de l'artisanat, d'une capacité de 1200 élèves et forme aux métiers de l'automobile et de l'alimentation. La ville dispose de cinq gymnases, deux complexes de tennis, cinq complexes de football et d'autres en gymnases (dont trois au parc des sports), une piscine municipale, deux complexes de basket et deux salles de musculation au gymnases Émile-Zola à la cité de la ZAC.

Villiers-le-Bel dispose d'un très grand hôpital : l'hôpital Charles Richet renommé Hôpital Adélaïde-Hautval en 2015.

La commune a reçu en 2005 le label « Ville Internet @@ », en 2008 « Ville Internet @@@@ » puis de 2011 à 2015 « Ville Internet @@@@@ ». Ce label, symbolisé par un panneau de signalisation avec des arobases, à afficher en entrée de ville et dans les supports de communication, permet à la collectivité locale, d'évaluer, de montrer et de faire reconnaître la mise en œuvre d'un Internet local citoyen à la disposition de chacun dans l'intérêt général.

Concernant les entreprises et commerces, la commune est essentiellement résidentielle, seule une petite zone d'activité économique existe à la limite de Sarcelles. Il faut toutefois noter que le quartier de la gare, à la limite d'Arnouville, comporte de nombreux commerces.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Source : site internet de la ville www.ville-villiers-le-bel.fr





# Résumé statistique

Population	Villiers-le-Bel
Population en 2012  Densité de la population (nombre d'habitants au km²) en 2012  Superficie (en km²)  Variation de la population : taux annuel moyen entre 2007 et 2012, en %  dont variation due au solde naturel : taux annuel moyen entre 2007 et 2012, en %  dent variation due au solde naturel : aux annuel moyen entre 2007 et 2012, en %	27 496 3 766,6 7,3 +0,3 +1,7
dont variation due au solde apparent des entrées sorties : taux annuel moyen entre 2007 et 2012, en %	-1,4
Nombre de ménages en 2012 Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales	9 257
Naissances domiciliées en 2014 Décès domiciliés en 2014 Source : Insee, état civil	624 120
Logement  Nombre total de logements en 2012  Part des résidences principales en 2012, en %  Part des résidences secondaires (y compris les logements occasionnels) en 2012, en %  Part des logements vacants en 2012, en %  Part des ménages propriétaires de leur résidence principale en 2012, en %  Sources : Insee, RP2012 exploitation principale	Villiers-le-Bel 10 011 92,5 0,5 7,1 34,1
Revenus  Nombre de ménages fiscaux en 2012  Part des ménages fiscaux imposés en 2012, en %  Médiane du revenu disponible par unité de consommation en 2012, en euros  Taux de pauvreté en 2012, en %  Insee-DGFiP-Cnaf-Cnav-Ccmsa, Fichier localisé social et fiscal.	Villiers-le-Bel 8 870 51,5 14 103,3 36,3
Emploi - Chômage Emploi total (salarié et non salarié) au lieu de travail en 2012 dont part de l'emploi salarié au lieu de travail en 2012, en % Variation de l'emploi total au lieu de travail : taux annuel moyen entre 2007 et 2012, en % Taux d'activité des 15 à 64 ans en 2012	Villiers-le-Bel 5 845 91,0 +2,2 68.7
Taux de chômage des 15 à 64 ans en 2012 Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales	19,1
Établissements  Nombre d'établissements actifs au 31 décembre 2013  Part de l'agriculture, en %  Part de l'industrie, en %  Part de la construction, en %  Part du commerce, transports et services divers, en %  dont commerce et réparation automobile, en %  Part de l'administration publique, enseignement, santé et action sociale, en %  Part des établissements de 1 à 9 salariés, en %  Part des établissements de 10 salariés ou plus, en %  Champ : ensemble des activités  Source : Insee, CLAP (connaissance locale de l'appareil productif).	Villiers-le-Bel 1 287 0,2 3,9 17,8 63,2 21,6 15,0 23,5 5,7



# 4.1.5. Les axes de communications et de transport

La commune est desservie par la gare de Villiers-le-Bel – Gonesse - Arnouville située à Arnouville sur le Det la ligne Paris - Lille. Les Lignes de bus 268, 269, 270 et 370 desservent l'ensemble des différents quartiers de Villiers-le-Bel ainsi que la gare de RER qui permet de rejoindre Paris en une quinzaine de minutes (ligne RER D). L'accès à la zone aéroportuaire de Roissy se fait grâce au service de transport Filéo. Il s'agit d'un service de transport à la demande destiné aux personnes travaillant à l'aéroport de Paris Charles De Gaulle, accessible 24h/24 et 7j/7.

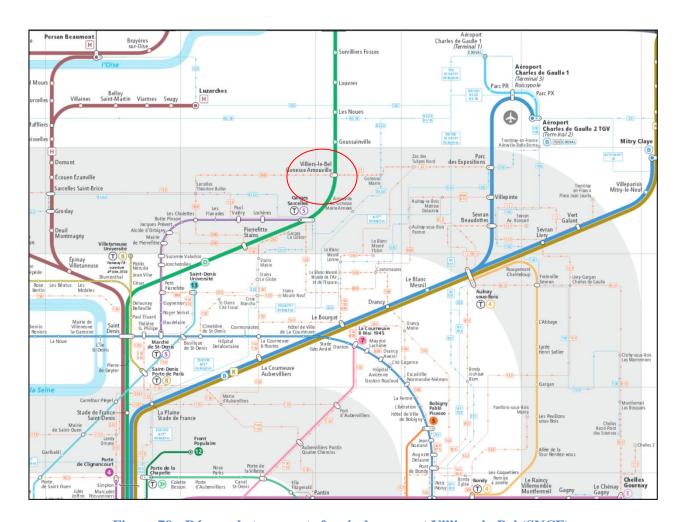


Figure 79 : Réseau de transports ferrés desservant Villiers-le-Bel (SNCF)

Concernant les axes routiers, la commune se situe près d'un secteur de forte activité liée à l'aéroport Paris Charles de Gaulle, elle est alors traversée par plusieurs départementales, et se trouve à proximité de l'autoroute A1 et du boulevard intercommunal du Parisis. La D970, qui passe au nord de la centrale est directement reliée au site par le prolongement de l'avenue de Goussainville (à environ 800 m). Sur la portion de route qui relie la centrale à la D10 ou à la D44E3 via la D970, le département du Val d'Oise recense près de 6700 véhicule par jour en 2013 (TMJA : trafic moyen journalier annuel –Rapport des données de circulation du Val d'Oise 2015).



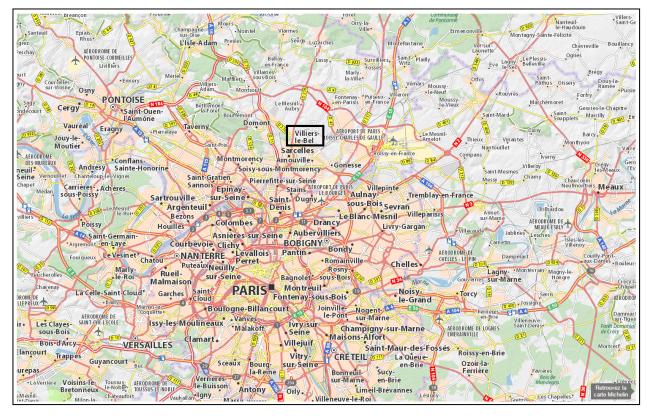




Figure 80 : Réseau routier desservant Villiers-le-Bel



#### 4.1.6. Patrimoine architectural de Villiers-le-Bel

Villiers-le-Bel compte trois monuments historiques sur son territoire.

1) L'église Saint-Didier anciennement Saint-Éterne, rue Gambetta/rue Victor-Gouffre (classée monument historique par arrêté du 11 avril 1931). L'église actuelle a été bâtie au XIIIe en remplacement d'un premier édifice, mentionné pour la première fois dans un acte de 1124, et dépendant alors de l'abbaye Saint-Victor de Paris.



- 2) Le puits Gallo-romain, 2 rue Jules-Ferry, à l'angle avec la rue Gambetta (classé monument historique par arrêté du 11 septembre 1978): Ce puits cylindrique est enchâssé dans une maison, mais visible depuis l'extérieur grâce à une grille. L'appareil est en moellons cubiques réguliers, caractéristiques de l'époque romaine.
- 3) La Maison des Têtes, 46 rue de la République (inscrite monument historique par arrêté du 26 août 1938). Cette maison date de la fin du XVIIe ou du début du XVIIIe siècle. Sa façade en plâtre sur deux niveaux et trois travées comportent trois arcades plein cintre, dans lesquelles s'inscrivent les fenêtres et la porte. Les clés de voûte sont ornées de mascarons, dont celui au centre plus grand que les autres. Ils représentent des visages sur fond de feuillages. En dehors des arcades, la façade est structurée par des bossages.



# 4.1.7.Les espaces verts

Le démarrage du projet de rénovation urbaine s'est fait avec le réaménagement des espaces verts de la Géothermie au nord du quartier. Ce lieu comprend de grandes étendues d'herbe, un city stade et des barbecues pour partager des moments conviviaux dès l'arrivée des beaux jours. Son aménagement a été conçu avec la participation des habitants du quartier.

#### 4.1.7.1. Le Mail Pierre Corneille

Le projet de réaménagement du Mail Pierre Corneille a été réalisé en concertation avec les habitants du quartier. Ceux-ci se sont réunis en ateliers pour décider ensemble d'un plan d'aménagement en fonction de leurs usages et de leurs besoins. Aujourd'hui, les travaux du Mail Pierre Corneille sont achevés et les habitants peuvent profiter d'un espace dont ils sont les auteurs...



# 4.1.7.2. Le parvis de la Maison de quartier Boris Vian

Le projet de réaménagement des abords de la Maison de quartier a été réalisé en concertation avec les professionnels et les usagers de la structure. Ceux-ci se sont réunis en ateliers pour décider ensemble d'un plan d'aménagement en fonction de leurs usages et de leurs besoins. Les travaux vont permettre de créer un lieu d'échanges et de rencontres mais aussi de passage de détente, de jeux, de projets...



#### 4.1.7.3. *La rotonde*

Le projet de réaménagement de la Rotonde se fait en concertation avec les habitants.



# 4.1.7.4. Le square de l'entrée du quartier

Un square a été aménagé à l'entrée du quartier, entre la rue Arthur Rimbaud et la résidence de la Concorde. Ce nouvel espace accueille des sculptures majestueuses réalisées par l'artiste Christian Lapie. Celles-ci font partie d'une plus grande famille dont une partie est implantée au Puits-la-Marlière, et une autre le sera à Derrière-les-Murs.





# 4.2. Description du site et de son environnement – Etat initial du site

# 4.2.1. Situation et description du site

Le site du nouveau projet est brodé au nord et à l'est par des champs et au sud et à l'ouest par un parc. Le site est localisé à l'intérieur de l'enceinte de la centrale géothermique de Villiers-le-Bel/Gonesse qui est située à la limite est de la ville.

La centrale géothermique est constituée des puits existants GVLB1 et GVLB2, ainsi que de la centrale d'échange de chaleur et de production d'énergie d'appoint. L'implantation du nouvel ouvrage est située à proximité de la plate-forme de ces puits.

L'adresse du site est la suivante :

Centrale Géothermique,

51, Rue de Goussainville,

95400 Villiers-le-Bel.

# 4.2.2. Propriétés

L'occupation actuelle du sol au niveau de la parcelle accueillant les puits existants ne permet pas d'envisager la réalisation d'un nouvel ouvrage dans les limites du périmètre de la clôture existante.

La tête de puits se situera donc au sud de la parcelle 54 ou au nord de la parcelle 53 (cf. Figure 56). Les clôtures actuelles limitant au sud les parcelles 54 et 55 seront donc retirées avant le début des travaux en vue de l'installation de la machine de forage puis réinstallées après la fin des travaux au sud de la future plateforme.

Le choix de la localisation de la tête de puits et du site exploité par la STVLBG (qui sera agrandi à une superficie d'environ 8 700 m²) tient compte des contraintes suivantes :

- la tête du nouveau puits producteur doit se trouver à proximité des puits actuels ;
- elle doit être éloignée des conduites de gaz, d'eaux usées, qui bordent la clôture du site ;
- le forage étant orienté vers le sud-ouest, il faut limiter les risques de collision avec les puits existants ;
- enfin, la position de cette tête de puits sera compatible avec l'implantation ultérieure d'une machine de workover (capacité au crochet 100 Tonnes) et doit éviter au maximum de déborder sur les parcelles voisines.

La ville de Villiers-le-Bel est propriétaire du site et le mettra à disposition du Syndicat Intercommunal de géothermie (cf. Annexe 2).



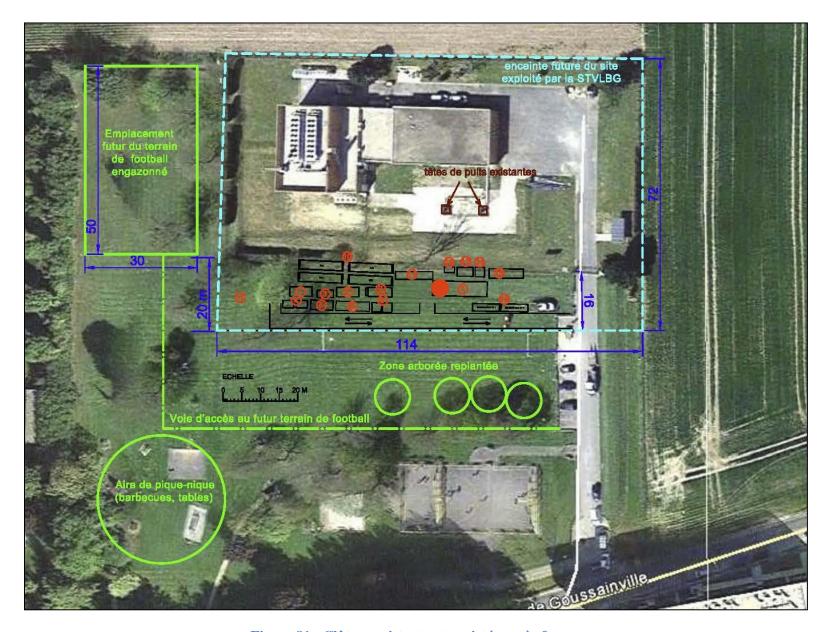


Figure 81 : Clôture existante et projetée après forage



#### 4.2.3. Projet situé à proximité du site

Il n'y a pas d'aménagement planifié à proximité immédiate du site.

Seul un *emplacement réservé* existe pour la réalisation de chemins d'accès réservés à la commune. Cet emplacement est destiné à créer une liaison entre la rue Goussainville et le chemin des Asniers, est désigné dans le PLU (cf. Figure 98). Le calendrier de cet aménagement n'est pas connu.

#### 4.2.4. Accès et dessertes du site

La centrale géothermique et les têtes de puits se situent sur une plate-forme aménagée en retrait de la bordure de l'avenue de Goussainville sur un terrain agricole du lieu-dit "Le Fossé à l'Eau".

Le site, de forme rectangulaire, comprenant la centrale de production géothermique et de cogénération ainsi que les têtes de puits, est entièrement clôturé par un grillage (Cf. Figure 82). L'accès se fait par une allée puis un portail depuis l'avenue de Goussainville.

# 4.2.5. Equipements et habitations situés à proximité du site

L'avenue de Goussainville se situe à une centaine de mètres au sud de la centrale géothermique. Les logements les plus proches des têtes de puits se situent à une centaine de mètres des têtes de puits, de l'autre côté de l'avenue de Goussainville. Le Lycée Professionnel Mendès-France borde la centrale géothermique sur sa façade ouest (Cf. Figure 82).

Le site est situé au nord du quartier des Carreaux à Villiers le Bel. Celui-ci est bordé au nord et à l'est par des champs et au sud et à l'ouest par un parc.





Figure 82 : Vues générales d'implantation : a) centrale vue depuis la rue de Goussainville, b) entrée du site, c) lycée sur la façade Ouest de la centrale, d) habitations les plus proches.

## 4.2.6. Caractère général du paysage du site de l'opération

Le site est partiellement couvert d'une dalle de béton constituant la plate-forme des puits. L'allée est goudronnée et le reste de la parcelle reste en sol perméable.

D'après l'étude de biodiversité de l'entreprise *Ecosystemes* liée à la ZAC du triangle de Gonesse, le site accueille une faune et une flore adaptée à un environnement urbain mixte avec un environnement agricole à proximité immédiate.

La zone est à proximité d'une zone relai pour favoriser la perméabilité agro-forestière (Révision du SCOT par le SIEVO), mais le site n'appartient ni à :

- un parc naturel régional;
- une réserve naturelle ;
- une zone d'intérêt communautaire pour la protection des oiseaux (ZICO) ;
- une zone Natura 2000;
- une zone d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF).

Il ne fait pas non plus l'objet d'un arrêté de protection de biotope (Cf. Figure 83).





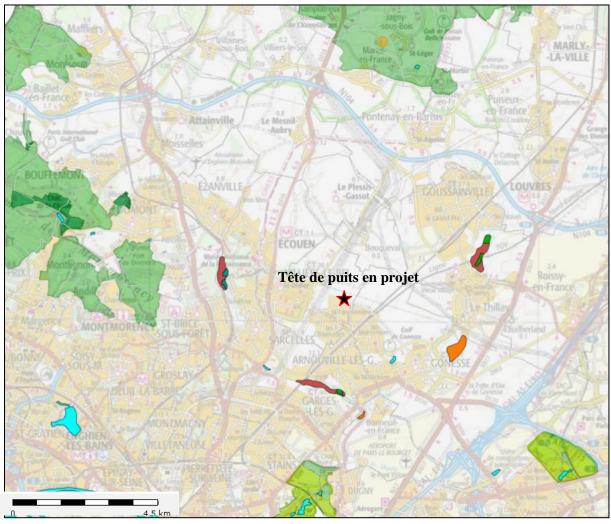


Figure 83 : Zones de protection environnementales à proximité de Villiers-le-Bel



## 4.2.7. Qualité du sol

Le site sélectionné pour accueillir la tête du nouveau puits producteur GVLB3 est situé sur une zone enherbée, débordant sur un terrain de foot de loisir et en limite immédiate de l'enceinte de la centrale géothermique où le doublet est exploité depuis 1985.

Avant cela, le site de la centrale était occupé par des terres agricoles. A notre connaissance, il ne présente donc pas de risque de présence de terres polluées.

Toutefois dans le **périmètre de recherche** demandé (et *a fortiori* dans le périmètre d'exploitation prévisionnel), deux sites pollués sont référencés dans la base de données BASOL :

- Le premier, **au 80 Rue Pierre Sénard** (à environ 850 m de la centrale géothermique) appartenant à la ville de **Villiers-le-Bel** où l'usine MAPA-FIT, filiale de HUTCHINSON, a cessé son activité de fabrication de gants à la fin des années 1990. Les conclusions du rapport d'analyses de TECHNOSOL indiquent que (Source : BASOL) :
  - L'activité passée a généré un foyer de pollution en chrome dont l'extension est approximativement connue (1200 m² de zone impactée en chrome sur la tranche superficielle 0/2 m avec des concentrations comprises entre les deux VCI sols). Les sols constituent une source de pollution importante pour l'environnement.
  - L'impact en Chrome de la nappe a été confirmé à l'aval du site, ce qui indique que la source de pollution identifiée au sein du terrain est vraisemblablement à l'origine de la contamination des eaux souterraines.

Même si le panache de pollution en chrome est faiblement étendu, la proximité d'un captage d'eau potable pour le quartier des Charmettes à conduit à l'ajout de piézomètres de contrôle autour du panache de pollution (Cf. Tableau 8 : ouvrages recensés dans un rayon de 3km autour du site). De plus, une procédure d'alerte et de confinement de la pollution a été mise en place, au cas où le seuil de potabilité en chrome sur le piézomètre de contrôle situé près de Charmettes soit dépassé.

- Le second site pollué se situe au 9 Avenue Gabriel Péri (à environ 1 200m de la centrale géothermique) sur les communes de Gonesse et Arnouville. Une évaluation simplifiée des risques réalisée en janvier 2001 à la demande de l'OPAC de l'Oise (propriétaire du site) a montré une pollution des sols par des métaux lourds (dont en certains endroits du mercure et de l'arsenic), des sulfates et des hydrocarbures. En ce qui concerne les eaux souterraines, aucune analyse d'eau n'a été réalisée au droit du site. Le diagnostic indique que :
  - o la première nappe exploitée est à une profondeur d'environ 17 mètres;
  - o la pollution des sols n'étant plus présente à 1 mètre de profondeur, un impact sur les eaux souterraines n'est pas suspecté.



#### 4.2.8. Eaux superficielles et souterraines

# 4.2.8.1. Eaux de surface

Les cours d'eau les plus proches du site de la centrale géothermique se situent à plus de 3 km de distance, il s'agit du Croult et du Petit-Rosne (Cf. Carte ci-dessous). La mauvaise qualité du Croult et du Petit-Rosne (anoxie, azote, nitrates, et phosphore) a conduit la ville de Villiers-le-Bel à ne plus utiliser de pesticides pour l'entretien de ses espaces verts, et le SIAH à entreprendre des actions de sensibilisation à destination des utilisateurs de produits phytosanitaires.

La probabilité d'impacter ces cours d'eau par rejet direct lors de travaux de forage ou en phase d'exploitation est quasi-nulle. Les mesures destinées à protéger les eaux de surfaces, d'une pollution éventuelle par ruissèlement sont décrites au §4.4.3.4.

Par ailleurs, la station d'épuration de Bonneuil-en-France se situant à 5 km de la centrale, elle limite les autorisations de rejet dans le réseau d'assainissement.

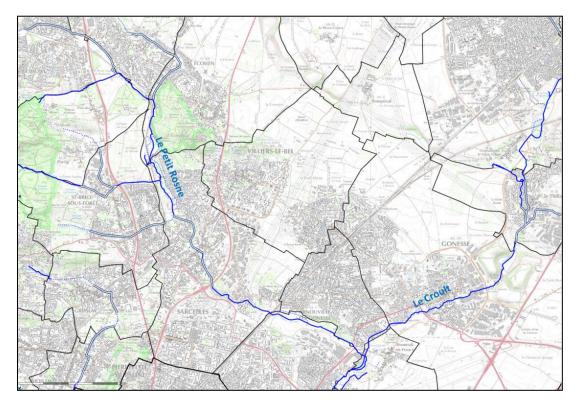


Figure 84 : cours d'eau à proximité de Villiers-le-Bel



#### 4.2.8.2. Eaux souterraines

Plusieurs aquifères (nappes d'eau souterraines) sont présents au droit du site. Les aquifères «superficiels» de l'Oligocène au Néocomien sont traversés pour atteindre la cible du Dogger. Il existe un seul captage d'eau douce destinée à la consommation humaine dans un rayon de 1 kilomètre autours des têtes de puits. Il s'agit d'un captage privé réalisé à Villiers Le Bel par l'Association syndicale des propriétaires des Charmettes dans la nappe de l'Yprésien à 57 m/sol (réf. 01537X0159) (Cf. recensement des captages dans un rayon de 3 km autour du site §4.4.3.2).

Les principales nappes sont les suivantes (Source DRIEE) :

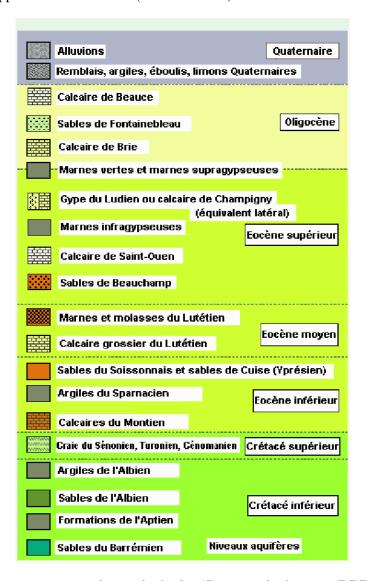


Figure 85: nappes souterraines principales (Source: site internet DRIEE)



- la nappe de l'Eocène supérieur (Calcaire de Champigny, Calcaire de St Ouen, sables de Beauchamp) affleure sur environ 1700 km2, toutefois elle est cloisonnée verticalement et horizontalement par ses variations latérales de faciès et le gypse la rend inutilisable dans le Nord de l'Île de France. La nappe s'écoule dans sa majeure partie d'est en ouest, où ses exutoires naturels sont la Seine et l'Yerres. Une partie de la nappe est classée en zone de répartition des eaux (ZRE)<sup>3</sup>, ce qui n'est pas le cas au niveau du site de Villiers-le-Bel.
- la nappe de l'Eocène moyen et inférieur : ces eaux minéralisées peuvent se rencontrer au niveau des calcaires sableux de la base du Lutétien ainsi qu'à la base des sédiments de l'Yprésien ; L'aquifère multicouche s'étend très largement au nord de la Seine et de la Marne et occupe dans l'Ile-de-France à l'affleurement une surface de 4000 km2. C'est l'aquifère prédominant pour la consommation d'eau potable dans le Val-d'Oise, avec celui de la craie. La surface piézométrique est plus ou moins parallèle à la surface topographique. La direction générale des eaux souterraines est de direction Est-Ouest.
- la nappe de la Craie : cette nappe, importante au niveau du Bassin de Paris dans les zones à faible recouvrement et à l'affleurement, se situe en majorité dans la partie supérieure de la craie du Sénonien à la faveur de zones de fractures et/ou d'altérations où elle est très perméable et souvent exploitée simultanément avec ses alluvions de recouvrement pour l'eau potable ; généralement le recouvrement du tertiaire lui confère une importance moindre, la craie perd alors progressivement sa perméabilité et devient, au fur et à mesure de l'éloignement d'avec ses affleurements, de plus en plus compacte;
- la nappe de l'Albien/Néocomien: l'aquifère du Crétacé inférieur constitue, à l'échelle régionale une réserve d'eau potable de qualité chimique remarquable; le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie (2016) (Cf. Chapitre 4.), l'identifie comme une nappe d'importance stratégique (où elle est classée en ZRE. L'effet de ce classement est de soumettre les prélèvements à autorisation dès le seuil de 8 m3/h, au lieu de 200000m3/an dans le cas général). L'imbrication de l'Albien et du Néocomien à l'échelle régionale conduit cependant à prendre en compte l'ensemble de ce système hydrogéologique comme un aquifère stratifié constitué de sables et grès séparés par des niveaux plus ou moins argileux. Il présente un potentiel géothermique non négligeable.
- la nappe des calcaires du Lusitanien, du Jurassique Supérieur (Malm). Autour de 1 300 m de profondeur et à 50°C environ, le Lusitanien à une faible salinité qui croît vers l'ouest, avec un écoulement de la nappe vers la Manche parrallèlement au cours Aval de la Seine. Cet aquifère est aujourd'hui encore mal connu même s'il montre un potentiel d'exploitation géothermique.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> ZRE: Une zone de répartition des eaux se caractérise par une insuffisance chronique des ressources en eau par rapport aux besoins. L'inscription d'une ressource (bassin hydrographique ou système aquifère) en ZRE constitue le moyen pour l'Etat d'assurer une gestion plus fine des demandes de prélèvements dans cette ressource, grâce à un abaissement des seuils de déclaration et d'autorisation de prélèvements.



GDCE16093\_PERDOTEX VLB\_v4

## 4.2.9. Qualité de l'air

Les diverses sources de pollution présentes à la surface de la terre et dans l'atmosphère, émettent de nombreux polluants dits primaires, qui peuvent se transformer en polluants secondaires dans des conditions météorologiques favorables. L'air ambiant en zone urbaine contient donc des polluants primaires et secondaires.

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques de types de pollution (industrielle ou automobile) et que les connaissances scientifiques actuelles leur attribuent des effets nuisibles sur l'environnement et/ou la santé et/ou le patrimoine bâti. Ces espèces sont appelées des indicateurs de pollution atmosphérique et font l'objet de réglementations.

# 4.2.9.1. Textes réglementaires

Des valeurs limites, des valeurs guides et des objectifs de qualité ont été définis pour différents polluants, par l'Union Européenne ou l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), afin de mieux connaître et si possible d'améliorer la qualité de l'air respiré. Les textes réglementaires qui définissent ces seuils sont :

- le décret n°2002-213 du 15 février 2002, portant transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites;
- le décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003, portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites :
- l'arrêté inter-préfectoral du 12 juillet 2002, relatif à la procédure d'information et d'alerte du public en cas de pointe de pollution atmosphérique en Région Ile-de-France, modifié par l'arrêté inter-préfectoral du 12 juillet 2005, qui modifie les seuils d'alerte pour l'ozone et supprime la différentiation en trois zones de l'Ile de France; l'arrêté inter-préfectoral du 3 décembre 2007 n°2007-21277 a ajouté les particules (PM10) dans la liste des composés concernés par cette procédure;
- le décret n° 2007-1479 du 12 octobre 2007, relatif à la qualité de l'air et modifiant le Code de l'Environnement.

En cas d'absence de réglementation française ou européenne, les résultats des mesures des polluants sont comparés avec les valeurs guides d'exposition estimées par l'OMS.



# 4.2.9.2. Effets sur la santé et réglementations relatives aux composés les plus fréquemment mesurés

## - Dioxyde d'azote - NO2

La toxicité du NO2, plus importante que celle du NO, est liée à ses propriétés oxydantes. Gaz irritant, il pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et, chez l'enfant, et augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes. Les effets sont perceptibles :

- pour des expositions de courtes durées ( $\approx$  2 heures) à des concentrations de plus de 400  $\mu g/m3$ ;
- pour des expositions de longues durées (≈ 6 heures) à des concentrations d'environ 200 μg/m3.

La quantification des effets propres du NO2 lors d'études écologiques temporelles est néanmoins difficile du fait principalement de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels le NO2 est corrélé.

Les seuils et valeurs réglementaires sont indiqués dans le tableau suivant (cf. Tableau 34)

Seuil d'information	$200 \mu g/m^3$ sur une heure	
Seuil d'alerte	400 $\mu g/m^3$ sur une heure ou 200 $\mu g/m^3$ sur une heure, en cas de déclenchement de la procédure d'information la veille et le jour même, et si les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain	
Objectif de qualité	40 μg/m³ en moyenne annuelle	
Valeur limite	Centile 98 des concentrations horaires en NO <sub>2</sub> à 200 µg/m <sup>3</sup>	
Valeur limite	Centile 99,8 des concentrations horaires en $NO_2$ à 230 $\mu g/m^3$ pour l'année 2007	
Valeur limite pour la protection de la végétation	30 μg/m³ en moyenne annuelle en NOx.	

Tableau 34 : Seuils et valeurs réglementaires



## - Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes – BTEX

Les BTEX sont des précurseurs de formation d'ozone. Sous l'effet du rayonnement solaire de courte longueur d'onde et en présence d'azote, de l'ozone est généré suite à la dissociation du dioxyde d'azote. L'accumulation des BTEX dans l'air ambiant représente un danger pour l'homme. L'impact sur l'organisme humain diffère suivant la nature du composé et dépend :

- des voies d'exposition : cutanée, olfactive ou oculaire ;
- des organes cibles touchés : système nerveux, cardiaque, digestif, etc. ;
- de la toxicité du composé : narcotique, cancérigène, allergique, tératogène, etc.

Actuellement, seul le benzène est réglementé et les valeurs limites pour la protection de la santé et l'objectif de qualité sont présentés dans le tableau suivant.

Valeur limite pour la protection de la santé humaine pour 2007	8 μg/m³ en moyenne sur l'année civile	
Valeur limite pour la protection de la santé humaine pour 2010	5 μg/m³ en moyenne sur l'année civile	
Objectif de qualité	2 μg/m³ en moyenne sur l'année civile	

Tableau 35 : Valeurs limites pour la protection de la santé et objectif qualité relatifs au Benzène

Néanmoins des valeurs guides d'exposition pour certains BTEX ont été estimées par l'OMS. Le tableau suivant présente, par exemple, la valeur guide pour le toluène.

Composé	Valeur guide
Toluène	260 μg/m <sup>3</sup> sur 1 semaine

Tableau 36 : Valeur guide relative au toluène



#### - Particules PM10

Les particules sont des composés très hétérogènes. Elles sont produites par les activités humaines (combustions industrielles, phénomène d'usure et de frottement des chaussées et des pneus, particules issues directement des véhicules, poussières de chantiers, acides condensés résultants de réactions chimiques entre polluants gazeux et l'humidité de l'air) et par les activités naturelles (vent de poussières, pollens, bactéries, aérosol marins, cendres volcaniques...). Elles peuvent être distinguées selon leurs tailles, leurs couleurs, leurs compositions chimiques et leurs poids. C'est sur ce dernier paramètre que ces composés sont généralement mesurés. Les poussières sont sélectionnées selon leurs tailles avant d'effectuer les mesures. Les particules dont la taille est inférieure à 10 µm sont les composés susceptibles de pénétrer dans l'arbre respiratoire. De ce fait, les analyseurs possèdent des têtes de prélèvements sélectionnant les particules dont la taille est inférieure à cette valeur.

Les valeurs et les seuils réglementaires sont indiqués dans le tableau suivant (cf. Tableau 37).

Objectif de qualité	30 μg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
Valeur limite	Centile 90,4 des concentrations journalières en poussières à 50 µg/m³
Seuil d'information	80 μg/m³ en moyenne sur 24 heures écoulées (de 8h du matin la veille à 8h du matin le jour même et de 14h la veille à 14h le jour même) *
Seuil d'alerte	125 μg/m³ en moyenne sur 24 heures écoulées *

<sup>\*</sup> Les seuils d'informations et d'alerte sont applicables depuis le mois de décembre 2007.

Tableau 37 : Valeurs et seuils règlementaires relatifs aux particules PM10



#### - L'ozone

Ce composé est un polluant secondaire. Il n'est pas émis directement par une source particulière, mais il est produit par une transformation photochimique via les oxydes d'azote et les Composés Organiques Volatils (COV). De fortes valeurs en ozone sont constatées en périodes estivales du fait de conditions favorables à l'apparition de ce type de polluant du point vue de la photochimie.

Les seuils réglementaires sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Seuil d'information	$180 \mu g/m^3$ sur une heure
	Dépassement de 360 µg/m³ en moyenne horaire ou dépassement pendant 3 heures consécutives de 300 µg/m³ en moyenne horaire * ou dépassement pendant 3 heures consécutives de 240 µg/m³ en moyenne horaire *

Tableau 38 : Seuils règlementaires relatifs à l'ozone

## Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre constitue un bon indicateur de sources de combustion du charbon, du lignite, du coke de pétrole, du fuel lourd, du fuel domestique et du gazole. Les émetteurs principaux sont les centrales thermiques et les grandes installations de combustion. Le chauffage individuel ou collectif (secteur résidentiel et tertiaire) constitue le deuxième type d'émetteur. Le secteur transport est un faible émetteur (trafic diesel majoritairement). Le gaz naturel, le GPL et le bois sont des combustibles très peu soufrés.

Les seuils et les valeurs règlementaires sont présentés dans le tableau suivant.

Seuil d'information	$300 \mu g/m^3$ sur une heure	
Seuil d'alerte	500 μg/m³ en moyenne horaire dépassés pendant trois heures consécutives	
Objectif de qualité	50 μg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle	
Valeur limite	Centile 99,7 des concentrations horaires à 350 µg/m <sup>3</sup>	
Valeur limite	Centile 99,2 des concentrations journalières à 125 µg/m <sup>3</sup>	

Tableau 39 : Seuils et valeurs limites réglementaires relatifs au dioxyde de soufre



# 4.2.9.3. Qualité de l'air dans le département du Val d'Oise

Conformément à la loi sur l'air du 30 décembre 1996, AIRPARIF, association type loi de 1901 à but non lucratif (source : airparif.asso.fr) est l'organisme agréé par le ministère chargé de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France. Ses missions répondent à une exigence réglementaire et se déclinent en 4 fonctions :

- surveiller la qualité de l'air,
- prévoir les épisodes de pollution,
- évaluer l'impact des mesures de réduction des émissions,
- informer les autorités et les citoyens (au quotidien, lors d'un épisode de pollution).

En effet, AIRPARIF doit mesurer en permanence la qualité de l'air et contribuer à l'évaluation des risques sanitaires et des effets sur l'environnement et le bâti. Il doit travailler à la prévision des épisodes de pollution d'une part pour que des mesures de réduction des émissions et de limitation de l'exposition des personnes les plus sensibles puissent être prises à temps pour être efficaces.

Il doit d'autre part développer des outils de modélisation pour permettre d'estimer objectivement l'efficacité d'une action envisagée vis à vis de la qualité de l'air.

Il doit enfin assurer, au quotidien ou en cas d'épisode de pollution, l'information du public, des autorités et des chercheurs en leur permettant l'accès à ses données.

Il est à noter que le climat de l'Île-de-France est généralement propice à la dispersion des polluants. En effet, l'agglomération parisienne, située en plaine, bénéficie la majeure partie du temps d'un climat océanique venteux ou pluvieux favorable à la dispersion de la pollution par brassage et lessivage de l'atmosphère. Cependant, certaines situations météorologiques, anticyclones et absence du vent, bloquent les polluants sur place et peuvent conduire pour les mêmes émissions de l'agglomération, à des niveaux nettement supérieurs à ceux des jours les moins pollués. De plus les ilots de chaleur urbains amplifient ces phénomènes. A partir d'émissions de polluants équivalentes en lieu et en intensité, les niveaux de polluants dans l'environnement peuvent varier d'un facteur vingt suivant les conditions météorologiques.

Ainsi les cartes et tableaux présentés ci-dessous ont été réalisées par Airparif avec l'aide de l'État et sur demande de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie Île-de-France, afin de répondre aux exigences du Plan de protection de l'atmosphère de la région (PPA-mesure réglementaire n°8). Les cartes communales sont extraites de la modélisation régionale effectuée chaque année par Airparif. Elles ne peuvent en aucun cas se substituer à une modélisation spécifique et locale de la qualité de l'air, qui prendrait en compte de façon plus détaillée le bâti, le trafic routier et d'autres sources plus locales de pollution.

Les mesures en temps réel du réseau de stations de mesure d'Airparif sont utilisées pour vérifier les résultats de ces cartes modélisées et les ajuster. Plus de huit fois sur dix, les différences n'excédent pas 25% entre les résultats de la modélisation et ceux des stations, avec un écart moyen entre les deux de l'ordre de 5%.

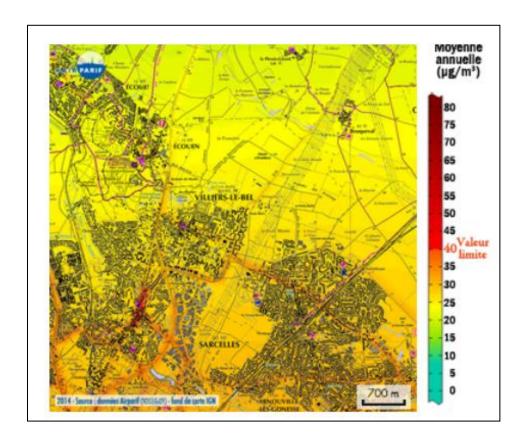


En outre, une station de fond, c'est-à-dire une station qui n'est pas directement influencée par une source locale identifiée (type route) et permet une mesure d'ambiance générale de la pollution représentative d'un large secteur géographique, est présente à **Gonesse**. Ce qui assure la fiabilité des données pour notre secteur d'étude (qui n'est par ailleurs pas proche de voies de circulation importante, sources d'exposition maximale).



# 4.2.9.4. *Dioxyde d'azote (2014)*

Le dioxyde d'azote est un polluant, issu à 60% du trafic routier et à 35% des secteurs résidentiel et tertiaire, il n'est pas considéré comme dangereux pour la santé, mais il contribue aux pluies acides et à la formation d'ozone. Les valeurs seuils ne sont pas dépassées sur la commune.



40 μg/m³ en moyenne annuelle			
	Commune Villiers-le-Bel	Département Val d'Oise	Île-de-France
Nombre d'habitants affectés	negligeable	15000	2328000
Superficie cumulée (km2)	negligeable	5	143
Longueur de voirie concernée (km)	negligeable	70	1507

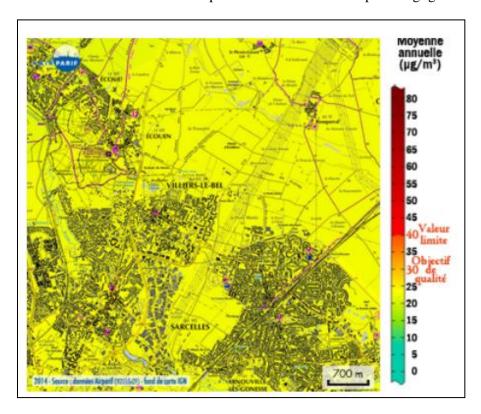
Figure 86 : Indicateurs de dépassement des valeurs limites - concentrations en Dioxyde d'azote (www.airparif.asso.fr)



# 4.2.9.5. Poussières <10μm et <2,5 μm

Les particules sont formées d'un mélange de différents composés chimiques. Les PM10 (c'est-à-dire de diamètre inférieur à  $10~\mu m$ ) sont constituées à 60-70% de PM2,5 (diamètre inférieur à  $2.5~\mu m$ ). Les sources des particules PM10 sont, par ordre d'importance, le trafic routier, le secteur résidentiel-tertiaire et les chantiers et carrières. Concernant les particules PM2,5, les chantiers et carrières représentent une source de moindre importance. Ces particules ont un impact nuisible sur la santé et sur le climat.

Les indicateurs de concentration de ces particules montrent des impacts négligeables.



35 jours supérieurs à 50 μg/m²		40 μg/m³ en moyenne annuelle	
V	Commune /illiers-le-Bel	Département Val d'Oise	Île-de-France
Nombre d'habitants affectés	negligeable	6000	445000
Superficie cumulée (km2)	negligeable	5	56
Longueur de voirie concernée (km)	negligeable	60	705

Figure 87: Indicateurs de dépassement des valeurs limites - concentrations en particules fines <10  $\mu$ m (www.airparif.asso.fr)



# 4.2.9.6. *Poussières* <**2.5μm**

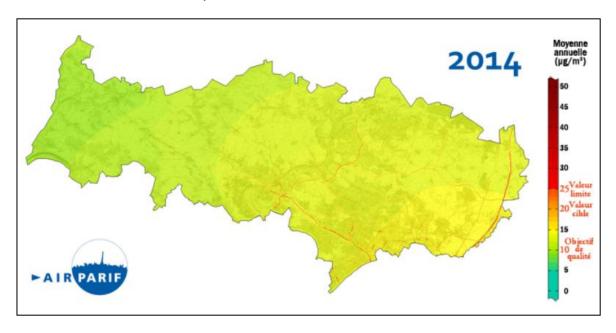


Figure 88 : Indicateurs des concentrations en particules fines <2.5 µm (www.airparif.asso.fr)

# 4.2.9.7. *Benzène*

Le benzène étant un hydrocarbure aromatique monocyclique, il est majoritairement émis par le trafic routier. C'est un cancérogène et un précurseur d'ozone.

Les objectifs de qualité sont respectés sur la commune.

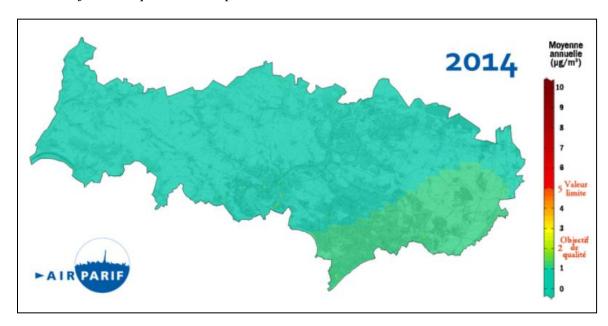
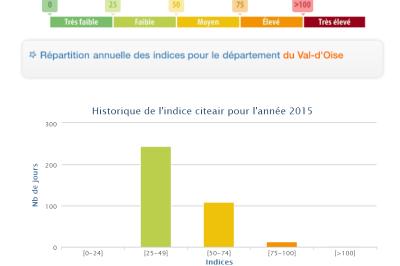


Figure 89 : Indicateurs de dépassement des valeurs limites - concentrations en Benzène (www.airparif.asso.fr)



#### 4.2.9.8. L'indice ATMO/Citeair

L'indice ATMO correspond à l'indice journalier français de qualité de l'air; il mesure les poussières, le dioxyde d'azote, l'ozone et le dioxyde de soufre. Son équivalent européen, appelé Citeair, informe toutes les heures sur la quantité de ces polluants dans l'air (il prend aussi en compte le monoxyde de carbone). Dans le Val-d'Oise, en 2015, l'indice Citeair a été "Bon" 66.58 % du temps, comme l'illustre la Figure 90. Sur la commune de Villiers-le-Bel (cf. Figure 91), il a été "Bon" 75,89% du temps (Source http://www.airparif.asso.fr/indices/historique-indice.).



Indice Citeair	Nombre de jours	% du nombre de jours
[0-24]	0	0
[25-49]	243	66.58
[50-74]	109	29.86
[75-100]	12	3.29
[>100]	1	0.27

Figure 90 : Indice Citeair dans le Val d'Oise



Indice Citeair	Nombre de jours	% du nombre de jours
[0-24]	4	1.1
[25-49]	277	75.89
[50-74]	73	20
[75-100]	11	3.01
[>100]	0	0

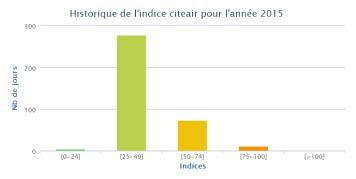


Figure 91: Indice Citeair à Villiers-le-Bel



#### 4.2.9.9. Bilan

La valeur limite annuelle pour le **dioxyde d'azote** dans le Val-d'Oise n'est pas dépassée. Globalement, les niveaux indicatifs de concentration de ce polluant dans l'atmosphère dans le Val-d'Oise sont légèrement inférieurs à la moyenne de l'agglomération parisienne 28 µg/m³, contre 32 µg/m³.

En ce qui concerne le **monoxyde d'azote**, les seuils sont exceptionnellement dépassés certains jours et la moyenne annuelle correspond à la moyenne de l'agglomération parisienne soit  $11 \mu g/m^3$ .

Les particules **PM10** ne sont pas directement mesurées à la station de Gonesse. Cependant, la carte établie par AirParif ne montre pas de dépassement de seuil. Les particules **PM2.5** quant à elles n'atteignent pas tout à fait l'objectif de qualité de  $10~\mu g/m^3$  mais s'en rapprochent avec  $14~\mu g/m^3$  mesurés annuellement.

Pour le benzène, les seuils réglementaires ne sont dépassés qu'à proximité du trafic. Comme dans l'ensemble de la région, les niveaux d'ozone, ne dépassent pas les valeurs cibles mais sont supérieurs aux objectifs de qualité. Les autres polluants (BaP et SO2) ne présentent aucun dépassement, comme dans toute l'Île-de-France.

En outre la réalisation du nouveau puits permettra d'abaisser la production de chaleur à partir du gaz de 15%, permettant ainsi d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 2 284 tonnes de CO<sub>2</sub>. Sans la géothermie ce serait près de 11 200 tonnes de CO<sub>2</sub> qui seraient rejetése dans l'atmosphère chaque année.



#### 4.2.10. Environnement sonore

## 4.2.10.1. *Cadre réglementaire*

En zone urbaine comme dans les communes plus rurales, le bruit, en particulier celui engendré par les infrastructures de transports, est aujourd'hui l'une des premières nuisances déplorées par les populations riveraines.

La politique conduite par la France et l'Union Européenne pour limiter ces effets s'articule autour de quatre axes principaux :

- Évaluer l'exposition au bruit des populations selon une méthode harmonisée ;
- Informer les populations sur le niveau d'exposition au bruit ;
- Réduire les bruits excessifs et préserver les zones de calme ;
- Intégrer dans l'urbanisation future des dispositifs de prévention des nuisances sonores.

La directive européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement prévoyait 2 étapes dans la cartographie du bruit des infrastructures de transports terrestres :

- 1. Une première échéance au 30 juin 2007 pour les très grandes infrastructures (infrastructures routières dont le trafic annuel est supérieur à 6 millions de véhicules et des infrastructures ferroviaires dont le trafic annuel est supérieur à 60 000 trains);
- 2. Une seconde échéance au 30 juin 2012 pour les grandes infrastructures (infrastructures routières dont le trafic annuel est supérieur à 3 millions de véhicules et des infrastructures ferroviaires dont le trafic annuel est supérieur à 30 000 trains).

Le diagnostic apporté par ces cartes stratégiques du bruit a permis l'établissement de Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE) pour chaque infrastructure. Il doit maintenant être décliné pour définir des actions locales. Il existe d'ores et déjà dans le Val d'Oise un Plan d'Exposition au bruit et un plan de gêne sonore de l'aéroport de Roissy Charles De Gaulle.



#### 4.2.10.2. *Carte de bruit*

## Indices de bruit utilisés

**L'indice** *Lden* (Level Day Evening Night) représente le niveau d'exposition totale au bruit. Il tient compte:

- du niveau sonore moyen pendant chacune des trois périodes de la journée, c'est-à-dire le jour (entre 6h et 18h), la soirée (entre 18h et 22h) et la nuit (entre 22h et 6h).
- d'une pénalisation du niveau sonore selon la période d'émission:
- i. le niveau sonore moyen de la soirée est pénalisé de 5 dB(A), ce qui signifie qu'un véhicule circulant en soirée est considéré comme équivalent presque trois véhicules circulant le jour;
- ii. le niveau sonore moyen de la nuit est pénalisé de 10 dB(A), ce qui signifie qu'un véhicule circulant la nuit est considéré comme équivalent dix véhicules circulant le jour.

Ces pondérations appliquées pour le calcul de l'indice Lden opérés en soirée et de nuit ont pour objet d'aboutir à une meilleure représentation de la gêne perçue par les riverains tout au long de la journée.

**L'indice** *Ln* (Level Night) représente le niveau sonore moyen déterminé sur l'ensemble des périodes de nuit (de 22h à 6h) d'une année. Cet indice étant par définition un indice de bruit exclusif pour la période de nuit, aucune pondération fonction de la période de la journée n'est appliquée pour son calcul.

Les cartes de bruit du Val-d'Oise sont établies pour les indices Lden et Ln sur la base des trafics routiers et ferroviaires réalisés à l'année 2006 et des évolutions prévisibles à 20 ans. Elles sont publiées par arrêté préfectoral et tenues à la disposition du public en préfecture du Val d'Oise (cf. Annexe 9).

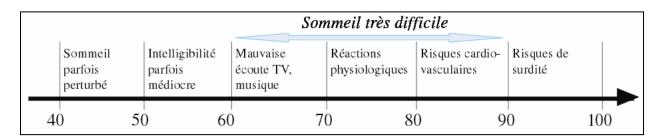


Figure 92 : Intensité sonore en Décibels pondération A



# 4.2.10.3. La cartographie départementale de l'environnement sonore<sup>4</sup>

Les cartes présentées sont les cartes issues du PPBE du Val d'Oise. Les zones exposées au bruit sont représentées à l'aide de courbes isophones tracées à partir de 55dB(A) en Lden et 50dB(A) en Ln. La Figure 97, quant à elle, montre les évolutions du niveau de bruit connues ou prévisibles au regard de la situation de référence.

Au vue de ces cartes, il existe peu de nuisance sonore liée aux infrastructures sur la commune de Villiers-le-Bel, a fortiori au niveau de la centrale géothermique où devrait se situer le prochain puits.

Aucun point noir de bruit n'est recensé sur la commune. Pour autant celle-ci est entièrement couverte par le plan de gêne sonore lié au trafic de l'aéroport Charles De Gaulle (cf. Figure suivante).

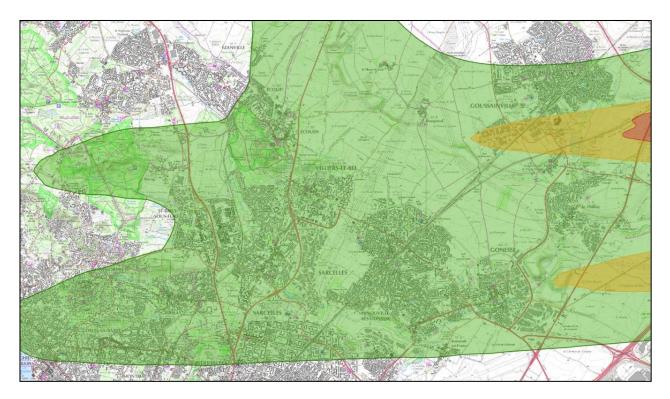


Figure 93 : Carte de gêne liée au bruit de l'aéroport CDG, en vert limite de zone III soumise à Lden 55Db

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>source : <a href="http://www.val-doise.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-nuisances/Bruit/Les-cartes-de-bruits">http://www.val-doise.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-nuisances/Bruit/Les-cartes-de-bruits</a>



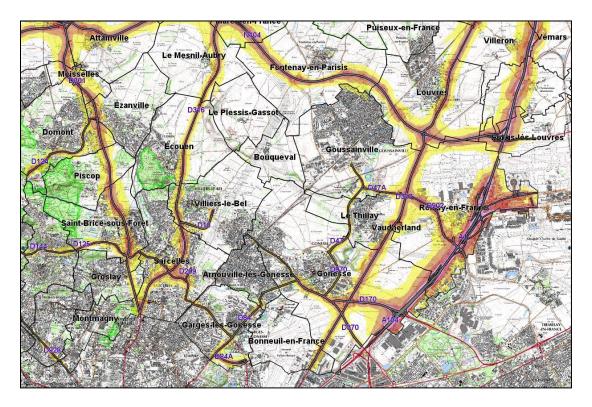


Figure 94 : Zone exposée à plus de 55 db *Lden* 

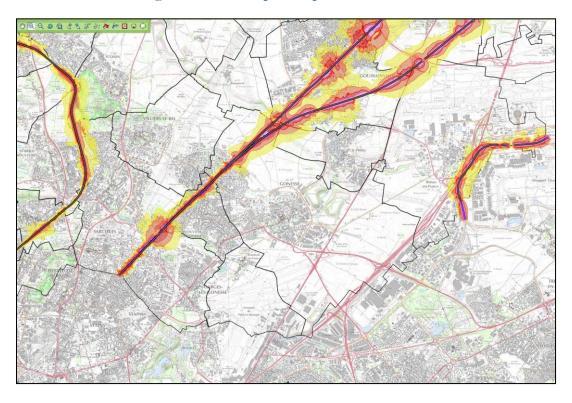


Figure 95 : Carte d'expositions au bruit sur 24h des voies ferrées 55 db *Lden* 



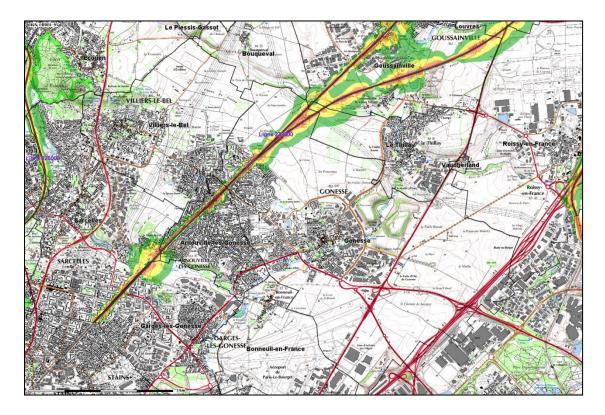


Figure 96 : Carte d'exposition au bruit de nuit des voies ferrées 50 db Ln

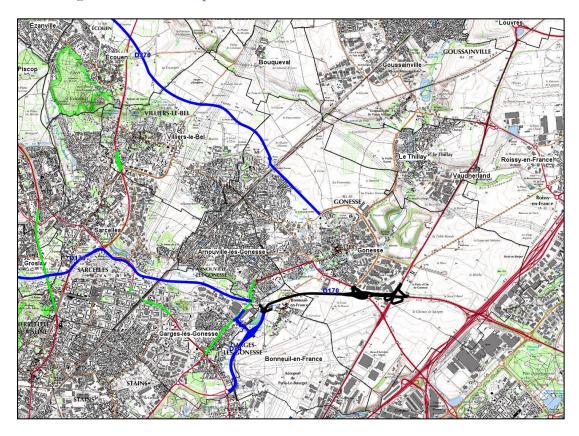


Figure 97 : Déviation de la D370 – modification avenue de Parisis



#### 4.2.11. Urbanisme et servitude

# 4.2.11.1. Règlementation – Code de l'Urbanisme relatif au site situé sur la commune de Villiers-le-Bel

La loi NOTRE du 7 août 2015 a modifié le Code Général des Collectivités Territoriales afin d'y introduire les dispositions suivantes : « L'établissement Public Territorial élabore de plein droit, en lieu et place des communes membres, un plan local d'urbanisme intercommunal ».

Ainsi, au 1er Janvier 2016, la communauté d'agglomération « Roissy Pays de France » devient compétente en matière de PLU (Plan Local d'Urbanisme) en lieu et place de la ville de Villiers-le-Bel.

Toutefois l'article L.141-17 du Code de l'Urbanisme prévoit la possibilité pour le conseil communautaire de décider, après accord de la commune concernée, d'achever toute procédure d'élaboration ou d'évolution d'un plan local d'urbanisme ou d'un autre document, engagée avant la date de la création (de l'EPT) et encore en cours à cette même date.

Comme la commune de Villiers-le-Bel a entamé la révision générale de son PLU en septembre 2015 avant la mise en application de la loi NOTRE, cette révision menée par la ville peut continuer et les documents devront être approuvés au sein du conseil communautaire. Cette procédure, indispensable pour intégrer les nouvelles lois et règlement (notamment la loi ALUR, la loi Grenelle 2, le SDRIF, le CDT intercommunal) devrait se terminer d'ici à 2017.

Pour l'heure, la commune de Villiers-le-Bel est régie par son Plan Local de l'urbanisme datant de 2006 et ayant subit 4 modifications (en 2011, 2013 et deux en 2014). Le PLU réglemente les possibilités de construction, d'aménagement et/ou d'utilisation de chaque partie (zone) de son territoire. En définissant ce cadre réglementaire, la collectivité se donne les moyens de maîtriser l'évolution urbaine de sa commune et d'en garantir l'harmonie. Sa réalisation permet également de fixer des objectifs de développement pour les 10 ou 15 ans à venir.



# Il est composé de 6 pièces principales :

• Le rapport de présentation	Pièce explicative du projet, il est composé d'un diagnostic territorial et d'un état initial de l'environnement.	
• Le projet d'aménagement et de Développement Durable (PADD)	"Clé de voûte" du projet, le PADD définit les grands principes d'aménagement du territoire dans tous les domaines de la vie quotidienne.	
• Les orientations d'Aménagements et de Programmation	Elles portent sur des secteurs ou quartiers stratégiques pour le développement communal, dont la ville souhaite maîtriser le devenir. Ce sont des schémas d'aménagement énonçant des principes à respecter en termes d'implantation du bâti, d'espace public, de typologie de logements, de trame viaire	
• Le plan de Zonage	Il s'agit de la carte qui traduira les orientations du PADD en différentes zones : urbaines (U), à urbaniser (AU), agricoles (A), naturelles (N). Un PADD localise également les emplacements réservés, les alignements, les espaces boisés classés, les espaces verts protégés	
• Le règlement	Il définit, pour chaque type de zones, les principes à respecter en matière d'occupation des sols et de droit à construire (hauteur, implantation du bâti).	
• Les annexes	les contraintes qui s'appliquent sur le territoire de la commune indépendamment du PLU (Servitudes d'utilité publique, risques naturels et technologiques, périmètres de protection des monuments historiques, zones de nuisances sonores).	

Le site de la centrale géothermique appartient à la zone urbaine UF de la commune de Villiers-le-Bel (Cf. Figure 99). Cette zone a pour vocation principale de recevoir des équipements collectifs de grande ampleur localisés dans la partie Est du territoire communal de Villiers-le-Bel.

Elle est accolée à la zone à urbaniser AUF, destinée également à recevoir des équipements collectifs.

Enfin, le site est limité dans sa partie Nord et Est par des chemins d'accès réservées à la commune (emplacement réservé numéro 12, Cf. Figure 99) destinés à créer une liaison entre la rue Goussainville et le chemin des Asniers.



## 4.2.11.2. *Servitudes*

La liste des servitudes d'utilité publique qui affectent l'utilisation des sols est fixée, conformément à l'article L. 126-1 du Code de l'urbanisme par décret en Conseil d'Etat. Cette liste est donnée à l'article R. 161-1 du code de l'urbanisme qui distingue 4 catégories :

1-Servitudes relatives à la	Patrimoine naturel	Forêts	
conservation du patrimoine		Littoral maritime	
		Eaux	
		Réserves naturelles et parcs nationaux	
		Zones agricoles protégées	
	Patrimoine culturel	Monuments historiques	
		Monument naturels et sites	
		Patrimoine architectural et urbain	
	Patrimoine sportif		
2-Servitude relatives à	Energie	Electricité et gaz	
l'utilisation de certaines		Energie hydraulique	
ressources et équipements		Hydrocarbures	
		Chaleur	
	Mines et carrières		
	Canalisations	Produits chimiques	
		Eaux et assainissement	
	Communications	Cours d'eau	
		Navigation maritime	
		Voies ferrées et aérotrains	
		Réseau routier	
		Circulation aérienne	
		Remontée mécanique et piste de ski	
		Associations syndicales autorisées,	
		associations syndicales constituée d'office et	
		leurs unions	
	Télécommunications		
3-Servitude relatives à la Défen			
4-Servitudes relatives à la	Salubrité publique	Cimetières	
salubrité et à la sécurité		Etablissements conchylicoles	
publiques	Sécurité publique		

Si la commune de Villiers-le-Bel comporte certains périmètres soumis à des servitudes d'utilité publique, ce n'est pas le cas pour le site de la centrale géothermique. Le site n'est pas soumis en particulier à des servitudes aériennes. L'aéroport le plus proche est Paris-Charles-de-Gaulle, situé à environ 9 km du site.



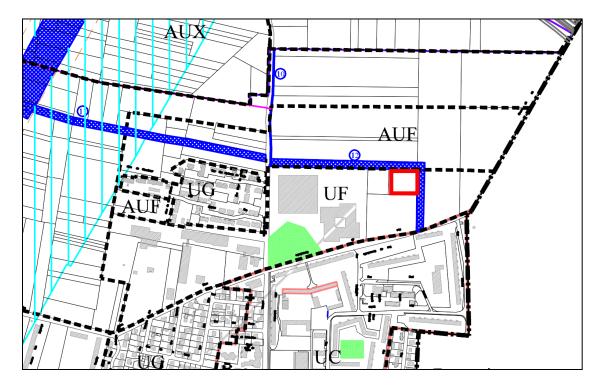


Figure 98 : Zonage du PLU concernant le site

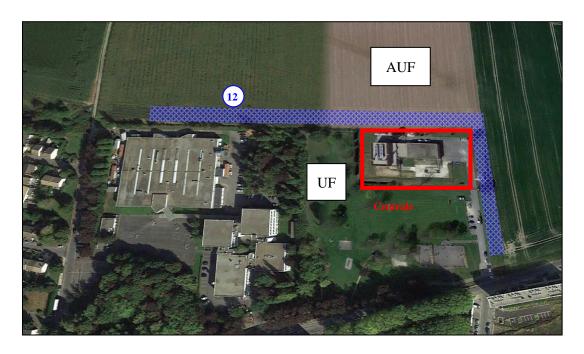


Figure 99 : Zonage du PLU vue satellite



# 4.2.11.3. *Projet d'aménagement et de Développement durable*

Le PLU est en cours de révision, le PADD est mis en débat lors du conseil Municipal du 23 septembre 2016.

# 4.2.11.4. Servitude au titre du code minier

L'arrêté du 11 janvier 2007 autorise le Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et la distribution de chaleur à poursuivre l'exploitation du gîte géothermique à basse température du Dogger jusqu'au 30 Octobre 2019.

#### 4.2.11.5. *Réseaux*

Une première analyse a permis d'identifier des réseaux de gaz et d'eau à proximité de la centrale, et de proposer un schéma de principe d'implantation du chantier et du nouveau puits en fonction de cette contrainte. La ville devra lancer une Demande de Renseignement (DR) auprès de tous les concessionnaires concernés, afin d'identifier au droit des futurs sites d'implantation des chantiers de forage, les plans de tous les réseaux enterrés (conduites de gaz, téléphone, réseaux d'assainissement, réseau d'eau potable...).

Avant le début de chacun des chantiers, les entreprises chargées du terrassement et de la réalisation des forages procéderont à une demande de renseignements et à une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) afin de localiser d'éventuels réseaux présents sur le site.

#### 4.2.11.6. Risques industriels et naturels

Le Val d'Oise s'est muni d'un schéma départemental de prévention des risques naturels en 2011. Au regard de ce document, la commune de Villiers-le-Bel sur laquelle est implanté le site de la centrale n'est pas soumis à des aléas notables, excepté une attention à porter sur les risques liés au gypse. Le risque est fort dans la moitié ouest de la ville et moyen sur le reste du territoire (Cf. Figure 100).

Il importera au constructeur de prendre toute disposition pour assurer la stabilité des constructions, installations ou autres formes d'utilisation du sol autorisées et de se référer aux dispositions de la notice jointe en annexe du PLU.





Figure 100: risques naturels du Val d'Oise

# 4.2.11.7. Risques d'inondations

Un plan de prévention du risque (PPR) inondation et coulées de boue par ruissellement en secteur urbain a été prescrit le 9 juillet 2001. La carte de la Figure 101 présente le risque d'inondation dans les sédiments (source BRGM), on peut observer un risque très faible au niveau de la centrale.

## 4.2.11.8. Risque de foudre

Atténué par mesures (paratonnerres) de protection de la chaufferie.

# 4.2.11.9. Risque Sismique

Sans objet. Zone stable (bassin sédimentaire intracratonique faiblement tectonisé) sans activité sismiques historique rapportée. Aucune intensité épicentrale n'a été relevée.

#### 4.2.11.10. Risque de mouvement de terrain

Un seul effondrement a été recensé dans la ville près de la départemental 10, à 1,5 km de la centrale qui se trouve quant à elle dans une zone de retraits-gonflements à risque faible (cf. Figure 102).



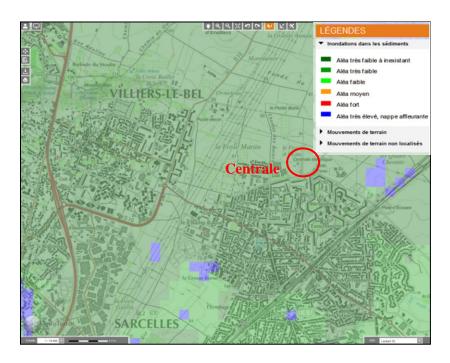


Figure 101 : Carte des risques d'inondation (InfoTerre)

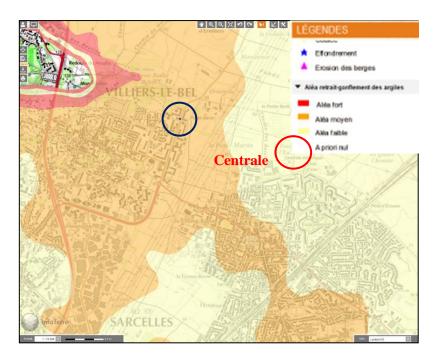


Figure 102 : Carte des risques par retrait gonflement des argiles, en bleu site où un effondrement s'est déjà produit (InfoTerre)



# 4.3. Analyse des impacts du projet et mesures destinées à supprimer, ou compenser, les effets négatifs

La présente partie évalue les effets du projet engendrés sur le milieu physique, naturel et humain, qu'ils soient positifs ou négatifs, ainsi que les mesures compensatoires envisagées. Ces deux parties sont présentées ensemble afin de mieux apprécier leur causalité.

Le recensement des impacts des travaux sur l'environnement doit permettre de définir la meilleure implantation et organisation, générant le moins d'impacts, en intégrant les observations effectuées lors de l'état initial, ainsi que les contraintes techniques, économiques et géologiques.

En application du décret du 25/02/1993 modifié relatif aux études d'impact, sont distingués ciaprès :

- les effets directs par opposition aux effets indirects : ces derniers s'entendent comme extérieurs au site de l'opération et dont l'importance et la nature sont moins faciles à appréhender ;
- les effets temporaires par opposition aux effets permanents : ils correspondent respectivement aux impacts limités dans le temps (il s'agit notamment des impacts liés à la phase de travaux) opposés à ceux qui découleront de la réalisation du projet dans sa globalité (pendant l'exploitation).

## 4.3.1. Impact sur le contexte socio-économique de la ville

## 4.3.1.1. *Impact temporaire*

La présence d'équipes de forage, de supervision et de travaux aura un impact positif sur le contexte économique local, en particulier pour l'hôtellerie et la restauration.

De plus la réalisation d'un forage géothermique est une occasion d'informer et de transmettre des connaissances sur les enjeux de la transition énergétique et le recours aux énergies renouvelables.

Toutefois, les aires de loisir enherbées où se situent actuellement le terrain de football et les tables de pique-niques ne pourront être utilisés durant la période des travaux.

L'exigüité du site avec la préexistence de deux têtes de puits, nécessite en effet de définir une zone de travaux largement étendue par rapport à la zone exploitée actuellement par la STVLBG (4 700 m² pour le rig de forage et 3 200 m² pour le bourbier).

Il sera donc nécessaire d'informer au préalable le public, par le biais des services municipaux, afin de le réorienter durant toute la période des travaux vers les nombreux espaces de détentes que compte la commune.



## 4.3.1.2. Impact en cours d'exploitation

Le renouvèlement du doublet géothermique pérennisera un impact considérablement favorable sur les communes de Villiers-le-Bel et Gonesse, toutes les deux en cours d'élaboration de leur Agenda 21 (programme d'actions pour donner une traduction concrète au concept de développement durable).

De plus, le prix moyen du MWh géothermique pour les abonnés du réseau s'élevait à 64,05€ TTC en 2014. Avec la réalisation du nouveau forage, permettant d'atteindre les objectifs de 50% d'ENR dans le mix énergétique, le prix du MWh de chaleur restera stable.

Ces prix sont très compétitifs en comparaison avec une chaufferie à gaz (77 € TTC) ou fioul (115 € TTC), en moyenne sur les cinq dernières années ; exclusion faite de la chute exceptionnelle des cours du baril depuis août 2014, qui commence à s'attenuer par une légère reprise haussière depuis février 2016.

Les abonnés sont repartis actuellement de la manière suivante dans les quartiers Carreaux, Fauconnière et PLM/DLM :

Clients	OSICA	Ville de Villiers-le- Bel	I3F	Domaxis	Région IDF	VOH	Département Val d'Oise	Copropriétés	Ville de Gonesse	Total
MWH	21.8	1.26	2.67	1.1	0.624	18.56	1.27	5.8	3.45	56.62
%	39	2	5	2	1	33	2	10	6	100

Par ailleurs les bâtiments actuellement raccordés et qui le seront éventuellement engendrent une image écologique positive due à l'alimentation du réseau par une énergie renouvelable et ceci améliore de fait les conditions de ventes du patrimoine urbain.

En ce qui concerne l'espace « convivialités », des aménagements seront prévus afin de compenser l'agrandissement de l'aire du site après travaux et pour maintenir un niveau élevé d'équipements publics de proximité (après concertation et accords des services de la ville, Cf. Annexe 2)). Ils se traduiront :

- Par la reconstruction du terrain de grands jeux sur la parcelle située entre le Lycée Mendès France et la cogénération,
- Par la reconstruction de barbecues entre le City Stade et la nouvelle limite de la centrale.

## 4.3.2. Protection du patrimoine

Le site n'est pas soumis à une servitude liée à la protection du patrimoine.



## 4.3.3.Impact sur la circulation et les infrastructures

## 4.3.3.1. *Impact temporaire*

Une clôture définitive est déjà installée sur la périphérie de la parcelle actuelle. L'extension de la zone du chantier vers la pelouse mise à disposition pour la pratique du football et l'aire de pique-nique fera l'objet d'une signalisation et d'un affichage conformes à la réglementation et aux usages applicables en matière de circulation urbaine, d'éclairage et de balisage de chantiers de travaux publics et de forage/sondage.

Un document de sécurité et de santé précisera les modalités d'accès et de circulation sur le site, cet aspect est traité au chapitre 5. Ces modalités feront l'objet d'une concertation avec les services de la voirie et permettront d'informer au mieux la population.

Un contrôle des capacités de roulage de la voix d'accès sera effectué par l'entreprise de forage préalablement à l'amenée et repli de l'appareil de forage. Des aménagements pourraient y être réalisés au moment des travaux de génie civil de la plate-forme. En dehors des phases d'amenée et de repli des équipements de forage (qui s'effectuera par convoi exceptionnel), le nombre de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plate-forme de forage restera limité à l'approvisionnement de consommables (fioul, tubage, ciment...) et à l'évacuation des déchets. Ce trafic est très variable en fonction des phases et de l'avancement du chantier, on peut en moyenne compter au minimum une rotation quotidienne de deux véhicules.

Un trafic de véhicules légers sera induit par les rotations de personnel de l'entreprise de forage et de supervision (une dizaine de rotations par jour).

Le raccordement du site à la route sera aménagé de sorte que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans constituer d'obstacle ou de risque vis-à-vis de la circulation. Les grands axes routiers à proximité de la ville (Cf. 4.1.5) faciliteront la circulation fluide des véhicules.

Enfin, l'utilisation de bourbiers permettra de temporiser l'évacuation des boues de forages.

## 4.3.3.2. Impact en cours d'exploitation – fréquence d'intervention pour les travaux

L'activité d'exploitation de la centrale géothermique n'a et n'aura pas d'impact notable sur les infrastructures voisines.

Le réseau routier est peu impacté durant les travaux d'entretien des puits (cf. Figure 55).

Les interventions lourdes de *workover* sont rares (fréquence : tous les trois à cinq ans, durée : variable entre 15 jours et plusieurs mois), elles occasionnent la circulation d'une vingtaine de poids lourds vers la parcelle.

Les opérations les plus courantes nécessitent des approvisionnements de 1 ou 2 poids-lourds.



Nature de l'opération	Durée (indicative)	Fréquence	Emprise au sol	Nombre et type de véhicules	
Remontée de pompe et de TAI	15 jours (x2 dans le cas de deux puits producteurs). Si problème de TAI, durée plus importante	Tous les cinq ans	600 m²	Une grue 3 à 4 citernes de 20 m² 2 semi-remorques plate-forme	
Curage	4 semaines	Tous les 10 à 15 ans si l'état du puits le justifie	900 m <sup>2</sup>	Appareil de réhabilitation autoporté  Rotation de poids lourds (citernes, semi-remorques, toupies)	
Inspection des tubages	Une journée/type de diagraphie	Tous les 3 ans puits injecteurs, tous les 5 ans puits producteurs	300 m²	Un camion de mesure Une grue	
Rechemisage	variable	exceptionnel	1 500 m²	Appareil de workover et sa dotation	

Tableau 40 : Travaux et emprises prévisibles lors de l'exploitation du doublet géothermique

# 4.3.4. Impact sur la sécurité des personnes

# 4.3.4.1. *Impact temporaire*

Le périmètre des travaux, l'accès aux piétons et aux véhicules légers seront réglementés et entièrement sécurisés. Concernant le personnel à l'œuvre sur le site, les accès et cheminements, piétonnier et automobile, seront balisés, éclairés et sécurisés. Un plan d'accès de jour et de nuit aux véhicules de sécurité (tels que pompiers, ambulances...) sera mis en place, et mis à jour régulièrement.

Le chantier sera balisé, clos (grillage ou bardage périphérique de 2 mètres de hauteur) et interdit au public par voie d'affichage (panneaux). Le concessionnaire se chargera d'informer et de faire respecter les consignes de sécurité au public, aux employés et aux entreprises extérieurs. Ces entreprises établiront un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S.) listant les dangers et les moyens de prévention.

Cf. Chapitre 5, relatif aux documents de sécurité et santé pour plus de détails concernant la sécurité sur le chantier.



# 4.3.4.2. Impact en cours d'exploitation

La configuration du site interdit l'accès à la plateforme et à la centrale à toutes personnes non autorisées. La nouvelle tête de puits sera implantée dans une cave maçonnée recouverte d'un caillebotis en métal avec accès par trappe pivotante, comme c'est le cas pour les têtes de puits de GVLB1 et GVLB2 actuellement. (Cf. Figure 103).

En revanche la conduite reliant la tête du nouveau puits GVLB3 à la centrale sera enterrée pour permettre l'installation des machines de *workover* lors des travaux.



Figure 103 : Implantation des têtes de puits GVLB1 et GVLB2



# 4.3.5. Impact sur le paysage, la faune et la flore

# 4.3.5.1. *Impact temporaire*

Les travaux seront effectués en zone faiblement urbanisée et n'appartenant pas à une ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) ni à une zone Natura 2000. Il n'y a pas de flore locale, ni faune particulière à protéger.

Cependant, le site de forage se trouvant dans la zone UF du PLU de Villiers-le-Bel, les coupes et abattages d'arbres devront être soumis à autorisation au même titre que les espaces boisés classés au titre de l'article L.130-1 du code de l'urbanisme. La délivrance de l'autorisation de coupe ou d'abattage d'arbres est de la compétence du maire ou du président de l'établissement public de coopération intercommunale. Ainsi l'emplacement de l'appareil de forage et du bourbier (installé dans le respect des prescriptions du PLU pour la zone UF) sera optimisé pour limiter d'éventuelle coupe d'arbre.

#### 4.3.5.2. Impact en cours d'exploitation

Le paysage général sera peu impacté par le système géothermal dont les équipements seront partiellement enterrés. La nouvelle tête de puits, ainsi que la conduite d'eau géothermale se situeront en sous-sol. Seules les conduites d'eau géothermale actuelle (GVLB1 et GVLB2) seront visible (Cf. Figure 103).

L'extension du site avec une emprise de plateforme bétonnée reliant toutes les têtes de puits, modifiera localement la perméabilité du sol, mais sans conséquence majeure car une grande partie du site restant enherbée.

Si des arbres doivent être abattus en phase travaux (après autorisation), des arbres de haute tige seront plantés en remplacement avec un ratio de 1:1.

# 4.3.6. Impact sur le sol et les eaux de surface

Une étude ADEME-BRGM réalisée en 1994 a permis d'évaluer la toxicité des eaux du Dogger et d'évaluer les conséquences d'une éventuelle pollution des eaux potables.

Il en ressort que lors d'une pollution d'eau potable par l'eau du Dogger, la première manifestation est gustative avec une forte augmentation de la teneur en NaCl, espèce qui n'est pas considérée comme toxique ou indésirable. Lorsque la proportion en eau géothermale augmente, la pollution provient des teneurs en sulfures et en hydrocarbures dissous puis des métaux toxiques. Les teneurs maximales sont toutefois en dessous des seuils critiques, mais l'eau du Dogger reste impropre à la consommation ainsi qu'au développement d'organismes aquatiques.

Les additifs de traitement de cette eau injectés en très faible quantité, ne présentent pas non plus de danger direct pour la consommation humaine. Les fiches techniques et toxicologiques des produits utilisés indiquent un danger de pollution écologique du milieu aquatique pour de fortes concentrations. Ces produits, injectés à une concentration d'environ 2 à 5 mg/l, réagissent dans le milieu et leur action neutralise la majeure partie des effets nocifs.



Ainsi, le caractère non toxique, mais polluant de l'eau géothermale, implique de rechercher quelles nappes et quels puits seraient susceptibles d'être atteints, par une pollution causée par le percement du cuvelage d'un des puits. Ce point est développé dans le paragraphe 4.4, relatif à l'incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et la compatibilité du projet avec le SDAGE Seine-Normandie.

En ce sens, il est essentiel de préciser que la conception des puits géothermiques empêche le contact entre le fluide et les couches géologiques traversées, jusqu'à la surface. En exploitation, la circulation du fluide géothermal dans la boucle – puits de production – canalisations de surface – puits d'injection - n'a aucun impact sur les eaux de surfaces ou souterraines.

Les mesures prévues pour supprimer, réduire ou éviter la survenance d'un tel accident interviennent à trois niveaux :

- à la conception de l'ouvrage ;
- en cours d'exploitation;
- lors des contrôles périodiques règlementaires.

# 4.3.6.1. *Impact temporaire*

Une dalle béton imperméable sera créée afin d'accueillir la machine de forage. L'aménagement de rigoles et canalisations au sein et à la périphérie de la plateforme éviteront tout risque de débordement de fluides sur le terrain. Une couche de grave ciment sera réalisée, sur certaines parties non recouvertes par la dalle béton pour pouvoir être détruite et ré engazonnée facilement. Le sol non protégé par ces éléments, sera recouvert par un géotextile étanche qui pourra être retiré à la fin des travaux.

Les produits chimiques et le fioul seront stockés dans des cuves et posés sur des bacs de rétention.

Lors du forage des puits, la pression artésienne du puits est constamment maitrisée par la densité de la boue et par le BOP (bloc obturateur de puits), équipement installé en tête de puits qui permet la fermeture hydraulique du puits en urgence et de maîtriser l'éruption naturelle du fluide. Ces fluides seront, dans le cas de Villiers-le-Bel, dirigés vers un bourbier. Le bourbier de 2000 m³ sera aménagé à même le sol ou contenu dans une bâche, selon les prescriptions de la zone UF du PLU.

Pendant la durée des travaux, il sera recouvert d'un liner étanche pour assurer la protection des personnes et éventuellement de la faune. Il permettra d'évacuer progressivement l'eau, conformément à l'arrêté de déversement, autorisant le rejet aux égouts à un débit maximum de 15 m³/h, avec un suivi régulier des paramètres physico-chimique de l'eau géothermales rejetée.



# 4.3.6.2. Impact en cours d'exploitation

Le risque principal pour les eaux de surface vient d'une possible fuite des eaux chaudes et sulfurées géothermales, dont les caractéristiques principales seraient proches du profil hydrochimique suivant (puits de Villiers-le-Bel et Garges-Lès-Gonesse) :

```
Température: 67 ± 1°C;
pH: 6,3;
Salinité totale: 27g/l;
Ions principaux: Chlorures: 15.6 g/l, Sodium: 8,2 g/l;
Soufre total: 56 mg/l;
```

Concernant la survenue d'une fuite du réseau géothermale, le lecteur est prié de se référer au chapitre 4.4.3.4 Incidence des travaux et de l'exploitation sur les eaux de surface et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact.

Les impacts permanents pour le sol seront :

Fer: 0,3 à 0,4 mg/l.

- la nouvelle cave étanche reliée à la plateforme existante par une dalle en béton,
- la tranchée bétonnée reliant la tête du nouveau puits GVLB3 à la centrale (conduite d'eau géothermale),
- la nouvelle clôture étendue vers le sud.

Le lecteur est prié de se référer au § **5.3Document de sécurité et de santé** durant l'exploitation d'un gîte géothermal pour ce qui concerne les mesures de prévention applicables dans le cadre de l'exploitation.

#### 4.3.7. Impact sur la géologie et les aquifères profonds

Les impacts sur la géologie et les aquifères profonds sont traités en détail dans la partie 4.4. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et compatibilité avec le SDAGE Seine-Normandie, ainsi qu'avec le SAGE du bassin versant Croult-Enghien-Vieille Mer en cours d'élaboration.



# 4.3.8.Impacts visuels

# 4.3.8.1. *Impact temporaire*

Les nuisances visuelles concernent moins la vision de l'appareil de forage proprement dit que les fumées et vapeurs émises durant les travaux. Les fumées liées aux appareillages sont atténuées, toutes les motorisations sensibles (treuil, pompes, tête d'injection rotative – top drive) étant électriques. Les vapeurs et condensations interviendront ponctuellement au plancher lors des manœuvres d'ajouts et de dégerbage de tiges et, de façon quasi-permanente, lors de la recirculation et du refroidissement des eaux de formations via la ligne de traitement.

On sait par expérience que cet impact est limité et localisé au voisinage immédiat du plancher de travail et des tours de refroidissement. En été, la ventilation naturelle est moins active. A contrario, sauf exception, la présence de brumes et de brouillards matinaux est peu probable. Dans ces conditions, on peut raisonnablement escompter un impact faible en phase forage. Les seules causes de condensation importante de vapeurs géothermales interviendraient lors des tests pré et post acidification en fin de forage/complétion, phases durant lesquelles les débits éruptifs élevés escomptés du réservoir géothermal éviteront le recours à une unité de compression/surpression air lift. Les brouillards de faible à moyenne densité provoqués pourraient poser problème vis-à-vis de la circulation automobile de la rue de Goussainville à 100 m du site auquel cas il serait décidé d'arrêter momentanément le test.

Ces inconvénients, jugés à priori peu voire non dommageables, ne doivent cependant pas être sous-estimés et les équipes de chantier concernées préparées à ces éventualités à l'occasion des "briefings" préalables. L'impact visuel de l'appareil sera lié à la hauteur de son mât.

# 4.3.8.2. Impact en cours d'exploitation

En surface, la centrale géothermique déjà présente ne sera pas modifiée, seule l'emprise de la clôture sera agrandit vers le sud. Les seules parties visibles des installations seront :

- Les plateformes bétonnées sous lesquelles sont enterrées les têtes de puits actuelles
- Une seconde plateforme bétonnée installée au dessus de la troisième tête de puits et la reliant à la plateforme existante
- Les conduites d'eaux géothermales allant des têtes de puits à la centrale pour GVLB1 et GVLB2, celle de GVLB3 étant enterrée.

Pendant les travaux d'entretien des puits, les équipements seront peu visibles de l'extérieur en raison de l'isolement du chantier.



# 4.3.9. Impacts sur la qualité de l'air

# 4.3.9.1. *Impact temporaire*

Les principaux rejets atmosphériques susceptibles de porter préjudice à la qualité du milieu sont les suivants :

# • Les poussières :

Elles seront générées par la circulation des engins de chantiers sur les voies d'accès et la plateforme à tous les stades des travaux : génie civil, forage, remise en état. Ces envols de poussières seront tributaires des conditions météorologiques : un temps sec et venteux sera plus défavorable qu'un temps calme et pluvieux.

# • Les gaz d'échappement des moteurs thermiques :

Les principaux rejets concerneront les gaz de combustion des carburants (engins de chantier et groupes électrogènes alimentant l'appareil de forage). Les gaz émis seront essentiellement du CO<sub>2</sub>, du CO, du NO<sub>2</sub>, du O<sub>3</sub> et des poussières (suie de diesel).

Les émissions et rejets gazeux resteront toutefois négligeables par rapport aux émissions générées par la circulation automobile. Par ailleurs, il convient de signaler qu'aucun obstacle ne viendra entraver la libre circulation de l'air au niveau des échappements et ne créera de phénomène d'atmosphère confinée.

Pour réduire les nuisances liées au gaz de combustion des moteurs, dans le cadre des mesures compensatoires, les engins de chantier répondront à la réglementation concernant les émissions des gaz d'échappement. D'autre part l'exploitation du doublet géothermale permettra l'économie de plusieurs tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Cela compense très largement les émissions de CO<sub>2</sub> au cours du chantier.

# • Le gaz présent dans les fluides géothermaux :

Compte tenu de la toxicité de certains gaz géothermaux, ce point fait l'objet d'un chapitre particulier dans le paragraphe 5.2.10.1, relatif à la protection contre le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S).

Pour rappel, vis-à-vis du risque  $H_2S$ , les dispositions et consignes de chantier sont précises et rigoureuses :

- installation de capteurs aux emplacements stratégiques planchers, pompes, bacs, flowline reliés à une centrale,
- réglage des alarmes visuelles (gyrophare) et sonore (klaxon) aux seuils de 5 et 10 ppm,
- port de masques et de bouteilles d'oxygène (assistance respiratoire) tant que de besoin,
- port de capteurs en sautoir par le personnel d'encadrement (chef de chantier, chef de poste, intendant, superviseur).



Les émanations les plus importantes sont liées aux phases de dégorgement artésien et/ou *air lift* lors des essais, en particulier au terme des phases de stimulation acide du réservoir en fin de forage/complétion. Elles seront effectuées suivant des horaires appropriés, et seront précédées obligatoirement d'une réunion de sécurité du personnel.

# 4.3.9.2. Impact en cours d'exploitation

En fonctionnement normal de la centrale géothermique, il n'existe aucun dégagement gazeux. Les seuls dégagements possibles ont lieu en cas de fuite. De manière générale, l'impact de l'exploitation d'un doublet de géothermie est particulièrement positif vis-à-vis de la qualité de l'air (réduction des émissions de CO<sub>2</sub>).

La boucle géothermale, grâce aux pompes de production, fonctionne avec une pression en tous points de l'installation supérieure à la pression de point de bulle ; il n'y a donc pas de production de gaz en cours d'exploitation. Toute perte d'étanchéité de la boucle nécessite une réparation dans les plus brefs délais.

La quasi-totalité des interventions sur puits sera réalisée avec un contrôle de l'artésianisme du puits par injection de saumure et, selon les opérations, la mise en place d'un dispositif d'obturation automatique du puits en cas d'urgence.

Certains types de travaux comme l'acidification d'un puits pourront être à l'origine d'une formation de gaz s'échappant dans l'atmosphère. Les mesures de prévention et de sécurité pour le personnel proche des émanations seront décrites dans le PPSPS concerné.

L'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), contenu dans le fluide géothermal, dégage une odeur désagréable (d'œuf pourri) à des faibles concentrations. Son odeur est perceptible dès 0,02 à 0,1 ppm (0,03 à 0,14 mg/m3), selon l'INRS. Cette perception de l'hydrogène sulfuré à très faible concentration est souvent responsable de nuisances olfactives mais ne représente pas de risques pour la santé en cas d'exposition accidentelle à une très faible concentration, selon l'échelle des seuils des effets toxiques donnés par l'INERIS et le Ministère du Travail.

Pour ce qui concerne le fonctionnement de la boucle géothermale, elle n'apportera aucune modification au climat. Comme c'est le cas actuellement, la centrale géothermique n'induira pas de rejet dans l'atmosphère puisqu'elle n'a pas de cheminée. Elle sera composée d'installations qui fonctionneront en circuit fermé. La ventilation des locaux devra respecter les normes en vigueur.



#### 4.3.10. Nuisances sonores

# 4.3.10.1. *Impact temporaire*

La nuisance sonore générée par le chantier sera limitée par l'utilisation d'un *rig* de forage électrique. La circulation de véhicules lourds constituera également une nuisance sonore ponctuelle. Pour réduire les nuisances sonores dans le cadre des mesures compensatoires, les engins de chantier répondront aux normes antibruit en vigueur (circulaire relative aux bruits émis par des engins de chantier du 16 mars 1978).

Le forage et ses équipements satellites (pompes, têtes d'injection rotative, quartier boue...) bénéficient d'une motorisation électrique, assurée par groupes autonomes ou par connexion /transformation (module SCR) au réseau MT.

Les motorisations électriques étant structurellement insonorisées, la seule source de bruit concernera essentiellement les pompes puis les manœuvres et chocs de tiges, lors du gerbage, dégerbage, ainsi que les opérations ponctuelles de cimentation (pompes) et de diagraphies différées (génératrice). Ces dernières constitueront par conséquent une nuisance incontournable, quoique passagère, qui se superposera au bruit engendré par le trafic sur la rue de Goussainville, se situant dans une plage de fréquences différentes.

Des mesures de bruit (audit acoustique) ont été diligentées en 2015 permettant d'avoir un état acoustique initial, il sera alors nécessaire d'en réaliser un pendant le chantier par un organisme neutre selon un protocole (capteurs acoustiques, aéromètre et localisations, phases de manœuvres etc....) *ad-hoc* pour s'assurer du bon respect des normes.

Au préalable un monitoring acoustique de l'appareil de forage, réalisé en DTM (période de jour), sera exigé de l'entreprise retenue pour les travaux.



# 4.3.10.2. Impact en cours d'exploitation

Au cours de l'exploitation, au droit des puits, les bruits seront issus de la circulation des fluides dans les canalisations.

Au niveau de la centrale géothermique, et de la cogénération, les sources de bruit seront principalement :

- les pompes de circulation ;
- les transformateurs électriques ;
- l'arrivée de gaz ;
- les entrées et sorties d'air.

Les dernières mesures de niveau sonores de la centrale géothermique et de la cogénération ont été effectuées en 2015 (par la société APAVE) conformément au texte de référence :

« Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement »

# Les résultats présentent les niveaux sonores mesurés en limite de propriété :

Les niveaux acoustiques sont exprimés en dB(A), les valeurs sont arrondies à 0,5 dB(A) près selon la Norme NF S 31-010 :

Emplacements	L <sub>Aeq</sub> en dB(A)	Niveaux limites autorisés en dB(A) <sup>(2)</sup>	Avis (1)			
Période diurne 7h-22h						
Point 1	60,5	70	С			
Point 2	60,0	70	С			
Point 3	58,5	70	С			
Point 4	59,5	70	С			
Période nocturne 22h-7h						
Point 1	58,0	60	С			
Point 2	55,5	60	С			
Point 3	53,0	60	С			
Point 4	54,5	60	С			

<sup>(1)</sup> NC : Non conforme C : Conforme NS : Non Significatif

Les bruits émis par le fonctionnement des installations respectent les critères définis par l'arrêté ministériel et l'exploitation du nouveau forage n'occasionnera pas plus de nuisance sonore que le doublet actuellement en service.



<sup>(2)</sup> Les niveaux limites indiqués sont issus de l'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997

# 4.3.11. Impact sur les réseaux existants

# 4.3.11.1. *Impact temporaire*

La sollicitation des réseaux d'alimentation en eau potable sera sujette à autorisation des concessionnaires respectifs. Les besoins en eau pour le forage sont très variables, mais l'on peut considérer une estimation grossière de 5 000 m³ (fabrication de boue, cimentation et essais).

En revanche, il ne sera pas possible de rejeter plus de 15 m³/h d'eau dans le réseau d'assainissement, conformément à l'arrêté en vigueur, en raison des capacités de traitement limitées des eaux salées par l'usine de traitements des eaux usées de Bonneuil-en-France. L'utilisation du bourbier permettra donc de tamponner les rejets pour les évacuer à très faible débit et rester dans le cadre de l'autorisation.

Il pourrait être envisagé de rejeter les eaux d'exhaure des pompages d'essais dans le puits d'injection GVLB2, après l'utilisation d'absorbeur d'oxygène et un passage par des unités décantation et de filtration.

Le réseau géothermique existant traversant le chantier, il sera nécessaire de prendre des dispositions afin de ne pas le détériorer lors de la réalisation des travaux.

# 4.3.11.2. *Impact en cours d'exploitation*

Les opérations étant circonscrites à l'intérieur du périmètre de la centrale géothermique (étendue à la nouvelle tête de puits), elles n'impactent pas les réseaux existants.

La consommation en eau de la centrale sera la même qu'actuellement, elle n'a pas de lien avec l'exploitation d'eau géothermale (sanitaires, nettoyage, appoint d'eau sur le réseau secondaire).

#### 4.3.12. Déchet et propreté du site

Les déchets ou effluents produits par les chantiers de forage sont les suivants :

- Résidus de boue de forage ;
- Déchets Industriels Banals (D.I.B.) notamment les déblais de forage (cuttings) et déchets métalliques;
- Eaux géothermales et eaux de ruissellement ;
- Les déchets ménagers et assimilés ;
- Les déchets spéciaux (hydrocarbures...).



# 4.3.12.1. *Risques*

Le risque d'atteinte à la santé des travailleurs provient de l'ingestion, du contact ou de l'inhalation de produits pétroliers (carburants et lubrifiants) ou chimiques susceptibles d'être présents dans les boues ou les déblais.

Dans le contexte décrit, le risque d'atteinte à la santé des travailleurs par les déchets des chantiers apparaît très peu probable. Il s'agit néanmoins de préserver la salubrité du site durant la période des travaux.

Il est à noter que les boues, fabriquées essentiellement à partir d'argile naturelle et de bio polymères ne présentent pas de danger pour la santé humaine.

# 4.3.12.2. Boue de forage et déblais

Bien que potentiellement peu polluants, les fluides de forage (boue) qui serviront à la remontée des déblais solides, au refroidissement et à la lubrification des équipements en rotation, ainsi qu'à contrôler les éruptions du puits feront l'objet de mesures de précautions particulières.

La boue de forage sera composée d'eau du réseau d'eau de ville, d'argile naturelle inerte (bentonite) et d'additifs complémentaires (viscosifiants, bactéricides...). En phase de forage, les boues circuleront dans un circuit à fond étanche avec le sol, partiellement à l'air libre au niveau des vibrateurs et des bacs à boue.

Lorsqu'elles ne seront plus utilisées, les boues subiront sur site un traitement physico-chimique par centrifugation et coagulation. Les phases liquide et solide seront séparées :

- la phase solide (déblais) sera évacuée par camions et traitée dans un centre de traitement agréé ;
- la phase liquide sera, stockée dans le bourbier d'un volume d'environ 2 000 m3 puis progressivement évacuée dans le réseau d'assainissement (conformément aux termes de la convention de rejet) avec un suivi régulier des paramètres physico-chimiques de l'eau.

# 4.3.12.3. Déblais et autres Déchets Industriels Banals (DIB)

Les DIB, désignent l'ensemble des déchets non inertes et non dangereux générés par les entreprises, industriels, commerçants, artisans et prestataires de services ; ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre, textiles, bois, plastiques, etc.

Le chantier produira peu de déchets métalliques et de ferrailles. Ceux-ci seront constitués pour l'essentiel des tricônes usés, des élingues et câbles métalliques réformés, des protecteurs métalliques de tubage et des chutes (découpes) de tubage. Ces déchets seront transférés vers une entreprise récupérant les métaux.

Les déblais qui auront été contaminés accidentellement par des hydrocarbures seront évacués vers des décharges qui acceptent ce type de déchet.



# 4.3.12.4. Eaux géothermales et eaux de ruissellement

L'emprise du chantier peut être ceinturée par un merlon ou un fossé périphérique, de sorte à ce que les eaux de pluies ne puissent entraîner dans le milieu naturel les éventuelles pollutions présentes sur la plate-forme. Les eaux pluviales seront probablement dirigées vers le bourbier.

Les effluents du chantier seront également recueillis dans le bourbier afin de prévenir d'éventuelles infiltrations des effluents dans le sol. Ses abords seront balisés et surveillés pendant la durée du chantier afin que le public ne puisse pas s'en approcher dangereusement.

Les effluents liquides contenus dans le bourbier seront, après décantation, soit rejetés au réseau d'assainissement avec l'accord du service gestionnaire de ce réseau (dans le respect des valeurs limites autorisées : 15 m³/h), soit citernés et évacués conformément aux dispositions du titre IV, livre V du Code de l'Environnement relatif à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, et des textes pris pour son application, soit réinjectés dans le puits GVLB2 après avoir utilisé un absorbeur d'oxygène et effectué une filtration.

En cours d'exploitation, le rejet d'eau géothermale dans le réseau d'assainissement sera exceptionnel et limité aux opérations de maintenance nécessitant ponctuellement le rejet de faibles volumes d'eau salée (recherche de fuite à l'eau douce, curage hydro-mécanique...) s'ils ne dépassent pas les valeurs limites.

Ces valeurs sont connues, par le retour de la demande d'autorisation de déversement provisoire des eaux usées, autres que domestiques, de l'établissement géothermal dans le réseau public d'assainissement qui a été réalisée auprès de la Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement du département du Val d'Oise.

Les prescriptions générales ont été formulées, Les eaux doivent :

- être neutralisées à un pH compris entre 5,5 et 8,5 ; à titre exceptionnel, en cas de neutralisation alcaline, le pH pourra être compris entre 5,5 et 9,5 ;
- être ramenées à une température inférieure ou au plus égale à 30° C;
- ne pas contenir de matières ou de substances susceptibles de :
- porter atteinte à la santé du personnel qui travaille dans le système de collecte ou à la station d'épuration ;
- endommager le réseau public d'assainissement, les équipements connexes et la station d'épuration ;
- entraver le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées et le traitement des boues ;
- être à l'origine de dommages sur la flore et/ou la faune aquatiques, d'effets nuisibles sur la santé ou d'une remise en cause d'usages existants (prélèvements pour l'adduction en eau potable,) à l'aval des points de déversement des collecteurs publics ;
- empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité d'une manière acceptable pour l'environnement



La température et la teneur en sulfure d'hydrogène feront l'objet d'une attention particulière. Dans le cas où les services chargés de la police des eaux imposeraient des normes plus strictes que ce dernier, l'entrepreneur sera contraint de s'y soumettre.

# 4.3.12.5. *Déchets ménagers*

Les abords des chantiers et les installations de chantier seront tenus parfaitement propres (absence de papiers, de détritus, de ferrailles, de bidons...). Les déchets seront collectés et transportés quotidiennement vers la déchetterie la plus proche. Cette prestation sera à la charge de l'entreprise de forage. Le volume concerné sera faible et un tri sélectif (papiers et cartons, verre et bouteilles plastiques) sera demandé à l'entreprise de forage.

Par ailleurs, aucun rejet d'eaux usées issues des sanitaires ne sera autorisé directement dans le milieu naturel. Les sanitaires seront reliés au réseau d'assainissement ou à des dispositifs autonomes étanches dont la vidange sera réalisée autant que nécessaire en cours de chantier.

# 4.3.12.6. *Combustibles et lubrifiants*

Le stockage d'huiles, d'hydrocarbures et de tout autre produit toxique ou polluant pour les eaux est interdit en dehors des emplacements aménagés à cet effet (citerne double enveloppe / aire étanche et couverte). La consommation approximative de fioul pour un forage (valeur indicative à confirmer après sélection de l'appareil et dotation de forage) est de l'ordre de 230 m³. Ainsi, des bacs de rétention (éventuellement des bacs gonflables) seront placés sous tous les moteurs thermiques et équipements hydrauliques ainsi que sous les fûts d'huile en service ou non. Ces bacs seront vidangés fréquemment.

Les produits de vidange ou issus de fuites (hydrocarbures, huiles de graissage, solvants, etc.) ne devront pas entrer en contact avec les milieux naturels. Ces produits, ainsi que les terrains qu'ils auraient souillés, seront récupérés et acheminés vers des sites de gestion agréés.

Sur les installations de chantier, des dispositifs de protection seront mis en place pour les aires de stationnement et d'entretien des engins (bassin de vidange étanche, déshuileur, tissu absorbant les hydrocarbures...).

Pour tous les déchets toxiques ou dangereux, des certificats de destruction seront demandés aux prestataires en charge de leur élimination.



# 4.3.13. Effets cumulés

La nécessité de conduire une approche des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus constitue une évolution significative de l'étude d'impact.

L'article R122-5 II 4° du code de l'environnement précise les projets à intégrer dans l'analyse. Il s'agit des projets qui :

- o ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre d'article R214-6 du code de l'environnement et d'une enquête publique
- ont fait l'objet d'une étude d'impact et d'un avis de l'autorité environnementale publié.

Le code précise que la date à retenir pour ces projets est la date de dépôt de l'étude d'impact : Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté au titre des articles R. 214-6 à R. 214-31 mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage.

A ce jour, il n'y a pas d'autres projets prévus dans le périmètre de recherche demandé nécessitant une étude du cumul des incidences.



# 4.4. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eau et compatibilité avec le SDAGE Seine-Normandie 2016-2021

#### 4.4.1. Le SDAGE Seine Normandie 2016-2021

Adopté par le Comité de bassin le 5 novembre 2015, et applicable au 1<sup>er</sup> janvier 2016, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Seine-Normandie 2016-2021 est le nouveau document de planification qui fixe, pour une période de six ans, « les orientations fondamentales d'une **gestion équilibrée et durable de la ressource en eau** et les **objectifs de qualité et de quantité des eaux** » (article L.212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de la Seine et des cours d'eaux côtiers normands. « Cette gestion prend en compte les adaptations aux changements climatiques » (article L.211-1 du code de l'environnement) et « la préservation des milieux aquatiques et la protection du patrimoine piscicole » (article L.430-1 du code de l'environnement).

Introduits par la loi sur l'eau de 1992, qui a conduit à l'adoption du premier SDAGE en 1996, le contenu et la portée juridique du SDAGE ont évolué pour constituer un plan de gestion du district hydrographique de la Seine au sens de la directive cadre sur l'eau de 2000. Cette dernière prévoit, pour chaque district hydrographique européen, la réalisation d'un plan de gestion qui fixe des objectifs environnementaux pour chaque masse d'eau du bassin (portions de cours d'eau, plans d'eau, eaux souterraines, eaux côtières et eaux de transition) et définit les conditions de leur réalisation. Ce plan de gestion est accompagné d'un programme de mesures qui énonce les actions pertinentes, en nature et en ampleur, pour permettre l'atteinte des objectifs fixés.

Le concept de « **gestion équilibrée et durable de la ressource en eau** » comprend notamment les mesures suivantes :

- la protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroitre la dégradation des eaux en modifiant leur caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales;
- le développement, la mobilisation, la création et la protection de la ressource en eau ;
- la promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau.

Les objectifs de qualité et de quantité des eaux sont définis à l'article L.212-1 du code de l'environnement. Ils correspondent notamment à :

- un bon état chimique et un équilibre entre les prélèvements et la capacité de renouvellement pour les masses d'eau souterraines ;
- la prévention de la détérioration de la qualité des eaux.



Dans ce cadre réglementaire, **la disposition D7.117** correspondant à l'orientation O27 « assurer une gestion spécifique par masse d'eau ou partie de masses d'eau souterraine » du SDAGE Seine-Normandie définit l'aquifère de l'Albien-Néocomien captif comme « ressource stratégique pour l'AEP de secours et est également classée en ZRE ».

Les travaux de forage traversant cet aquifère et induisant ainsi un risque d'atteinte à sa qualité, des précautions sont prises. Ainsi, le programme de forage, et plus particulièrement le programme de boue relatif à la phase de forage est adapté (la densité de la boue est contrôlée en permanence en cours de forage) pour éviter tout risque de pertes du fluide de forage au cours de la traversée de l'aquifère de l'Albien-Néocomien. Cette remarque vaut également pour la traversée des autres aquifères rencontrés au cours du forage.

D'autre part, en cours d'exploitation, les forages exposent également l'aquifère à un risque de pollution vis-à-vis duquel des dispositions techniques (double tubage) et règlementaires (diagraphies de contrôle de l'état des tubages tous les 3 ans pour le puits injecteur et tous les 5 ans pour le puits producteur) sont adoptées afin de le protéger.

La disposition D7.136 du SDAGE prévoit la maîtrise des impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux. A ce titre, tout ouvrage dans le sous-sol, quel que soit sa profondeur et son usage, et soumis à déclaration ou autorisation au titre de la loi sur l'eau (L.214-2 du code de l'environnement) ou soumis à déclaration, à enregistrement et à autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (L.511-2 du code de l'environnement) doit être réalisé, exploité et abandonné dans les règles de l'art et répondre aux contraintes réglementaires existantes afin de préserver la ressource en eau.

L'objectif est de garantir l'absence d'introduction de polluants par le biais des inondations, des ruissellements de surface ou des fuites de fluides et d'éviter les mises en relation des nappes traversées entre elles. Pour respecter ces objectifs, les mesures suivantes sont fortement recommandées :

- le maître d'ouvrage évalue les impacts d'ordre physique, thermique, qualitatif ou quantitatif de l'ouvrage sur le sous-sol et les milieux aquatiques et terrestres concernés ;
- l'autorité administrative recense les ouvrages existants et à venir et tient compte de leurs impacts, notamment cumulés, dans le cadre de l'instruction administrative des dossiers ;
- pour les projets d'ouvrages géothermiques à prélèvement en nappe, les eaux sont restituées à leur réservoir d'origine ou valorisées par un autre usage.

De plus, il est fortement recommandé que les ouvrages soumis à déclaration ou autorisation concernant les nappes utilisées pour l'AEP, et en particulier l'Albien-Néocomien captif, qui présentent un risque de pollution des eaux souterraines (défaut de cimentation, ouvrage détérioré, abandonné ou non exploité) soient fermés dans les règles de l'art ou réhabilités.

L'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre du projet de Villiers-le-Bel répond à la première recommandation relative au maître d'ouvrage. Le principe du fonctionnement en production e injection, répond à la troisième.



# 4.4.2.Le SAGE concerné : Croult Enghien Vieille Mer

Les SAGE fixent des objectifs pour l'utilisation, la mise en valeur et la protection de la ressource. Le périmètre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux est déterminé par le CLE (comité local de l'eau) et soumis au préfet pour approbation.

Le Sage est doté d'une portée juridique car les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles avec ses dispositions - qui doivent l'être, à leur tour, avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Il existe actuellement en Ile-de-France 9 SAGE de Bassin Versant à différents stades d'avancement (Cf. Figure 104). Celui auquel appartient Villiers-le-Bel est dénommé « Croult-Enghien-Vieille Mer » et est en cours d'élaboration. Le SDAGE constitue par conséquent le seul document règlementaire de référence sur ce périmètre.

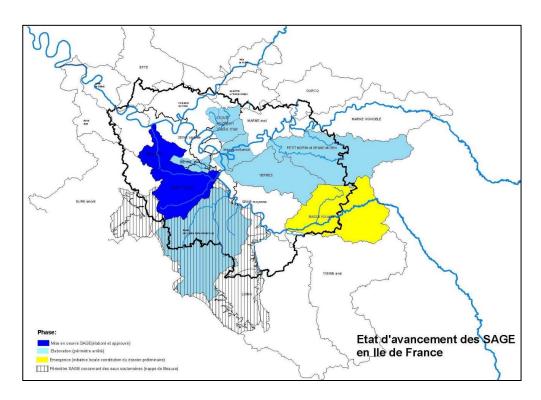


Figure 104 : Etat d'avancement des SAGE en Ile-de-France



#### 4.4.3. Protection des ressources en eaux souterraines au droit du site

# 4.4.3.1. Les aquifères concernés

L'objectif est de maintenir la salubrité, la température et la qualité bactériologique des nappes traversées lors de la réalisation du forage. Le risque principal vient d'une possible fuite des eaux chaudes et sulfurées géothermales dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

- Température :  $67 \pm 1^{\circ}$ C,

- pH: 6,3,

- Salinité totale : 27 g/l,

- Ions principaux : Chlorures : 15,6 g/l, Sodium : 8,2 g/l,

- Soufre total: 56 mg/l,

- Fer: 0.3 mg/l,

Phase gazeuse dissoute : 0,14 m³/m³, composée essentiellement d'azote (61%), méthane (25%), dioxyde de Carbone (12%), et de traces d'Hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S).

Les eaux du Dogger pourraient alors entrer en contact avec les aquifères suivants :

- Les nappes des Calcaires de Saint Ouen et des Sables de Beauchamp;
- Les nappes du Lutécien et du Sparnacien de l'Eocène moyen et inférieur ;
- La nappe de la Craie du Crétacée supérieur ;
- La nappe des sables de l'Albien :

Cette nappe, d'une surface équivalente à 100 000 km2, se situe sur les deux tiers du bassin de la Seine. Les couches géologiques de cette masse d'eau sont disposées en cuvette. Cette nappe, voit sa profondeur augmentée des bordures jusqu'au centre pour atteindre 1500 m de profondeur en son point le plus bas, aux alentours de Coulommiers. Elle est bien protégée des pollutions de surface et des contaminations bactériologiques et chimiques en l'absence de forage. Son alimentation est assurée essentiellement par drainance des nappes voisines. Sa recharge est faible (0,003% de son volume par an), ce qui la rend très sensible aux prélèvements qui engendrent un affaissement de la piézométrie étendu et durable. Cette nappe n'est pour le moment guère exploitée et est considérée comme une réserve d'eau potable de secours ultime (arrêté du 23 février 2003 du préfet coordonnateur de bassin portant révision du SDAGE).

*NB* : Conformément aux prescriptions de la DRIEE, la nappe de l'Albien sera protégée par une double protection. Les programmes de boue seront adaptés.

- La nappe des sables du Néocomien.
- La nappe des calcaires du Lusitanien.



# 4.4.3.2. Les ouvrages de captage recensés aux abords du site

Il n'existe aucun captage d'eau superficielle destinée à la consommation humaine dans un rayon de 500 mètres autour de la centrale géothermique. Il existe un captage d'eau douce destinée à la consommation humaine dans un rayon de 1 kilomètre autours des têtes de puits. Il s'agit d'un captage privé réalisé à Villiers Le Bel par l'Association syndicale des propriétaires des Charmettes dans la nappe de l'Yprésien à 57 m/sol (réf. 01537X0159).

La Base de données du sous-sol (BSS) Infoterre, recense une quarantaine de captage d'eau dans un rayon de 3 km autour de la centrale géothermique. Ces captages sont recensés dans le Tableau 41. Plusieurs captage d'eau potable (8) AEP se trouvent dans ce périmètre, tous à plus de 2000 m de distance excepté le captage 01537X0159/F2 (évoqué plus haut) à 965m et le captage 01537X0160/F1 (mêmes propriétaires) à 1225m.

Dans le rayon se trouvent également 6 forages utilisés pour la production d'énergie par pompe à chaleur (PAC) à moins de 100 m de profondeur. Une partie des forages recensés sur la BSS, sont des forages d'eau industrielle ou agricole.

Enfin, le panache de pollution en chrome issu du MAPA-FIT (présenté au §4.2.7), à environ 850 m du site peut présenter un danger pour le captage d'eau potable du quartier des Charmettes, il existe donc des sondages permettant de contrôler la qualité de l'eau au droit de ce site.

NB: la station d'épuration de Bonneuil-en-France se situe à environ 5 km de la centrale.



Code National BSS	Dénomination	Utilisation	Type du point d'eau	Commune INSEE actuelle	Adresse	Altitude	Profondeur iD	istance à la centrale (m)
01537X0001/F1		Eau-individuelle	Piézomètre et qualitomètre	Arnouville-Les-Gonesse	L'HERMITAGE	65.00	85.000	2181
01537X0006/P1		EAU	Qualitomètre	Arnouville-Les-Gonesse	MR MORIN	63.00	96.000	<1000
01537X0041/P1		Eau-agricole	Qualitomètre	Bouqueval	SAINTE-BEUVE, AGRICULTEUR	93.00	70.000	2100
01537X0042/P2		Eau-agricole	Qualitomètre	Bouqueval	SAINTE-BEUVE	93.00	12.000	2100
01537X0050/F	remblayé	Eau industrielle	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	CHEMINS DE FER DU NORD	69.00	47.720	<1000
01537X0056/F1	SEMICAPTIF	AEP	Piézomètre et qualitomètre	Arnouville-Les-Gonesse	26 RUE MARAT	67.00	75.200	2394
01537X0060/F		Eau industrielle	Qualitomètre	Arnouville-Les-Gonesse	11 RUE JEAN-JAURES	72.00	60.800	<1000
01537X0073/F1		Eau-collective	Piézomètre et qualitomètre	Arnouville-Les-Gonesse	RUE AMPERE	68.00	58.280	2137
01537X0083/F		Eau-industrielle	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	CHEMIN DU COUDRAY	90.00	37.000	1215
01537X0102/S2		Carottage	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	CHEMIN RURAL N8 ET CHEMIN DE GONESSE	110.00	53.000	>1000
01537X0107/F		Eau-industrielle	Indéterminé	Villiers-Le-Bel	39 RUE GAMBETTA	84.70	48.000	1970
01537X0159/F2	LIBRE	AEP	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	LES CHARMETTES	74.00	49.000	968
01537X0160/F1		AEP	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	LES CHARMETTES	70.00	57.000	1226
01537X0164/F1		Eau-industrielle	Piézomètre	Villiers-Le-Bel	USINE D'INCINERATION DE SARCELLES	90.00	60.000	2282
01537X0180/F1		PAC	Piézomètre	Arnouville-Les-Gonesse	51, RUE DE BIARRITZ	70.00	50.000	<1000
01537X0181/F2		PAC	Indéterminé	Arnouville-Les-Gonesse	51,RUE DE BIARRITZ	70.00	50.000	<1000
01537X0246/F1		AEP	Qualitomètre	Arnouville-Les-Gonesse	36 RUE CARPEAUX	64.00	68.500	2277
01537X0260/PZ1		Piézomètre	Indéterminé	Sarcelles	10, RUE DU VIGNOLLES (ZONE INDUSTRIELLE)	74.03	11.300	2574
01537X0261/PZ2		Piézomètre	Indéterminé	Sarcelles	10, RUE DU VIGNOLLES (ZONE INDUSTRIELLE)	73.62	12.000	2574
01537X0264/PZ2		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	74.00	17.800	<1000
01537X0265/PZ3		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	72.00	20.040	<1000
01537X0266/PZ4		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	73.00	20.000	<1000
01537X0267/PZ5		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	72.00	19.000	<1000
01537X0273/PZC1		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	73.00	20.430	<1000
01537X0274/PZC2		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	60.00	22.000	<1000
01537X0275/PZC3		Pollution	Qualitomètre	Villiers-Le-Bel	80 RUE PIERRE SEMARD	69.00	29.910	<1000
01538X0008/F1		AEP	Piézomètre et qualitomètre	Gonesse	PRAIRIE DES VIGNES -ENTRE LE GC84 ET LE MOULIN D'E	45.20	34.500	2840
01538X0014/F1		AEP	Piézomètre	Gonesse	PLACE DES FETES	47.35	60.000	2900
01538X0017/F1		Eau-industrielle	Piézomètre et qualitomètre	Gonesse	MOULIN D'ETIF SOURCE STE GENNEVIEVE	45.00	37.500	2185
01538X0052/F1	SEMICAPTIF	AEP	Piézomètre et qualitomètre	Gonesse	ANGLE CD 84 CHEMIN DU MOULIN D'ETIF	46.00	38.700	2840
01538X0087/P3		Eau-industrielle	Indéterminé	Gonesse	DEPARTEMENTALE 84 - USINE SCHWEPPES P3	49.40	34.100	2920
01538X0093/F2	SEMICAPTIF	AEP	Qualitomètre	Gonesse	RIVE DROITE DU CROULD, A LA LIMITE D'ARNOUVILLE-LE	44.00	34.000	2951
01538X0094/S1		Decharge	Qualitomètre	Thillay(Le)	VAL DE ROY	66.95	13.200	>1000
01538X0095/S2		Decharge	Indéterminé	Bouqueval	TROU DE GONESSE	65.05	13.000	>1000
01538X0114/F1		Geotechnique	Qualitomètre	Gonesse	CENTRE HOSPITALIER	64.00	22.700	>1000
01538X0137/F		Eau	Piézomètre	Goussainville	VAL LE ROY	80.00	53.500	2075
01538X0206/250		Eau-agricole	Indéterminé	Thillay(Le)	LA FAUCONNIERE, PARCELLE CADASTRALE 4 SECTION ZE	59.00	48.000	2900
01538X0208/F1		PAC	Indéterminé	Gonesse	25 RUE PIERRE DE THEILLEY	72.40	59.000	2929
01538X0214/I1		PAC	Indéterminé	Gonesse	Boulevard du 19 Mars 1952	69.24	59.000	2650
01538X0215/I2		PAC	Indéterminé	Gonesse	Boulevard du 19 Mars 1952	72.30	57.000	2740
01538X0216/P1		PAC	Indéterminé	Gonesse	Boulevard du 19 Mars 1952	70.36	57.000	2771
	Eau consommée	9	géothermie		Contrôle pollution			

Tableau 41 : Inventaire des captages d'eau dans un rayon de 3 km autour de la centrale géothermique



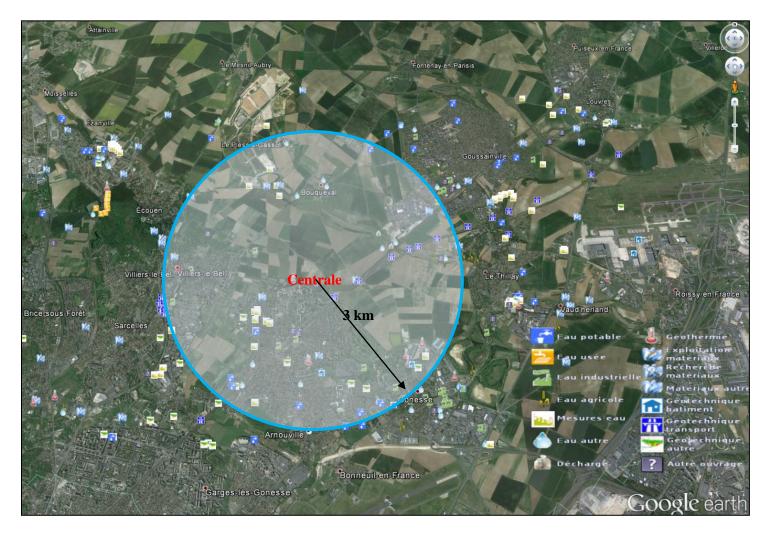


Figure 105 : Situation des données de la BSS dans un rayon de 3 km autour du site



# 4.4.3.3. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les ressources en eaux souterraines et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact

En résumé, les principales mesures, décrites dans les paragraphes ci-après, sont les suivantes :

- En cours de forage, la formulation et la rhéologie des boues (mixte bentonitique et polymères cellulosiques à densité faible) ne présentent aucun danger pour les formations aquifères. En phase d'exploitation, l'intégrité de ces aquifères est garantie par la double protection tube et complétion.
- Le suivi règlementaire de la boucle géothermale et des tubages, effectué pour la DRIEE, (diagraphies différées d'inspection, traçage à l'eau douce) permet de déceler les indicateurs précurseurs de fuites/venues d'eaux.
- Enfin, la pratique, au départ de l'exploitation, de l'inhibition chimique du puits producteur jusqu'au puits d'injection permet de se prémunir contre les dommages causés par la thermochimie corrosive et incrustante hostile du fluide géothermal, comprenant une phase gazeuse dissoute enrichie en CO2 et H2S.

# Durant la réalisation du forage

Les opérations de forage nécessitent la mise en contact des terrains avec la boue de forage destinée à remonter les déblais du forage, maintenir les parois du trou et refroidir les différents éléments de garniture de forage (outil, masses tiges et tiges).

Les besoins normaux (en l'absence de pertes) en eau, nécessaires à la fabrication de la boue et la compensation des pertes en eau dans le forage sont évalués suivant les terrains traversés. Cette boue est composée d'eau et d'argile naturelle inerte (bentonite). Sa rhéologie est adaptée à la lithologie des terrains traversés dans le but de limiter au maximum les infiltrations de boue dans les terrains traversés.

Les boues sont soit constituées d'eau et de bentonite (argile naturelle), soit de bio polymères dégradables à 100 %. Elles ne constituent donc pas un risque de pollution pour les aquifères traversés.

Le déroulement des travaux de forage par phases successives de forage, puis de pose de tubages à l'avancement, limite les possibilités de mise en communication entre aquifères.



- *Mesures préventives pour limiter les risques de fuite durant l'exploitation* 

#### **Conception des puits**

Les processus de corrosion constituent un risque vis-à-vis de l'intégrité des cuvelages et donc de pollution des aquifères sus-jacents au Dogger, en particulier celui de l'Albien. Au droit de cet aquifère, un double tubage est mis en place et l'espace annulaire est cimenté afin de constituer une barrière étanche et minimiser ainsi le risque de perforation des cuvelages.

Au droit de l'Yprésien, ressource stratégique en eau potable pour le Val-D'oise, une triple protection sera mise en place, du fait de l'existence du tube-guide jusqu'à 50 m de profondeur. Cela évitera ainsi toute pollution ou mise en communication de cet aquifère avec les eaux sous et sus-jacentes, qui pourrait être préjudiciable à l'exploitation du captage d'eau potable qui est présent dans un rayon d'un kilomètre (Quartier des Charmettes) autour de la centrale géothermique.

# Suivi de l'exploitant

Le suivi et l'enregistrement journalier par l'exploitant des paramètres de la production et de l'injection permettent d'identifier les premiers indices d'apparition d'une fuite, notamment :

- Variation de débit de production
- Variation de température de production
- Variation de pression d'injection
- Variation de fréquence de fonctionnement des pompes

Ces indices peuvent également être validés pas la mise en place d'une télémétrie optique incorporée à la ligne d'inhibiteur chimique de fond de puits (TAI).

# Suivi réglementaire de l'exploitation des eaux du Dogger

Le suivi du sous-sol réalisé contractuellement par une entreprise qualifiée a pour but de prévenir et réduire les possibilités de contamination des eaux superficielles et souterraines.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques du fluide géothermal, ainsi que le suivi du traitement inhibiteur de corrosion permettent de prévenir toute variation du comportement thermochimique du fluide de nature à amplifier les phénomènes de corrosion.

Les mesures directes de corrosion sur coupons témoins immergés dans l'eau géothermale, réalisées à périodicité trimestrielle, permettent de suivre l'évolution des phénomènes.

Le suivi des caractéristiques des ouvrages producteur et injecteur (productivité/injectivité) permet de déceler l'apparition d'une fuite en dessous du niveau du sol.

# **Traitement anticorrosion**



La mise en place d'un traitement inhibiteur en fond de puits producteur permettra de protéger et sécuriser l'ensemble de la boucle géothermale (puits producteur + boucle de surface + puits injecteur) contre les phénomènes de corrosion inhérents à l'exploitation de l'aquifère du Dogger. Les vitesses de corrosion enregistrées à présent sont nettement inférieures aux cinétiques corrosives mesurées avant traitement.

Les risques liés à l'utilisation des produits inhibiteurs de corrosion sont développés au §4.4.3.4.

# Contrôle de l'état interne des tubages

Un contrôle direct des tubages est effectué règlementairement tous les 5 ans sur les puits producteurs et 3 ans sur les puits injecteur, par diagraphies différées, aux fins de contrôle de l'état de surface ainsi que de l'épaisseur des tubages. Ces mesures permettent de calculer la vitesse de dégradation des tubages et d'anticiper les opérations de rechemisage éventuelles (installation d'un tubage de plus petit diamètre dans un tubage existant endommagé).

# Travaux d'entretien des puits

Les travaux de nettoyage des puits réalisés tous les 10 ans en moyenne permettent d'éliminer les dépôts qui se sont formés sur les tubages et qui peuvent « cacher » des endommagements. Lors de ces travaux des tests complémentaires aux diagraphies décrites ci-dessus peuvent être réalisés :

- Test sous pression
- Débitmétrie

Une plateforme d'environ 1500 m<sup>2</sup> sera maintenue autour des têtes de puits afin de faciliter les interventions lourdes (workover) sur les ouvrages.

#### - En cas de fuite

Le risque maximal consiste en une perforation du tubage au niveau d'un aquifère capable d'absorber, pour le puits producteur, le débit artésien estimé à 80 m3/h pour GVLB1, et à 225 m3/h pour le futur puits GVLB3.

En cas de fuite entraînant une sortie d'eau géothermale du puits producteur, la procédure suivie consiste, dès constatation de la fuite, à augmenter au maximum le débit d'exploitation de façon à abaisser la pression à l'intérieur du tubage en dessous de la pression statique de l'aquifère au niveau de la fuite. Cela provoque une entrée d'eau de l'aquifère dans le puits et évite la sortie d'eau géothermale du puits. Ainsi on limite la pollution de l'aquifère rencontrée dans l'attente de la réalisation des travaux de réparation.

En cas de fuite sur le puits injecteur, l'exploitation du doublet est arrêtée et un bouchon de type*bridge plug* (BP) est mis en place sous la fuite dans un délai de 72 heures. La fuite se trouve donc isolée pendant la préparation des travaux de réparation.

Les cotes et débits de fuite seront établis soit par traçage chimique, soit par mesure directe (thermométrie/débitmétrie), soit par tests de pressurisation sous packer.

La réparation peut alors être effectuée de plusieurs manières :



- casing patch si la configuration de l'ouvrage le permet,
- rechemisage de la partie endommagée.

# 4.4.3.4. Incidence des travaux et de l'exploitation sur les eaux de surface et mesures destinées à en supprimer ou en atténuer l'impact

Rappel : les objectifs fixés dans le SDAGE pour ce type de projet sont :

- la réduction des rejets au réseau d'assainissement ;
- éviter la pollution par ruissellement ou érosion incontrôlée (notamment en période de précipitation) ;
- la réduction de l'impact des rejets et des nuisances (polluants, pesticides, odeur, turbidité...).

Le cadre général est fourni par le double concept de la mise en œuvre des meilleures technologies disponibles à un coût économique acceptable et la prise en compte du milieu récepteur. Il faut développer des mesures préventives visant à réduire des pollutions potentielles et à prévenir des pollutions accidentelles.

Une politique transparente d'élimination des déchets en centres spécialisés doit être mise en place en portant une attention particulière à l'élimination des boues de curages et des déchets potentiellement dangereux à l'environnement. Une prise en compte globale de réduction des déchets à la source et des problèmes connexes de l'épuration doit être menée (bruit, abord, odeurs).

L'article L1331-10 du Code de la Santé Publique impose d'avoir une autorisation pour déverser des effluents autres que domestiques dans les réseaux communaux.

Le respect de la composition chimique et les teneurs maximales en composés de tout fluide rejeté au réseau conformément aux prescriptions du SDAGE est l'une des conditions à l'obtention d'une convention de déversement dans le réseau d'assainissement communal.

# - Impact des travaux sur les eaux de surface

Une nouvelle dalle en béton imperméable sera créée afin d'accueillir la machine de forage. L'aménagement de rigoles et canalisations au sein et à la périphérie de la plateforme éviteront tout risque de débordement de fluides sur le terrain. Enfin un géotextile de protection sera installé dans le sol, sur les parties non recouvertes par la dalle béton.

Les produits chimiques et la cuve de fioul seront stockés sur des bacs de rétention. Lors du forage des puits, la pression artésienne du puits est constamment maitrisée par la densité de la boue et par le BOP (Bloc Obturateur de Puits), équipement installé en tête de puits qui permet la fermeture du puits en urgence et de maîtriser l'éruption naturelle du fluide. Les fluides sont ensuite dirigés vers le bourbier.

*NB*: au vue de ces mesures il n'y a aucun risque d'influencer le panache de pollution en chrome issu du MAPA-FIT (présenté au §4.2.7), et distant de près d'un kilomètre du site.



- Mesures préventives pour limiter les risques de fuites durant l'exploitation

# <u>Impact des opérations sur puits</u>

Lors d'opération de maintenance sur les puits, les puits sont mis en sécurité. Si le puits n'est pas en sécurité, on entre dans le cadre des mesures et dispositions de contrôles d'éruption (Cf. §intervention anti-éruption).

# Contrôle de l'exploitant

Un contrôle visuel de la corrosion externe est réalisé quotidiennement par l'exploitant de surface et à l'occasion du suivi trimestriel par le maître d'œuvre sous-sol.

# <u>Suivi réglementaire de l'exploitation des eaux du Dogger Coupons pour tubes et/ou pour</u> canalisations de surface

Le suivi réglementaire sous-sol impose un contrôle des paramètres de la corrosion. Les teneurs en fer et sulfures sont régulièrement contrôlées afin de vérifier la bonne maîtrise des phénomènes de corrosion. La corrosion interne est aussi contrôlée trimestriellement par pesée différentielle de coupons témoins immergés dans le fluide géothermal.

# **Traitement anti-corrosion**

Depuis la mise en place des traitements anticorrosion, la fréquence de percement des tubages et canalisations de surface a nettement diminué. L'exploitation géothermale nécessite l'utilisation de produits chimiques de type inhibiteur de corrosion dont le rôle est de ralentir la corrosion des tubages et ainsi augmenter la durée de vie des installations.

Les produits inhibiteurs de corrosion classiquement utilisés sont de type Ammonium quaternaire. Ils doivent être manipulés avec les précautions d'usage (gants, lunettes) ; une douche et un rince-œil sont présents à proximité de la cuve de stockage. Une armoire à pharmacie contenant les produits de première urgence (notamment une lotion lacrymale) est située à côté de la cuve de produit. La fiche de sécurité, connue du personnel, précise les dispositions à prendre en cas de contact avec le produit ainsi que les numéros d'urgence à appeler si nécessaire. Enfin, cette cuve est elle-même contenue dans un bac de rétention de capacité identique pour éviter que le produit soit répandu sur le sol en cas de fuite de la première enceinte.

Les produits anticorrosion sont injectés à faible concentration (3 à 5 ppm) et asservi au débit géothermal afin de maîtriser le volume injecté. A ces concentrations, il ne présente pas de risque majeur pour l'environnement, d'autant plus que leur principe actif est en partie neutralisé dans l'eau géothermale.

L'eau géothermale étant polluante, l'utilisation de produit inhibiteur de corrosion présente un réel intérêt vis-à-vis de la protection de l'environnement en réduisant la fréquence des fuites.



# **Conception des puits**

Le risque de fuite à faible profondeur et de remontée d'eau géothermale vers la surface est extrêmement faible. En effet, sur les trente premiers mètres sous le sol, les puits sont équipés de trois tubages pour le puits producteur (30", 18"5/8 et 13"3/8) et de quatre tubages pour le puits injecteur (30", 18"5/8, 13"3/8 et 9"5/8). De plus les espaces entre la formation et le tubage et entre les tubages sont cimentés. Le risque de percement et de remontée d'eau vers la surface est donc quasiment inexistant.

- En cas de fuite

# Scenarii d'apparition des fuites

Les fuites peuvent survenir sur :

- les canalisations de la boucle géothermale (souterraine ou aérienne) ;
- les têtes de puits ;
- les tubages souterrains et remonter par canalisation (chanelling) dans les caves de têtes de puits.

Les canalisations de la boucle géothermale étant en acier, le risque de rupture est faible. Il s'agit en général de percements sur des bras morts (portions de conduites où il n'y a pas de circulation en continue d'eau géothermale). Lorsqu'une fuite se produit, la centrale géothermique est arrêtée, l'exploitant intervient et avertit la maître d'œuvre sous-sol si besoin. L'arrêt automatique de la centrale géothermale en cas de fuite sur la boucle de surface et le service d'astreinte de l'exploitant permettent de réduire au minimum les volumes d'eau géothermale répandue en surface.

Les têtes de puits, installées dans des caves souterraines maçonnées, seront équipées d'un double système de fermeture, une vanne maîtresse manuelle qui pourra être manœuvrée en surface via une rallonge et une vanne papillon motorisée qui pourra être commandée à distance. La fermeture de ces deux vannes supprimera la fuite et sécurisera l'ensemble de l'installation. La présence de deux vannes permet d'assurer la fermeture en cas de dysfonctionnement de l'une d'entre elles. Les têtes de puits seront aussi équipées d'au moins deux piquages permettant d'injecter de la saumure pour neutraliser l'artésianisme du puits. Au moins un piquage sera situé sous la vanne maîtresse.

Lorsque le percement survient sur une tête de puits, on distingue les cas d'une fuite au-dessus de la vanne maîtresse et en-dessous. Dans le cas d'une fuite au-dessus de la vanne maîtresse, on retrouve la situation d'une fuite sur une canalisation de surface, la fermeture des vannes permet de supprimer la fuite.

Dans le cas d'une fuite sous la vanne maîtresse, la fuite est qualifiée d'éruption et une procédure particulière, développée au paragraphe suivant « Intervention anti-éruption », doit être mise en œuvre. Enfin, les tubages souterrains peuvent aussi subir une corrosion (interne ou externe), à faible profondeur provoquant une fuite qui remonte vers la surface via l'espace entre les tubages ou entre la formation et le tubage. Ce type de fuite est aussi qualifié d'éruption car on subit une venue d'eau incontrôlable en surface.

Avant la maîtrise de la fuite, l'eau s'écoulera vers le réseau d'assainissement et éventuellement sur le terrain entourant les têtes de puits, où elle sera absorbée. En cas de forte fuite d'eau, l'eau non absorbée se dirigerait vers la rue en contrebas et s'écoulerait dans les égouts. Les dégagements de gaz, initialement dissous dans le fluide géothermal, seront rapidement dilués dans l'atmosphère et la présence d'H2S (gaz



toxique) à une concentration supérieure à 20 ppm pourra être détectée grâce à des capteurs placés autour de la zone de fuite.

# - Risque maximal de fuite

Le risque maximal consiste en un arrachement complet de la tête de puits producteur ou injecteur, fait très improbable en raison de l'inspection régulière des têtes de puits.

Les débits maximum de fuite pourraient être alors de 80 m3/h pour le puits producteur GVLB1, de 128 m3/h pour le puits injecteur GVLB2 (débits artésiens mesurés en exploitation pour le puits producteur et en fin de forage pour le puits injecteur), et 225m3/h pour le futur puits producteur sous réserve des mesure après le forage.

# - Intervention anti-éruption

En cas d'éruption sur les têtes de puits le délai d'intervention de l'entreprise (actuellement Geofluid), titulaire des contrats anti-éruption, est de 4 heures pour le déplacement du personnel d'astreinte sur le site et établissement du diagnostic puis de 8 heures pour l'amenée des équipements nécessaires au contrôle de l'éruption (groupe de pompage, flexible d'évacuation, dispositifs de serrage/étanchéité/coiffage) conformément aux scénarii de fuite et protocoles d'astreinte/intervention.

Le volume maximum de fuite actuellement est donc de 1 536 m³ pendant ce délai (avec le nouveau puits on peut s'attendre à un volume de 2700 m3). L'eau géothermale remplit d'abord la cave puis est évacuée par une pompe de relevage via le raccordement existant entre les installations géothermiques et le réseau d'assainissement.

Une fois le diagnostic établit, les puits sont neutralisés par injection de saumure et la fuite est contrôlée par injection de colmatant.



# 4.5. Eléments économique en regard des impacts et des mesures compensatoires

L'application géothermale prévue présente de nombreux atouts vis-à-vis de solutions alternatives, notamment sur le plan énergétique, sur le plan économique et bien entendu sur le plan environnemental.

Néanmoins, la réalisation d'un nouveau forage n'est pas neutre en termes d'impact environnemental durant la période du chantier dont la durée est estimée à 45 jours environ. En cours d'exploitation, le risque principal d'atteinte à l'environnement réside dans l'apparition d'un percement d'un tubage et la mise en communication du forage avec des nappes plus superficielles.

Afin de préserver l'exemplarité environnementale de la géothermie y compris dans la phase travaux, le maître d'ouvrage mettra en œuvre des mesures techniques et organisationnelles visant à réduire ou supprimer l'impact des travaux au voisinage du site.

Les impacts potentiels recensés au cours de cette étude d'impact sont repris dans les tableaux suivants et les mesures compensatoires sont décrites avec une estimation financière des mesures correspondantes. Sont distinguées en deux parties :

- Les mesures qui seront adoptées en cours de la réalisation du forage
- Celles qui accompagneront l'exploitation du doublet à l'issue des travaux, dès la mise en service industrielle des installations.

Les montants sont exprimés en € HT sur la base d'estimations réalisées en 2015.

# 4.5.1.Phase travaux de forage

Sécurité du chantier et de ses abords	Montant (estimatif) en € HT
Mise en place d'une clôture de chantier	10 000
Mise en place de panneaux d'information et d'une signalisation routière	2 500
Remise en état du site	50 000
Nuisances aux riverains	
Contrôle de la concentration en H2S dans l'air ambiant avec dispositif d'alerte	15 000
Gestions des rejets	
Evacuation/traitements déblais et effluents vers des centres de traitement agréés	430 000
Création d'un bourbier de 2 000 m <sup>3</sup>	50 000
Impacts sur les sols et les eaux	
Création de dalles béton destinées à accueillir les équipements et les Stockages dont Création de goulotte et de canalisation de drainage des fluides	250 000
Mise en place d'un bloc obturateur en tête de puits pendant les opérations de forage	90 000
Utilisation de boues à base d'argile naturelle et de polymères biodégradables	195 000



# 4.5.2.Phase exploitation

Sécurité du chantier et de ses abords	Montant en € HT
Installation de la nouvelle tête de puits dans une cave maçonnée	58 000
Impacts sur les sols et les eaux	
Mise en place deux vannes sur les têtes de puits (surcoût pour la deuxième vanne)	8 800
Contrôle et remplacement des vannes de fermeture en têtes de puits	5 000
Installation d'injection d'inhibiteur de corrosion asservie au débit	130 000
Produit inhibiteur de corrosion et maintenance du système d'injection /puits producteur/an	15 000
Suivi réglementaire sous-sol/an	30 000
Réalisation de diagraphies d'inspection/puits/3 ou 5 ans	20 000
Souscription d'un contrat anti-éruption/an	3 000
Equipement du puits en double, jusque sous l'aquifère d'eau douce le plus profond (Néocomien). Surcoût par rapport à un puits en simple tubage	200 000





# 5. DOCUMENT DE SÉCURITÉ ET DE SANTÉ





Le délégataire réalisera un Plan de Prévention et de Secours (PPS) pour la période des travaux, puis un PPS spécifique à la phase d'exploitation. Ces documents fixeront les principes et les modalités d'organisation relatives à la sécurité et à la santé en application du Code Minier et du Code du Travail. Le concessionnaire prendra ses dispositions pour organiser la mission de coordination de la sécurité santé sur le site.

Les PPS seront constitués des Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) de chacune des entreprises intervenant sur le site en phase de travaux ou en phase d'exploitation.

#### Les PPSPS définiront :

- les intervenants ;
- l'organisation des travaux ;
- l'impact sur l'environnement ;
- les règles de sécurité ;
- l'analyse et la prévention des risques.

Le concessionnaire vérifiera l'existence de ces documents et leur application.

Un exemplaire du Plan de Prévention sera communiqué avant le début des travaux aux administrations concernées.

#### 5.1. Document de sécurité et de santé durant les travaux

Les travaux de forage sont soumis au Règlement Général des Industries extractives (décret n°80-331 du 7 mai 1980) et au Règlement de sécurité des travaux de recherche et d'exploitation par sondages des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux (décret n°62-725 du 27 juin 1962).

En outre, l'entité exploitante<sup>7</sup> se doit d'appliquer les dispositions en matière de sécurité et de protection de la santé prises en application de l'article 28 du décret 2006-649 qui stipule :

« Tout exploitant établit et tient à jour un document de sécurité et de santé dans lequel sont déterminés et évalués les risques auxquels le personnel est susceptible d'être exposé. Ce document précise en outre les mesures prises en ce qui concerne la conception, l'utilisation et l'entretien des lieux de travail et des équipements afin de garantir la sécurité et la santé du personnel. ».

-

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Est réputé exploitant au sens de l'article 26 du chapitre II du décret n°2006-649 du 2 juin 2006 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains, le titulaire ou l'un des cotitulaires, nommément désigné, d'un titre minier ou d'un titre de stockage souterrain ou, en l'absence d'un tel titre, la personne qui entreprend les travaux ou utilise les installations mentionnées à l'article 25 de ce décret.

# 5.2. Sécurité du public

Le terrain concerné par les travaux sera clos et interdit d'accès au public. Préalablement aux travaux, la ville de Villiers-le-Bel pourra mettre en place des actions d'informations destinées au public et aux riverains. Par exemple une réunion publique d'information sur le projet pourra être organisée afin de présenter le projet ainsi que les impacts de ce dernier sur la vie des habitants (plan de circulation, bruits, impacts paysagés...).

Lors du déroulement des travaux, le public pourra être exposé à des risques liés principalement :

- à une augmentation du trafic routier plus particulièrement due aux véhicules lourds accédant au chantier ;
- à une augmentation du niveau sonore inhérent aux opérations de forage qui se dérouleront en continu, 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24 ;
- à une production d'eau géothermale avec émanations de gaz ;
- au stockage de produits divers sur la plate-forme ;
- au mât de l'appareil de forage;
- à l'endommagement de réseaux existants au droit du forage.

Les mesures compensatoires mises en place pour prévenir ces risques sont résumées ci-après.

#### 5.2.1. Circulation des véhicules

#### 5.2.1.1. Accès au chantier

Des panneaux routiers de chantier informeront les usagers de la route de la sortie d'engins de chantier.

Le stationnement des véhicules aux abords du chantier sera contrôlé de manière à ne pas créer d'entrave à la circulation sur les voies d'accès.

Un contrôle des capacités de roulage du chemin d'accès sera effectué par l'entreprise de forage préalablement à l'amenée de l'appareil de forage. Des aménagements pourraient y être réalisés au moment des travaux de génie civil de la plate-forme.

Le raccordement du site à la route sera aménagé de sorte que les conducteurs d'engins puissent manœuvrer sans constituer d'obstacle ou de risque vis-à-vis de la circulation.



#### 5.2.1.2. Importance du trafic en relation avec les travaux

L'amené et le repli de l'appareil de forage s'effectuera par convoi exceptionnel.

En dehors des phases d'amené et de repli des équipements de forage, le nombre de véhicules lourds empruntant la voie d'accès à la plate-forme de forage restera limité à l'approvisionnement de consommables (fioul, tubage, ciment...) et à l'évacuation des déchets. Ce trafic, très variable en fonction des phases et de l'avancement du chantier, n'excèdera pas, en moyenne, 1 rotation quotidienne de véhicule lourd (15-20 tonnes).

Un trafic de véhicules légers sera induit par les rotations de personnel de l'entreprise de forage et de supervision (10 à 15 rotations par jour).

#### 5.2.1.3. Circulation des véhicules sur la plate-forme

L'accès du public au chantier sera réglementé et soumis à l'accord préalable du concessionnaire et du Maître d'Œuvre (sauf autorités administratives compétentes forces de police et sapeurs pompiers).

Des véhicules légers dûment habilités pourront être amenés à accéder à la plate-forme. Ils seront soumis à un contrôle d'accès pour éviter l'engorgement de l'espace.

Seuls les engins de manutention spécifiques du chantier et les véhicules de livraison de matériels ou de combustibles seront autorisés à circuler sur l'aire de travail.

Une aire spécifique dans l'enceinte du chantier sera réservée à la manœuvre des véhicules. Cette aire leur permettra de faire demi-tour pour sortir du chantier (cf. Figure 56).

Les engins de manutention seront équipés de dispositifs de sécurité sonores et lumineux.



# 5.2.2. Bruits de chantier

Le bruit occasionné par le matériel de forage est soumis aux réglementations suivantes :

- la réglementation du bruit des matériels et engins de chantier (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie – Service de l'environnement industriel – Février 1980);
- les consignes de sécurité forage (Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production en Pétrole et Gaz Naturel).

L'ensemble du personnel appelé à travailler sur le site sera donc amené à respecter les dispositifs de prévention et de protection individuels prévus dans ces textes.

Lors des opérations de forage, l'augmentation du niveau sonore sera due principalement :

- aux moteurs diesel des pompes, des groupes électrogènes, du treuil ...;
- aux chocs entre les pièces métalliques lors des manipulations et manutentions des tiges de forage au niveau du plancher de travail ou du parc de stockage des tubulaires.

Les équipements utilisés seront insonorisés, notamment les moteurs diesel et les pompes électriques centrifuges (quasi insonores).

Concernant les bruits de manutention, des recommandations spécifiques seront données au personnel, afin d'éviter au maximum le choc entre des pièces métalliques.

# 5.2.3. Production d'eau ou de gaz géothermaux

Pour éviter toute production accidentelle d'eau chaude et/ou de gaz, la tête de puits sera équipée en permanence, pendant les phases de forage de niveaux potentiellement éruptifs, d'obturateurs de sécurité (Bloc d'Obturation de Puits - BOP), permettant une fermeture d'urgence en toutes circonstances.

Dans le cas d'une production de fluide après fermeture de l'obturateur annulaire, un piquage latéral placé sur la tête de puits permettra d'injecter sous pression de la boue ou de la saumure de densité appropriée afin de contrôler l'artésianisme du puits.

Par ailleurs, les volumes des bacs à boue seront contrôlés en permanence et des détecteurs de gaz seront installés par la société de forage ou de mud-logging sur le circuit de boue à la sortie du puits (conformément à la législation en vigueur) pour identifier immédiatement toute émanation de gaz.



# 5.2.4. Stockage de produits divers

Aucun produit toxique ne devra être utilisé sur le chantier. Les fluides de forage ("boues") seront élaborés à partir d'eau douce additionnée de bentonite (argile naturelle) et de polymères biodégradables.

Sur le chantier, les carburants et les huiles seront stockés conformément à la législation en vigueur. Les huiles de vidange des moteurs seront récupérées et évacuées pour être traitées par des organismes spécialisés.

Le fuel sera stocké dans un réservoir aérien, soit équipé d'une double paroi, soit doté d'un bac de rétention de capacité au moins équivalente. Le dépotage s'effectuera par camion citerne selon les besoins du chantier dans le respect des normes de sécurité (sonde de trop-plein, raccords antistatiques et antidéflagrants, rétention...).

#### 5.2.5. Accès au site

#### 5.2.5.1. Accès des personnes non autorisées

Le chantier sera balisé, clos (grillage ou bardage périphérique de 2 mètres de hauteur) et interdit au public par voie d'affichage (panneaux). L'entrée du chantier sera équipée d'un portail fermé à clé avant l'arrivée du matériel, après son départ et lors des interruptions de travaux.

Compte tenu du fonctionnement continu du chantier et de la présence permanente de personnel et de superviseurs, le risque d'intrusion sera minime.

#### 5.2.5.2. Sécurité des visiteurs autorisés

Un parking visiteur sera installé à l'extérieur de la plate-forme de travail. Les visiteurs autorisés (nombre limité) seront obligatoirement accompagnés par un responsable du chantier (maître d'ouvrage, entreprise ou maître d'œuvre) et informés des consignes de sécurité. Ils ne pourront se déplacer que dans les secteurs autorisés après avoir pris connaissance des instructions.



# 5.2.6.Infrastructures de chantier

L'appareil de forage peut constituer un obstacle aérien. Il est peint et balisé (éclairage de nuit) conformément aux prescriptions de l'aviation civile.

En ce qui concerne la prise au vent du mât de forage, il est à noter selon le site meteoparis.com que l'Île de France n'est pas réputée pour être une région très venteuse. Les vents dominants soufflent du sud-ouest, surtout en hiver et en automne. Les vents du nord-est (bise) sont également assez fréquents, notamment en hiver et en été. En revanche, les vents ne viennent que très rarement du sud-est. Il ne s'agit bien souvent que de phases très temporaires (avant une perturbation).

Cependant, la quasi absence de reliefs et la position assez proche des influences maritimes exposent l'Île de France à un certain nombre de phénomènes violents. De fortes rafales de vent peuvent être observées en toutes saisons, notamment au passage de profondes dépressions sur les Îlesbritanniques, la Mer du Nord et le Benelux, entre le mois d'octobre et le mois de mars. Les orages peuvent également occasionner de puissantes rafales, notamment en saison chaude. L'Île de France est d'ailleurs l'une des régions où les tornades sont les plus fréquentes car les vastes plaines céréalières favorisent les conflits de masses d'air. On peut par exemple citer la tornade du 10 septembre 1896, celle du 10 juin 1926, du 8 octobre 1929. D'une façon générale, les vents les plus forts ont été mesurés lors de la tempête du 26 décembre 1999.

Le Tableau 42 présente les vitesses de vent mesurées (en km/h) à la station du Bourget de 1990 à 1999 (données extraites du site de Météo France), et les vitesses de vent en Ile de France pour les périodes de retour moyennes de 5, 10, 25 et 50 ans.

Le Bourget  Ile de France (période moyenne de retour)	137	130	115	94	112	122	101	104	90	108	122	148	148
	1990	1990	1986	2000	1999	1991	1984	2001	2002	2000	1984	1999	1999
	119	126	140	151	km/h								
	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans									

Tableau 42 : Vitesse de vent et période moyenne de retour en Ile de France (Source : site internet meteo-paris.com)

Ces données pourront être utilisées lors de l'étude d'avant projet pour calculer la résistance au vent de la tour de forage (mât et sous-structure).



# 5.2.7. Protection de la santé du personnel sur le chantier

Le présent chapitre concerne les dispositions en matière de sécurité et de protection de la santé prises en application de l'article 28 du décret 2006-649 qui stipule :

«Tout exploitant établit et tient à jour un document de sécurité et de santé dans lequel sont déterminés et évalués les risques auxquels le personnel est susceptible d'être exposé. Ce document précise en outre les mesures prises en ce qui concerne la conception, l'utilisation et l'entretien des lieux de travail et des équipements afin de garantir la sécurité et la santé du personnel. ».

# 5.2.8. Mesures et éléments de prévention

# 5.2.8.1. Registre de sécurité

Pendant la totalité des travaux de forage, un registre de sécurité sera tenu à jour et à la disposition de l'Administration.

Les administrations et services suivants seront prévenus de l'existence du chantier et du démarrage des travaux, au moins une semaine avant la date de leur démarrage :

- DRIEE Ile de France;
- mairie de Villiers-le-Bel;
- préfecture et sous-préfecture du Val-de-Marne ;
- police et/ou gendarmerie locale;
- pompiers;
- services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
- médecin et pharmacien les plus proches.

Le registre de sécurité comprend les notices d'utilisation des engins présents sur le chantier avec leurs certificats de conformité et leurs rapports de révision.



#### 5.2.8.2. Consignes de sécurité

Une information sur les règles de sécurité habituelles, devant se dérouler pendant les horaires de travail, sera dispensée par le chef de chantier forage ou le superviseur de forage. Cette formation sera notamment obligatoire pour le personnel suivant :

- les salariés venant d'être embauchés ;
- les salariés changeant de poste ;
- les salariés changeant de technique ;
- les travailleurs temporaires auxquels l'entreprise aura éventuellement fait appel;
- les salariés prenant leurs activités après un arrêt de plus de 21 jours.

Ces informations porteront entre autres sur les consignes de sécurité ci-après :

- les consignes en cas d'incendie ;
- les consignes en cas de venue ou de perte du fluide de forage ;
- les consignes en cas d'accident grave ;
- les consignes en cas de présence de sulfure d'hydrogène ;
- les consignes pour les essais des obturateurs du puits.

Le port du harnais sera obligatoire pour les travaux en hauteur (sur le mât des engins) et il sera interdit, à toute personne non autorisée par le superviseur de forage ou le chef de chantier, de se servir d'un véhicule ou d'un appareil de levage dans l'enceinte du chantier.

Lors de la circulation sur la plate-forme et la voie d'accès, la réglementation routière devra être respectée et la vitesse réduite afin de limiter les risques d'accident et les nuisances pour les riverains et les autres usagers (visibilité réduite, bruits, poussière...).

L'affichage des consignes de sécurité s'adressera en priorité au personnel présent sur le site.

Les documents suivants seront affichés dans le bureau du Chef de chantier :

- un plan de masse de l'appareil de forage ;
- le plan des têtes de puits ;
- la pression maximale admissible dans l'espace annulaire ;
- la pression maximale de refoulement des pompes de forage selon les diamètres des chemises ;
- un plan des moyens de lutte contre l'incendie ;



La liste des noms des personnes et des services à contacter en cas d'accident :

- les pompiers ;
- les services médicaux d'urgence (SAMU ou SMUR) ;
- le Préfet ;
- la DRIEE;
- les services du concessionnaire ;
- les services de l'Entrepreneur.
- un plan des issues de sécurité en cas de venue de sulfure d'hydrogène.

Un affichage spécifique sera mis en place pour interdire l'accès du site aux personnes non autorisées ainsi que pour informer la population sur la durée et l'objet des travaux.

Conformément à l'article 33 du titre « Forage » du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE), au moins un titulaire d'un brevet de secourisme sera présent sur le chantier de forage pendant toutes les périodes d'activité.

#### 5.2.9. Protection contre l'incendie

Le chantier sera doté du matériel destiné à pouvoir lutter rapidement et efficacement contre tout début d'incendie. L'entretien de ce matériel sera assuré par une entreprise agréée ou par un agent spécialisé du Service Sécurité de l'Entrepreneur de forage. On trouvera notamment :

- des extincteurs à poudre polyvalente ;
- des extincteurs à poudre de carbone ;
- une couverture anti-feu.

Les emplacements désignés pour ce matériel seront maintenus d'un accès facile et bien signalés.

Une aire de stockage, avec des bacs de rétention pour les produits inflammables sera délimitée en un lieu sûr, avec une signalisation appropriée et en particulier l'interdiction de fumer à proximité.

Les Pompiers de Paris interviendront selon leurs procédures.



# 5.2.10. Protection contre le sulfure d'hydrogène

# 5.2.10.1. $Risque - H_2S$

Le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) présente deux risques pour l'homme (cf. Fiche sécurité en Annexe 10) :

- l'incendie : gaz extrêmement inflammable ; les limites d'explosivité en % de volume dans l'air sont de 4 pour la limite inférieure, de 6 pour la limite supérieure ; si nécessaire, les Pompiers de Paris interviendront selon leurs procédures ;
- en termes de pathologie : les effets observés sont principalement liés aux propriétés irritantes et anoxiantes de ce gaz.

Ce gaz étant soluble dans l'eau, le fait de travailler à la boue limite les émanations lorsque le gaz est en faible concentration, ce qui est le cas dans l'eau du Dogger. D'autre part, le sulfure d'hydrogène en milieu basique (pH>8) reste dissous dans la boue et, sauf venue d'eau géothermale importante, le pH de la boue sera toujours supérieur à 8 pendant les phases de forage.

# 5.2.10.2. *Mesures de prévention*

Un appareil de détection en continu du sulfure d'hydrogène comprenant au moins 3 capteurs fixes reliés à des alarmes sonores et visuelles sera installé en tenant compte de la configuration des lieux et de la zone spécifique de danger définie par les articles RG29 et RG30 du règlement général des industries extractives. Le seuil d'alarme sera réglé sur 10 ppm. Deux appareils portatifs seront également disponibles sur le chantier.

Un minimum de 5 masques à gaz individuels munis de cartouches filtres pour le sulfure d'hydrogène seront disponibles en permanence.

Deux appareils respiratoires autonomes avec bouteille de rechange seront à la disposition du personnel.

Une manche à air sera mise en place en un lieu visible de tous les points du chantier.

Au cas où un bouchon gazeux se manifesterait, le puits serait immédiatement fermé (obturateur) et la société de forage procéderait à une évacuation contrôlée du bouchon à très faible débit.



Au cours de la période des travaux de forage, des émanations d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) pourront se produire au cours des tests de production réalisés à la fin de chaque puits. Lors de ces tests le fluide géothermal est en effet produit en surface sur une durée comprise entre 24 et 48 heures. Afin de réduire les nuisances olfactives de l'H<sub>2</sub>S (odeur « d'œufs pourris » à faible concentration dès 1 ppm) et de supprimer les risques liés à la toxicité du gaz à partir de concentrations plus élevées (100 ppm) lors des opérations de stimulation du réservoir par injection d'acide, une chaîne de neutralisation de l'H<sub>2</sub>S, exigée dans le cadre de l'arrêté préfectoral relatif à l'autorisation d'ouverture des travaux, sera mise en place (neutralisation de l'H<sub>2</sub>S par injection d'un oxydant puissant, type Eau de Javel ou équivalent). Elle comportera la mise en place de ventilateurs aux endroits où le fluide géothermal arrivera en surface (plancher et bacs de l'appareil de forage). Cette aération constante du site pendant cette phase permettra d'orienter les gaz à l'opposé des habitations les plus proches et empêchera toute concentration du gaz.

Le personnel et les riverains seront informés au début des travaux des risques afférents au sulfure d'hydrogène et à la conduite à tenir en cas d'éruption de vapeur d'eau ou de sulfure d'hydrogène.

Un secouriste titulaire d'une attestation de secouriste du premier degré sera présent sur chaque atelier de forage ; il y en aura si possible un par équipe.

Une trousse de secours sera présente à l'intérieur du chantier.



# 5.3. Document de sécurité et de santé durant l'exploitation d'un gîte géothermal

Il est rappelé que dans le cadre de son contrat l'exploitant est tenu de respecter ou de faire respecter l'ensemble des consignes d'exploitation, ainsi que l'entretien et la maintenance des matériels qui lui sont confiés.

L'exploitant veillera plus particulièrement au bon fonctionnement des organes d'isolement et de sécurité du site.

# 5.3.1. Étude du scénario de fuite par percement d'un cuvelage en exploitation

# 5.3.1.1. Risque maximal de fuite

Le risque maximal consiste en une perforation du tubage au niveau d'un aquifère capable d'absorber, pour le puits producteur, le débit artésien et, pour les puits injecteurs, le débit maximum d'exploitation.

Cela représente actuellement un débit de fuite maximum théorique de l'ordre de 140 m³/h sur le puits producteur GVLB1, 225 m³/h en première approche sur le futur puits producteur GVLB3 et de 300 m³/h sur le puits injecteur GVLB2. Cependant, une telle fuite sur le puits injecteur entraînerait un arrêt immédiat de l'exploitation et la fuite se limiterait alors au débit artésien du puits soit 128 m³/h théorique.

#### 5.3.1.2. Procédure mise en place en cas de fuite

En cas de fuite entraînant une sortie d'eau géothermale d'un des puits producteurs, la procédure suivie consiste, dès constatation de la fuite, à augmenter au maximum le débit d'exploitation de façon à abaisser la pression à l'intérieur des tubages en dessous de la pression statique de l'aquifère au niveau de la fuite. Cela provoque une entrée d'eau de l'aquifère dans les puits et évite la sortie d'eau géothermale du puits fuyard. Ainsi on limite la pollution de l'aquifère rencontrée dans l'attente de la réalisation des travaux de réparation.

En cas de fuite sur le puits injecteur, l'exploitation du triplet est arrêtée et un bouchon de type bridge plug (BP) est mis en place sous la fuite dans un délai de 72 heures. La fuite se trouve donc isolée pendant la préparation des travaux de réparation.



#### 5.3.1.3. Analyse des risques de fuite

Les risques de fuite d'eau géothermale dans les nappes d'eau rencontrées sur les 500 mètres supérieurs (nappes du Lutécien, du Sparnacien et de la Craie) sont très faibles car :

- Le puits producteur GVLB1, rechemisé en 1995, a donc une complétion double sur toute la longueur du puits : au niveau de la chambre de pompage 13"<sup>3/8</sup> rechemisé en 10" <sup>3</sup>/<sub>4</sub>, et le long du tubage 9"<sup>5/8</sup> rechemisé en 7".
- Le nouveau puits producteur GVLB3 fera l'objet d'un double tubage 18"<sup>5/8</sup> x 13"<sup>3/8</sup> jusqu'à 350 m puis 13"<sup>3/8</sup> x 9"<sup>5/8</sup> à annulaires et entrefers cimentés jusqu'à 1 090m.
- Le puits injecteur GVLB2 est complété par un double tubage 13"<sup>3/8</sup> x 9"<sup>5/8</sup> à annulaires et entrefers cimentés sur les 387 premiers mètres du puits.
- Les puits feront l'objet d'un traitement inhibiteur anticorrosion.
- Il n'existe pas de risque de remontée du réservoir du Dogger vers la surface en raison des nombreuses couches géologiques imperméables qui les séparent. De plus, les tubages sont isolés des couches géologiques par une cimentation de l'annulaire tubages/formation contrôlée par diagraphies CBL-VDL, prévenant toute remontée du Dogger par canalisation *channeling* (remontées d'eau du Dogger dans l'annulaire tubages/roche en cas de mauvaise cimentation défectueuse).

En ce qui concerne les risques de communication avec l'Albien/Néocomien, on peut estimer que :

- Les puits producteurs sont complétés en double tubage jusque plus de 1 000 mètres sous l'horizon le plus profond du Néocomien.
- La surveillance de la corrosion interne des tubages, assortie d'un traitement inhibiteur réduisent très fortement le risque de percement du tubage.
- L'épaisseur des couches imperméables (environ 850 m verticaux) entre le Dogger et l'Albien, ainsi qu'une cimentation des tubages en fin de complétion des ouvrages, prévient tout risque de contamination de l'Albien/Néocomien par le fluide géothermal.



# 5.3.1.4. Mesures préventives pour limiter les risques de fuite

#### - Suivi hydrodynamique des puits

Le suivi et l'enregistrement journalier par l'exploitant des paramètres de la production et de l'injection permettent d'identifier les premiers indices d'apparition d'une fuite, notamment :

- les pressions, débits et températures,
- les caractéristiques des puits, Pression = f(Débit),
- les caractéristiques des pompes, HMT = f(Débit),
- les paramètres électriques (V, I, f, cos ♦ ...),
- les puissances absorbées et les rendements des pompes.

Ces résultats sont inclus dans les rapports de suivi trimestriels transmis à la DRIEE.

# - Contrôle quotidien de la pression de l'espace annulaire

Une sonde de pression placée dans l'annulaire, permet d'effectuer l'enregistrement des valeurs 24h/24h. Ces enregistrements sont consignés sur un ordinateur dédié au contrôle des pressions, débit et températures des puits.

Chaque jour, matin et soir, un technicien relève la valeur de la pression pour la détection d'une éventuelle anomalie.

Une fois par semaine, les valeurs enregistrées sur l'ordinateur sont imprimées sous forme de graphique et sont soumises à de nouveaux contrôles.

En cas de détection d'une anomalie lors de ces mesures, un contrôle de l'espace annulaire par traçage sera réalisé.

Ces contrôles sont poursuivis, à la même fréquence, en cas d'arrêt du doublet.

#### 5.3.1.5. Suivi réglementaire sous-sol

Le suivi sous-sol réalisé contractuellement par une entreprise qualifiée a pour but de prévenir et réduire les possibilités de contamination des eaux superficielles et souterraines.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques du fluide géothermal permettent de prévenir toute variation du comportement thermochimique du fluide de nature à amplifier les phénomènes de corrosion.

Les mesures directes de corrosion sur coupons témoins immergés dans l'eau géothermale, réalisées à périodicité trimestrielle, permettent de suivre l'évolution des phénomènes.

Le suivi des caractéristiques des ouvrages producteur et injecteur (productivité/injectivité) permet de déceler l'apparition d'une fuite en dessous du niveau du sol.



#### 5.3.1.6. Traitement anti-corrosion

La mise en place d'un traitement inhibiteur en fond des puits producteurs permettra de protéger et sécuriser l'ensemble de la boucle géothermale (puits producteurs + boucle de surface + puits injecteur) contre les phénomènes de corrosion inhérents à l'exploitation de l'aquifère du Dogger. Les vitesses de corrosion enregistrées à présent sont nettement inférieures aux cinétiques corrosives mesurées avant traitement.

Les risques liés à l'utilisation des produits inhibiteurs de corrosion sont développés au paragraphe 4.4.3.4

# - Contrôle de l'état interne des tubages

Un contrôle direct des tubages est effectué règlementairement tous les 3 ans sur les puits injecteur et tous les 5 ans sur les puits producteur, par diagraphies différées aux fins de contrôle de l'état de surface ainsi que de l'épaisseur des tubages. Ces mesures permettent de calculer la vitesse de dégradation des tubages et d'anticiper les opérations de rechemisage éventuelles (installation d'un tubage de plus petit diamètre dans un tubage existant endommagé).

#### - Travaux d'entretien des puits

Les travaux de nettoyage des puits réalisés tous les 10 ans en moyenne permettent d'éliminer les dépôts qui se sont formés sur les tubages et qui peuvent « cacher » des endommagements. Lors de ces travaux des tests complémentaires aux diagraphies décrites ci-dessus peuvent être réalisés. Il s'agit de :

- Tests sous pression,
- Débitmétrie.

Une surface d'environ  $1500 \text{ m}^2$  sera maintenue autour des têtes de puits permettant les interventions lourdes sur les ouvrages.

#### 5.3.1.7. Mesures correctives en cas de fuite

La cote et le débit de fuite seront établis soit par traçage chimique, soit par mesure directe (thermométrie/débitmétrie), soit par test sous pression (tests *packer*).

La réparation peut alors être effectuée de plusieurs manières :

- casing patch si la configuration de l'ouvrage le permet (profondeur, diamètre, état des tubages),
- rechemisage de la partie endommagée (chambre de pompage, tubage producteur sousjacent, tubage injecteur en totalité ou partiellement).



# 5.3.2.Mesures de sécurité en cas de fuite

Elles sont gérées par le contrat anti-éruption souscrit par le demandeur.

Pour rappel:

En cas d'éruption sur les têtes de puits le délai d'intervention de l'entreprise titulaire des contrats anti-éruption (actuellement Geofluid), est de 4 heures pour le déplacement du personnel d'astreinte sur le site et établissement du diagnostic puis de 8 heures pour l'amenée des équipements nécessaires au contrôle de l'éruption (groupe de pompage, flexible d'évacuation, dispositifs de serrage/étanchéité/coiffage) conformément aux scénarii de fuite et protocoles d'astreinte/intervention.

Le volume maximum de fuite actuellement est donc de 1 680 m³ pendant ce délai (avec le nouveau puits on peut s'attendre à un volume de 2700 m³). L'eau géothermale remplit d'abord la cave puis est évacuée par une pompe de relevage via le raccordement existant entre les installations géothermiques et le réseau d'assainissement.

Une fois le diagnostic établi, les puits sont neutralisés par injection de saumure et la fuite est contrôlée par injection de colmatant

#### 5.3.3. Mesures prises pour protéger la population riveraine des odeurs liées aux émanations d'H<sub>2</sub>S

Les émanations de  $H_2S$  concernent le personnel de chantier directement exposé, mais également, à des concentrations très faibles, de l'ordre du ppm (on rappelle qu'à des teneurs élevées les émanations, inodores, sont létales) les riverains.

Vis-à-vis du risque H<sub>2</sub>S, les dispositions et consignes de chantier sont précises et rigoureuses (i) installation de capteurs aux emplacements stratégiques -planchers, pompes, bacs, flowline- reliés à une centrale, (ii) réglage des alarmes visuelles (gyrophare) et sonore (klaxon) aux seuils de 5 et 10 ppm, (iii) port de masques et de bouteilles d'oxygène (assistance respiratoire) en tant que de besoin, (iv) port de capteurs en sautoir par le personnel d'encadrement (chef de chantier, chef de poste, intendant).

Les émanations les plus importantes sont liées aux phases de dégorgement artésien et/ou air lift lors des essais, en particulier au terme des phases de stimulation acide du réservoir en fin de forage/complétion. Elles seront effectuées suivant des horaires appropriés, de préférence la nuit, et seront précédées obligatoirement d'un *briefing* du personnel.

D'autre part, en vue d'atténuer sinon d'éradiquer les odeurs, il sera procédé à l'injection d'hypochlorite de soude.

Ces dispositions, au demeurant, procèdent d'une pratique courante par la profession, tout particulièrement lors des opérations de workover. En outre, l'opération de Villiers-le-Bel fera appel à un personnel expérimenté en la matière, dont l'essentiel de ses activités concerne le forage pétrolier, singulièrement plus dangereux s'agissant d'émanations toxiques et inflammables.



# 5.3.4.Documents à présenter dans le cadre de travaux de maintenance

Sont concernées ici, les interventions que l'exploitant ou le concessionnaire est susceptible de faire réaliser sur les puits sous la supervision d'un maître d'œuvre, à savoir :

- les manœuvres de remplacement du groupe de pompage immergé ;
- les manœuvres de remplacement du système de traitement de fond de puits ;
- les enregistrements des diagraphies ;
- les travaux de maintenance ou de réparation du puits (workover).

A cette occasion, pour compléter le Plan de Prévention, un document de sécurité spécifique sera établi par l'entrepreneur en charge des travaux décrivant le programme technique et l'ensemble des mesures et des moyens mis en œuvre pour assurer la sécurité des biens et des personnes pendant la phase d'intervention (PPSPS).





# **ANNEXES**



Annexe 1 : Arrêté du 11 janvier 2007 accordant la prolongation du permis d'exploitation jusqu'au 30 octobre 2019



Annexe 2 : Accord de principe de la ville de Villiersle-Bel (courrier en date du 07/07/2016)



Annexe 3 : Statut du Syndicat Intercommunal de Villiers-le-Bel/Gonesse pour la production et la distribution de chaleur sur les communes de Villiersle-Bel et Gonesse



Annexe 4 : Comptes administratifs des années 2012, 2013 et 2014 du Syndicat Intercommunal de Villiersle-Bel/Gonesse



Annexe 5 : Présentation de la Société Coriance



# Annexe 6 : Bilan financier de l'année 2014 de la STVLBG



# Annexe 7 : Informations techniques et financières de la société GPC-IP



Annexe 8 : Liste des abonnés par secteur et principales caractéristiques des points de livraison du réseau de distribution dont leur date de mise en service suite à leur raccordement



Annexe 9 : Arrêté portant approbation des cartes de bruits des infrastructures routières et ferroviaires du Val d'Oise



# Annexe 10 : Fiche toxicologique du Sulfure d'Hydrogène H2S



Annexe 11 : Avenant n°7 de la DSP

