

FONROCHE

géothermie

DEMANDE D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERS DE RECHERCHE GÉOTHERMIQUE DE VENDENHEIM

PER DE STRASBOURG

Résumé Non Technique

Article 6, alinéa 3 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

- COMMUNE DE VENDENHEIM -

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG



SOMMAIRE

1.	LA SOCIETE FONROCHE GEOTHERMIE	7
2.	COMMUNICATION DU PROJET AU PUBLIC	9
3.	GARANTIES ET ASSURANCES	9
4.	DU POTENTIEL GEOTHERMIQUE A LA VALORISATION ENERGETIQUE.....	10
4.1	GEOLOGIE ET POTENTIEL GEOTHERMIQUE	10
4.1.1	<i>Potentiel géothermique.....</i>	10
4.1.2	<i>Précisions des connaissances du sous-sol.....</i>	11
4.2	MATURITE DE LA FILIERE DE LA GEOTHERMIE PROFONDE	13
4.3	PRINCIPE DE PRECAUTION / PRINCIPE DE PREVENTION	14
4.4	TECHNIQUES DE FORAGE	14
4.4.1	<i>Opérations de forage.....</i>	14
4.4.2	<i>Protection des aquifères et de la nappe alluviale.....</i>	17
4.4.3	<i>Nettoyage de la fissuration naturelle des formations.....</i>	20
4.4.4	<i>Gestion du risque sismique.....</i>	21
4.4.5	<i>Corrosion des équipements de puits.....</i>	23
4.4.6	<i>Le gonflement des sols</i>	23
4.4.7	<i>Radioactivité de l'eau géothermale.....</i>	24
4.4.8	<i>Effectivité de la redondance des sécurités et des surveillances.....</i>	24
4.5	EXPLOITATION DE LA RESSOURCE GEOTHERMALE	25
4.6	VALORISATION ENERGETIQUE	30
4.6.1	<i>Principe de fonctionnement</i>	30
4.6.2	<i>Le fluide organique.....</i>	31
4.6.3	<i>L'énergie de condensation.....</i>	31
4.6.4	<i>Potentiel local de valorisation thermique.....</i>	31
4.6.5	<i>Installation de surface</i>	33
5.	LES ATOUTS DU PROJET	33
5.1	L'ENVIRONNEMENT	33
5.2	BILAN ENERGETIQUE.....	35
5.3	L'ECONOMIE POUR LES CONSOMMATEURS ET LES COLLECTIVITES LOCALES	35
6.	DESCRIPTION DE LA ZONE D'IMPLANTATION DU PROJET	36
7.	ANALYSE DE L'ETAT INITIAL.....	38
8.	IMPACTS SPECIFIQUES DU PROJET ET MESURES PROPOSEES	41
9.	ETUDE DE DANGERS	43
10.	LES MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT	44

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Illustration du gradient géothermique _____	10
Figure 2 : Schéma structural au droit de Vendenheim (Fonroche Géothermie) _____	12
Figure 2 : Principaux éléments composant un Rig _____	16
Figure 3 : Appareil de forage situé à 300 m d'une école _____	17
Figure 4 : Schéma des aquifères superficiels et profonds sur le Fossé Rhéna (Fonroche Géothermie) _____	18
Figure 5 : Illustration du procédé d'étanchéification dans un forage (Fonroche Géothermie) _____	19
Figure 6 : Hauteur moyenne et direction d'écoulement de la nappe (Source : Aprona) _____	20
Figure 7 : Schéma explicatif des différentes phases de nettoyage des fissures existantes dans le réservoir (Fonroche Géothermie) _____	21
Figure 8 : Système de surveillance et de contrôle de l'activité microsismique (Fonroche Géothermie) _____	22
Figure 9 : Protocole de la gestion du risque associé à la sismicité induite (Fonroche Géothermie) _____	23
Figure 10 : Risque de radioactivité (Fonroche Géothermie) _____	24
Figure 11 Document graphique permettant d'apprécier l'insertion du projet de construction dans son environnement _____	27
Figure 12 : Technique du doublet géothermique (Fonroche Géothermie) _____	28
Figure 13 : Technique du doublet géothermique _____	29
Figure 14 : Circuit de valorisation énergétique de l'unité de production (Fonroche Géothermie) _____	30
Figure 15 Cartographie des réseaux existants _____	32
Figure 16 Intégration architecturale _____	33
Figure 17 : Position géographique du projet - parcelle chantier _____	37
Figure 18 : Schéma d'organisation en cas d'accident _____	44

LISTE DES TABLES

Tableau 1 : Effectivité de la redondance des sécurités et des surveillances.....	25
Tableau 2 : Synthèse des enjeux identifiés dans l'état initial	40
Tableau 3 : Incidence potentielle des opérations de forage.....	42

AVANT-PROPOS

La loi sur la transition énergétique a été publiée le 18 Aout 2015. C'est dans ce contexte qu'intervient l'enquête publique de la DODT de Vendenheim.

En particulier, la loi indique le choix de privilégier concomitamment l'augmentation à 32% en 2030 de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique électrique et thermique et réduire la consommation d'énergie finale de 20% à l'horizon 2030. C'est dans le cadre de ces objectifs légaux encadrant les décisions de la transition énergétique que Fonroche Géothermie développe ses projets de géothermie, contribuant à l'application des orientations énergétiques long terme de notre pays.

Fonroche Géothermie envisage de réaliser un doublet géothermique (un puits de production et un puits de réinjection) sur la commune de Vendenheim, dans le secteur de l'ancienne raffinerie de Reichstett. L'installation a pour objectif de produire de l'électricité et de la chaleur à partir d'une eau chaude circulant en boucle fermée à 350 m³/h à une température en tête de puits supérieure à 150°C.

Le présent document résume le dossier de Demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers de forage, déposé au titre 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.

Ce dossier s'inscrit dans le périmètre du Permis Exclusif de Recherche Géothermie Haute Température dit de Strasbourg délivré le 10 Juin 2013 par Arrêté Ministériel DEVR1310015A à Fonroche Géothermie.

Il se compose de six pièces :

- la qualité du déclarant (Pièce 1) ;
- le mémoire technique des travaux (Pièce 2), qui contient son propre résumé technique ;
- une étude d'impact conformément à l'article R122-5 du code de l'environnement, modifié par décret du 29 Décembre 2011 (Pièce 3) ;
- une étude d'incidence des travaux sur la ressource en eau (Pièce 4) ;
- un document de santé, sécurité (DSS) (Pièce 5) ;
- une étude de danger (Pièce 6).

Le présent Résumé Non Technique a pour objectifs :

- de décrire les intérêts du projet ;
- de décrire la zone d'implantation du projet ;

- de faire l'analyse des conséquences éventuelles sur l'environnement de la zone d'implantation des travaux de forages envisagés ;
- d'établir les mesures prises afin d'éviter ou de réduire les inconvénients ou nuisances susceptibles d'être engendrés par les travaux.

RESUME NON TECHNIQUE

1. LA SOCIETE FONROCHE GEOTHERMIE

Riche de l'expérience et de la force d'innovation du Groupe Fonroche Energie, sa filiale, Fonroche Géothermie est aujourd'hui un des principaux acteurs du développement de la filière industrielle de la géothermie profonde, ayant pour vocation la production d'électricité et de chaleur.

Fonroche Géothermie est une ETI (Entreprise de Taille Intermédiaire) française, avec des résultats positifs qui lui confèrent une capacité de financement de projet adapté au développement de la géothermie (extrait résultat 2014) :

- 97 M€ de production
- 23 M€ de capacité d'autofinancement
- 6 M€ de résultat net
- 82 M€ de capitaux propres

L'expérience d'une société est composée de ses ressources humaines, détenant le savoir faire, la méthodologie industrielle et des partenariats industriels et scientifiques.

Les équipes de Fonroche Géothermie cumulent 200 ans d'expérience de forage profond à plus de 4000 m et plus de 50 km de forages géothermiques réussis en Allemagne avec plus de 5 centrales en fonctionnement et plusieurs en construction.

En particulier, Fonroche Géothermie a une première expérience réussie dans le fossé rhénan, au travers de son partenariat sur le projet de Brühl - Allemagne, ayant réalisé avec succès un premier forage exploratoire à 3500 m pour une ressource à 160° et un débit supérieur à 350 m³/h. Le deuxième forage est prévu en 2015 pour ensuite faire les tests longue durée du doublet. La géologie du site est très proche de celle sous la région de Strasbourg.

Les 10 partenaires scientifiques français et européens de Fonroche Géothermie sont pour la plupart parmi les précurseurs de la géothermie européenne depuis plus de 40 ans.

L'expertise de Fonroche Géothermie est bâtie sur les compétences d'équipes pluridisciplinaires alliant les géosciences (géologie, hydrogéologie, géophysique), l'ingénierie de forage (architecture et trajectoire de puits profonds, conduite des opérations de forage) et l'ingénierie de surface (ingénierie thermodynamique, ingénierie de distribution d'énergie thermique, exploitation, développement commercial) en proposant une démarche totalement intégrée. Les objectifs communs sont la prospection, l'exploration et l'exploitation de gîtes géothermiques en adéquation avec le principe de cogénération associant la densité d'utilisateurs de chaleur en surface et la production d'électricité.

Fonroche Géothermie est partenaire de plusieurs projets de Recherche Industrielle, avec les acteurs majeurs académiques et industriels dont l'ambition est de développer la filière industrielle de la géothermie profonde. Ces participations permettent à Fonroche Géothermie de s'appuyer sur des compétences reconnues pour l'exploration et l'exploitation des gites géothermiques.

A titre d'exemple, Fonroche Géothermie travaille en collaboration avec des entités de renom telles que le BRGM, l'Université de Lorraine, l'Ecole des Mines de Paris, l'ENSEGID (Université de Bordeaux), UPPA (Université de Pau).

Fonroche Géothermie a investi dans sa propre société de forage "FORAGELEC SAS" avec ses partenaires industriels allemands :

- Angers' & Soehne, entreprise de forage avec 150 ans d'expérience et 50 km cumulés de puits géothermiques profonds réussis en Allemagne
- Herrenknecht Vertical, constructeur d'appareil de forage, basé à 40 km de Strasbourg et filiale du leader mondial du tunnelier. Herrenknecht gmbh a réalisé les tunnels du tram de Strasbourg.

Foragelec sera dotée d'un appareil de forage lourd (450 T) pour réaliser les opérations de forage en toute sécurité. L'encadrement opérationnel est réalisé par Anger's & Sohne, avec des chefs de chantier et chefs de poste senior (minimum 20 ans expérience). Le personnel de forage junior aura un minimum de 1 an de formation spécifique au travers du programme dédié à la géothermie que Fonroche soutient et aura le certificat de contrôle de puits. Notre partenaire spécialisé Operantis/BPS sur Pau (64) est en charge de la sélection et formation de ce personnel junior. Un superviseur HSE (Hygiène, Environnement, Sécurité) est prévu sur le chantier pour assurer le suivi des procédures relevant de la sécurité tel que demandé dans le RGIE (Règlement Général des Industries Extractives) pour le personnel intervenant sur le chantier ainsi que la surveillance environnementale.

Le gouvernement français, au travers du PIA (Programme des Investissements d'Avenir), géré par le CGI (Commissariat Général aux Investissements d'Avenir) et l'ADEME, ont fait confiance à Fonroche Géothermie pour développer la filière française industrielle de géothermie profonde, depuis la définition des milieux naturels contenant la ressource géothermale, en passant par le forage et incluant les unités de production énergétique.

Nouvel acteur industriel de la région, Fonroche Géothermie porte un intérêt majeur dans le développement des énergies renouvelables sur la commune de Vendenheim et envisage à moyen terme plusieurs projets d'unités géothermiques au bénéfice du territoire de l'Eurométropole.

2. COMMUNICATION DU PROJET AU PUBLIC

La communication vers les citoyens a débuté fin 2013, par voie de presse, et a ensuite pris diverses formes de journées d'information publiques, avec de nombreux visiteurs des communes intéressées, des réunions avec les élus et associations, des plaquettes, des articles de presses, des visites de sites.

Les éléments relatifs au projet sont déjà consultables sur le site internet de Fonroche (www.fonroche.fr/fr/activites/geothermie).

Y figurent pour le projet de Vendenheim :

- l'Avis de l'Autorité Environnementale
- le Résumé Non Technique
- la Qualité du déclarant (Pièce 1)
- le Mémoire technique des travaux de forage (Pièce 2)
- l'Etude d'impact (Pièce 3)
- les Incidences des travaux sur la ressource en eau (Pièce 4)
- le Document de Santé et de Sécurité (Pièce 5)
- l'Etude de dangers (Pièce 6)

La page web sera enrichie au fur et à mesure de l'avancée du projet.

3. GARANTIES ET ASSURANCES

Fonroche Géothermie a mis en place des assurances dédiées pour le développement de la géothermie, négociées avec les meilleurs assureurs en la matière :

- En cas de lien de causalité avéré entre un dommage et le forage, une présomption de responsabilité est pressentie, à charge de Fonroche Géothermie d'amener la preuve d'une non responsabilité, et non aux tiers ;
- Prise en charge de l'expertise en cas de sinistre ;
- Paiement de la franchise par Fonroche Géothermie dès que le sinistre est reconnu ;
- Etat des lieux préalable.

Les niveaux d'assurances sont :

- Responsabilité Civile Professionnelle (RC PRO) à hauteur de 50 M€, couvrant en particulier les risques de sismicité, de gonflement des sols et de pollution de la nappe phréatique ;
- Responsabilité Civile Maître d'Ouvrage (RC Maître D'Ouvrage (MO)) pour la période de forage et de test couvrant les tiers en particulier pour tous les risques dont ceux-ci-dessus avec un plafond de 20 M€.

4. POTENTIEL GÉOTHERMIQUE A LA VALORISATION ÉNERGETIQUE

4.1 Géologie et potentiel géothermique

4.1.1 Potentiel géothermique

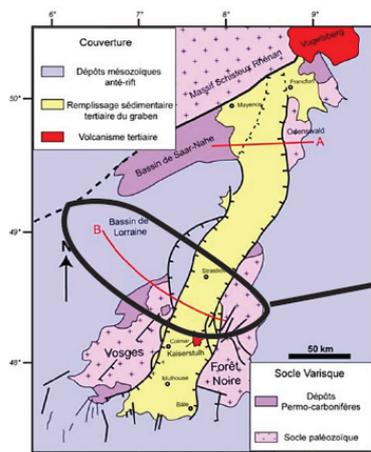
La commune de Vendenheim est placée sur un sous-sol renfermant un **potentiel géothermique conséquent** hérité de l'histoire géologique. Ce potentiel se traduit par :

- des formations profondes, offrant une température importante, due à un gradient géothermique d'environ 4,6°C/100m ;
- un réseau de fissuration naturelle propre à ces formations, contenant de l'eau salée.

Cette combinaison de facteurs privilégie le sous-sol de la commune de Vendenheim.

L'origine du gradient thermique

L'Éocène et l'Oligocène correspondent à la phase majeure d'extension du Fossé Rhénan (12 km dans sa partie sud). L'extension provoque l'amincissement crustal avec l'aide de **grandes failles** atteignant le manteau supérieur.



L'amincissement de la croûte terrestre sous le Fossé Rhénan a permis l'augmentation du gradient thermique régional.

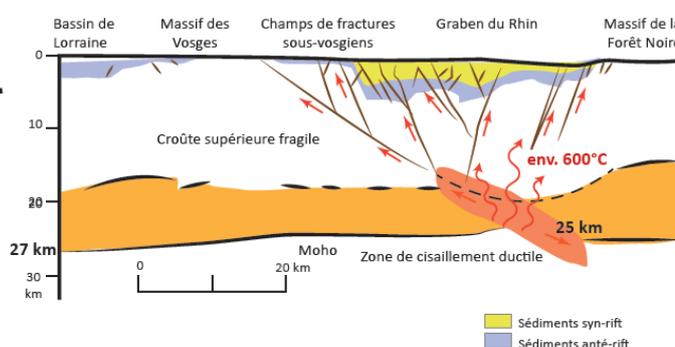


Figure 1 : Illustration du gradient géothermique

Cette eau salée, à des températures supérieures à 150°C, est contenue par trois principaux types de formations superposées présents dans le sous-sol de Vendenheim :

- les Grès du Buntsandstein ;
- les Grès du Permien ;
- le toit du socle.

Dans l'état actuel des connaissances, ces formations se situent entre environ 3400 m et 4300 m de profondeur.

4.1.2 Précisions des connaissances du sous-sol

Fonroche a entrepris des études géophysiques de détail (réinterprétation de données sismiques, gravimétriques et modélisation structurale et réservoir), l'objectif étant de préciser les cibles géothermiques avant le début du forage et la **remise du programme définitif aux services compétents de l'Etat (DREAL), qui intervient 1 mois avant le début des travaux.**

Le modèle géologique, basé sur l'état actuel des connaissances, est issu de l'interprétation géophysique et du traitement de la base de données des puits existants sur le Fossé Rhéna, à l'échelle du PER de Strasbourg.

L'image suivante donne un visuel de ce travail, résultant des modélisations itératives entre l'interprétation géophysique, les modélisations géologiques, les simulations de trajectoires de puits et les évaluations du comportement du réservoir vis-à-vis de l'exploitation géothermique par doublet.

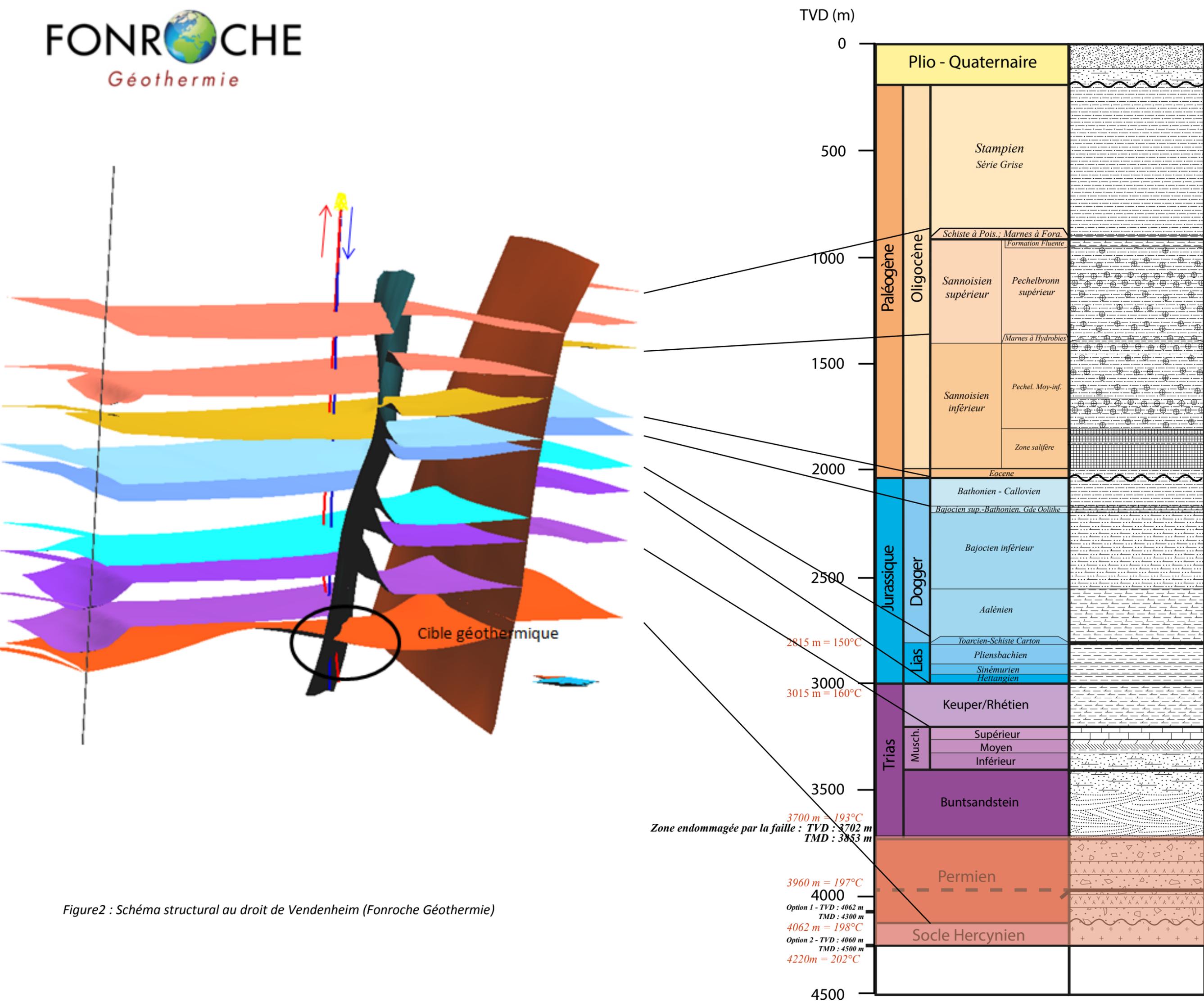


Figure2 : Schéma structural au droit de Vendenheim (Fonroche Géothermie)

Pour préciser l'ordre de profondeur, Fonroche Géothermie a réalisé au cours du printemps 2015 une importante campagne de mesures géophysiques.

La précision de la connaissance des zones ciblées est passée de 200 m près à 50 m près (2 M€ d'investissement réalisés). Cette précision a été considérée comme très satisfaisante par l'INERIS, qui est le référent risque au niveau national, en particulier pour la maîtrise des risques.

4.2 Maturité de la filière de la géothermie profonde

Les technologies et méthodes de la géothermie profonde sont maîtrisées : des projets de géothermie profonde ont abouti en France ou ailleurs dans le monde et la ressource géothermale y est exploitée.

Plusieurs centrales de géothermie profonde ont vu le jour dans le Fossé Rhénan, en Allemagne ou en Suisse. Citons par exemple Insheim, Riehen, Bruchsal...

Citons également les zones fortement urbanisées de la région parisienne et munichoise.

Les techniques de forage profond sont également des techniques éprouvées. Les forages profonds dépassant 3 000 m et pouvant aller jusqu'à 10 000 m sont nombreux dans le monde, avec notamment un forage dévié de 11 km en Russie. Au cours des Trente Glorieuses, la France a connu une vague d'exploration des hydrocarbures sur l'ensemble des bassins sédimentaires français.

Les données de puits sont mises à disposition par le BEPH (Bureau d'Exploration et des Production d'Hydrocarbure - <http://www.beph.net/>) répertoriant l'ensemble des forages pétroliers réalisés en France. Fonroche Géothermie a construit sa base de données puits à partir d'une sélection régionale des forages réalisés dans les différents secteurs présentant un intérêt géothermique. Ces données de puits apportent une connaissance précise sur la géologie et les objets structuraux rencontrés (failles, fissures), ainsi que sur les détails des forages.

Sur les 413 forages utilisés par Fonroche Géothermie :

- 189 atteignent des profondeurs supérieures à 3 000 m ;
- 137 atteignent des profondeurs supérieures à 4 000 m ;
- 87 atteignent des profondeurs supérieures à 5 000 m.

Le niveau de risque n'est pas lié à la profondeur mais à la qualité des acteurs et des méthodologies mises en œuvre. A ce titre, Fonroche Géothermie amène un savoir faire issu de l'industrie pétrolière qui sait maîtriser le forage en profondeur.

4.3 Principe de Précaution / Principe de Prévention

Le principe de précaution est défini par le "Principe selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque dans les domaines de l'environnement, de la santé ou de l'alimentation." (Vie Publique).

Ce principe est respecté puisque les différents documents du dossier de demande soumis à l'enquête publique, soit l'étude d'impact, le document de santé et de sécurité, l'étude de dangers, l'étude d'incidences sur la ressource en eau, décrivent les mesures effectives et proportionnées qui seront mises en place de manière à prévenir tout risque dans les domaines de l'environnement, de la santé ou de l'alimentation. Ces mesures définies à titre préventif viennent en complément des **techniques d'accès à la ressource bien maîtrisées, de solides connaissances scientifiques et des partenariats établis avec les institutionnels dans le cadre de projet de recherches industrielles.**

Les industriels de la filière de la géothermie profonde investissent avec les scientifiques sur l'amélioration des méthodes et outils d'exploration en amont des forages, afin d'augmenter les chances de succès commercial des forages. Les technologies de forage et de production sont parfaitement matures.

Fonroche Géothermie a dès le départ appliqué ce principe de prévention en invitant un nombre très important de scientifiques à apporter leur savoir faire pour réduire les incertitudes et participer à l'amélioration de la connaissance globale (voir le paragraphe sur "La société Fonroche Géothermie").

4.4 Techniques de forage

4.4.1 Opérations de forage

Les techniques de forage déployées sont connues et éprouvées par plus de 150 ans d'expérience, en France et dans le monde.

Le profil d'un forage de géothermie profonde dépend de sa profondeur et de l'objectif visé. Il est défini dans le programme de forage et de tubage du puits qui précise les caractéristiques des différentes phases de forage successives entre lesquelles le trou est « tubé », c'est-à-dire cuvelé par une colonne de tubes en acier. Les forages profonds comportent plusieurs phases de forage qui permettent de :

- Maintenir la stabilité du puits ;
- Isoler les aquifères de surface ;
- Isoler les couches géologiques entre elles ;
- Isoler l'intérieur du puits des couches géologiques environnantes ;

- Contrôler la pression dans le puits durant le forage, la production et les travaux de maintenance.

Ces diverses colonnes sont cimentées sur toute leur hauteur par un ciment placé entre la paroi du trou et la colonne aussitôt après la descente de celle-ci.

Ces colonnes sont constituées de tubes en acier à haute résistance, de 12 m de long, terminés par des filetages spéciaux et vissés entre eux par des manchons. Leur épaisseur est de l'ordre du centimètre.

Un appareil de forage, appelé Rig, se compose des principaux éléments décrits dans le schéma suivant :

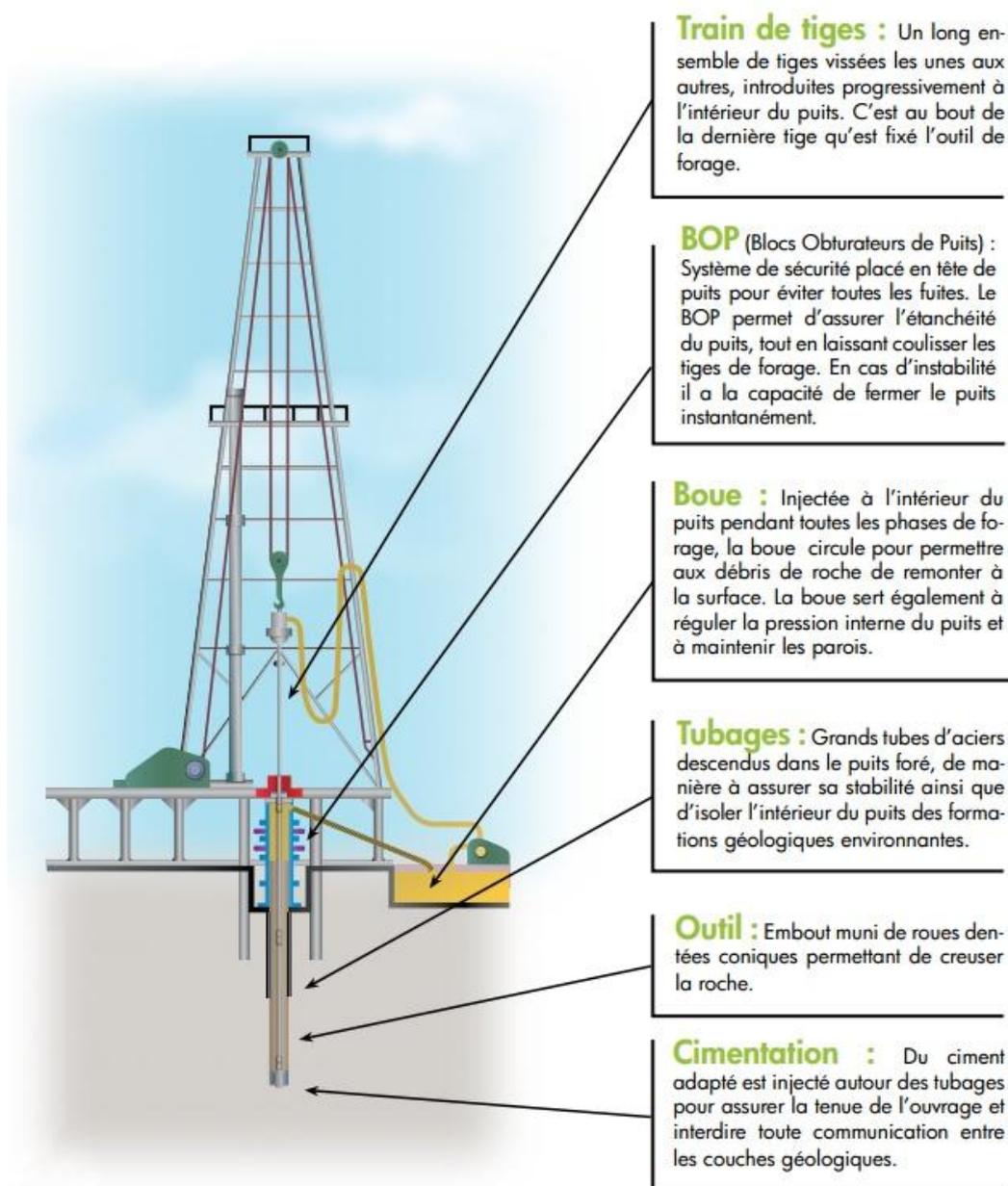


Figure 3 : Principaux éléments composant un Rig

De façon schématique, la réalisation d'un forage profond comprend tout d'abord la foration des « mort-terrains » avant d'atteindre la cible. C'est ainsi que le forage débute par un avant trou d'une profondeur de quelques dizaines de mètres (de manière générale), foré en gros diamètre puis tubé et cimenté entre le tube et la roche. Cet avant-trou permet la descente de l'outil de forage et de sa garniture, il est réalisé généralement par un atelier de forage de taille plus modeste.

Les travaux de forage peuvent ensuite réellement débuter. Ils consistent à forer dans des diamètres décroissants avec une pose de tubages en acier cimentés jusqu'à la profondeur voulue selon un programme préétabli. En phase de forage, la manœuvre principale est la descente progressive en rotation des tiges de forage dans le puits grâce au puissant treuil qui équipe le mât. Des pompes assurent l'injection permanente par l'intérieur des tiges du

fluide de forage (généralement de la boue spécialisée) dont le rôle est de lubrifier, de refroidir l'outil de forage et de remonter les déblais de forage. Cette boue est recyclée en circuit fermé grâce à un dispositif de tamisage et de décantation qui permet sa réutilisation.

La puissance nécessaire au fonctionnement des différents organes de l'atelier de forage est dispensée soit par un raccordement au réseau électrique soit par des moteurs diesels et des groupes électrogènes avant d'être distribuée sur les différents organes sous forme d'énergie électrique ou hydraulique.



Figure 4 : Appareil de forage situé à 300 m d'une école

4.4.2 Protection des aquifères et de la nappe alluviale

La protection des aquifères est une priorité pour Fonroche Géothermie.

L'eau dans les formations géologiques du Fossé Rhénan

Grâce aux failles, les aquifères profonds sont alimentés à partir des Vosges et de la Forêt Noire en Allemagne.

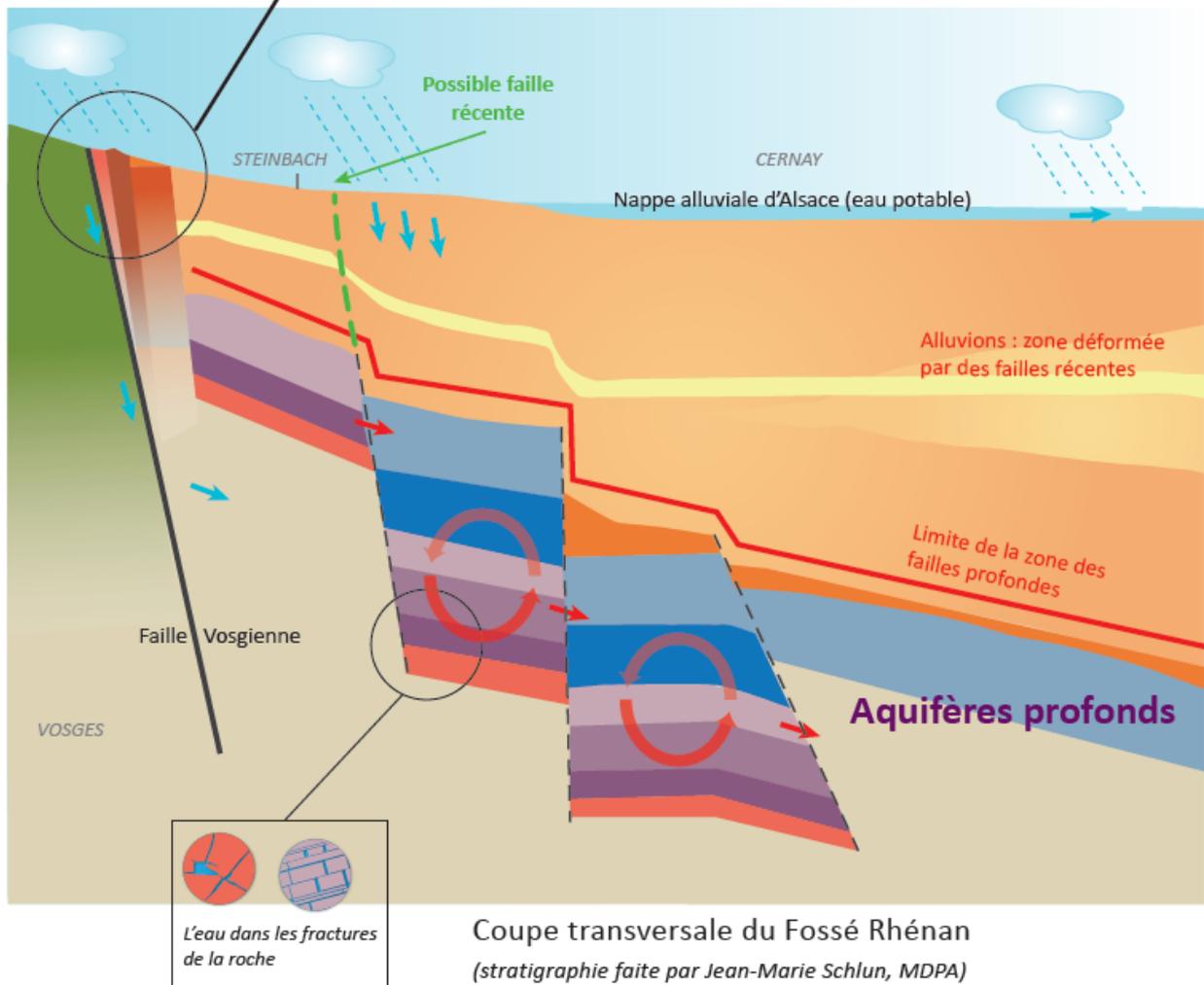


Figure 5 : Schéma des aquifères superficiels et profonds sur le Fossé Rhénan (Fonroche Géothermie)

En cours de forage, il est donc fréquent de devoir traverser un ou plusieurs niveaux aquifères avant d'atteindre les formations contenant l'eau géothermale salée. Pour éviter la contamination de ces niveaux en cours de forage et assurer la stabilité des parois du puits, celui-ci est équipé de cuvelages en acier dont l'espace annulaire avec les parois du trou est cimenté pour garantir la stabilité et l'étanchéité de l'ouvrage, notamment au regard des aquifères. Ainsi, la cible est forée après qu'elle ait été isolée des terrains sus-jacents. Les

cotes ainsi que les diamètres des tubages sont définis en fonction des études de détail puis ajustés selon la géologie traversée.

Afin d'éviter tout échange entre l'eau salée géothermale, les eaux des autres nappes profondes et l'eau de la nappe alluviale, le puits sera pourvu, dans sa partie supérieure, de 6 couches d'étanchéité, soit 3 tuyaux en acier emboîtés (voir schéma ci-dessous). On les appelle des cuvelages, étanches et isolés du terrain par 3 gaines de ciment adaptées et injectées sur toute la hauteur. Cela crée ainsi des gaines étanches multicouches jusqu'à l'entrée dans la formation contenant l'eau géothermale salée visée.

Les matériaux sont spécialement sélectionnés pour résister à la salinité de l'eau géothermale ainsi qu'aux fortes différences de températures pouvant être générées par l'exploitation géothermale.

Zoom sur la protection des nappes de surface

C'est entre 0 et 100 m de profondeur que se trouve l'aquifère alluvial contenant la nappe phréatique d'Alsace. Sur l'ensemble de cette zone, une isolation renforcée sera mise en place afin de protéger les nappes et d'éviter toute contamination.

Six couches d'étanchéité dont 3 d'acier et 3 de ciment.

Cimentation continue depuis la surface, jusqu'à la zone réservoir.

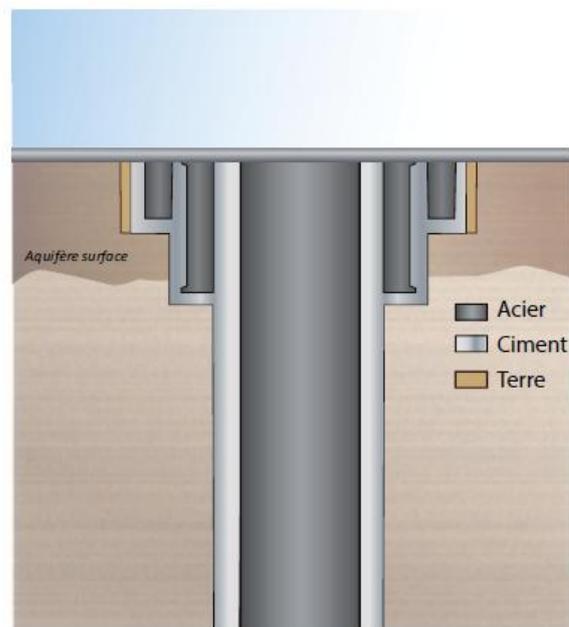


Figure 6 : Illustration du procédé d'étanchéification dans un forage (Fonroche Géothermie)

Un soin particulier sera porté sur le suivi quantitatif et qualitatif de la nappe, par deux piézomètres, en amont et en aval du site d'exploitation géothermique. En parallèle, la pression et le débit sont mesurés de façon permanente sur les têtes de puits de l'exploitation. Si le débit et la pression diminuent, un seuil d'alerte est déclenché entraînant des mesures de conductivités, de pH dans les piézomètres de contrôle de la nappe alluviale.

Une barrière hydraulique par pompage a été mise en place par les exploitants historiques du site pour intercepter les eaux polluées par le contact avec le sol de la raffinerie. Cette barrière hydraulique engendre la déviation des lignes d'écoulement, crée une dépression hydraulique (zone de drainage), ce qui empêche toute propagation de la pollution historique et de surcroît crée une redondance de sécurité.

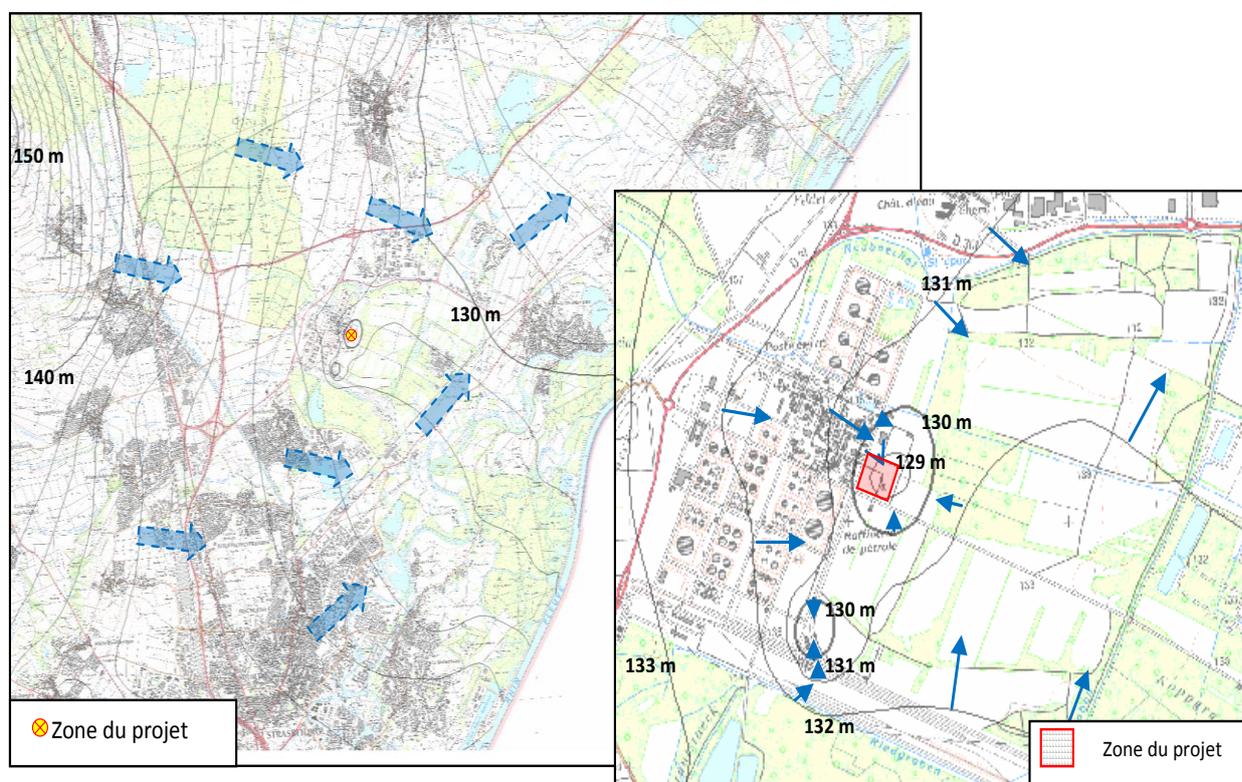


Figure 7 : Hauteur moyenne et direction d'écoulement de la nappe (Source : Aprona)

4.4.3 Nettoyage de la fissuration naturelle des formations

Fonroche Géothermie s'engage à ne pas réaliser de fracturation hydraulique pour réaliser les tests des réservoirs. Pour atteindre ses objectifs en terme de débit ($350 \text{ m}^3/\text{h}$), Fonroche Géothermie procèdera par une méthode douce de nettoyage de la fissuration existante naturellement dans les formations contenant l'eau géothermale salée, avec l'aide éventuelle d'acide biodégradable en faible quantité. Il est dosé par étape de façon à réagir complètement avec les éléments à dissoudre. Il ne reste pas d'acide résiduel dans le circuit

Cette méthode est connue historiquement pour être déployée dans l'exploitation et la gestion des nappes d'eau potable. Elle permet de dissoudre les éléments colmatants les

fissures naturelles qui permettent à l'eau chaude de circuler. La perméabilité des fissures existantes en sera améliorée sans qu'aucune nouvelle fracture ne soit créée. La sismicité induite sera ainsi très faible et contrôlée.

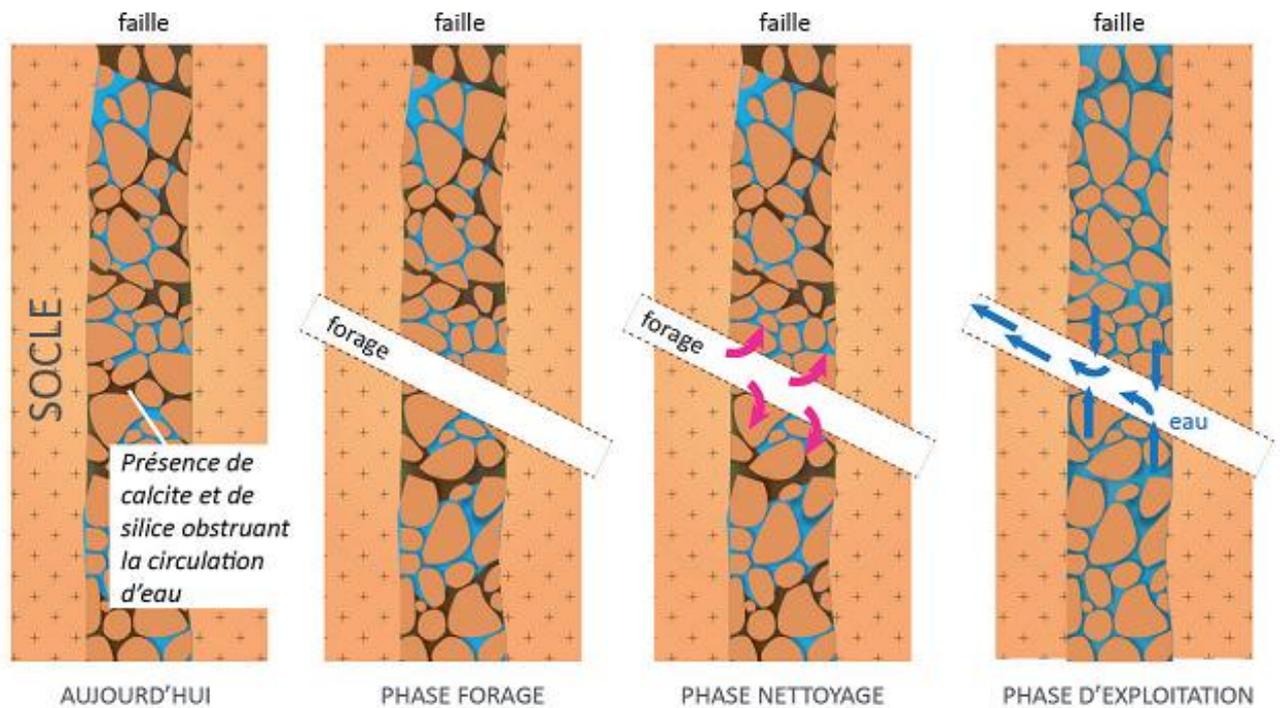


Figure 8 : Schéma explicatif des différentes phases de nettoyage des fissures existantes dans le réservoir (Fonroche Géothermie)

4.4.4 Gestion du risque sismique

Les microséismes sont permanents dans le Fossé Rhénan comme dans d'autres régions de France pour lesquelles une activité sismique naturelle existe. La mise en production des réservoirs générera aussi de la micro sismicité. En revanche, nous avons l'obligation de prendre toutes les précautions afin que cette micro sismicité ne provoque aucun dégât et reste maîtrisée. A cet effet, le seuil d'alerte avec suspension des opérations qui est retenu est celui où la sismicité commence à être ressentie soit une magnitude de 2 sur l'échelle de Richter, qui comporte 8 seuils. Le seuil provoquant des dégâts est supérieur à 3,5 soit 50 fois plus élevé que le seuil d'alerte de magnitude 2.

Les méthodes de mise en production de la ressource géothermale utiliseront des pressions en dessous de 100 bars, soit très largement inférieures aux forces mécaniques assurant la stabilité des failles naturelles dans les zones cibles de notre demande de permis. Le respect de cette pression d'injection sera contrôlé en cours d'opération par la DREAL.

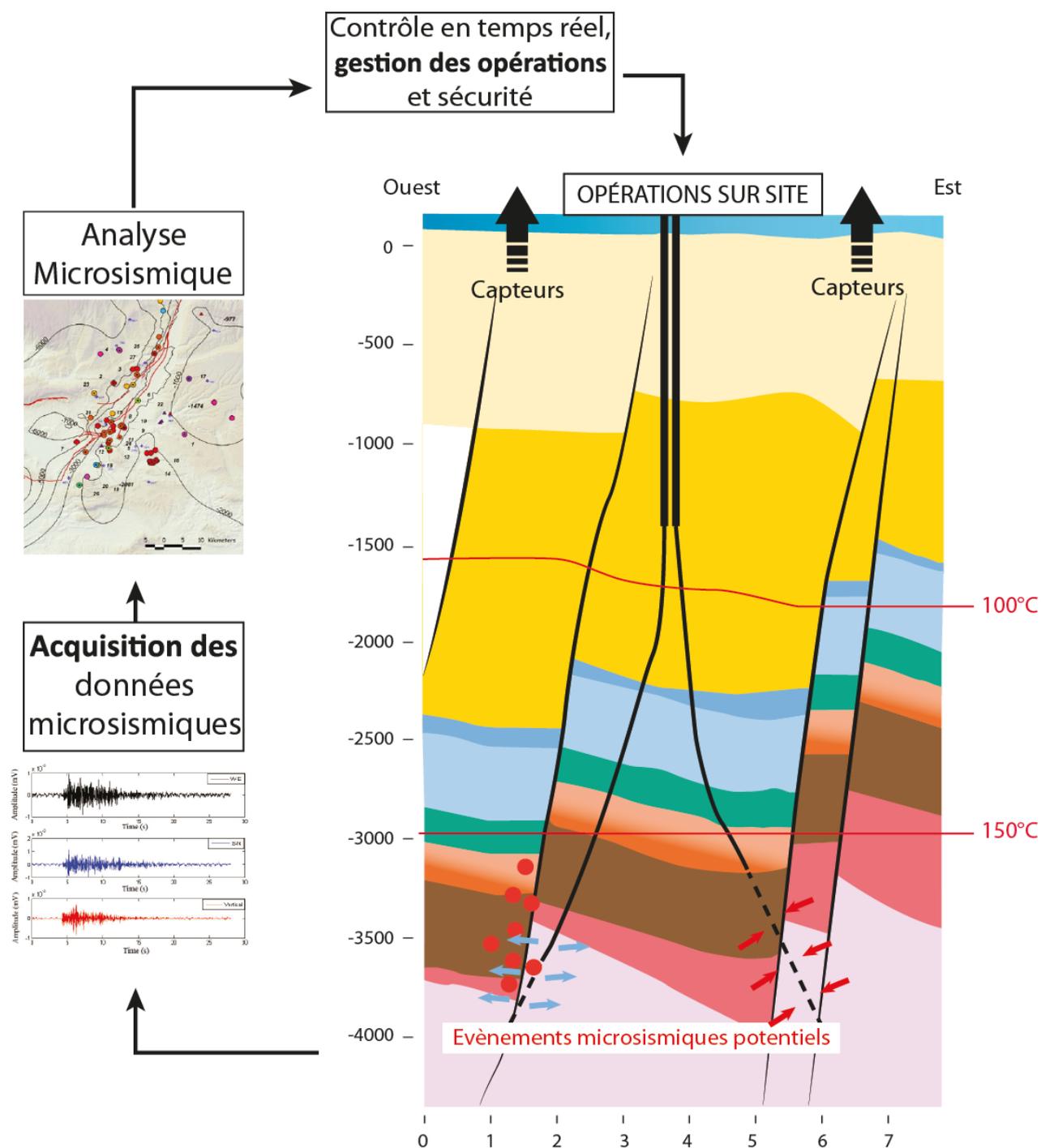


Figure 9 : Système de surveillance et de contrôle de l'activité microsismique (Fonroche Géothermie)

Ce système de suivi de la sismicité, sera constitué d'un réseau de géophones (appareils disposés en surface permettant d'enregistrer l'activité sismique) capable de détecter des micro-sismicités de magnitude 0, soit 100 fois plus sensible que le ressenti humain (magnitude 2) et sera opérationnel avant, pendant et après le forage. Il permettra de prévenir le risque de sismicité lié au forage en enregistrant précisément l'activité liée à ce dernier.

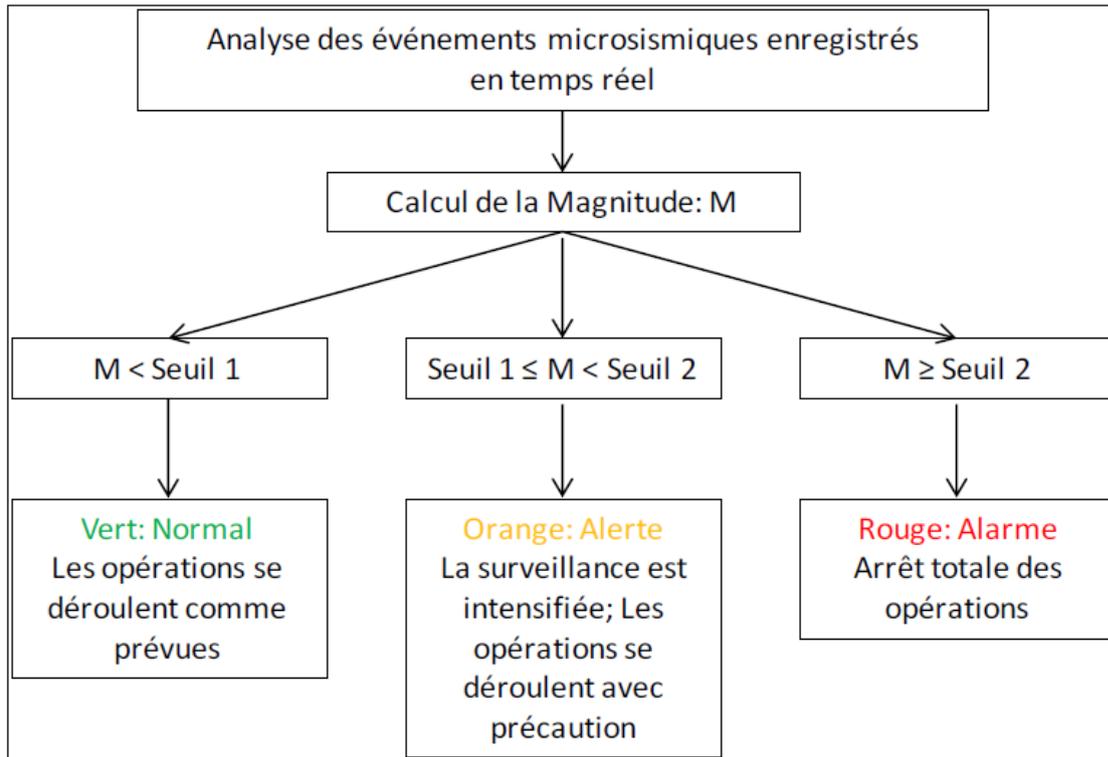


Figure 10 : Protocole de la gestion du risque associé à la sismicité induite (Fonroche Géothermie)

Un tiers expert, le RÉNASS, contrôlera les relevés d'un géophone de référence, dont les données sont publiques et informera la DREAL en cas de dépassement. La population sera informée au préalable des opérations de test du puits après forage susceptibles de générer une activité sismique maîtrisée.

4.4.5 Corrosion des équipements de puits

La corrosion des équipements de puits est contrôlée par un témoin en surface et par les contrôles qui seront réalisés tous les 5 ans en production et tous les 3 ans en injection.

4.4.6 Le gonflement des sols

Les zones à anhydrites sont identifiées et profondes. Les mesures opératoires permettent de prévenir l'impact négatif de leur gonflement, en forage et après cimentation. Une surveillance du niveau du sol sera installée par GPS et contrôlée par le RÉNASS.

4.4.7 Radioactivité de l'eau géothermale

Dans le FAQ réalisé par Fonroche Géothermie, la question soulevée sur la radioactivité potentielle de l'eau géothermale a été précisée.

Il y a-t-il des risques de radioactivité ?

La microradioactivité présente dans les eaux géothermales provient de la **radioactivité naturelle des formations rocheuses en profondeur** et la possible présence d'un gaz appelé radon. Le niveau de radioactivité de cette eau géothermale **est très faible**, (en-dessous des normes définies pour les eaux potables, et limitée aux alentours de la tête de puits à quelques mètres).

Au sein de l'unité de géothermie, les zones à risques seront signalées en bleu et interdite au personnel non autorisé. **Un suivi de la radioactivité des installations et des mesures de radioprotection seront mis en place pendant les travaux et durant la vie de l'unité** par FONROCHE Géothermie et par les organismes publics de contrôle.

L'eau géothermale est intégralement réinjectée après avoir traversé l'échangeur. Les éventuels dépôts radioactifs solides isolés dans les filtres lors des opérations de maintenance seront évacués en centre de traitement agréé.

Les valeurs de radioactivités observées à la centrale géothermique de Soultz –sous-Forêt sont les suivantes :

- 17.5 µSv/h (*microsievert par heure*) pour la dose de « contact » maximale rencontrée.
- 1.78 µSv/h pour la dose « ambiante » minimale rencontrée.

Ce tableau vous présente des exemples de différentes doses radioactives communes (Cuenot et al., 2013).

ORIGINE DE LA RADIATION	DOSE REÇUE
Radiations cosmiques	0.31 mSv/an (moyenne en France)
Radiations telluriques	0.60 mSv/an (moyenne en France)
Exposition au radon	1.5 mSv/an (moyenne en France)
Vol Paris-New York	0.02 mSv
Radiographie thoracique	0.05 mSv
Scanner thoracique	5.7 mSv
Scanner abdominal	12 mSv

Figure 11 : Risque de radioactivité (Fonroche Géothermie)

Toutefois, si radioactivité il y a, elle sera gérée par une protection des travailleurs auprès des conduites de surface ainsi que par une procédure de gestion des déchets radioactifs classique sous contrôle de l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs).

4.4.8 Effectivité de la redondance des sécurités et des surveillances

Les systèmes de contrôle et de surveillance mis en place par Fonroche Géothermie sont communiqués et expertisés par des tiers (DREAL, RÉNASS et/ou indépendants). Ces systèmes couvrant les risques liés aux opérations présentent une redondance assurant la maîtrise complète de ces risques par l'opérateur.

Le tableau ci-dessous représente cette redondance :

	Gestion du risque					Contrôle par un tiers
	<i>Pollution de la nappe</i>	<i>Microsismicité</i>	<i>Corrosion</i>	<i>Gonflement des sols</i>	<i>Radioactivité</i>	
<i>Surveillance piézométrique</i>	X		X			X
<i>Contrôle en continu des pressions et débit en tête de</i>	X					X
<i>Contrôle de l'étanchéité des cuvelages par mesures</i>	X		X			X
<i>Surveillance microsismique</i>		X		X		X
<i>Techniques d'acidification douce</i>	X	X				X
<i>Dimensionnement des forages</i>	X	X	X	X		X
<i>Suivi de la radioactivité</i>					X	X
Redondance des systèmes de suivi et de protection	5	3	3	2	1	

Tableau 1 : Effectivité de la redondance des sécurités et des surveillances

4.5 Exploitation de la ressource géothermale

En octobre 2010, le suisse Petroplus Holding AG, propriétaire de la majorité du capital de la raffinerie de Reichstett, a annoncé sa décision de cesser, faute de repreneur, toute activité de raffinage du site. Au sud-ouest de la zone d'implantation possible du projet, se situe une reprise partielle de la raffinerie à des fins de stockage. La société Brownfields a récemment été retenue pour réhabiliter le reste du site et lui donner une nouvelle vocation, au travers du projet dénommé EcoParc Rhénan

L'Eurométropole de Strasbourg, et ses élus, ont affirmé une volonté de reconvertir le site de l'ancienne raffinerie Pétroplus de Reichstett, en un site d'activités, vertueux et intégrant les valeurs du développement durable.

L'EcoParc Rhénan a vocation à devenir le futur pôle d'activités Nord de l'agglomération strasbourgeoise.

L'EcoParc Rhénan est développé autour d'un axe principal reliant le rond point Ouest (entrée actuelle de la Raffinerie) au rond point Nord. Cette articulation permet d'irriguer des tènements fonciers allant de 2.500 m² (PME/PMI) jusqu'à près de 35 ha d'un seul tenant (Industrie/logistique). La réalisation de cet axe structurant s'accompagnera également de la réalisation d'amorces permettant le développement des terrains de réserve économique détenus par l'Eurométropole de Strasbourg.

Doté d'un traitement paysager favorisant les espaces naturels le développement de cheminements doux, il a été choisi d'élaborer une charte architecturale et paysagère soignée, permettant aux entreprises d'évoluer dans un cadre de vie privilégié

Extrait de la délibération du 28 Novembre 2014 de l'EuroMetropole concernant cette reprise du site : « Des enjeux majeurs pour la métropole et pour la région. Le devenir du site de la raffinerie constitue un enjeu majeur, principalement à deux titres, pour l'agglomération strasbourgeoise, et plus largement pour l'ensemble de la région :

- des enjeux environnementaux et de santé publique : le démantèlement et le désamiantage des installations, puis la dépollution des sols et de la nappe phréatique, sont des impératifs pour préserver la qualité de l'air et la ressource en eau potable, tant pour la consommation directe des habitants que pour l'activité économique voisine qui en dépend,

- un enjeu économique : le site très vaste, bien desservi par la route et le fer, constitue une opportunité exceptionnelle pour développer une nouvelle zone d'activités répondant à la croissance des entreprises locales et aux besoins d'implantation des entreprises exogènes. Sa vocation économique s'inscrit au cœur de la stratégie de développement économique du futur PLU intercommunal en cours d'élaboration. »

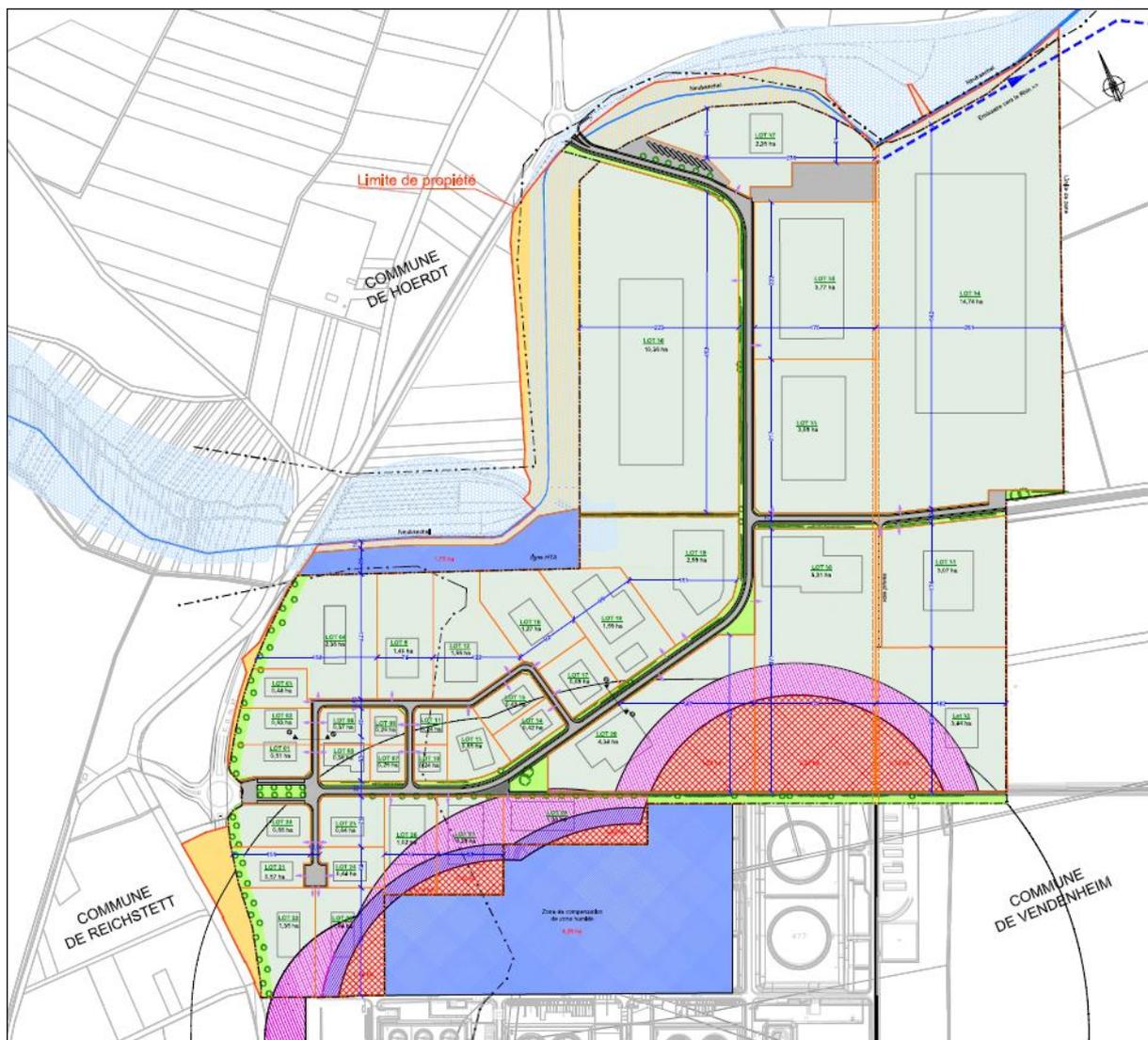


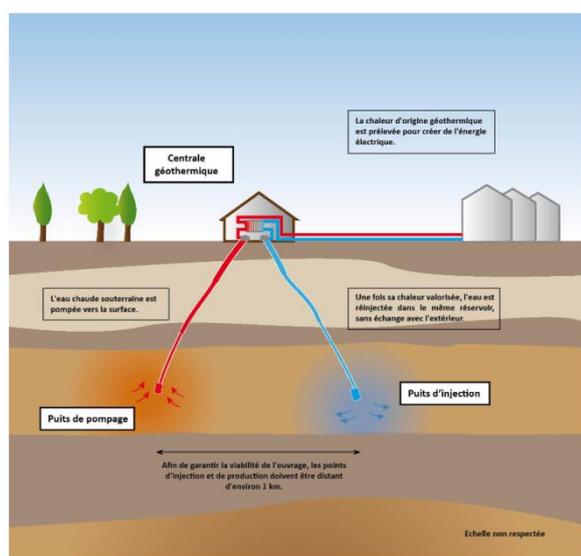


Figure 12 Document graphique permettant d'apprécier l'insertion du projet de construction dans son environnement



Le projet de géothermie profonde de Fonroche Géothermie sur cet emplacement est en parfaite synergie avec cette volonté du territoire car il permettra de substituer une énergie renouvelable qui profitera localement aux nouveaux sites, et également aux quartiers à proximité (projet Éco quartier ...). L'exploitation de la ressource géothermale est un atout pour le développement de L'EcoParc Rhénan.

Fonroche Géothermie a pour objectif final d'exploiter un gîte géothermique à haute température fonctionnant sur le principe du doublet géothermique et produisant de l'électricité et de la chaleur. Un premier puits producteur prélève dans les zones profondes naturellement fissurées de l'eau chaude pompée vers la surface, à une température supérieure à 150 °C avec des débits suffisants. L'eau refroidie est réinjectée, au moyen d'un second puits dans le réservoir exploité, à une température de 60°C environ.



Exemple d'un doublet géothermique (Thermogis)

Technique du doublet géothermique

- un forage de prélèvement,
- un forage d'injection,
- une centrale électrique.

La démarche industrielle portée par Fonroche Géothermie est de produire de l'électricité et de l'énergie thermique. Elle utilisera la technique du doublet géothermique.

Cette technique a été consolidée depuis une dizaine d'années dans le monde entier (Allemagne, Italie, États Unis, Islande).

Figure 13 : Technique du doublet géothermique (Fonroche Géothermie)

Cette eau géothermale circule donc en boucle fermée et délivre ses calories en surface au travers d'un échangeur avec le cycle thermodynamique produisant l'électricité, il n'y a aucun échange de matière entre l'eau géothermale et l'unité de production énergétique en surface.

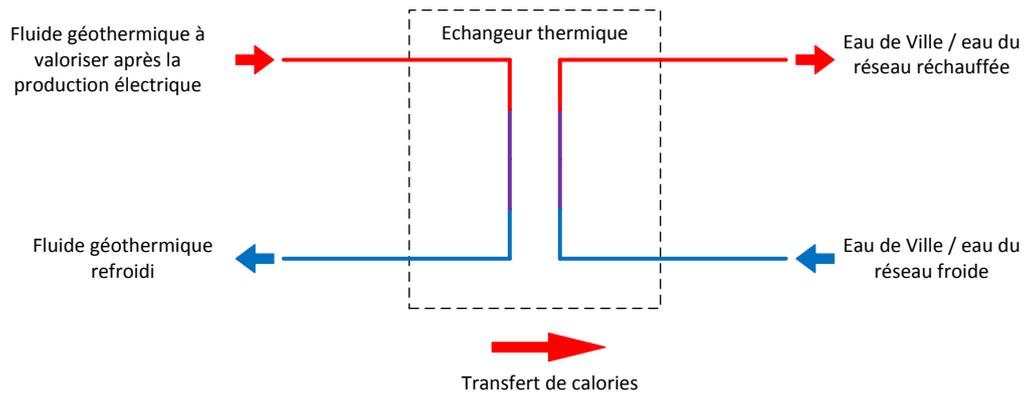


Figure 14 : Technique du doublet géothermique

Les minéraux contenus dans cette eau sont les constituants naturels de la roche, qui sont à l’affleurement dans les Vosges. Cette eau est proche de celle utilisée dans les stations thermales environnantes.

4.6 Valorisation énergétique

4.6.1 Principe de fonctionnement

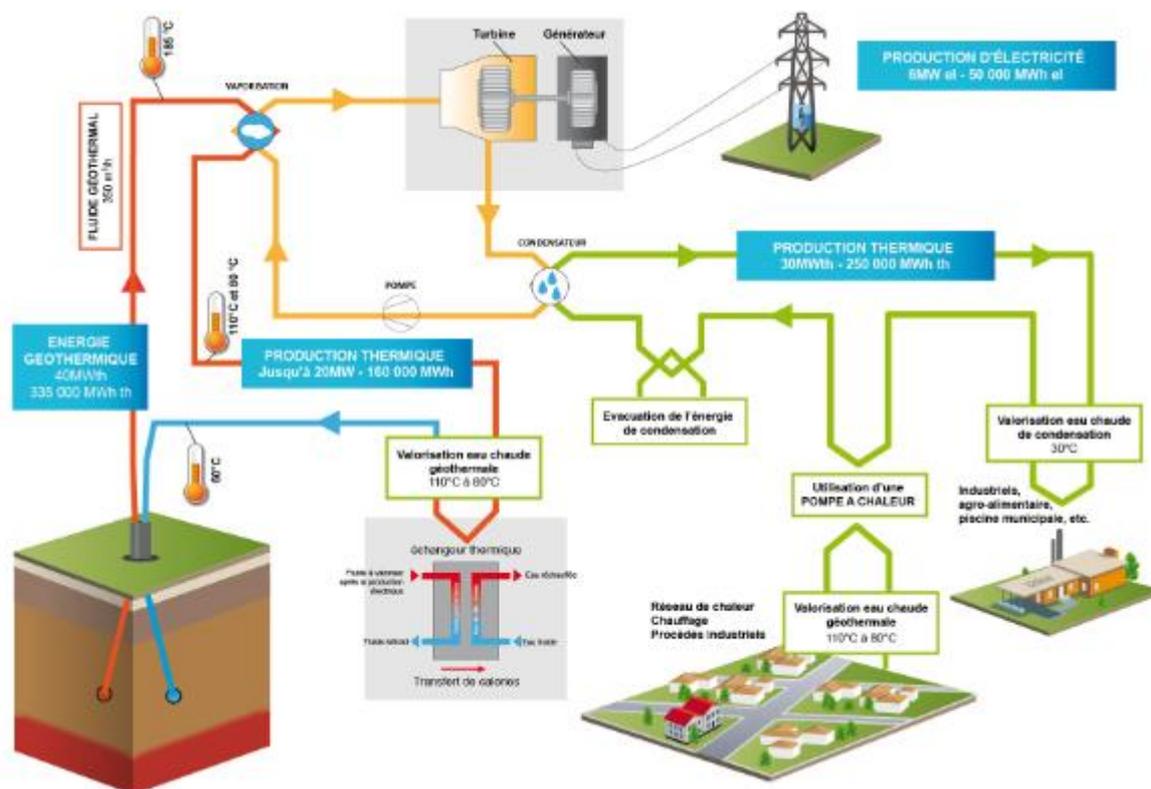


Figure 15 : Circuit de valorisation énergétique de l'unité de production (Fonroche Géothermie)

Une unité de cogénération géothermique est constituée de 3 circuits énergétiques fermés distincts :

- La boucle géothermique (en rouge et bleu) : assure le transfert de l'énergie thermique d'origine géothermale depuis les formations profondes contenant l'eau géothermale salée, aux équipements de valorisation énergétique (échangeurs) : électrique et thermique à haute température (entre 110°C et 80°C).
- La boucle du cycle thermodynamique ORC (en orange) : Ce système, par une succession de transformations subies par le fluide organique circulant dans la boucle, assure le transfert de l'énergie thermique géothermale :
 - o à l'échangeur (évaporateur) en énergie mécanique (turbine) puis électrique (générateur) d'une part,
 - o à l'échangeur (condensateur) en énergie thermique à basse température à 30°C, d'autre part. Cette énergie est fatale, car elle est nécessairement évacuée de la boucle pour permettre la production d'électricité.

- La boucle de valorisation de l'énergie de condensation (en vert) soit directement, par des utilisations basses températures (serres maraîchères, piscines, piscicultures, chauffage très basse température), soit indirectement par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur pour élever le niveau de température valorisable, soit, et en dernier recours, à évacuer dans l'environnement (refroidissement par eau ou par air)

Pour résumer, trois énergies sont valorisées à partir de l'énergie géothermique :

- Une énergie électrique injectée sur le réseau local de distribution
- Une énergie thermique haute température valorisable directement (chauffage collectif ou besoins industriels)
- Une énergie thermique fatale et basse température valorisable soit directement, soit indirectement

4.6.2 Le fluide organique

Le fluide Organique utilisé dans le circuit fermé du cycle ORC est le R245fa. Il est, dans les conditions d'exploitation, ni explosif, ni inflammable.

4.6.3 L'énergie de condensation

Dans le cas où la valorisation de l'énergie de condensation n'est pas totale, il faut prévoir un système pour refroidir le cycle ORC.

Le site de Vendenheim présente l'avantage d'avoir des installations de pompage de l'eau de la nappe phréatique pré existantes. Elles sont utilisées pour, d'une part maîtriser les inondations par submersion naturelle, et d'autre part, contenir la pollution du site liée à son ancienne activité de raffinerie. Cette eau pompée est ensuite évacuée via un émissaire qui se jette dans le Rhin, au sud de Gambenheim.

Afin de préserver ces protections, Fonroche prévoit de prendre à sa charge ces pompages afin de récupérer l'eau. Cette solution offre le meilleur compromis de performances énergétiques et de retombées environnementales positives.

Une étude est actuellement en cours pour valoriser l'énergie thermique évacuée localement au niveau du Rhin.

4.6.4 Potentiel local de valorisation thermique

Le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg représente une formidable adéquation entre un potentiel géothermique favorable, et un bassin riche de consommateurs d'énergie thermique.

En addition à l'offre d'énergie thermique sur le site de l'EcoParc Rhéнан, le projet de géothermie de Vendenheim offre la possibilité de se connecter à des réseaux existants, ou en cours de réalisation, par l'intermédiaire de diverses opportunités.

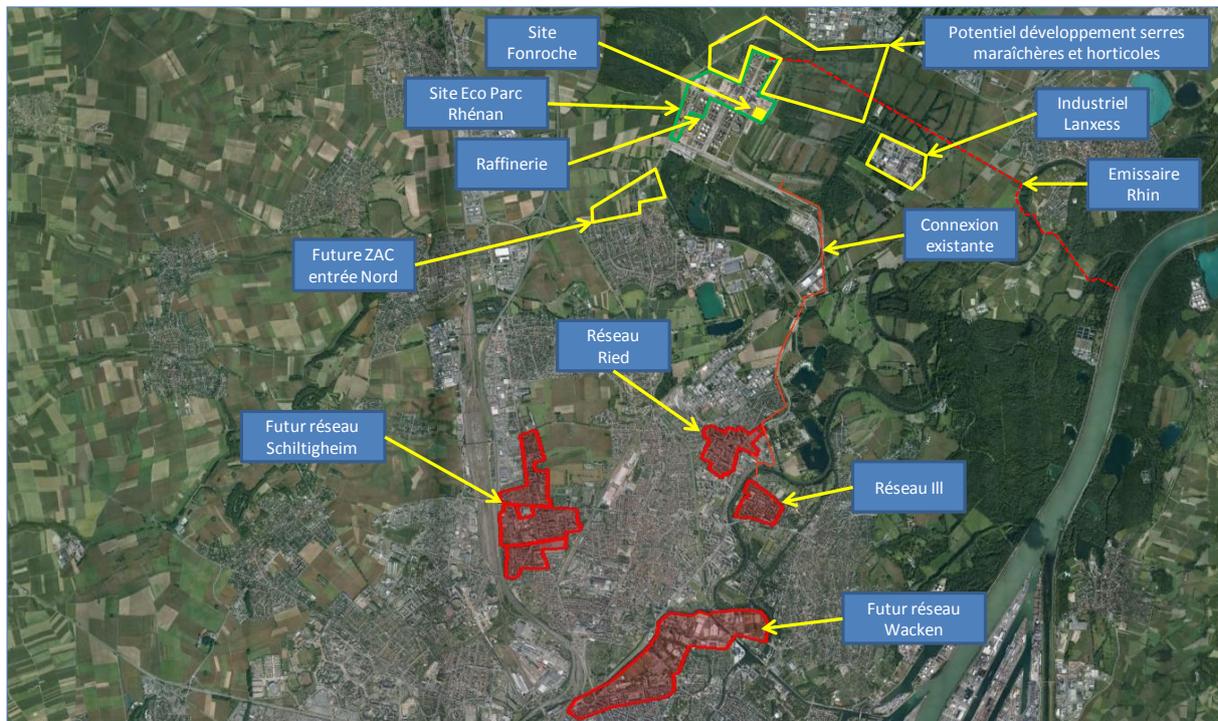


Figure 16 Cartographie des réseaux existants

Les différents bénéficiaires de la chaleur géothermique pourront être, notamment:

- Le futur site de l'EcoParc Rhéнан
- Le réseau du Wacken à Strasbourg,
- Les réseaux du Ried et de l'III suivant leurs besoins,
- Les différents réseaux de chauffage par interconnexions, comme l'éventuel réseau de Schiltigheim,
- Les industriels tels que Lanxess ou Alsace Lait,
- Les Éco quartiers en construction à proximité de l'implantation et sur la commune de Reichstett.
- La récupération énergétique de la chaleur évacuée vers le Rhin
- Un travail important est menée pour développer, en partenariat avec des acteurs locaux du maraîchage et de l'horticulture, la mise en place de serres pilotes innovantes, avec un co développement de nouvelles technologies de valorisation de basses températures pour cette filière. L'idée est ici de valoriser directement la chaleur de condensation.

Ainsi, au total, il est envisagé sur ce projet de Vendenheim la valorisation thermique minimale suivante dans un délai de 5 à 10 ans après démarrage de la centrale géothermique

:

- 155 000 MWh basse température
- 60 000 MWh haute température

4.6.5 Installation de surface

L'ensemble de ces équipements est installé dans un simple bâtiment en surface. Ce bâtiment technique est de type industriel, intégré architecturalement, d'environ 16m de hauteur et d'environ 35m de long par 25m de large.



Figure 17 Intégration architecturale

Comme le montre l'image ci-dessus, durant la phase d'exploitation, les aménagements les plus facilement observables sur le site seront :

- Le bâtiment technique regroupant les échangeurs thermiques, la turbine et les locaux du personnel (840 m²) ;
- La tête du puits géothermique ;
- Les réseaux reliant les différents équipements ;
- Trois bassins de rétentions ;
- Une aire bitumée.

5. LES ATOUTS DU PROJET

5.1 L'environnement

Considérant l'intérêt général que présente ce projet de production d'énergie géothermique pour la collectivité via les objectifs de la transition énergétique, du développement durable, ainsi que les valeurs sociétales qu'il porte, il répond aux fondements du bien commun.

La totalité de la production électrique est envoyée sur le réseau de distribution d'électricité, à un tarif réglementé, objet de l'arrêté ministériel du 23 juillet 2010. La production annuelle de l'installation sera d'environ : 45 000 MWh_{el}.

Cette électricité d'origine renouvelable, évite, pour une production équivalente, la consommation d'énergies fossiles, et son corollaire, l'émission dans l'atmosphère de poussières, particules fines et gaz à effet de serres (dont CO₂).

La production thermique totale est estimée à 215 000 MWh_{th}. Ici encore, pour répondre à une production équivalente, la géothermie efface une quantité importante d'énergies fossiles.

Sur une production combinée électrique et thermique, cette installation de cogénération géothermique permet donc d'empêcher l'émission de 80 000 tonnes de CO₂ par an dans l'atmosphère et la consommation de 350 GWh de gaz naturel soit environ 30 000 TEP (tonne équivalent-pétrole).

L'impact est ainsi très positif sur le climat, sur l'indépendance énergétique de la France et sur les réductions de consommation d'énergies fossiles.

Ce projet répond aux attentes du territoire en matière de besoin énergétique et d'énergie verte. Il répond aussi aux objectifs de la transition énergétique. Il est effet exemplaire en utilisation directe et de proximité d'une ressource énergétique renouvelable.

Les fondements industriels et les connaissances du fossé rhénan issues des 25 ans de recherche industrielle sur le site européen de Soultz-Sous-Forêts seront mis à profit dans la réalisation de ces doublets géothermiques et en particuliers dans l'approche de la partie concernant la fissuration du socle et la gestion des contraintes environnementales.

Les retombées en termes de connaissance et de développement industriel profiteront à l'essor de la filière géothermique en Alsace, en France et en Europe.

Pour résumer, la géothermie présente les avantages suivants, d'un point de vue environnemental:

- 100% renouvelable,
- Emettrice de 0 gCO₂/kWh, intéressants pour les industriels ou collectivités soumis au PNAQ (Plan National d'Affectation de Quotas d'émission de gaz à effet de serre) et quotas carbone,
- Disponible plus de 8000 heures par an, contrairement aux autres énergies renouvelables.

L'impact de la filière géothermie sur la CSPE (Contribution au service public de l'électricité) est globalement positif.

5.2 Bilan énergétique

Le bilan suivant est à réaliser annuellement. L'unité de géothermie exploite une quantité d'énergie de 320 GWh. Avec l'utilisation de 20 GWh électrique au total (pompes géothermales, condensation, process), L'unité produit donc 340GWh primaire annuellement convertis en 215GWh thermique et 45GWh électricité. Le rendement global de l'installation est donc de $260 / 340 = 76\%$.

En fonctionnement nominal, le bilan électrique de l'unité est le suivant :

- Production électrique brute :	6218 kWel ;
- Puissance électrique pompe ORC :	441 kWel ;
- Puissance électrique moyenne pompes géothermales :	1076 kWel ;
- Puissance électrique condensation :	512 kWel ;

Ainsi, une production livrée de 215 000 MWh_{th} équivaut environ à une puissance thermique moyenne de 25MW_{th}, avec un coefficient de performance de 15,39, ce qui en fait un outil technique performant et vertueux.

5.3 L'économie pour les consommateurs et les collectivités locales

Tous ces avantages de l'énergie géothermique sont autant d'arguments pour la mise en place de structures de distribution collective d'énergie thermique, mais également d'attractivité pour les activités industrielles désireuses de contenir leurs coûts énergétiques, se développer, ou souhaitant bénéficier de cette énergie vertueuse et économique en s'implantant à proximité de l'unité de cogénération géothermale.

L'énergie thermique proposée par Fonroche Géothermie, sera à la sortie de l'unité de production vendue à un prix 20% moins chère que le gaz naturel, c'est à dire inférieur à 35€/MWh_{th}.

En plus d'une économie forte sur l'énergie primaire, les consommateurs pourront également bénéficier d'une baisse de fiscalité si les structures de distributions de l'énergie valorisent plus de 50% d'énergie renouvelable.

Par ailleurs, le développement de réseau de chaleur et d'utilisateur d'une chaleur économique pourra avoir un levier important d'emplois directs et indirects. Les retombées en termes d'emplois directs sont estimées à 15 personnes pour ce projet, en dehors de la phase de forage et ensuite de construction qui mobiliseront une centaine de personnes pendant environ 3 ans.

6. DESCRIPTION DE LA ZONE D'IMPLANTATION DU PROJET

La zone sélectionnée pour le projet se situe sur la commune de Vendenheim (Eurometropole de Strasbourg), zone de l'ancienne raffinerie..

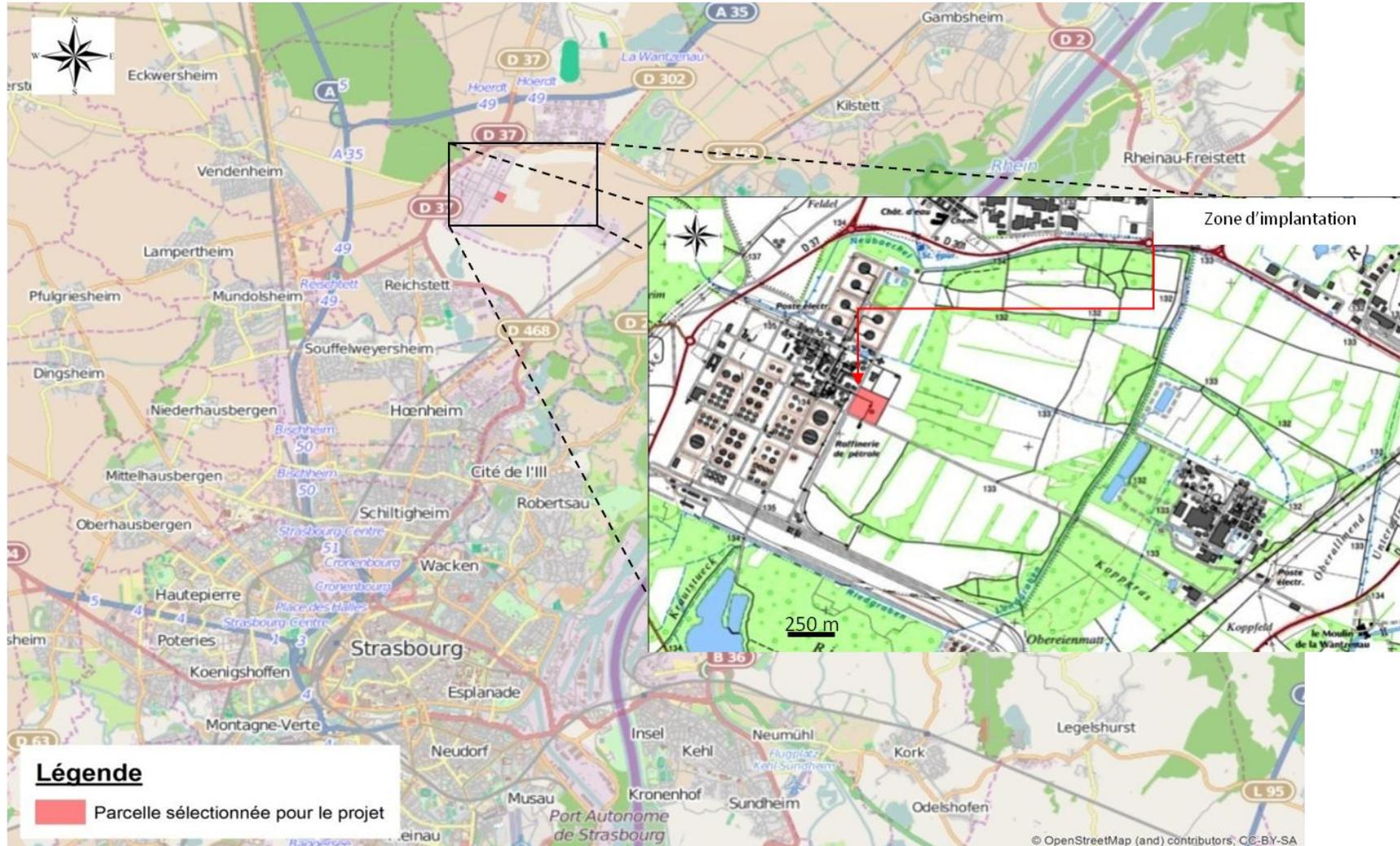


Figure 18 : Position géographique du projet - parcelle chantier

La parcelle au total représente une superficie de près de 2,5 ha, elle est située à l'emplacement de l'ancienne torchère.

L'emprise du forage correspondra à l'emplacement de la plate forme qui représente une surface d'environ 0,85 ha, qui sera défrichée si besoin et nivelée. La terre végétale ainsi enlevée est conservée sur le pourtour du chantier pour sa remise en place ultérieurement, après désinstallation du rig de forage.

Le projet EcoParc Rhénan se situe en partie en zone Seveso, dont l'implantation du projet. Bien évidemment les forages sont situés en dehors du périmètre d'exposition aux risques, défini par le PPRT.

Le zonage du PPRT a été scrupuleusement respecté de façon à ne pas ajouter de risque complémentaire au PPRT existant. Les zones d'exploitation susceptibles de recevoir du personnel ou du public ne sont pas dans les zonages contraignants et à risque du PPRT.

7. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL

L'analyse de l'état initial de l'environnement permet de recenser les principaux enjeux humains et naturels.

L'analyse des critères environnementaux est fondée sur des ressources documentaires et expertises existantes, une consultation des administrations et d'une structure compétente dans le domaine de l'environnement et des études de terrain (bureau d'études OGE).

Le site du projet ne se superpose à aucune ZNIEFF, ZICO ou même aucun espace protégé. Aucun milieu remarquable n'est affecté par la zone d'implantation du projet.

Le tableau ci-dessous constitue une synthèse de l'ensemble des thématiques étudiées lors de l'état initial de l'environnement du projet :

Thématique	Description de l'enjeu sur la zone d'étude
Climatologie	<i>Echelle régionale</i> Climat sous influences océaniques et continentales (hiver froid et été chaud, fortes précipitations toute l'année)
Occupation du sol	<i>Echelle locale (quelques kms autour du site)</i> Zone industrielle - friche de la raffinerie de Reichstett Urbanisation éparse sur le territoire, noyau urbain à proximité du site <i>Echelle communale</i> Urbanisation se densifiant en direction de Strasbourg Agriculture : polyculture
Topographie	<i>Echelle locale</i>

	Plateforme de forage à réaliser
Pédologie	<i>Echelle locale (quelques kms autour du site)</i> Tourbes - domaine alluvial
Géologie	<i>Echelle du Fossé</i> Formations des Grès du Buntsandstein, Grès du Permien et toit du socle mis à profit pour l'exploitation géothermique
Hydrologie	<i>Echelle régionale</i> Bassin hydrographique du Rhin <i>Echelle communale</i> Sous-bassin du Zorn-Landgraben - zone drainée par le ruisseau de Landgraben
Hydrologie quantitative	<i>Echelle locale (quelques kms autour du site)</i> Rhin : étiages d'hiver prononcés Ill : étiages peu marqués (pluviométrie constante) Moder : étiages peu marqués (pluviométrie constante)
Hydrologie qualitative	<i>Echelle locale (quelques km autour du site)</i> Rhin : qualité moyenne Ill : qualité moyenne Moder : qualité passable
Espaces naturels	<i>Echelle de la zone d'implantation</i> aucune ZNIEFF, ZICO et aucun espace protégé <i>Echelle locale (km indiqués autour du site)</i> ZICO : VALLEE DU RHIN: STRASBOURG A LAUTERBOURG (à 5 km) ZNIEFF : 2 ZNIEFF de type 1 et 4 ZNIEFF de type 2 (à 5 km) Natura 2000 : directive habitat "Secteur Alluvial Rhin-Ried Bruch, Bas-Rhin" (à 5 km) Natura 2000 : directive oiseaux "Vallée du Rhin de Lauterbourg à Strasbourg" (à 2 km) Réserve naturelle nationale : à 15 km Zone humide remarquable : Rhin Supérieur / Oberrhein (à 5 km) Corridors biologiques : Trame Verte de la Plaine d'Alsace
Espèces contactées	<i>Echelle de la zone d'implantation</i> Diversité faunistique et floristique faible (4 espèces de mammifères, 22 espèces d'oiseaux, 0 espèce d'amphibien, 28 espèces d'insectes et 62 espèces végétales non patrimoniale)
Espèces protégées	<i>Echelle locale (km indiqués autour du site)</i> Hamster d'Alsace : 1er terrier observé situé à 11 km
Risque incendie forestier	<i>Echelle régionale</i> Site non soumis
Risque tempête	<i>Echelle régionale</i> Site non soumis
Risque sismique	<i>Echelle régionale</i> Site soumis à risque modéré
Risque mouvements de terrain	<i>Echelle locale</i> aléa coulée de boue : Site non soumis aléa retrait-gonflement des argiles : Site soumis à risque fort aléa chute de blocs : Site non soumis aléa gonflement des anhydrites : Site soumis à risque faible (anhydrites situées à partir de 916 m de profondeur)
Plan de Prévention	<i>Echelle locale</i>

du Risque Inondation	Site non soumis
Population locale	<i>Echelle communale</i> Quartiers résidentiels à environ 3 km du site d'implantation
Economie locale	<i>Echelle communale</i> Principales activités économiques en lien avec le service (commerces, transports, enseignement, administration, santé) Zone d'implantation positionnée sur une zone industrielle
Visibilité du site	<i>Echelle locale</i> Zone d'implantation située dans la friche industrielle de Reichstett
Usage de l'eau potable	<i>Echelle locale</i> Zone d'implantation en dehors des périmètres de protection des captages d'eau potable <i>Echelle de la CUS</i> Approvisionnement en eau potable dans la nappe alluviale rhénane (MESO Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace)
Tourisme	<i>Echelle locale</i> Zone d'implantation située dans la friche industrielle de Reichstett
Qualité de l'air	<i>Echelle locale</i> Moyenne <i>Echelle régionale</i> Moyenne
Bruit	<i>Echelle locale</i> son mesuré Jour/Soir/Nuit : 55 – 75dB(A) pour l'origine industrielle et 55 à 60 dB(A) pour l'origine routière
Plan d'occupation du sol	<i>Echelle locale (quelques km autour du site)</i> Application du règlement UX
Patrimoine archéologique	<i>Echelle locale</i> Site non soumis
Patrimoine culturel et historique	<i>Echelle locale (quelques km autour du site)</i> Site non soumis
Infrastructures liées aux déplacements	<i>Echelle locale (quelques km autour du site)</i> Bus : ligne rapide CTS 71/71a Voie ferrée : tronç commun de plusieurs lignes Pistes cyclables : Site non soumis (réseau concentré en centre-ville de Vendenheim) Voies aériennes : Site non soumis
PPRT	<i>Echelle locale (quelques km autour du site)</i> PPRT de Lanxess : Site non soumis PPRT Butagaz : Site non soumis PPRT Pétroplus Raffinage Reichstett : Site soumis au niveau moyen, fort, très fort, effets cinétiques lents
Projets à venir	<i>Echelle locale (quelques km autour du site)</i> Zone d'aménagement concerté de Reichstett (à 2.3 km)

Tableau 2 : Synthèse des enjeux identifiés dans l'état initial

8. IMPACTS SPECIFIQUES DU PROJET ET MESURES PROPOSEES

Le présent chapitre synthétise les impacts prévisibles du projet et les types de mesures mises en œuvre pour supprimer ou réduire ces impacts.

Les impacts sont différenciés en fonction de leur intensité et de leur durée. Ces impacts peuvent être également positifs.

Ces impacts sont associés à des mesures proposées pour réduire ou supprimer leurs effets.

Thématique	Description de l'impact potentiel	Intensité de l'impact potentiel	Durée de l'impact	Mesures (réduction, suppression)	Intensité de l'impact résiduel (après prise de mesure)	Intensité de l'impact résiduel incluant l'effectivité de la redondance
Eaux superficielles	Aucun rejet, ni aucun prélèvement ne sera réalisé dans les eaux superficielles	Nulle	Nulle		Nulle	Nulle
Espaces naturels	Aucun impact, le site est situé en dehors des espaces naturels	Nulle	Nulle		Nulle	Nulle
Espèces patrimoniales	Aucun impact, site situé en friche industrielle	Nulle	Nulle		Nulle	Nulle
Risque inondation	Risque par venue de fluides contenus dans le forage	Faible	Temporaire	Appareillage de contrôle de puits Imperméabilisation de la superficie impactée par la plate forme de forage	Nulle	Nulle
Risque sismique	Risque de micro sismicité induite par les opérations de forage	Modérée	Temporaire	Non utilisation de la fracturation hydraulique Nettoyage maîtrisé de la fissuration naturelle des formations Mise en place d'un protocole de surveillance microsismique avant, pendant et après les opérations de forage	Faible	Nulle
Aléa retrait gonflement d'argile	Risque de fissuration localisée	Forte	Temporaire	Adaptation des infrastructures de surface Site d'implantation non positionné directement sur ces zones d'aléa.	Nulle	Nulle
Aléa gonflement anhydrites	Risque de fissuration localisée	Faible	Permanente	Protection des zones à anhydrites par cuvelages et cimentation défini dans l'architecture des puits	Nulle	Nulle
Impact paysager	Vue du mât de forage (50 m de hauteur)	Faible	Temporaire	Eclairage vers l'intérieur du chantier	Faible	
Activités économiques	Impact positif sur l'économie locale	Positive	Temporaire		Positive	
Projets à venir	Impact positif dans l'orientation donnée à la reconversion de la friche industrielle de Reichstett	Positive	Permanente		Positive	
Foncier	Impact sur les disponibilités foncières de la commune	Faible	Permanente	Surface impactée par le projet limitée à 2.5 ha	Faible	
Plan d'Occupation des sols	Aucun impact	Nulle	Nulle	Respect des réglementations du POS	Nulle	
PPRT	Aucun impact	Nulle	Nulle	Respect des réglementations du PPRT	Nulle	
Qualité de l'air	Utilisation de moteurs thermiques des engins annexes liés au forage	Faible	Temporaire	Utilisation de filtre à particules Appareil de forage relié au réseau électrique	Faible	
Risque éruptif	Risque d'une venue d'eau ou de gaz	Faible	Temporaire	Equipements de sécurité dédiés sur l'appareil de forage	Faible	Nulle
Bruit	Nuisance sonore lié aux opérations de forage	Modéré	Temporaire	Appareil de forage insonorisé et hydraulique Trafic des engins de chantier limité la nuit	Faible	
Déchets	Générés par la vie des employés et le chantier lors des opérations	Faible	Temporaire	Système de tri sélectif	Faible	
Santé humaine	Risque limité au périmètre du chantier	Faible	Temporaire	Accès au chantier sécurisé Plan de prévention systématisé Equipements individuels pour les visiteurs autorisés	Faible	
Eaux souterraines	Risque de mise en communication de plusieurs aquifères via le forage	Faible	Temporaire	Mise en place de cuvelages cimentés le long du puits pour isoler les niveaux aquifères	Nulle	Nulle
Radioactivité	Risque de radioactivité par remontée de minéraux naturellement et faiblement radioactifs	Faible	Temporaire	Faible taux de radioactivité Périmètre immédiat de la tête de puits	Nulle	

Tableau 3 : Incidence potentielle des opérations de forage

9. ETUDE DE DANGERS

L'analyse des risques précise les conditions d'occurrence d'événements indésirables susceptibles d'aboutir à un incident ainsi que les effets de ces événements. Les moyens de prévention et de protection mis en place sur le site de forage pour éviter l'apparition de ces événements sont présentés en parallèle des risques potentiels envisageables.

Aucune cartographie des zones de dangers des scénarii d'incendie et d'explosion n'est présentée dans cette étude dans la mesure où, excepté les produits utilisés pour la préparation des boues, la réserve de fuel et les bouteilles d'acétylène-oxygène, aucune présence permanente de produits extraits du forage n'est attendue (faible proportion de gaz en milieu non confiné dans le pire des cas). La classification des zones ATEX d'un chantier de forage à terre est présentée dans la pièce IV.

L'analyse des moyens de prévention met en évidence qu'un niveau adéquat de mesures a été pris afin de réduire le risque d'occurrence d'un événement redouté. Toutefois, il est à noter que malgré les efforts :

- de dimensionnement des ouvrages et des installations,
- de sécurisation et de détection des dysfonctionnements,
- de contrôle et d'entretien des installations,
- de formation et de sensibilisation du personnel et des entreprises extérieures intervenant sur le site,

un accident est toujours possible.

Au cours des travaux de forage, l'analyse des risques évoqués montre que le niveau de risque est jugé acceptable et modéré, suivant les thématiques et leurs mesures compensatoires suivantes :

- risque de pollution inter-nappe : isolement des aquifères par l'intermédiaire de 3 cuvelages étanches et isolés du terrain par 3 gaines de ciment;
- risque de radioactivité : taux de radioactivité faible, localisé aux abords immédiats du puits, limité à la durée du forage concernant la partie forée dans le socle, mesures de suivi du taux de radioactivité, mise en place d'inhibiteurs ;
- risque de sismicité induite : non utilisation de la fracturation hydraulique, mise en place d'un protocole de surveillance microsismique défini avec un seuil d'alerte de Magnitude 2 pour lequel les opérations sont arrêtées. Ce système sera et restera opérationnel avant, pendant et après les travaux de forage.

Ces niveaux de risque sont rendus nuls par l'effectivité de la redondance des systèmes de contrôle et de sécurité mis en place par Fonroche Géothermie.

10. LES MOYENS D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT

La première intervention est assurée par le personnel qualifié et formé présent sur le site au moment du sinistre ou le plus proche du site sous l'autorité d'un responsable de Fonroche Géothermie.

En dehors et pendant les heures ouvrables, la deuxième intervention est assurée par les Sapeurs-Pompiers désignés par le centre de transmission des appels contacté par le "18".

Un centre d'intervention et de secours est situé à proximité de la zone d'implantation de Vendenheim : **le Centre de secours Nord – route de l'III 67200 Strasbourg.**

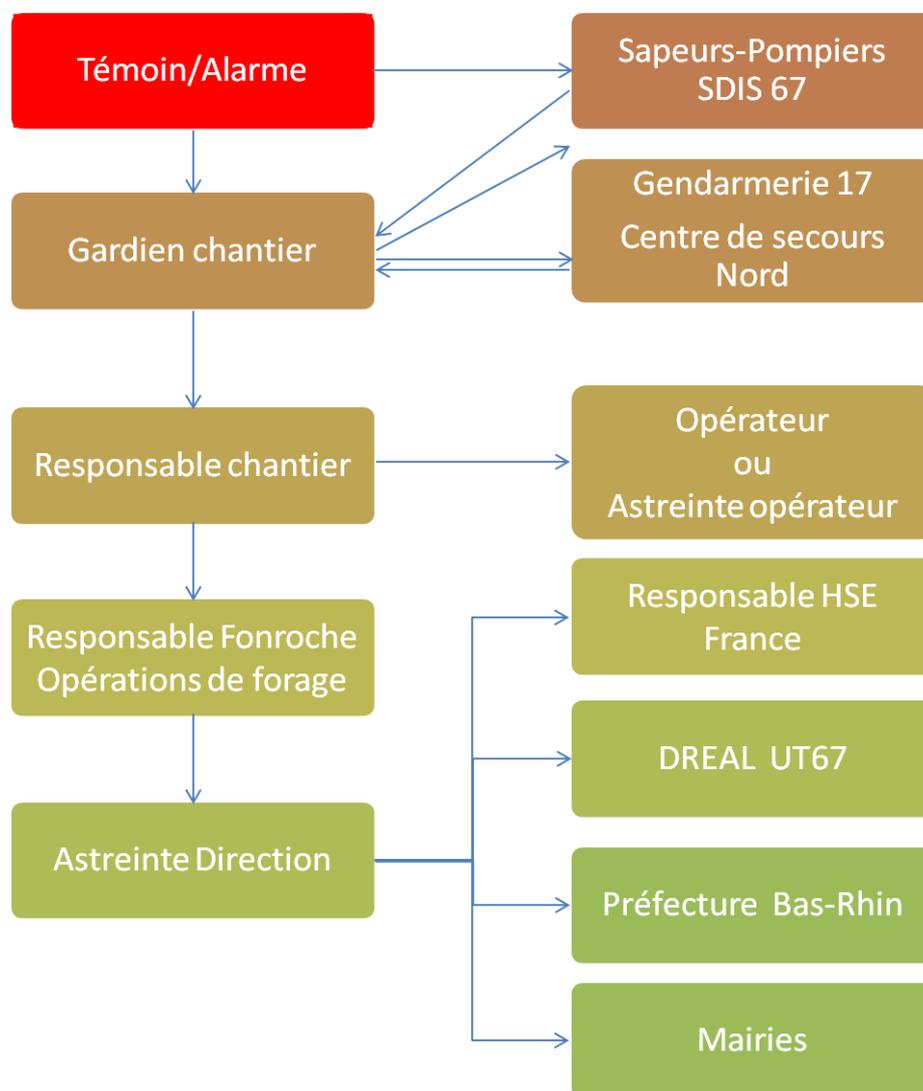


Figure 19 : Schéma d'organisation en cas d'accident

En termes de responsabilité, l'opérateur de forage, détenteur de l'autorisation de forage (Fonroche Géothermie), est responsable. Une assurance dédiée pour les contraintes urbaines a été mise en place avec une RC PRO à hauteur de 50 M€ et une RC MO (Maitre d'Ouvrage) de 20 M€ cumulés.