

**Réalisation d'une opération
de géothermie dans les
faciès urgoniens du
Crétacé et du Jurassique
à Vitrolles-Marignane**

**Demande d'ouverture de
travaux de forages
exploratoires**

23 mai 2020

Nom du demandeur :
GEOThERMAR



QUALITE

Référence : **DCE20007_DOT_Geothermar**

Rédacteurs	Vérificateurs
Mélanie DAVAUX Miklos ANTICS Julien GASSER DORADO	Sébastien NICOLAON

REVISION

Indice	Date	Chapitre concerné	Modification
V1	26/02/2020		
V2			
V3			

CLIENT

GEOOTHERMAR

MAITRE D'OUVRAGE

Futur Société de Projet Géothermal

DIFFUSION

Société: GEOOTHERMAR, DALKIA, JCL Consultants

1. RESUME NON TECHNIQUE

1.1. Objet du document

Le présent dossier est proposé conjointement par la Société GEOTHERMAR et le groupe NGE à travers sa filiale NGE Concessions, auxquels se joint la filiale locale de DALKIA (groupe EDF) à travers une expression d'intérêt devant trouver sa forme d'intégration.

En cohérence avec le dossier du PER Permis Exclusif de Recherches, la demande d'autorisation de travaux concerne le secteur 1 : Marignane avec l'aéroport Marseille Provence et le réseau de chaleur de la ville de Vitrolles. Dans un deuxième temps, si les caractéristiques du doublet géothermique le permettent, seront étudiés les installations d'Airbus Helicopters et l'habitat collectif de la ville de Marignane.

1.2. Principe de la géothermie

Du grec géo (terre) et thermos (chaud), la géothermie est la science des phénomènes thermiques internes de la Terre et étudie les processus industriels qui visent à exploiter sous la terre l'eau naturellement chaude afin de produire de l'électricité et/ou de la chaleur.

La terre renferme ainsi une intense chaleur (issue du soleil, de la radioactivité et de la conduction depuis le noyau terrestre) qu'il est possible de valoriser énergétiquement.

Les méthodes de forage ne font appel à aucune technique de fracturation hydraulique des terrains. Le programme consiste à atteindre le niveau géologique aquifère par des forages tubés et cimentés permettant d'isoler et protéger parfaitement tous les niveaux intermédiaires rencontrés. Ensuite, l'eau est pompée dans l'aquifère visé ; c'est tout simplement un forage d'eau, eau dont on récupère les calories avant de la réinjecter dans le même aquifère.

Les utilisations de la géothermie sont fonction du niveau de température de l'eau géothermale :

- La géothermie Très Basse Energie (TBE) : pour le chauffage des serres ou des bassins de pisciculture peut être alimentée par une eau de 10 à 30 °C ;
- Une géothermie Basse Energie (BE) : pour le chauffage des bâtiments, une eau entre 45 et 75 °C est nécessaire ;
- La géothermie Très Haute Energie (THE) : pour la production d'électricité à partir de 100 à 250 °C (volcanique).

1.3. Présentation du projet de géothermie à Vitrolles Marignane

Après avoir étudié l'ensemble des données issues de ces études et de ces travaux, il est apparu hautement probable qu'une ressource géothermique basse énergie existe dans les niveaux du Crétacé et du Jurassique.

Le permis de Recherche de Marignane et les travaux de forage afférents ont pour principaux objectifs d'apporter une ressource énergétique propre et renouvelable en complément ou en substitution dans les installations chauffage et climatisation de l'Aéroport Marseille Provence, du réseau urbain de Vitrolles et de la société Airbus Helicopters.

L'énergie géothermique sur aquifère profond fait appel à une ressource naturelle renouvelable, non polluante avec un coût maîtrisé sur le long terme.

Cette énergie procure aux utilisateurs une relative indépendance vis-à-vis des marchés pour les approvisionnements futurs et des coûts liés aux énergies fossiles.

L'intérêt pour les futurs utilisateurs de la ressource thermique ainsi constituée, est d'assurer à la fois une meilleure visibilité tarifaire à moyen et long terme, et un bilan écologique plus positif pour les sites concernés.

Ce projet est particulièrement innovant dans la région qui n'exploite aucun gîte géothermique profond actuellement. Il s'agit dans une première approche d'explorer les deux niveaux potentiels du gisement, afin d'en vérifier les principales hypothèses hydrogéologiques et thermiques : profondeur, température, débit, perméabilité, qualité de l'eau.

Cette recherche peut ouvrir un champ important d'applications dans la région, bien sûr autour de Marignane et Vitrolles, mais aussi vers Marseille Nord à partir des Pennes Mirabeau.

1.4. Autorisation préliminaire et permis de recherche

Afin de réduire les instructions administratives, la demande de PER, Permis Exclusif de Recherche est instruite simultanément à celle de la demande d'autorisation de travaux. A noter que GEOTHERMAR a déjà obtenu un premier PER en octobre 2015 dont le délai de validité est arrivé à son terme en octobre 2018. Toute cette période a permis d'approfondir un projet d'utilisation de l'énergie géothermique dans le secteur. C'est aujourd'hui sur de nouvelles bases technico-économiques arrêtées avec DALKIA qu'est bâti le projet.

1.5. Description du site de forage

Le terrain d'assise sur lequel sont envisagés les travaux se situe à proximité des installations de l'Aéroport Marseille Provence (AMP) et d'Airbus Helicopters. Les installations du réseau de chauffage de la Ville de Vitrolles sont distantes d'environ deux kilomètres (Cf. Figure 1).

Ce terrain, sis sur la Commune de Vitrolles, appartient à AMP, qui a formellement donné son accord à GEOTHERMAR pour délivrer une autorisation d'occupation provisoire jusqu'à la confirmation de la ressource, autorisation qui sera suivie d'un bail de trente années si le projet est confirmé (Cf..

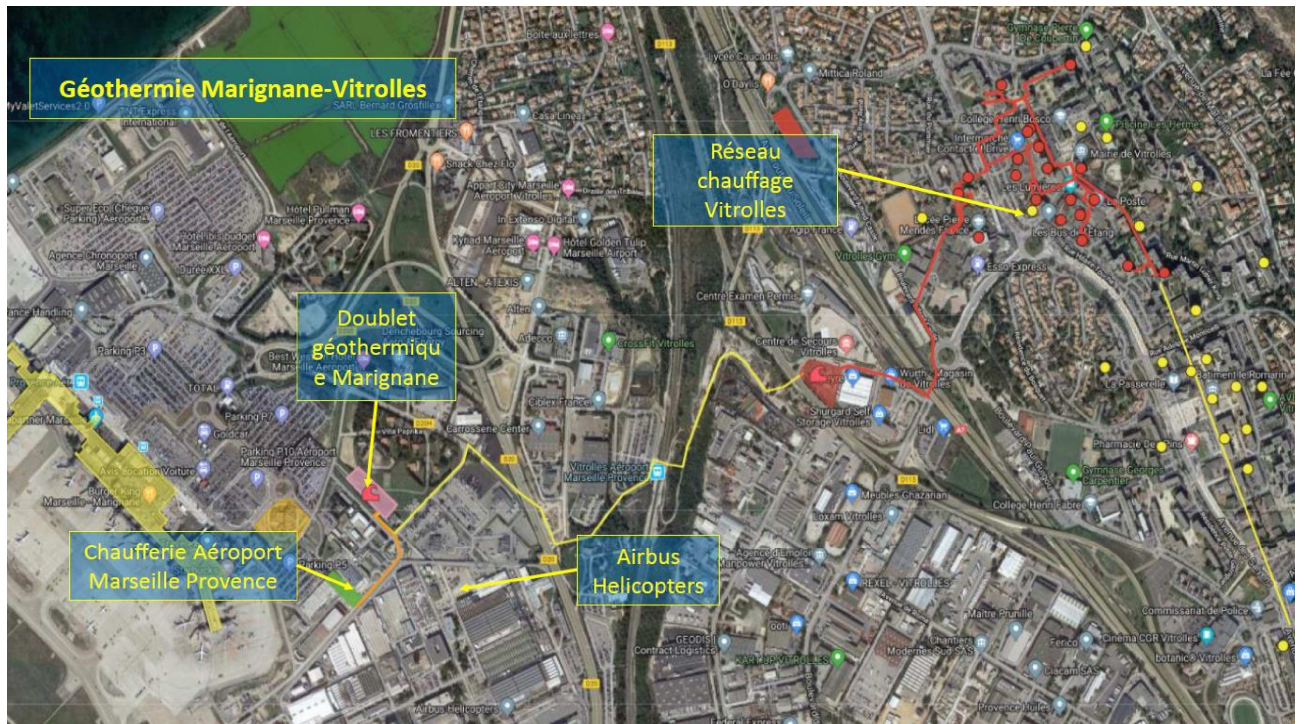


Figure 1 : Localisation du site retenu.

1.5.1. Accès au site

L'accès à ce terrain, situé au cœur d'une zone d'activités industrielles et commerciales, ne nécessite pas d'aménagement particulier impactant le domaine public.

1.5.2. Destination du site après les travaux

A l'issue des travaux des forages, une centrale géothermique pourrait être construite sur ce terrain sur une superficie de 200 à 300 m². Un accès lourd sera réservé par une servitude, permettant d'accéder aux puits pour les opérations de visite et d'entretien. L'impact visuel des ouvrages de géothermie est très limité.

1.6. Description des travaux

1.6.1. Principe du forage

Compte tenu de l'instabilité des terrains de surface il est souvent préférable de réaliser un « avant-puits » au forage. Cet avant-puits est un trou de diamètre généralement de 36/40", souvent réalisé

par la méthode de havage¹ et arrêté à la côte de refus (généralement autour de 50m). On l'équipe alors d'un tube guide en acier roulé/soudé de diamètre 30". Il permet également la protection des aquifères superficiels (eau potable).

La suite d'un forage est alors réalisée par le forage *rotary*. Cette technique 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. Le terrain foré étant totalement détruit, on parle de forage destructif. 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 mât est la superstructure métallique montée à l'aplomb du puits qui permet la manutention des tiges et soutient leur poids sa hauteur s'élève à plusieurs dizaines de mètres (Cf. Figure 2).

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 fluide de forage, appelé boue, 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.

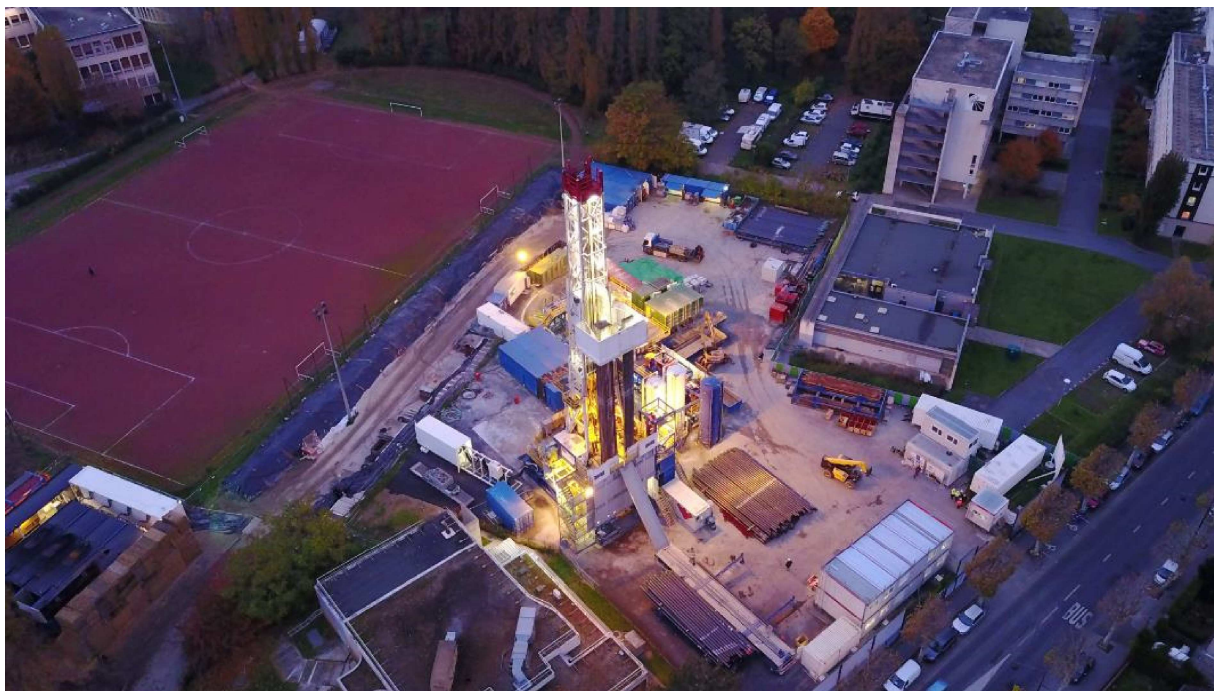


Figure 2 : vue en drone d'un site de forage en contexte urbain (Cachan, Val-de-Marne, 2018)

¹ Plus connue sous le nom de procédé *Benoto*, dans ce type de forage par curage ou havage, les tubages pénètrent dans la formation sous l'effet de leur propre poids ou sous l'action de vérins hydrauliques. Une benne « preneuse » vide progressivement l'intérieur du tubage tant que celui-ci se trouve au-dessus du niveau statique. En-dessous du niveau statique, l'emploi d'une soupape est recommandé. Cette méthode est adaptée pour des ouvrages de gros diamètre en terrains alluvionnaires (formations meubles).

1.6.2. Conception des ouvrages

Les puits sont des ouvrages très techniques mettant en œuvre les règles de l'art en la matière, à savoir tubage et cimentation sur la totalité du puits hormis la zone de l'aquifère qui reste en trou ouvert.

Les premiers objectifs consistent à caractériser les deux cibles potentielles que sont le Crétacé et le Jurassique. Pour cela un programme exploratoire des deux aquifères via deux puits géothermiques GMAR et GMAR2 a été défini. Ce programme est schématisé de façon simplifiée dans le Figure 3.

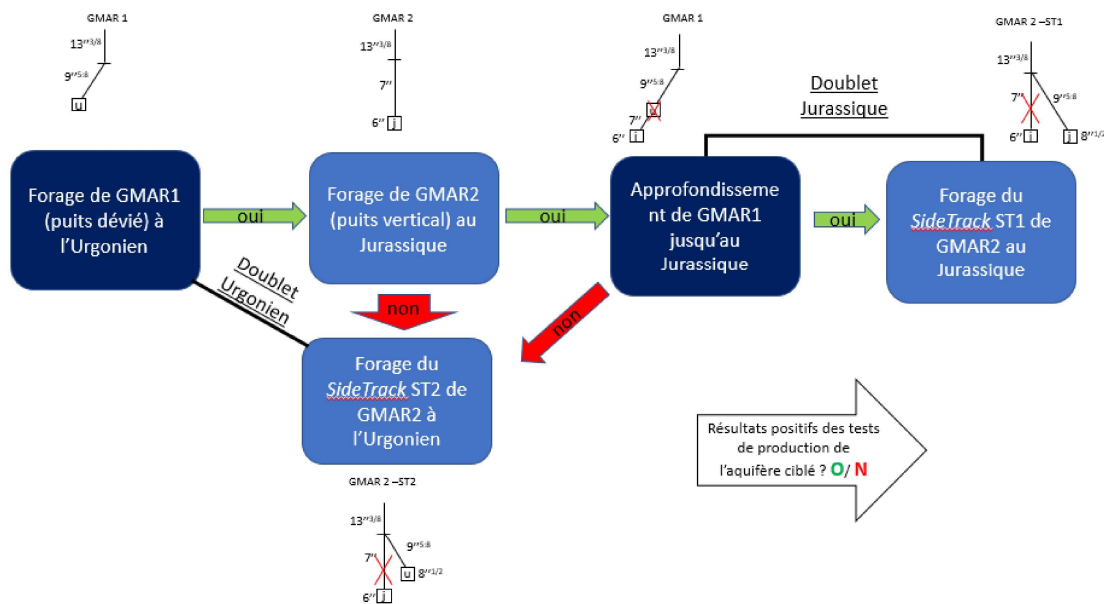


Figure 3 : schéma simplifié de la philosophie exploratoire du projet

Afin de caractériser les deux cibles (Urgonien i.e. Crétacé et le Jurassique), un premier forage dévié atteindra le Crétacé (profondeur estimée entre 1600 et 1800 mètres) et permettra de vérifier la présence d'un aquifère et d'en mesurer ses principales propriétés (température, perméabilité-débit, qualité de l'eau), mais aussi d'apprécier par une mesure de sismique réflexion la profondeur de la deuxième cible, le Jurassique. Un deuxième forage sera ensuite réalisé en vertical pour atteindre le niveau jurassique (profondeur estimée entre 2000 et 2300 mètres) et mesurer là aussi ses principales propriétés.

La réalisation de deux puits pour cette phase exploratoire permet d'écartier tout risque de mélange des aquifères. En fonction des résultats mesurés sur les deux puits, en particulier les caractéristiques température-débit, la décision sera prise d'exploiter la ressource géothermique dans le niveau crétacé ou bien dans le niveau jurassique.

Si le choix se porte sur le niveau crétacé, le puits vertical sera en partie bouché au ciment et sa partie supérieure utilisée pour réaliser un forage dévié jusqu'au niveau crétacé, avec une direction opposée au premier puits afin d'éloigner les points de prélèvement et de réinjection.

Si le choix se porte sur le niveau jurassique, le premier puits dévié sera prolongé jusqu'au niveau jurassique, le puits vertical d'exploration sera en partie bouché au ciment et sa partie supérieure utilisée pour réaliser un forage dévié jusqu'au niveau jurassique.

Le détail du programme de forage et des tests à effectuer sont présentés au point §4.3 du dossier.

1.6.3. *Budget et durée des travaux*

La durée maximale des travaux de forage est estimée à 140 jours.

Selon le doublet retenu, Urgonien ou Jurassique, le coût des travaux serait respectivement de 14 ou 11 millions d'euros. L'approche du programme de travaux s'inscrivant dans une démarche exploratoire forte visant à démontrer le potentiel géothermique de la région, une partie de ces coûts est éligible aux subventions de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

1.7. Impacts du projet

1.7.1. *Impacts sur l'environnement et mesures destinées à en atténuer les effets*

Les conclusions de l'étude d'impact environnementale de ce projet sont les suivantes :

- Durant la période de travaux, un intérêt particulier est porté à la protection du sol et du sous-sol ainsi qu'aux nuisances sonores que le chantier peut générer.
- En phase d'exploitation néanmoins ces impacts sont plus modérés et correspondent aux impacts classiques recensés dans une zone d'activité (impact visuel d'un nouveau bâtiment industriel, circulation ponctuelle de véhicule légers, etc.).

Une étude de pré-diagnostic environnemental et une étude ayant pour objet l'évaluation des impacts sur le milieu naturel des travaux de forage liés au projet de géothermie sur aquifère profond sur les communes de Marignane et Vitrolles (13) ont été réalisées par le cabinet Barbanson environnement et présentées en détail en Annexe 7 et 8. Elles démontrent un impact faible sur la faune et la flore locale.

L'ensemble de ces impacts est décrit précisément dans le chapitre 5 de ce dossier. Une synthèse est proposée dans le Tableau 1, suivant.

Il est nécessaire de rappeler le caractère vertueux d'une exploitation de géothermie, qui contribuera à terme à diminuer fortement l'empreinte écologique des installations thermiques de l'Aéroport Marseille Provence et du réseau de chaleur de Vitrolles, tous deux alimentés aujourd'hui à 100% par une énergie fossile.

Tableau 1 : Synthèse des impacts sur l'environnement du site de Marignane liés à la réalisation du projet de géothermie.

Type d'impact	Temporaire	Permanent
Sociaux économiques	Impact positif sur l'économie locale hôtellerie et restauration. Transmission de connaissance sur les enjeux de développement durable. La caractérisation de deux aquifères profonds dans la région apportera obligatoirement, quels que soient les résultats, des enseignements hydrogéologiques, mais aussi stratégiques sur la ressource en eau.	Impact favorable avec plus de 50% d'énergie renouvelable sur le réseau de chaleur. Prix de MWh diminué.
Protection du patrimoine	Le site n'est pas soumis à une servitude liée à la protection du patrimoine	
Circulation et infrastructure	<p>A l'installation et à la désinstallation du chantier (10 jours), circulation de nombreux poids lourds</p> <p>Durant le forage, on aura un trafic de véhicules légers (une dizaine de rotations par jour).</p> <p>Mise en place de signalisation et 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.</p> <p>Un document de sécurité et de santé pour préciser les modalités d'accès et de circulation sur le site.</p> <p>Informations et concertation avec les services de la voirie et les activités de la zone et la population.</p>	<p>Aucun impact des forages sur la circulation. Opérations lourdes (appareil de réhabilitation) à prévoir tous les 15 à 20 ans seulement avec de nouveaux plans de circulation à prévoir.</p> <p>Aucun impact avec les réseaux de surface. Si nécessaire, le réseau pluvial sera adapté aux contraintes du chantier.</p>

Sécurité des personnes	Chantiers interdits au public.	Site de la centrale géothermique interdit au public. Les têtes de puits seront enterrées dans des caves et recouvertes par des caillebotis métalliques.
Paysage, faune et flore	<p>Un prédiagnostic écologique a été réalisé sur l'ensemble des secteurs potentiels présentés dans le périmètre du PER.</p> <p>Le Volet Naturel d'Etude d'Impact, faune, flore, habitat (VNEI) spécifique à la zone des forages de Marignane-Vitrolles a été étudié.</p> <p>Ces deux dossiers sont joints au dossier en instruction.</p>	Têtes de puits non visibles, seules les dalles maçonnées peuvent être éventuellement être recouvertes par de la végétalisation.
Sol et eaux de surfaces	<p>L'eau des aquifères visés est probablement de bonne qualité, donc pas de risque de contamination en surface pendant les phases d'essais de pompage. Seule la température (70°C possibles dans le Jurassique) nécessitera un aménagement : mise en place de bacs équipés de géotextiles, puis rigoles et canalisation vers le réseau pluvial pour éviter tout risque d'interaction des fluides sur le terrain.</p> <p>Lors du forage contrôle permanent de la pression (densité de la boue et bloc obturateur) pour éviter toute venue incontrôlée de l'eau du réservoir.</p>	Si fuite en tête de puits présence des caves en béton de 3 mètres de profondeur pour empêcher l'eau d'être en contact avec le terrain. Capteur et contrôles effectué quotidiennement.
Risques	Aucune installation sensible recensée à proximité du site. Des aménagements seront adoptés en fonction des informations	

industriels	apportées par les DICT sollicitées avant le démarrage du chantier	
Risques naturels	Pas de risque identifié	
Visuels	<p>Pendant les travaux mât d'environ 40 m de hauteur. Balise lumineuse pour le signaler la nuit.</p> <p>Fumées et vapeurs parfois émises pendant les travaux. Utilisation au maximum de motorisation électrique pour en diminuer l'impact. Voisinage éloigné.</p>	<p>Pas d'impact des forages. La centrale sera d'une hauteur inférieure à 13 m</p> <p>L'aménagement de la centrale sera réalisé conformément aux dispositions du Plan Local d'Urbanisme afin d'intégrer harmonieusement le projet dans l'environnement urbain.</p>
Servitudes aériennes et radioélectriques	Le plafond aérien se situe à 40 mètres d'altitude. Recherche d'une machine de forage qui permette de ne pas percer le plafond, sinon demande d'autorisation auprès de la DGAC avec qui les contacts sont bien établis.	Aucun impact
Qualité de l'air	<p>Principaux rejets à l'atmosphère pendant les travaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poussières, tributaires des conditions météorologiques - Gaz d'échappement, limités par l'utilisation d'engins électriques - Gaz éventuellement présents dans les fluides géothermaux, installations obligatoires de capteurs individuels et fixes, alarmes visuelles, mise à disposition de masque et de bouteilles d'oxygènes en cas de détection. Personnel expérimenté à ces procédures (courante dans le domaine du forage). 	<p>Aucun dégagement gazeux en cours d'exploitation. Mise en place de capteur permanents dans la centrale. Réduction de plus de 10 000 tonnes de CO2/an grâce à la géothermie.</p> <p>Opération de maintenance réalisée dans les mêmes conditions de sécurité que pour le forage (tuage de l'artésianisme du puits et bloc obturateur de pression installé).</p>
Nuisances sonores	Impact sonore limité par l'utilisation possible d'un appareil de forage électrique.	Pas de bruit particulier hormis la circulation des fluides dans les canalisations des têtes de puits vers la centrale.

	<p>Réalisation préalable d'une étude acoustique ayant conduit à des optimisations de l'organisation du chantier. Nouvelle étude diligentée en cours de forage.</p> <p>Bruit ambiant existant en journée avec la présence de l'Aéroport Marseille Provence</p> <p>Engins répondant aux normes antibruit en vigueur.</p>	<p>Pour la centrale, les installations et équipements respecteront les dispositions constructives en matière d'acoustique.</p>
Réseaux existants	<p>Sollicitation ponctuelle du réseau en eau potable (environ 5 000 m3) et d'assainissement soumises à autorisation préalables.</p>	<p>Pas d'impacts hormis lors des opérations de maintenance lourdes (tous les 15 à 20 ans) Même disposition qu'en phase forage.</p>
Déchets et propreté du site	<p>Déchets industriels banals gérés par des entreprises spécialisées notamment en récupération de métaux. Boue de forage et déblais évacués par camion et traités dans un centre de traitement agréé.</p> <p>Eau géothermale lors des essais de puits est dégazée, filtrée, refroidie et stockée dans une bache de rétention avant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rejets au réseau d'assainissement (après accord du gestionnaire) - Citerne et évacuation par camion dans un centre agréé en cas d'impossibilité d'évacuation au réseau - Pour le second puits, réinjection dans le premier puits forés. 	<p>Pas d'impacts en termes de déchets. Lors des opérations de maintenance lourdes (tous les 10 à 15 ans) Même disposition qu'en phase forage pour l'eau géothermales (pas d'utilisation de boue).</p>
Aquifères profonds	<p>Recensement des ouvrages de captage existants aux abords du site</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adaptation du programme de boue relatif à la phase de forage (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 	

	<ul style="list-style-type: none"> - Principe du fonctionnement en production et injection (doublet), les eaux étant restituées à leur réservoir d'origine - Conception des puits, si nécessaire avec double tubage cimenté au droit des aquifères sensibles.
<p>Coactivités</p>	<p>Aucune coactivité connue à ce jour. Si des travaux étaient réalisés à proximité du site pendant les phases de forage, une organisation formalisée sera mise en place en coopération avec le chantier voisin.</p> <p>Pas de coactivités prévues en phase d'exploitation. Le site dispose d'accès indépendants.</p>

1.7.2. Impacts simulés de l'exploitation envisagée

La caractérisation des paramètres de réservoir sera déterminante pour valider ou non la potentialité du secteur de Marignane en vue de l'exploitation d'un projet de géothermie.

S'agissant de la percée thermique dans tous les cas de figure : pessimiste, optimiste, doublet à l'Urgonien ou au Jurassique, il n'y a pas de baisse de température significative au puits producteur (inférieur à 0.5°C), démontrant ainsi que l'espacement entre les ouvrages est suffisant pour permettre une exploitation pérenne des ouvrages sur plus de trente années.

S'agissant des impacts hydrauliques, il n'y a pas d'interférence important entre les ouvrages et dans les cas des scénarios optimistes, les rabattements peuvent être compensés par l'installation d'une pompe immergée et par le dimensionnement ad hoc des installations de surface.

Dans l'état, les architectures de puits producteur pour l'Urgonien ou pour le Jurassique, qui prévoient l'aménagement d'une chambre de pompage de profondeur 450 mètres, permet d'anticiper les abaissements du niveau dynamique au débit d'exploitation maximum.

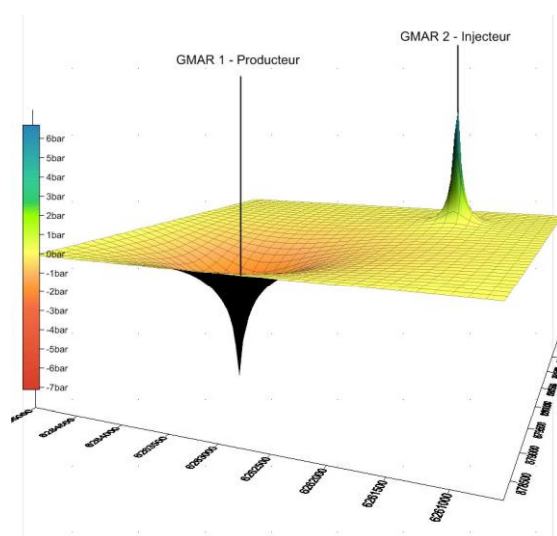


Figure 4 : rabattements simulés (bars)

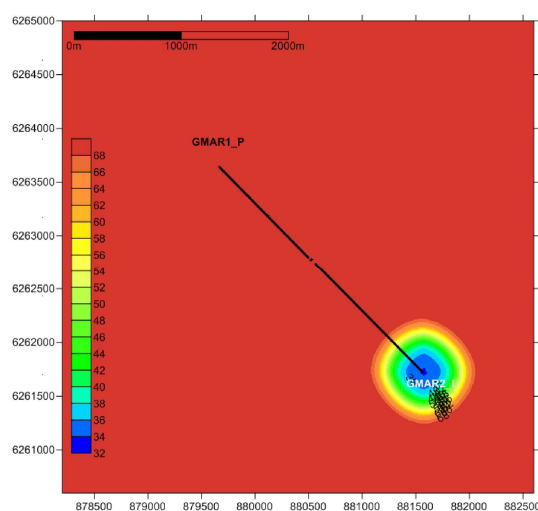


Figure 5 : températures simulées (°C)

Tableau 2 : synthèse de la demande de travaux

Objet de la demande		Dossier DOT					
Localisation du site d'implantation	Vitrolles (13127)						
	Parcelle n°23 de la feuille cadastrale Feuille 000 BC 01						
Objectif	Réalisation de deux puits d'exploration pour constituer un doublet géothermique.						
Maître d'Ouvrage	GEOTHERMAR ou Société de Projet (SdP)						
Maîtrises d'œuvre	Surface : non défini à ce stade						
	Sous-sol : non défini à ce stade						
Classification minière	Forage de gîte géothermique						
Aquifère cible/ressource sollicitée	Calcaire Urgonien de l'Hauterivien et calcaires du Jurassique						
Type d'ouvrage	Déviés						
	Les coordonnées des sommets (K, L, M, N, O, P et Q) du quadrilatère du permis de recherche sollicité sont recensées dans le tableau suivant :						
Rappel du périmètre du permis de recherche accordé (L93)	Sommet		X		Y		
	A	877523,64	6275797,07				
	L	888994,32	6274694,76				
	Ax8	890037,62	6273056,86				
	Ax7	888055,39	6268768,32				
	M	897838,06	6264319,39				
	N	898047,70	6261742,58				
	E	887253,44	6260054,19				
	O	876824,61	6259187,53				
	K	872834,62	6274226,80				
	Coordonnées des ouvrages (L93) (mNGF)		XGMAR1_L93 +/- 10m	YGMAR1_L93 +/- 10m	XGMAR2_L93 +/- 10m	YGMAR2_L93 +/- 10m	Côte (mNGF)
		Tête de puits	880528	6262780	880521	6262772	5 +/- 2m
		Toit Urgonien	880118	6263189			1655 +/- 50m
Toit Jurassique		879945	6263361	880521	6262772	2000 +/- 50m	
Toit Urgonien_ST2				881003	6262291	1655 +/- 50m	
Toit Jurassique_ST1				881228	6262067	2000 +/- 50m	
TD (Jurassique)		879695	6263609	881553	6261742	2500 +/- 50m	
Les profondeurs finales pourront être inférieures ou supérieures en fonction des résultats observés.							
Paramètres prévisionnels du réservoir	Transmissivité (D.m)		15 (± 10)				
	Salinité (g/l)		10 (± 10)				
	Température (° C)		Cible 1 : 49 (± 2) Cible 2 : 70 (± 5)				
	Porosité (%)		14 (± 5)				
Production géothermale A titre indicatif (projet d'exploration)	Débit maximal demandé 200 m³/h Température en tête de puits : 47 ± 1°C Température de réinjection minimum : 30 °C Puissance thermique maximale : 2,8 MW						

GLOSSAIRE

AFPG

Association Française des Professionnels de la Géothermie, a été créée le 15 juin 2010 à Paris. L'AFPG représente différents métiers de l'énergie géothermique en France métropolitaine et dans les DROM : foreurs, fabricant et installateurs de pompes à chaleur, gestionnaires de réseaux de chaleur, bureaux d'études, etc.

Aquifère

Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation.

On distingue :

Aquifère à nappe libre : l'aquifère reposant sur une couche très peu perméable est surmontée d'une zone non saturée en eau.

Aquifère captif (ou nappe captive) : dans une nappe captive, l'eau souterraine est confinée entre deux formations très peu perméables. Lorsqu'un forage atteint une nappe captive, l'eau remonte dans le forage (nappe artésienne).

BOP

« *Blow Out Preventer* » ou Bloc Obturateur de Puits. Mesure de sécurité pour éviter toutes venues de fluide incontrôlées en cours de forage.

Boucle géothermale

Circuit de l'eau souterraine (eau géothermale) puisée dans l'aquifère et qui y retourne. Elle cède dans la centrale ses calories à la boucle géothermique.

Boue de forage

Désigne un fluide de composition spécifique qui permet de refroidir l'outil de forage, remonter les déblais, et maintenir les parois du forage.

Caliper

Mesure du diamètre du forage et localisation de cavage ou collapse : la sonde utilisée est une sonde excentrée à un bras palpeur maintenu en contact avec la paroi du trou et reliée mécaniquement, via une crémaillère, à un potentiomètre dont la résistance varie en fonction de l'écartement du bras.

Centrale géothermique

Ensemble des équipements de surface permettant la récupération de la chaleur (énergie) contenue dans le fluide géothermal et le départ vers le circuit de distribution de l'énergie (chaleur ou électricité). La centrale comprend tous les équipements nécessaires à ce transfert (systèmes de régulation, échangeurs, pompes...). Tous ces équipements peuvent être regroupés dans un même bâtiment.

Cimentation

La cimentation d'un tubage dans un forage consiste à injecter un laitier de ciment dans l'espace annulaire entre le tubage et la paroi naturelle du forage. La cimentation a pour but de sceller le tubage aux terrains traversés ce qui permet de protéger la qualité des eaux souterraines (afin éviter le mélange d'eaux de différents niveaux et l'infiltration d'eau de surface).

Colonne de production (colonne d'exhaure)

Conduite verticale disposée dans un forage servant à pomper l'eau souterraine.

Débit d'un forage

Quantité d'eau extraite d'un forage par unité de temps exprimée généralement en m³/h.

Délégation de service public

L'ensemble des contrats par lesquels une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire public ou privé dont la rémunération est substantiellement liée au résultat d'exploitation du service. C'est une notion de droit français.

La délégation de service public est le régime le plus fréquent de gestion déléguée des services publics, la collectivité pouvant par ailleurs opter pour une gestion directe du service (on parle alors de gestion en régie).

DJU : Degré jour unifié

Les **degrés jour unifiés (DJU)**, aussi appelé « Base 18 »), permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver ou de la chaleur de l'été. Ils se divisent en **degré-jour de chauffe** et **degré-jour de réfrigération**.

Il existe deux méthodes de calcul des Dju donnant des résultats différents : une méthode dite « météo » avec calcul simple et une méthode dite « Professionnels de l'énergie » avec calcul plus élaboré (conforme à la méthode Costicréglementaire pour les marchés d'exploitation chauffage et de la climatisation à utiliser pour le suivi).

Dogger

Principal aquifère géothermique exploité en région parisienne, systématiquement par "doublets" de forages. Il se situe entre 1 500 et 2 000 mètres de profondeur et contient une eau d'une température variant en fonction de la profondeur de 65 °C à 85 °C. Le Dogger correspond à des dépôts anciens (-175 à -154 millions d'année) à dominante calcaire du Jurassique moyen. L'eau contenue dans cet aquifère est largement minéralisée (6,5 à 35 g/l).

Doublet (géothermique)

Ensemble de deux forages associés, l'un étant dédié à la production du fluide géothermique, l'autre à la réinjection du fluide refroidi dans l'aquifère d'origine. Cette configuration présente plusieurs avantages :

absence de rejets dans l'environnement (circuit en boucle fermée),

pérennité du débit hydraulique,

stabilité des pressions d'exploitation.

Drill Collar

Masse tige, tige de forte épaisseur placée au-dessus de l'outil pour encaisser les efforts de compression.

Drill Pipe

Tige de forage

Drill rig

Machine de forage

DV : Diverting Valve

Dispositif à fenêtre coulissante permettant de réaliser la cimentation d'un tubage en plusieurs passes (étages) pour limiter la pression hydraulique de mise en oeuvre. On dit aussi Differential Valve.

Échangeur de chaleur

Équipement permettant à un fluide chaud de céder sa chaleur à un fluide plus froid. Dans une pompe

à chaleur, il existe deux types d'échangeur de chaleur : le condenseur et l'évaporateur.

Essais de production

Après la réalisation d'un forage, les pompages d'essais consistent en une série de tests et mesures ayant pour objectifs :

de vérifier la capacité de production du forage (débit),

d'évaluer l'influence du futur prélèvement sur les ouvrages voisins (rayon d'influence).

Garniture de forage

La garniture de forage c'est l'ensemble des tubulaires introduites dans le puits pour assurer un avancement de sondage, dont Les principaux objectifs sont :

- Transmettre le mouvement vers l'outil de forage.
- Appliquer un poids suffisant sur l'outil
- Mesurer la profondeur exacte du puits
- Conduire les fluides du forage du surface jusqu'à l'outil
- Réaliser les opérations liées au forage (cimentation, DST, LOGGING, perforation...)

L'unité de forage est composée d'un **derrick** et d'une **garniture de forage (drill stem)**. La garniture de forage comprend les tiges de forage (**DP drill pipes**) et une partie inférieure appelée **BHA (Bottom Hole Assembly)**. La BHA comprend les **masses tiges (drill collar)**, les stabilisateurs, le moteur de fond, éventuellement un système de mesures (**MWD measurement while drilling**), une coulisse de battage, un absorbeur de chocs. Sous la BHA se trouve l'outil de forage proprement dit (trépan, tricône,..) qui sert de source sismique lors du forage.

Inhibiteur de corrosion

En traitement des eaux, désigne des produits chimiques ajoutés à l'eau qui empêchent son action corrosive sur les conduites métalliques par formation d'une pellicule protectrice sur le métal.

Niveau piézométrique

Niveau libre de l'eau observé dans un puits ou forage rapporté à un niveau de référence (repère, sol...) ; l'altitude de ce niveau est la cote piézométrique donnée par rapport au nivellement général de la France (NGF). En forage profond (géothermie), ce niveau dépend de la masse volumique, elle-même influencée par la température et la salinité de l'eau.

Perméabilité

Aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide.

Porosité

Caractéristique intrinsèque des terrains ; elle est égale au rapport du volume des vides sur le volume total de la roche, et s'exprime en pourcentage. La porosité totale d'une roche est très variable : de 1 à 50%. Plus la roche est poreuse, plus elle contiendra de l'eau. On distingue la porosité de matrice (ou d'interstice) de la porosité de fissure.

Ne pas confondre porosité et perméabilité : dans une roche poreuse, si les "vides" du terrain ne sont pas interconnectés, l'eau ne pourra pas circuler. Dans ce cas, la perméabilité est faible malgré une forte porosité.

Réseau de chaleur

Un réseau de chaleur encore appelé réseau de chauffage urbain est un ensemble de canalisations qui empruntent, en général, le sous-sol des voies publiques pour distribuer de la chaleur en milieu urbain.

La chaleur est transportée, soit sous forme d'eau chaude, soit sous forme de vapeur d'eau. Les utilisateurs se raccordent au réseau pour prélever, grâce à un échangeur, une partie de cette chaleur, puis ils la distribuent dans leurs locaux. La production de chaleur pour le réseau se fait dans des centrales importantes qui utilisent de multiples énergies telles que le fioul lourd, le charbon, le gaz, la géothermie ou la chaleur provenant de l'incinération des ordures ménagères. Il existe également des réseaux de froid qui distribuent de l'eau glacée destinée au rafraîchissement des locaux.

Rotary

Le "rotary" est une méthode de forage par rotation et broyage de la roche.

Sabot

Le sabot (ou tubage de fond ou poubelle) se trouve à la terminaison du tubage de production ou des crépines. Il est censé créer une zone morte du point de vue de la circulation en cas de pompage ou d'injection. Il permet la sédimentation de particules, et la mise à l'écart de la circulation des objets qui tomberaient malencontreusement dans la colonne.

Side Track

Reprise en déviation d'un forage

TAI (Tube Auxiliaire d'injection)

Ligne d'inhibition en fond de puits.

Temps de percée thermique d'un doublet

Le temps de percée correspond à l'instant où la température des eaux pompées au puits de production est impactée par la température plus basse des eaux réinjectées dans l'autre puits.

Transmissivité

Paramètre qui régit le débit d'eau qui s'écoule par unité de largeur de l'aquifère, sous l'effet du gradient hydraulique ; elle dépend de l'épaisseur de l'aquifère et de sa perméabilité. La transmissivité permet d'évaluer le débit que peut capter un forage.

Tube guide ou cuvelage

Le tube guide est dans presque tous les cas nécessaires et peut être défini comme le tube qui isole tout le puits des terrains encaissants et qui durant les opérations contient le fluide de forage.

Tubage intermédiaire et tubage de production

Le tubage intermédiaire est facultatif et peut être défini³ comme « le tubage installé dans un puits après l'installation et à l'intérieur du tubage de surface et dans lequel les opérations de forage ultérieures peuvent être effectuées à l'intérieur du puits ».

Le tubage de production isole l'encaissant du système d'exploitation (pompe et tiges). Ce tubage est cimenté dans l'encaissant, du moins dans la partie basse du forage si un tubage intermédiaire est utilisé.

Le casing et le tubing sont des tuyaux normalisés par American Petroleum Institute (API) dans la spécification 5CT. Ils sont caractérisés par :

- **La géométrie du manchon de raccordement**
- **La géométrie des corps :**

Le diamètre nominal d'un casing est proposé par API 5CT. Ce dernier représente le diamètre extérieur du corps. La longueur d'un tube se mesure entre la face extérieure du manchon et le nez de filetage mâle. Cette longueur est normalisée par le API 5CT entre 7.61 et 15 m.