

09.07.2014, Version 05



Centre de compétence suisse
en géothermie profonde
pour la production
d'électricité et de chaleur

une entreprise de



Rapport d'impact sur l'environnement pour la construction et l'exploitation d'une centrale géothermique pilote

Site Haute-Sorne

Adresse de la société

Geo-Energie Suisse SA, Reitergasse 11, 8004 Zurich
Centre de compétences suisse pour la géothermie profonde
www.geo-energie.ch



Dr. Peter Meier, CEO

T +41 61 500 07 21

M +41 79 248 48 65

p.meier@geo-energie.ch

Olivier Zingg, Chef de projet Suisse romande

T +41 61 500 07 22

M +41 79 321 43 20

o.zingg@geo-energie.ch

Geo-Energie Suisse SA en coopération avec :

CSD, Lausanne

Gec-co, Augsburg (D)

MFR Géologie-Géotechnique, Delémont

Nucfilm GmbH, Cordast

Q-con GmbH, Bad Bergzabern (D)

RWB Jura SA, Porrentruy

Bruit

Aspects techniques

Sites pollués, eaux souterraines

Radioactivité naturelle

Sismicité

Coordination générale, air, climat, vibrations, RNI, évacuation des eaux, eaux de surface, sols, déchets, organismes nuisibles, OPAM, forêt, flore/faune, paysage, dangers naturels

Table des matières

Liste des annexes.....	6
Abbréviations	7
Résumé.....	8
1 Introduction.....	14
1.1 Généralités	14
1.2 Structure de ce document.....	14
2 Procédure	15
2.1 Procédure décisive	15
2.2 Autorisations spéciales nécessaires	17
3 Site et environs.....	18
3.1 Justification du choix du site	18
3.2 Périmètre d'investigation.....	27
3.3 Zones d'affectation.....	27
3.4 Autres constructions et installations.....	27
3.5 Résumé.....	28
4 Projet.....	29
4.1 Justification du projet.....	29
4.2 Motifs et objectifs du projet.....	30
4.3 Description générale – forage et réservoirs.....	31
4.4 Description générale de la centrale géothermique	33
4.5 Cycle de vie d'une centrale géothermique selon le principe EGS.....	33
4.6 Exploitation des installations	34
4.7 Utilisation rationnelle de l'énergie.....	34
4.8 Données de base concernant le trafic.....	34
5 Impacts du projet sur l'environnement – forage et stimulation du sous-sol.....	35
5.1 Protection de l'air	35
5.2 Protection du climat.....	40
5.3 Bruit.....	40
5.4 Vibrations	51
5.5 Rayonnements non-ionisant (RNI)	52
5.6 Eaux souterraines.....	52
5.7 Evacuation des eaux pluviales et des eaux usées sanitaires.....	53
5.8 Eaux de surface et écosystèmes aquatiques.....	56

5.9	Protection des sols	64
5.10	Sites pollués.....	67
5.11	Déchets, eaux de forage, substances polluantes	70
5.12	Organismes nuisibles pour l'environnement	81
5.13	Prévention des accidents majeurs / Protection contre les catastrophes	81
5.14	Forêt	82
5.15	Flore, faune, biotopes	82
5.16	Paysage naturel et bâti.....	90
5.17	Protection des biens culturels, sites archéologiques	90
5.18	Trafic.....	91
5.19	Sismicité induite	92
5.20	Radioactivité naturelle	93
5.21	Dangers naturels	95
6	Impacts du projet sur l'environnement – installations de surface	96
6.1	Protection de l'air	96
6.2	Protection du climat	96
6.3	Bruit	97
6.4	Vibrations	104
6.5	Rayonnements non-ionisant (RNI)	104
6.6	Eaux souterraines	104
6.7	Evacuation des eaux.....	105
6.8	Eaux de surface et écosystèmes.....	105
6.9	Protection des sols	106
6.10	Sites pollués.....	106
6.11	Déchets, substances polluantes	106
6.12	Organismes nuisibles pour l'environnement	107
6.13	Prévention des accidents majeurs / Protection contre les catastrophes	107
6.14	Forêt	109
6.15	Flore, faune, biotopes	109
6.16	Paysage naturel et bâti.....	110
6.17	Protection des biens culturels, sites archéologiques	110
6.18	Trafic.....	111
6.19	Sismicité induite	111
6.20	Radioactivité naturelle	111
6.21	Dangers naturels	111

7	Récapitulation des mesures	116
7.1	Suivi environnemental (forage / F).....	116
7.2	Tableau des mesures (Centrale et installations de surface / C).....	118
8	Conclusions.....	119
9	Annexes	120

Liste des annexes

- 9.1 Bruit
- 9.2 Eaux souterraines
- 9.3 Prévention des accidents majeurs
- 9.4 Sismicité induite
- 9.5 Radioactivité naturelle

Abbreviations

dB	Décibel
ENV	Service de l'environnement
EPIE	Etude préliminaire d'impact sur l'environnement
IBCH	Indice biologique suisse
LPE	Loi sur la protection de l'environnement
MW	Mégawatt
Mw	Magnitude de moment
OAir	Ordonnance sur la protection de l'air
OEaux	Ordonnance sur la protection des eaux
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OPAM	Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs
OPB	Ordonnance sur la protection contre le bruit
ORC	Organic Rankine Cycle (principe choisi pour la récupération de la chaleur géothermique)
Q ₃₄₇	Débit d'été
RCJU	République et Canton du Jura
SDT	Service du développement territorial
SEDE	Syndicat d'épuration des eaux usées de Delémont et environs
SER	Suivi environnemental de réalisation
TJM	Trafic journalier moyen

Résumé

Cette étude d'impact fait partie intégrante de la procédure de plan spécial cantonal/demande de permis de construire déposée par Geo-Energie Suisse SA. Le projet prévoit la construction d'une centrale géothermique pilote, permettant de produire jusqu'à 5 MW d'électricité. La demande de permis de construire porte sur :

1. la phase de forage des puits
2. la construction et l'exploitation des installations de surface, et notamment la centrale de transformation de la chaleur géothermique en électricité

Site retenu

Le site retenu pour ce projet se trouve à la sortie de Glovelier en direction de Bassecourt, sur les parcelles situées à l'Est de la scierie Röthlisberger. La surface des parcelles retenues (n°2136 – 2138) est d'environ 18'000 m².

Procédure

La procédure du **plan spécial cantonal** a été retenue comme procédure décisive pour la réalisation de ce projet pilote de géothermie profonde. La procédure est dirigée principalement par le Service du développement territorial (SDT) qui collabore à l'élaboration du dossier du plan spécial avec la commune et les propriétaires fonciers.

Les étapes de la procédure de plan spécial cantonal sont les suivantes :

1. Examen préalable du dossier par les autorités
2. Information et participation de la population
3. Rapport au gouvernement
4. Dépôt public
5. Conciliations
6. Décision d'approbation

Les parcelles 2136 et 2137 se trouvent, au moment de déposer le plan spécial et la demande de permis de construire, encore en zone agricole. La réalisation du projet nécessitera donc un changement de leur affectation préalable. La parcelle 2138 est en zone d'activité.

Principe d'utilisation de la chaleur géothermique

L'objectif du projet est la production d'électricité en utilisant une énergie renouvelable (la chaleur qui sera puisée à une profondeur de 4'000 – 5'000 m sous terre). De l'eau sera injectée dans un puits (« injection well » dans la Figure 1), chauffée en contact avec la roche puis reprise par un deuxième puits. La chaleur récupérée sera transférée à un circuit fermé d'eau, puis, à l'aide d'un échangeur de chaleur (« Evaporator » dans la Figure 1), elle transférera une partie de sa chaleur à un fluide caloporteur avant d'être réinjectée dans le sous-sol. En chauffant, le fluide caloporteur se vaporisera et cette vapeur actionnera une turbine pour produire de l'électricité. Le fluide sera ensuite refroidi par des aérorefroidisseurs et redeviendra liquide. Il pourra enfin repartir vers l'échangeur de chaleur pour recommencer le nouveau cycle.

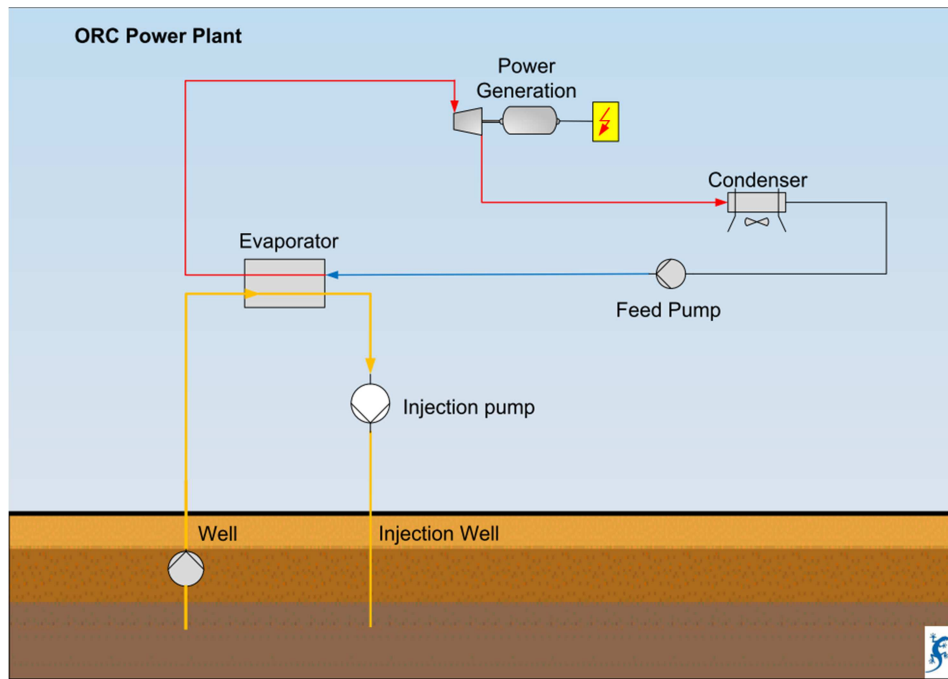


Figure 1 Schéma de fonctionnement de la centrale géothermique (Source : gec-co)

Description du projet

La construction des installations peut être divisée en deux parties :

1. le forage des puits et les tests permettant de déterminer si suffisamment de chaleur peut être récupérée
2. la construction des installations de surface pour la valorisation de la chaleur géothermique

L'entier de la surface des sites sera utilisée pour la construction de la place de forage, des bassins de stockage d'eau et, en cas de succès de la 1^{ère} partie, de la centrale de production d'électricité.

Le Tableau 1 indique le planning visé au moment de déposer la demande de permis de construire.

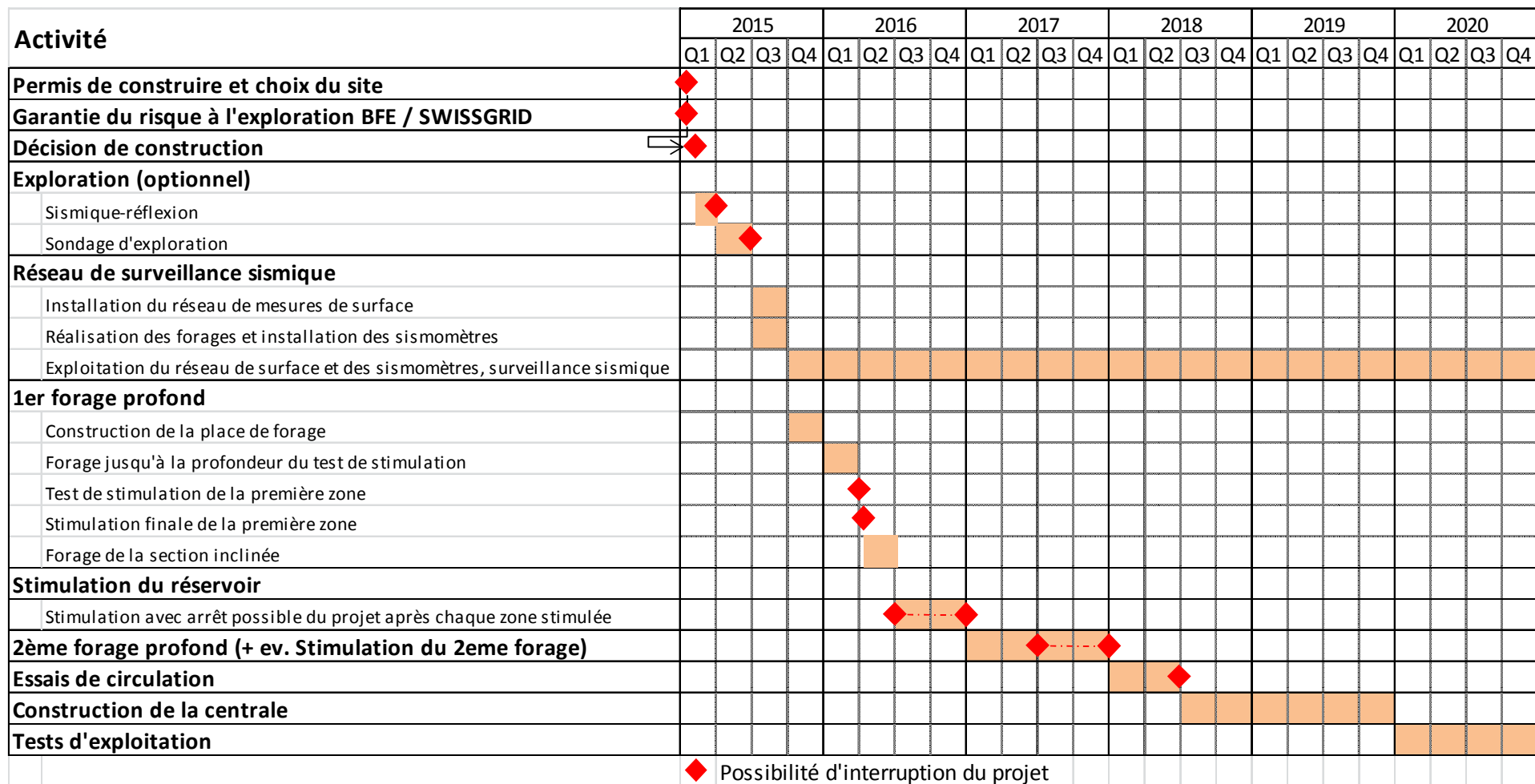


Tableau 1 Planning provisoire de réalisation du projet, basé sur l'obtention du permis de construire début 2015 (état : décembre 2013).

Géothermie et sismicité

La société Geo-Energie Suisse SA a développé un nouveau concept de «chauffe-eau» souterrain, le système multi-fractures horizontal, sur la base des expériences acquises lors des projets de Bâle et de Soultz-sous-forêts en Alsace notamment.. Une « stimulation » du sous-sol sera faite afin de créer les échangeurs de chaleur souterrains nécessaires au projet. Cette stimulation entrainera de petits séismes, dont l'intensité devra rester très faible pour éviter de causer tout dommage aux bâtiments.

Afin d'éviter que les problèmes rencontrés par le projet bâlois de géothermie profonde¹ (2006) ne se reproduisent, Geo-Energie Suisse propose une stratégie basée sur trois « piliers » :

1. Réduction du risque de sismicité induite à la source par premièrement un nouveau concept de création du réservoir dit « multi-fractures » (réservoirs de taille limitée, Figure 2) et deuxièmement un choix approprié du site
2. Analyse de risques dans la planification et l'exécution avec réalisation d'un test de stimulation
3. Surveillance en temps réel de la stimulation et de la phase d'exploitation

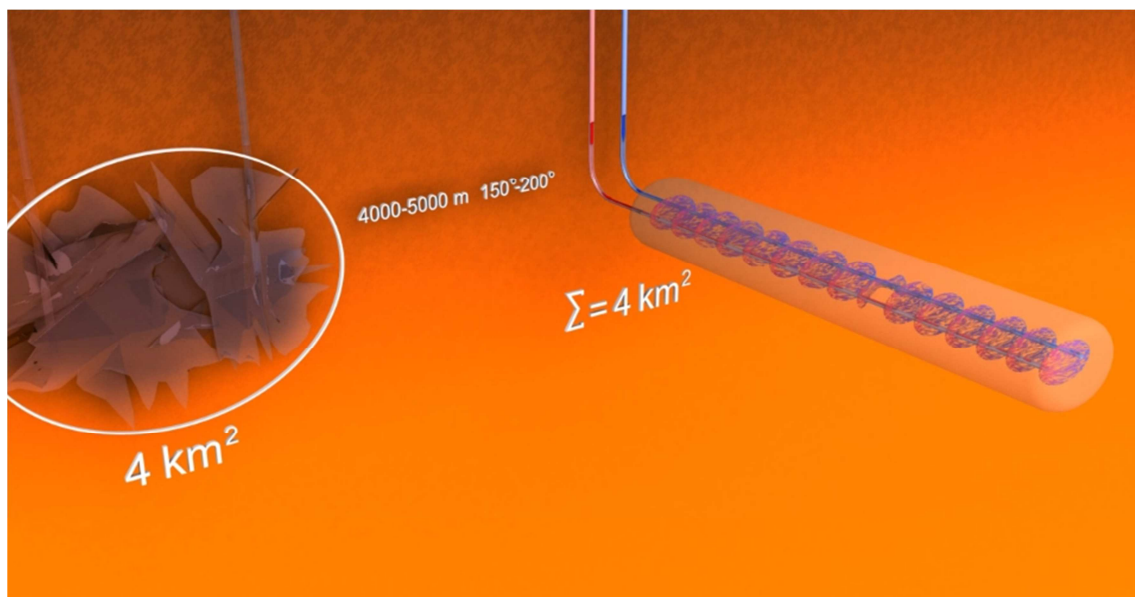


Figure 2 Représentation schématique du réservoir géothermique stimulé. Comparaison entre le système tel qu'il a été utilisé à Bâle en 2006 (à gauche) et le nouveau concept multi-fractures (à droite). Le nouveau concept fournit plus d'énergie et engendre nettement moins de secousses sismiques.

Un réseau de surveillance sismique et des procédures (« principe des feux de trafic ») seront mis en place afin de stopper les opérations avant qu'un séisme ne puisse provoquer des dégâts, même mineurs, en surface. Un test de stimulation sera réalisé de manière extrêmement prudente avant de procéder à la stimulation complète du réservoir. Par ailleurs, un programme de suivi sur plusieurs bâtiments-témoin est prévu afin de déterminer les éventuels impacts du projet sur l'ensemble des bâtiments alentours et, si des dégâts sont relevés, de dédommager les propriétaires.

¹ Ce projet prévoyant un seul grand échangeur de chaleur souterrain avait été stoppé car des secousses sismiques avaient causé des dommages en surface

Impacts : Bruit durant la phase de forage

Les équipements techniques généreront du bruit 24h/24 en phase de forage. L'Office de l'Environnement (ENV) a posé comme exigence pour ce chantier, que les valeurs d'immission de l'OPB² soient respectées pour tous les bâtiments sensibles à proximité du site. Les simulations de bruit ont montré que même en choisissant des scénarios conservatifs, les équipements répondant à l'état de la technique et les mesures de protection contre le bruit (paroi anti-bruit) permettent d'atteindre ces exigences à la Ferme des Croisées, le bâtiment le plus exposé, ainsi que dans les villages voisins. Une station de mesure des immissions sonores sera installée vers la ferme des Croisées et sera complétée par des mesures ponctuelles dans les villages voisins.

Impacts : Bruit durant la phase d'exploitation

Les aérorefroidisseurs nécessaires au fonctionnement des installations seront les éléments les plus bruyants en phase d'exploitation. L'arrangement des installations, notamment l'emplacement du bâtiment de la centrale et les aérorefroidisseurs, a été fait afin de minimiser les nuisances de ces aérorefroidisseurs. Les simulations montrent que les valeurs de planification de l'OPB seront largement respectées pour tous les bâtiments sensibles à proximité, y compris la Ferme des Croisées.

Impacts : Sites pollués

Les premières investigations menées ont montré la présence de polluants dans le sous-sol et les eaux souterraines à certains endroits du site. Des investigations complémentaires sont en cours en collaboration avec l'ENV.

Impacts : Eaux de surface et écosystèmes

La demande d'une concession pour prélever de l'eau dans le Tabeillon est prévue. Si cette concession était accordée, une mesure automatique du débit du Tabeillon serait réalisée.

Impacts : radioactivité naturelle et eaux souterraines

Une certaine accumulation d'éléments naturels radioactifs dans l'eau de la boucle géothermale est envisageable. Cette eau circulera en circuit fermé, de sorte que le risque de contamination de l'environnement, et notamment des eaux souterraines, est très faible. Un système de suivi de la qualité des eaux potables sera cependant mis en place à des fins de contrôle. Concernant les eaux souterraines, les mesures classiques de protection et de surveillance lors de forages profonds seront mises en place.

Impacts : Gestion des déchets

De manière générale, les exigences actuelles dans le domaine de la gestion des déchets seront respectées. Le suivi de la qualité des déchets sera assuré par un spécialiste, qui déterminera les filières de valorisation ou d'élimination adaptées. Une grande partie de ces déchets proviendra de l'excavation des roches lors des forages. Les additifs qui seront probablement ajoutés aux boues de forage sont mentionnés. Ils sont pour la plupart non classés ou tout au moins ne présentent pas de risque à moyen ou long terme de pollution ou pour la santé. L'utilisation d'additifs contenant aussi peu d'impuretés que possible sera privilégiée dans la mesure de ce qui est faisable du point de vue économique et logistique.

Des volumes de stockage suffisants seront prévus sur le site afin de pouvoir conserver les déchets le temps que les analyses de qualité soient réalisées. Toutes les filières d'élimination envisageables seront déterminées avant le début des forages.

² Ordonnance sur la protection contre le bruit, RS 814.41

Impacts : Protection contre les accidents majeurs

La sécurité est un point central du projet. Toutes les mesures nécessaires pour la phase de forage seront élaborées avec l'ensemble des entreprises qui y participeront et les autorités compétentes.

Concernant la centrale géothermique, trois types de fluides caloporteurs sont envisagés : propane, isobutane ou isopentane. Le choix final du fluide dépendra en grande partie de la température de l'eau géothermale récupérée.

Vu les quantités prévues de fluide caloporteur prévues, la centrale sera soumise à l'OPAM³. Sur la base de l'analyse de risque produite, de l'état de la technique, des mesures constructives, techniques et organisationnelles qui seront mises en place, des propriétés physico-chimiques des substances considérées ainsi que des caractéristiques du site, il est possible d'admettre que le projet de centrale géothermique prévu par Geo-Energie Suisse présente un risque acceptable d'accident majeur.

Impacts : Faune

Différentes mesures sont prévues afin de limiter les impacts du projet sur la faune locale, notamment concernant la limitation des émissions lumineuses la nuit (forage) et l'absence d'éclairage nocturne fixe pour l'exploitation de la centrale.

Autres impacts sur l'environnement

Tous les impacts environnementaux sont détaillés dans le rapport aux chapitres 5 (forage) et 6 (installations de surface). Pour les thèmes qui ne sont pas mentionnés ci-dessus, les impacts sont jugés mineurs ou les mesures habituelles de protection jugées suffisantes.

Conclusions

Le projet pilote de Geo-Energie Suisse s'inscrit dans la volonté politique de la Confédération et du Canton de sortir du nucléaire et de développement des énergies renouvelables. Dans ce projet novateur et ambitieux, le changement d'affectation du site et l'obtention du permis de construire pour le forage et la centrale sont des prérequis pour la planification de détail des installations.

Le concept développé propose plusieurs améliorations techniques et méthodologiques par rapport aux expériences qui ont déjà été faites ailleurs en Suisse ainsi qu'en Europe. Ces améliorations ont pour but de limiter les impacts environnementaux, d'améliorer la sécurité générale (notamment au niveau sismique) et d'augmenter les chances de réussite du projet.

Les impacts les plus importants du projet sur l'environnement sont liés au bruit et à la sismicité. Pour le premier, le choix du site et les mesures techniques et constructives permettront de respecter les exigences de l'OPB lors de l'exploitation ainsi que les exigences particulières fixées par l'Office de l'environnement pour la phase de forage. Pour les aspects liés à la sismicité, les mesures techniques et organisationnelles devront permettre d'éviter tout dégât en surface. Un « concept d'établissement des preuves » sera aussi établi afin de déterminer si le projet a tout de même engendré des dégâts aux bâtiments et, le cas échéant, de dédommager les propriétaires.

Pour les autres thèmes, l'application de bonnes pratiques et le respect de l'état de la technique permettront de respecter les exigences légales actuelles en matière de protection de l'environnement.

³ Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs, RS 814.012

1 Introduction

1.1 Généralités

La société Geo-Energie Suisse SA, sise à Zurich, prévoit sur la commune de Haute-Sorne la construction d'une centrale géothermique pour la production d'électricité et de chaleur, à l'aide de la technique des systèmes géothermiques stimulés (« Enhanced Geothermal Systems » (EGS)). Les sept actionnaires de Geo-Energie Suisse SA se sont regroupés pour promouvoir l'exploitation du grand potentiel de la géothermie profonde et lancer cette technologie sur le marché. Le projet est conçu sous forme d'un projet pilote et de démonstration, et doit apporter la preuve de sa faisabilité technique.

Le calendrier actuel repose sur l'obtention d'un permis de construire valable pour l'ensemble du projet début 2015. Le premier des deux forages nécessaires à l'extraction de la chaleur est prévu en 2016 et le second forage en 2017. La construction des installations de surface est prévue dès le 2^{ème} semestre 2018 et l'exploitation devrait débuter à l'horizon 2020.

La réalisation de ce projet pilote permettrait de produire une énergie sous forme d'électricité et de chaleur, et contribuerait ainsi aux objectifs de la « stratégie énergétique 2035 » de la RCJU visant la sortie du nucléaire et une autonomie énergétique maximale.

1.2 Structure de ce document

La structure de ce document est basée sur celle proposée dans le manuel EIE, module 5, de l'OFEV. Certaines adaptations y ont été amenées afin de couvrir tous les domaines à traiter ou de faciliter la lecture du document. Conformément à la prise de position de l'ENV sur l'enquête préliminaire, ce RIE s'attache uniquement aux impacts sur l'environnement des forages les plus profonds (environ 4'000 – 5'000 m) afin de simplifier le rapport ; ceux liés à un éventuel forage d'exploration moins profond (environ 1'500 – 3'000 m) seront moins importants ou au pire des cas comparables.

L'évaluation des impacts du projet est, comme dans l'enquête préliminaire, séparée en deux chapitres :

- Chapitre 5 : pour tous les aspects liés aux puits de forage et à leurs infrastructures propres ;
- Chapitre 6 : pour tous les aspects liés aux infrastructures de surface (principalement la centrale de valorisation de l'énergie).

Afin de faciliter la lecture du rapport, chaque thème environnemental sera traité dans un sous-chapitre pour les phases de construction, d'exploitation puis de déconstruction ou de démantèlement. Les informations générales pertinentes pour chaque impact traité (périmètre d'étude, état actuel, bases légales, autres), sont regroupées au chapitre 5 ; elles ne sont pas reprises au chapitre 6 afin d'éviter les redondances.

Par ailleurs, les domaines air et climat, bruit et vibrations, ainsi que ceux concernant les eaux (souterraines, de surface et à évacuer), seront séparés pour une meilleure lisibilité. Cet arrangement diffère sensiblement de l'enquête préliminaire mais permet de gagner en clarté.

2 Procédure

2.1 Procédure décisive

L'étude d'impact sur l'environnement permet de vérifier si un projet de construction répond aux prescriptions en vigueur en matière de protection de l'environnement.

L'enquête préliminaire et le cahier des charges pour l'étude d'impact ont été soumis aux autorités cantonales compétentes (Service de l'environnement – ENV), qui a fait part de ses remarques et demandé certains compléments pour quelques domaines environnementaux.

La procédure du **plan spécial cantonal** a été retenue comme procédure décisive pour la réalisation de projet pilote de géothermie profonde⁴. La procédure est dirigée principalement par le Service du développement territorial (SDT) qui collabore à l'élaboration du dossier du plan spécial avec la commune et les propriétaires fonciers.

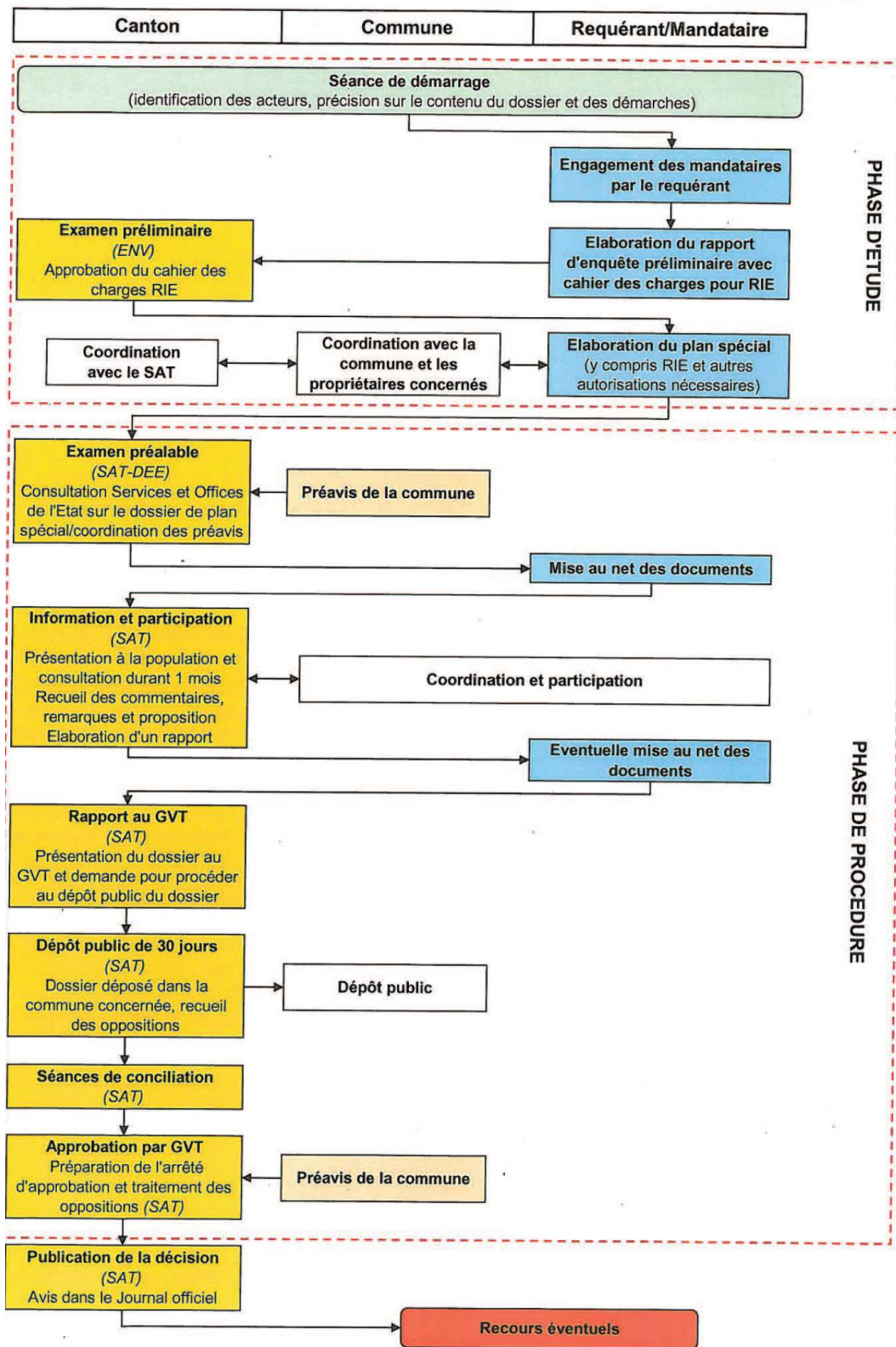
Les **étapes de la procédure** de plan spécial cantonal sont les suivantes :

1. Examen préalable du dossier par les autorités
2. Information et participation de la population
3. Rapport au gouvernement
4. Dépôt public
5. Conciliations
6. Décision d'approbation

La Figure 3 synthétise la procédure du plan spécial du projet.

⁴ Courrier du Service de l'Aménagement du territoire, 22 novembre 2012

GEOthermie Profonde - Procédure (Plan Spécial Cantonal)



RM / 19.11.12



Figure 3 Organigramme du plan spécial cantonal. Sources : Services de l'aménagement du territoire (SAT).

2.2 Autorisations spéciales nécessaires

2.2.1 EIE obligatoire

L'étude d'impact sur l'environnement pour le projet de géothermie profonde de la société Geo-Energie Suisse SA est obligatoire, selon l'art. 10a al. 1 LPE⁵ en association avec l'art. 1 OEIE⁶ annexe 2/21.4, pour les «installations géothermiques [...] d'une puissance supérieure à 5 MW_{th}». La procédure d'autorisation est règlementée par le droit cantonal.

Dans le cas d'événements exceptionnels, l'ordonnance sur les accidents majeurs renvoie également à l'art. 10 LPE (OPAM paragraphe 1, art. 1 al. 5).

Ce rapport d'impact sur l'environnement (RIE) reprend les éléments prévus selon l'enquête préliminaire et le cahier des charges ainsi que les remarques et demandes formulées par l'ENV.

2.2.2 Suivi environnemental de réalisation

Le cahier des charges d'un Suivi environnemental de réalisation est établi dans le cadre de ce RIE (chapitre 7.1), qui synthétise les mesures spécifiques aux différents effets sur l'environnement indiquées à la fin des chapitres correspondants.

Le suivi environnemental vise à assurer le respect des prescriptions concernant la protection de l'environnement durant la réalisation du projet. Il permet également l'évaluation durant la réalisation par un expert de problématiques sinon difficilement quantifiables au niveau de l'étude d'impact et de la planification.

2.2.3 Autorisations et concessions

La question d'une concession pour l'exploitation de l'énergie géothermique profonde n'est actuellement pas réglée par le droit jurassien. La fiche 5.07.01 « géothermie profonde » du plan directeur cantonal stipule qu'une révision de la loi sur les mines sera étudiée puis soumise au Parlement afin de régler cette question.

La procédure de Plan spécial cantonal retenue pour ce projet pilote en accord avec ladite fiche règle à l'heure actuelle tous les aspects nécessaires à la réalisation du projet qu'intégrera une future concession, y compris les autorisations spéciales.

Comme l'indique le Ministre de l'environnement et de l'équipement dans un courrier à Geo-Energie Suisse SA daté du 22 novembre 2013, « les questions de la durée de l'autorisation d'exploiter la chaleur et de l'éventuel prélèvement d'une redevance seront traitées ultérieurement, durant la période de traitement administratif de la demande de Plan spécial et de permis de construire. » Durant la même période, Geo-Energie Suisse fera également une proposition au Canton concernant l'étendue spatiale du volume souterrain nécessaire à la réalisation du projet pilote et à ses éventuelles futures extensions.

⁵ Loi sur la protection de l'environnement, RS 814.01

⁶ Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement, RS 814.011

3 Site et environs

3.1 Justification du choix du site

Un site géothermique approprié à la réalisation d'un projet EGS se caractérise par de bonnes conditions géologiques, un faible risque sismique et une infrastructure adéquate.

Les parcelles 2136-2138 de la commune de Haute-Sorne (Figure 4) sont particulièrement appropriées à un tel projet. On détaillera ci-après la géologie, le risque sismique et les avantages en termes d'infrastructures du site.

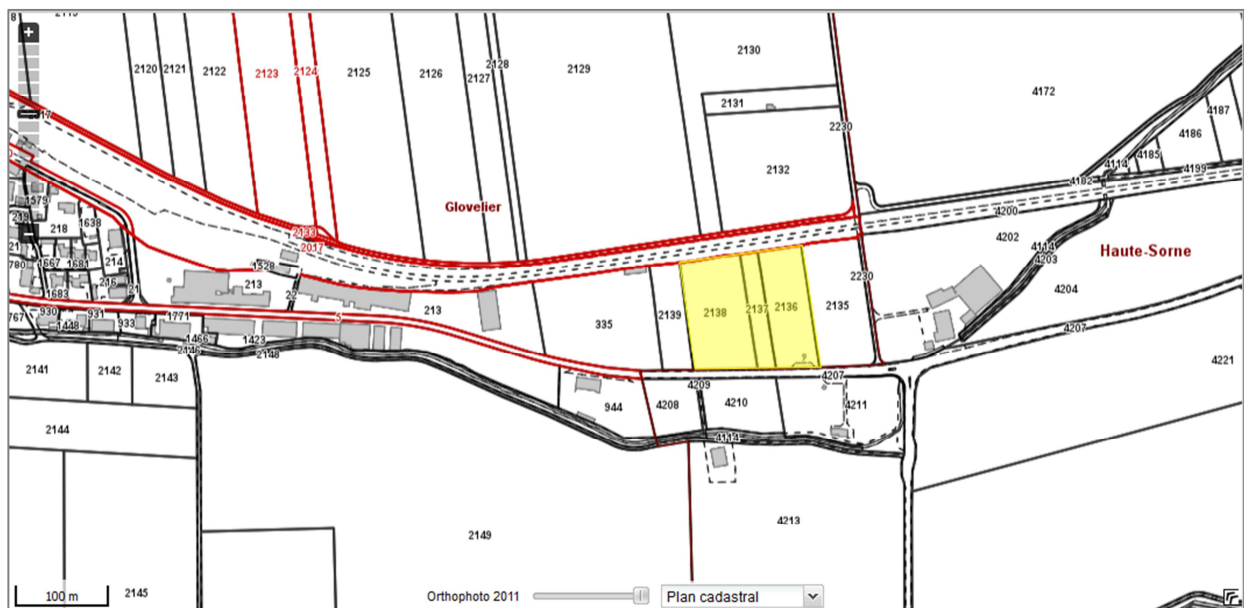


Figure 4 Plan cadastral. Les parcelles 2136 – 2138 retenues pour le projet figurent en jaune sur le plan (source : géoportail RCJU)

3.1.1 Description du site et environs

Le site choisi se situe dans la commune de Haute Sorne (JU). Il est :

- proche d'un échangeur autoroutier
- proche d'une ligne à haute tension
- voisin du rail
- proche de deux cours d'eau (Sorne et Tabeillon)
- situé en limite de zone à bâtir
- déjà affecté en zone d'activités pour une moitié de la surface
- au contact d'une route cantonale
- relativement éloigné de toute construction habitée (sauf une ferme)
- compris dans un périmètre de dangers naturels (dangers crues), dangers moyens



Figure 5 Localisation des installations (source : géoportail RCJU)

3.1.2 Infrastructure existantes

Viabilités :

- Une canalisation d'eaux usées traverse le périmètre du projet. Toutes les eaux souillées peuvent être évacuées par ce biais
- Le site est raccordé au téléphone (angle Sud-ouest)
- Une conduite électrique complémentaire est disponible sur le site (angle Sud-ouest)

Réseaux électriques et raccordement

- Une ligne électrique à 16KV traverse la route cantonale à l'entrée de Bassecourt (avant la croisée route cantonale / rail). Les infrastructures nécessaires au raccordement de la nouvelle centrale géothermique peut se faire dans la fouille prévue pour la nouvelle conduite d'eau potable prévue entre Bassecourt et Glovelier

Accès routier :

- Suite à une coordination avec le SIN, l'accès au site se fait dans l'angle Sud-ouest de la parcelle 2138 en face du chemin existant afin de ne pas multiplier le nombre de carrefours le long de la route cantonale. Au vu du trafic envisagé (limité, Tableau 2) une présélection n'est pas nécessaire (voir tableau ci-dessous)
- L'accès depuis la N16 peut se faire soit par Glovelier, soit par Bassecourt

Tableau 2 Estimation du trafic lourd pour toute la période (forage et construction de la centrale)

Travaux	Durée	PL 40to	PL <40to	Description
<u>Place de forage</u>				
- Infrastructures de base	90 jours	5 Pces	180 Pces	transport de matériel
<u>Forage</u>				
- Construction installation forage d'exploration (optionnel)	5 jours	5 Pces	2 Pces	Pièces pour la foreuses
- Forage d'exploration (optionnel)	90 jours	13 Pces	48 Pces	Matériel et matériaux pour le forage ; évacuation des déchets
- Montage de la foreuse	14 jours	40 Pces	5 Pces	Pièces installation forage
- 1er forage	180 jours	35 Pces	70 Pces	Matériel et matériaux pour le forage ; évacuation des déchets
- Stimulation	180 jours	7 Pces	10 Pces	Equipement
- 2ème forage	180 jours	35 Pces	70 Pces	Matériel et matériaux pour le forage ; évacuation des déchets
- Stimulation du 2ème forage (optionnel)	180 jours	7 Pces	10 Pces	Equipement
- Démontage de la foreuse	14 jours	40 Pces	5 Pces	Pièces installation forage
<u>Centrale</u>				
- Travaux de construction et montage des installations (Ventilateurs)	500 jours	57 Pces	100 Pces	Transport pièces
(Evaporateur)		30 Pces	10 Pces	
(Turbine)		3 Pces	2 Pces	
(Divers)		4 Pces	2 Pces	
		10 Pces	20 Pces	

3.1.3 Géologie, aléa et risque sismique

La géologie du site a été étudiée dans le détail en amont du projet. Pour établir le modèle géologique régional, on a utilisé les dernières études scientifiques sur la région est réinterprété les lignes sismiques des explorations pétrolières et gazières des années 70 à 80. En outre, la région a fait l'objet d'une nouvelle étude gravimétrique. La géologie est décrite en détail au chapitre 2 du rapport technique.

Pour qu'un site soit considéré comme approprié à un tel projet, il est important d'établir la profondeur du socle cristallin, la localisation des fossés du Permo-carbonifère ainsi que le cadre sismotectonique général. Ces connaissances supplémentaires contribuent ici avant tout à réduire le risque d'exploration ou risque entrepreneurial. Selon l'état actuel des connaissances, on table sur une présence tout au plus faible du Permo-carbonifère et sur une profondeur suffisante du socle cristallin. Le site géothermique de la commune de Haute-Sorne est ainsi parfaitement approprié au projet sur le plan de la nature géologique du sous-sol.

L'estimation de l'aléa sismique est une première étape essentielle dans l'évaluation et la limitation du risque sismique. L'aléa sismique indique la probabilité selon laquelle un tremblement de terre d'une magnitude donnée peut se produire en un lieu déterminé. Par rapport à l'ensemble du territoire Suisse, le site de Haute-Sorne se trouve dans une région présentant un faible aléa (Figure 6).

Le risque sismique se définit comme une combinaison entre l'aléa sismique, les propriétés du sous-sol local, la densité de population et la vulnérabilité de l'infrastructure (Figure 7). Le site de Haute-Sorne se situe dans une région qui possède l'un des plus faibles risques de toute la Suisse (Figure 8).

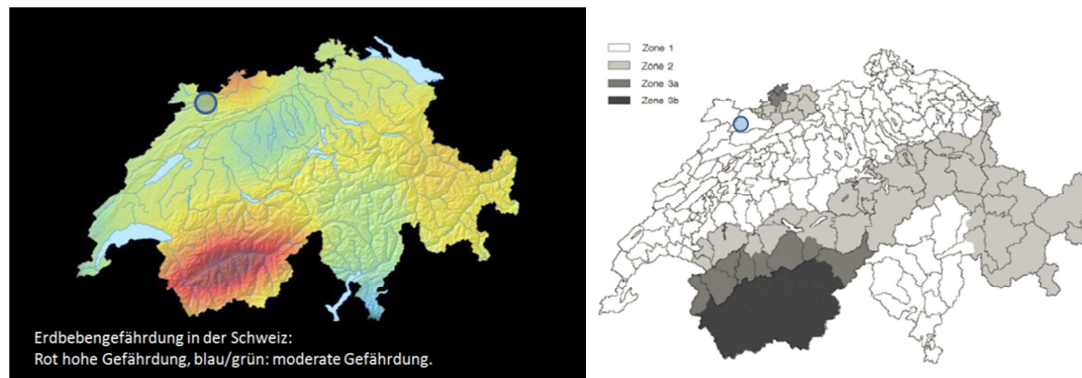


Figure 6 A gauche, carte de l'aléa sismique du Service sismologique suisse. A droite, subdivision du territoire suisse selon les classes de construction de la norme SIA 261. La Haute-Sorne se trouve dans une région présentant un aléa comparativement faible.

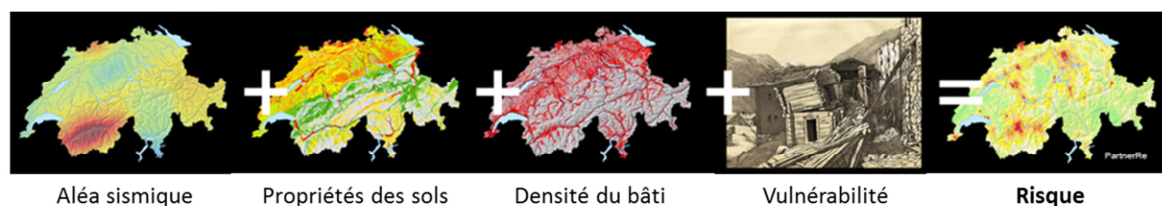


Figure 7 Relation entre l'aléa et le risque sismique, (source Service sismologique suisse / Partner Re).

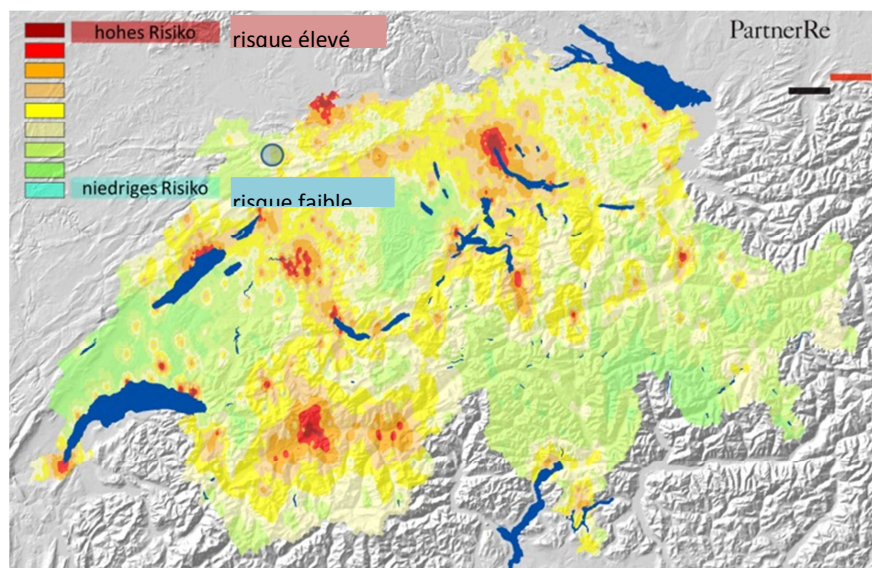


Figure 8 Carte du risque sismique en Suisse (source Partner Re). La Haute-Sorne se situe dans une région au risque sismique comparativement faible.

Un autre aspect important en termes de risque est la présence de grandes zones de failles à proximité du réservoir souterrain. Dans le concept de la société Geo-Energie Suisse SA, il est impératif d'éviter les grandes zones de failles souterraines, en raison du risque de réactivation sismique durant la stimulation du réservoir. La présence d'une telle zone de faille pourrait mener à un arrêt de la stimulation avant d'avoir atteint les dimensions du réservoir requises afin d'éviter que des dommages ne surviennent en surface. Le projet en serait compromis. Un site approprié se caractérise ainsi par une distance suffisante aux grandes zones de faille connues. La Figure 9 montre un modèle tectonique 3D présentant la localisation du projet (cylindre gris) et le tracé des failles interprétées dans les couches sédimentaires (en beige) et extrapolées de manière conservative dans le socle cristallin (en brun foncé). Une distance

de plus d'un kilomètre est dans tous les cas respectée. Le chapitre 2 du rapport technique décrit le modèle géologique de manière détaillée et l'étude de risque sismique (annexe 9.4) démontre que la localisation du projet par rapport aux zones de failles permet d'éviter les risques d'activer de telles failles durant la stimulation.

Le site géothermique de la commune de Haute-Sorne est ainsi, au vu des connaissances actuelles, parfaitement approprié au projet, aussi bien en ce qui concerne la nature géologique du sous-sol que sur le plan du risque sismique et de la situation des grandes zones de failles.

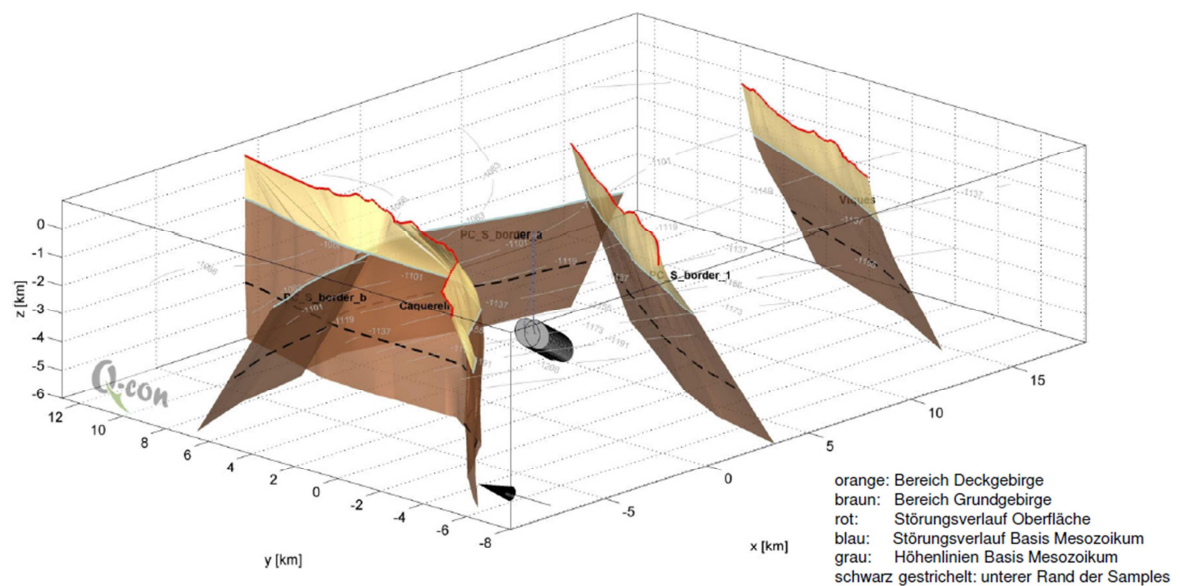


Figure 9 Modèle 3D des zones de failles identifiées autour du projet et localisation du réservoir souterrain (en gris). La partie beige représente le tracé des failles déterminé par la géologie de surface ou la géophysique dans les couches sédimentaires. La partie marron illustre une extrapolation possible des failles dans le socle dans le cadre d'une évaluation conservatrice des risques. On constate que les failles se trouvent à une distance suffisante du projet (voir annexe 9.4)

3.1.4 Espace requis, aménagement du territoire - Conformité avec les instruments de planifications supérieure

3.1.4.1 Bases légales

- LCAT – Loi cantonale du 25 juin 1987 sur les constructions et l'aménagement du territoire (RS 700.1)
- DPC – Décret du 11 décembre 1992 (état du 1^{er} janvier 2012) concernant le permis de construire
- LAT – Loi fédérale du 22 juin 1979 (état du 1^{er} juillet 2011) sur l'aménagement du territoire (RS 700)
- OAT – Ordonnance fédérale du 28 juin 2000 (état du 1^{er} septembre 2009) sur l'aménagement du territoire (RS 700.1)

3.1.4.2 Documents et données de base

- Plan directeur cantonal
- Plan directeur régionale de la Haute-Sorne (en cours d'élaboration)

- Plan d'aménagement de la localité de Glovelier
- Règlement communal sur les constructions de la localité de Glovelier
- 2001, PCH – Aire de repos de Boécourt
- 2012, sd ingénierie – Plan d'ensemble : eaux de secours entre Berlincourt et Glovelier / renforcement de l'alimentation de Bassecourt
- Cadastre
- Données SIT et Géoportail cantonal
- 2013, GEO-ENERGIE SUISSE et coll. – Dossier technique : Haute-Sorne
- 2013, GEO-ENERGIE SUISSE et coll. – Enquête préliminaire et cahier des charges de l'étude d'impact sur l'environnement pour la construction et l'exploitation d'une central géothermique pilote : Haute-Sorne
- 2013, RWB Jura SA – Localisation du projet de centrale géothermique : processus d'acquisition foncière
- 2012, RWB Jura SA / MFR Géologie-Géotechnique SA / GEOENERGIE SUISSE – Géothermie profonde : Etude du potentiel cantonal
- 2012, RWB Jura SA – Localisation du projet de centrale géothermique : analyse multicritères
- 2012, RWB Jura SA – Etude de bruit industriel : simulations des immissions de bruit dues aux appareils de refroidissement
- Plan directeur localisé ZAM 2 (en cours d'élaboration)

3.1.4.3 Loi sur l'aménagement du territoire

- Le rapport explicatif et de conformité montre de manière globale quels éléments essentiels et critiques ont été pris en compte pour la réalisation du plan spécial cantonal. Il est conforme à l'art. 47 de l'ordonnance sur l'aménagement du territoire dans le sens où il démontre la conformité du plan spécial avec la loi sur l'aménagement du territoire, le plan directeur cantonal, le plan directeur localisé Haute-Sorne. Il aborde les thèmes importants liés à la protection de l'environnement et l'utilisation mesurée du sol

3.1.4.4 Conformité avec l'aménagement du territoire

Voir Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 Conformité avec l'aménagement du territoire

Fiches		Principes d'aménagement	Projet de géothermie
1.01	Développement de l'urbanisation	L'urbanisation est renforcée sur les axes et les centres offrant la meilleure accessibilité, en particulier par les transports publics. [...] les communes désignées comme centres à vocation microrégionale jouent un rôle particulier. [Elles] accueillent les services à la population dont le cercle des bénéficiaires s'étend au-delà des limites communales. Le développement de l'urbanisation doit être orienté à l'intérieur des secteurs déjà largement bâtis en encourageant l'utilisation des réserves existantes, la densification, la mixité des zones, la rénovation et la réaffectation des bâtiments existants.	Le projet tient compte de la nécessité de densification du territoire ainsi que des nécessités techniques et d'exploitation propre à la géothermie profonde. Le projet peut générer des nuisances (bruit) incommodes pour les zones d'habitation voisines, et il nécessite d'une surface totale de 17'489 m ² . Ces besoins impliquent que les surfaces libres actuelles dans la Haute-Sorne en zones d'activités ne peuvent satisfaire à la réalisation du projet. Le secteur choisi est déjà partiellement en zone d'activités. Seule une extension de 8744 m ² sur la zone agricole est nécessaire à la réalisation du projet. Un changement d'affectation partiel est donc nécessaire.
1.01.1	Développement de l'urbanisation et transports publics	L'urbanisation est coordonnée avec l'offre des transports publics ; De manière générale, le développement de l'urbanisation est orienté en priorité vers les secteurs disposant d'une bonne desserte en transports publics.	En période d'exploitation et de production électrique, on estime que jusqu'à 5 personnes pourront travailler sur le site. La qualité de la desserte en transports publics (proximité des arrêts et fréquence) donc pas un élément fondamental. Toutefois, le projet de géothermie profonde, qui serait une première en Suisse pourrait attirer des visiteurs dans un but didactique. Ainsi, à terme et en cas de succès du projet, ce critère gagne en pertinence. Des estimations quant au nombre de visiteurs pourront être effectuées durant les étapes ultérieures du projet. La gare de Glovelier se trouve dans un rayon de 800 mètres et un arrêt de bus dans un rayon de 300 mètres.
2.11	Lignes de transports de l'électricité	Lors de l'aménagement de nouvelles zones à bâtir et de nouvelles constructions, on tiendra compte de l'exposition au rayonnement non ionisant des installations électriques existantes (lignes à haute tensions, transformateurs), en veillant au respect des exigences légales.	La proximité d'installations électriques est importante pour le projet compte tenu du potentiel de production d'énergie à injecter dans le réseau. Dans les cas où la proximité de lignes haute tension pourrait générer des nuisances, des études complémentaires seront réalisées afin de respecter les normes prescrites dans l'ORNI. Cependant comme une présence humaine n'est pas permanente sur le site, ce rayonnement non ionisant n'est pas fondamental.
3.01	Espace rural	Préserver d'importants espaces libres de toute construction.	L'analyse prend en compte la question de l'espace rural, notamment à travers la question de l'impact sur les SDA et des compensations écologiques (ruisseaux). En premier lieu, les sites en contiguïté à la zone à bâtir ont été retenus. Les 20'000 m ² estimés au départ du projet ont été réduits à 17'500 m ² .
3.02	Evolution du paysage jurassien	[...] l'urbanisation, les infrastructures et les équipements [...] portant une atteinte significative à la qualité du paysage sont orientés dans les régions où leur impact sera moindre.	Le site choisi ne se situe pas dans des périmètres PN, PP ou PE. Il est situé en contiguïté à une zone d'activité lourde avec l'entreprise Röthlisberger. L'impact de la nouvelle installation devrait être moindre dans le secteur choisi.

Fiches		Principes d'aménagement	Projet de géothermie
3.06	Surfaces agricoles et surfaces d'assolement	Les surfaces d'assolement ainsi que les surfaces de grandes cultures et de cultures herbagères intensives sont attribuées à la zone agricole (art. 30 OAT) ; En principe, le Canton n'accepte pas de nouvelles emprises sur les meilleures terres agricoles. Pour que le Canton accepte de nouvelles emprises sur les SDA, la preuve devra être apportée d'un réel besoin pour la commune concernée. La nécessité de la nouvelle affectation doit être démontrée, notamment en regard de variantes de solutions (art.2, al. 1, lit. b, OAT).	L'inventaire des SDA a été utilisé pour cette analyse. Le site retenu pour le projet est partiellement affectés en zone agricole et répertorié en SDA de types 2. Les mesures de compensations devront être discutées pour la suite du projet.
4.01	Sites pollués	Tenir compte du cadastre cantonal des sites pollués.	Au moment du choix du site, aucune des parcelles concernées ne figurait au cadastre des sites pollués. Cette problématique est traitée séparément en collaborations avec les autorités cantonales compétentes.
4.02	OPAM ligne CFF	Toute nouvelle construction ou mise en zone située à proximité de sites subordonnés à l'OPAM fera l'objet d'un examen particulier, et une attention accrue leur sera portée en cas de forte fréquentation. Toute construction soumise à une étude de risque selon l'OPAM sera confronté à la proximité de zones fortement habitées.	Le forage n'est pas soumis à l'OPAM cependant certaines mesures seront mises en place. Un document d'interface entre l'entreprise de forage et le MO sera établi, (sur la base de ce qui est usuel dans l'industrie pétrolière).
4.03	Dangers naturels	En cas de dangers naturels identifiés ou potentiels, les services compétents imposent des mesures constructives et/ou de protection, qui font partie intégrante du permis de construire ou du plan spécial.	Le site se trouve dans un secteur de dangers crues moyen. Ces crues ont été analysées et il ressort de ces analyses que les crues sont fréquentes mais peu importantes. Le Q_{300} (15cm) dépasse à peine le Q_{30} (11cm) (voir RIE). Les constructions seront donc implantées à 20cm au-dessus du terrain naturel.
4.03.1	Risques sismiques	Prendre en considération les dangers sismiques dans les activités ayant des effets sur l'organisation du territoire.	Cette problématique est centrale. Se référer pour la phase forage au chapitre 5.19 Se référer pour la phase d'exploitation au chapitre 6.19
4.04	Protection contre le bruit	Tenir compte de la protection contre le bruit [...]	Une paroi anti bruit de 65 mètres de long et de 10 mètres de haut est prévue le long de la limite Est. Elle servira à garantir un niveau de bruit acceptable pour la ferme habitée la plus proche lors des travaux de forage.
5.02	Approvisionnement en eau potable	Garantir l'alimentation en eau suffisante pour les besoins de la population et l'économie.	Le projet nécessite, ponctuellement de grandes quantités d'eau potable (eau propre). Afin de ne pas vider les réserves destinées à la population, des bassins de réentendions sont prévu pour un prélèvement raisonnable dans des périodes de faible utilisation par la population.
5.03	Evacuation et épuration des eaux	(Incinérer les boues d'épuration dans les installations appropriées)	Les eaux de surface probablement souillées durant la phase de forage seront envoyées vers un désableur, lui-même relié à un bassin de décantation. Ces eaux seront ensuite envoyées vers la station d'épuration. En phase d'exploitation, les eaux des places seront envoyées vers le désableur puis vers le bassin et finalement rendues au Tabeillon. Un séparateur HC à coalescence est installé à la sortie du bassin en cas de problème de qualité de l'eau. Elle pourra alors être dirigée vers la station d'épuration.

Fiches		Principes d'aménagement	Projet de géothermie
5.04	Impact sur les eaux souterraines	Prévenir les atteintes de toute nature aux eaux souterraines sur l'ensemble du territoire	Mise en place de mesures de détection des fuites et de rétention pour éviter la contamination des eaux souterraines par des liquides polluants ou nocifs Cimentation / étanchéification régulière des parois des puits de forage afin d'éviter toute contamination ou toute communication entre différents aquifères Un suivi qualitatif et quantitatif des eaux de surface sera réalisé (voir Annexe 9.2)
5.07	Energie géothermique	L'exploitation de l'énergie géothermique est encouragée partout où son utilisation ne cause pas de risque de mise en danger des eaux souterraines ; L'exploitation géothermique est interdite : <ul style="list-style-type: none"> • dans les périmètres de protection des eaux souterraines et dans les zones de protection des eaux ; • dans les aquifères alluviaux contenant des ressources potentiellement exploitables et dans le secteur Au de protection des eaux (eaux souterraines exploitables et zones attenantes nécessaires à leur protection, selon Oeaux [...]) 	Le présent projet et les études spécifiques qui lui sont liées présentent un cas particulier à traiter de manière spécifique compte tenu du statut de projet-pilote (voir fiche suivante)
5.07.1	Géothermie profonde	Les projets de géothermie profonde sont à localiser à proximité des stations de distribution électrique et les principaux bassins de population du canton (Delémont, Porrentruy et Haute-Sorne) ; Les terrains situés à l'intérieur des zones à bâtir légalisées doivent être utilisés en priorité avant d'envisager de nouvelles extensions ; Les installations de géothermie profonde doivent éviter les zones et périmètres de protection des eaux souterraines, les périmètres de protection de la nature et les réserves naturelles	Le projet est situé en Haute-Sorne. Une ligne électrique à haute tension est située à proximité. Le terrain choisi se situe à cheval entre la zone à bâtir et la zone agricole. Seule la moitié de la surface nécessaire est prise à la zone agricole. La zone déjà affectée l'est dans le bon type de zone, soit la zone d'activités. Le projet est situé dans un périmètre de protection des eaux souterraines AU. Il n'est pas situé dans un PN ou un PP. Les réserves naturelles en sont exclues.
5.12	Travaux : évacuation des déchets	Gestion conforme des déchets	Les déchets et les boues produits durant le projet sont évacués vers les filières appropriées selon les prescriptions en vigueur.

3.2 Périmètre d'investigation

Le périmètre d'investigation est fonction de chaque impact sur l'environnement étudié. Pour la protection du sol par exemple, il correspond essentiellement au site lui-même. Pour le bruit par contre, il sera plus étendu. Pour plus d'informations, le lecteur se reportera donc à l'évaluation des impacts aux chapitres 5 et 6.

3.3 Zones d'affectation

Le terrain est actuellement partiellement affecté à la zone d'activités. Ce type de zone est parfaitement adapté à l'exploitation de la géothermie. Afin de garantir une surface d'exploitation suffisante, l'affectation doit être étendue vers l'Est. Ce changement d'affectation sera réalisé par l'adoption du plan spécial qui comprend le changement d'affectation.

Terrain affecté en zone d'activités parcelle 2138 :	8'745 m ²
Terrain en zone agricole parcelle 2137 :	2'639 m ²
Terrain en zone agricole parcelle 2136 :	<u>6'605 m²</u>
Total :	17'989 m ²
Le changement d'affectation concerne :	9'244 m ²

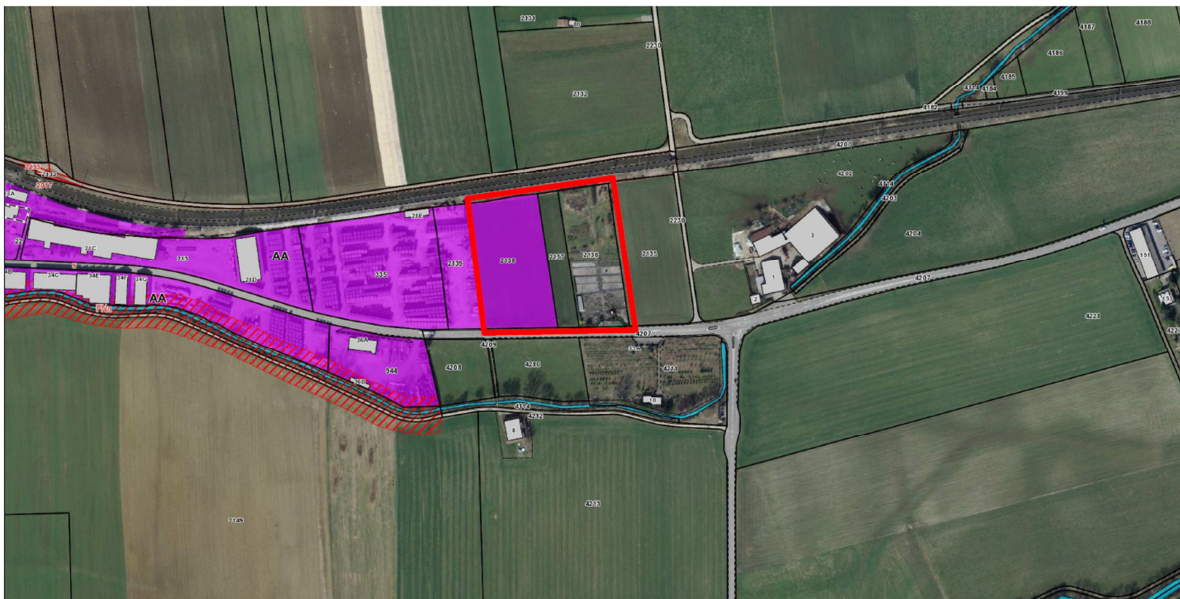


Figure 10 Affectation avant établissement du projet (source : géoportail RCJU)

3.4 Autres constructions et installations

Lieux avec des personnes à l'intérieur :

- Scierie Röthlisberger – il n'y a à proximité du site que du bois stocké, les locaux de travail se situent plus loin

- 1 ferme (Les Croisées), à l'ouest du site
- Les autres terrains sont principalement en zone agricole
- Aucune autre installation soumise à OPAM ne se trouve dans un rayon de 500 m

Voies de communication à proximité :

- Route cantonale Glovelier – Bassecourt bordant la parcelle au sud, avec un trafic moyen de 3150 véhicules par jour (TJM) en 2010⁷
- Ligne de chemin de fer CFF Porrentruy – Glovelier – Delémont bordant la parcelle au nord. En moyenne, quatre trains de voyageurs passent actuellement chaque heure durant la journée

3.5 Résumé

La société Geo-Energie Suisse SA s'est décidée pour le site de Haute-Sorne, en considération des aspects suivants:

- Faible risque sismique
- Géologie appropriée et distance suffisante aux grandes zones de failles
- Proximité des lignes de transport d'électricité pour la valorisation de celle produite
- Terrain bien desservi par des voies d'accès
- Adéquation avec l'aménagement du territoire (près de la moitié du site actuellement en zone d'activité), dans la prolongation d'une zone industrielle existante
- Topographie et surface totale des parcelles
- Distance aux zones d'habitation (limitation des nuisances pour la population mais utilisation à terme de la chaleur pour un thermoréseau tout de même envisageable)
- Potentiel de consommation de chaleur et électricité
- Eloignement des zones à protéger (protection de la nature, patrimoine ou autre)

⁷ RCJU, Service des ponts et chaussées, Section Routes cantonales

4 Projet

Le projet consiste à créer des échangeurs de chaleur à une profondeur de 4'000 – 5'000 m afin de produire de l'eau à une température suffisante pour permettre, dans les installations de surface, la production d'électricité et d'eau chaude pour diverses applications (ex. chauffage à distance).

Les aspects détaillés du forage géothermique et des installations de surface sont décrits brièvement ci-dessous et de manière plus complète dans le rapport technique qui accompagne le RIE. Afin d'alléger le contenu de ce RIE on ne considérera ici que les forages les plus profonds, les éléments présentés ici s'appliquant aussi à un éventuel forage d'exploration de 1'500 – 3'000 m, mais à une moindre échelle.

4.1 Justification du projet

La Suisse doit faire face à des défis majeurs pour concevoir sa politique énergétique de demain. Le Conseil fédéral, le Conseil national et le Conseil des Etats ayant notifié leur décision de sortir du nucléaire, il faudra compenser la part de l'énergie nucléaire dans la production suisse d'électricité au cours des prochaines années. Dans le même temps, il faudra compter sur une augmentation des besoins en énergie en Suisse. Dans les débats relatifs à l'énergie, une question est récurrente: comment sera-t-il possible, à l'avenir, de produire suffisamment d'énergie en ruban? Pour initier le changement de l'approvisionnement suisse en énergie, les Conseils ont ainsi décidé d'accroître l'efficacité énergétique et de promouvoir des sources d'énergie renouvelables. L'une des solutions à cette problématique consiste à utiliser la chaleur terrestre. La chaleur issue des profondeurs de la terre est une source d'énergie non polluante et quasiment inépuisable, qui fournit en outre une précieuse énergie en ruban (Figure 11). Jusqu'à présent, la géothermie était surtout utilisée pour produire de la chaleur de façon écologique, mais elle est également utilisable pour la production d'électricité. Sept grandes entreprises suisses du domaine de l'énergie se sont regroupées comme actionnaires de la société Geo-Energie Suisse SA afin de promouvoir la géothermie profonde en Suisse.

La construction d'une centrale géothermique pilote constitue une étape de plus vers une production d'énergie durable, économique et écologique en Suisse.

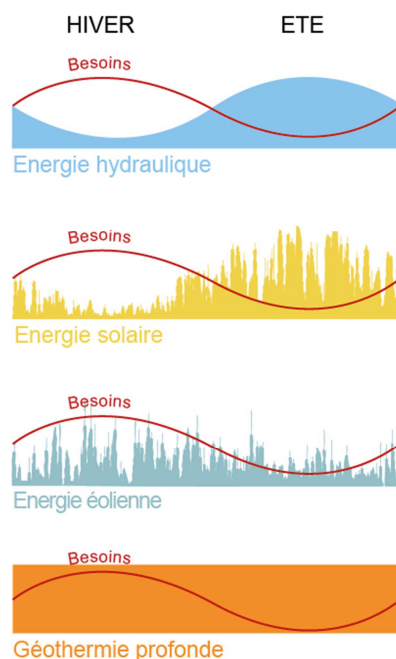


Figure 11 La géothermie profonde permet de fournir de l'énergie en ruban, disponible 24h sur 24h.

4.2 Motifs et objectifs du projet

Le potentiel géothermique du sous-sol profond en Suisse est important. L'Office fédéral de l'énergie table, d'ici à 2050 environ, sur un potentiel technique d'environ 4 TWh par an. D'autres études (Institut Paul Scherrer, 2005⁸ - Axpo, 2007⁹) donnent même des valeurs nettement supérieures. Si l'on se base sur la consommation actuelle d'électricité, la géothermie profonde permettrait à elle seule de produire environ 30% de la consommation électrique, de façon écologique et durable. L'objectif de la société Geo-Energie Suisse SA est ainsi de développer des processus standardisés permettant de rendre exploitable ce grand potentiel géothermique en Suisse.

Les conditions géologiques en Suisse ne permettent une exploitation généralisée de la chaleur du sous-sol qu'au moyen de la géothermie pétrothermale. En d'autres termes, un «chauffe-eau» souterrain doit être créé artificiellement dans la roche pour assurer l'échange de chaleur. Par l'injection d'eau, des tensions préexistantes dans le sous-sol sont relâchées, ce qui augmente la perméabilité de la roche (Figure 12). Le relâchement des tensions provoque de très petits séismes (c'est ce que l'on appelle la sismicité induite), dont les plus forts sont comparables, approximativement, à des vibrations provoquées par de lourds camions. Dans le cas du projet bâlois, toutefois, en raison du manque de connaissances de l'époque sur la propagation des fluides dans le sous-sol, cela a provoqué des secousses plus fortes, ressenties en surface, ainsi que des dégâts non structurels (fissures capillaires) sur certains bâtiments. Cela a mené à l'abandon du projet. Depuis lors, la compréhension de la sismicité induite a évolué de façon décisive et de nouveaux concepts sont apparus, permettant de produire de façon sûre et économique un échangeur de chaleur souterrain. L'objectif de ce projet est de mettre en œuvre ces nouveaux procédés et concepts dans le cadre d'un projet pilote et de démonstration, et d'apporter la preuve de la faisabilité technique d'un système EGS et de l'exploitation sûre (sur le plan sismique) d'une centrale.

L'installation prévue se doit d'être un modèle pour des projets ultérieurs similaires et d'ouvrir un nouveau marché autour d'une énergie fiable, propre et durable. Le projet créera un savoir-faire exportable, des emplois pour l'exploitation et l'entretien des installations et des postes pour des ingénieurs et des techniciens.

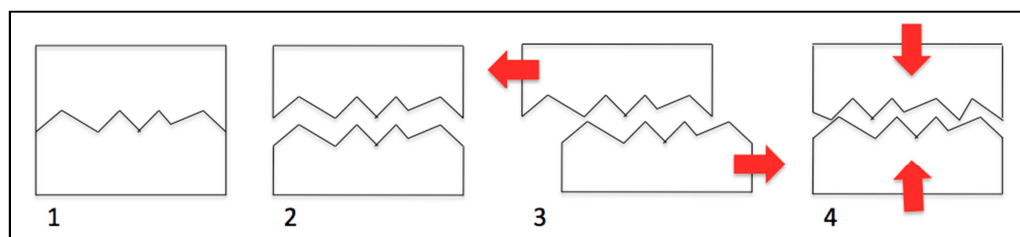


Figure 12 Fonctionnement de la stimulation hydraulique. Les fissures naturellement présentes dans une roche cristalline compétente (1) sont activées par l'injection d'eau sous pression (2) et se décalent ensuite les unes par rapport aux autres par le jeu du champ de contrainte naturel auquel la roche est constamment soumise (3). Une fois l'injection terminée, les fissures ne se referment pas à cause de la rugosité de la roche et demeurent ainsi durablement perméables, sans qu'un agent de soutènement ne doive pour cela être utilisé.

⁸ PSI, 2005: Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten. PSI-Bericht Nr. 05-04

⁹ AXPO, 2007: Strom für heute und morgen. Studie Stromperspektiven 2020.

4.3 Description générale – forage et réservoirs

4.3.1 Un nouveau concept: le système multi-fractures horizontal

Depuis 2007, de nombreux instituts de recherche au niveau national et international travaillent sur les données issues du projet de géothermie bâlois. Sur la base de ces travaux, la société Geo-Energie Suisse SA, conjointement avec des spécialistes de hautes-écoles et du secteur privé (Service sismologique suisse et département des sciences de la Terre de l'EPF Zurich, Université de Neuchâtel (CREGE), Geo Explorers Ltd., Geowatt, Q-con GmbH, UPC, Semore Seismic Ltd, etc.), a réalisé d'autres évaluations et développé de nouveaux concepts.

En synthétisant les travaux et études susmentionnés, la société Geo-Energie Suisse SA a développé un nouveau concept de «chauffe-eau» souterrain, le système multi-fractures horizontal. Celui-ci promet une production d'énergie plus importante tout en minimisant la sismicité induite. A l'inverse du projet bâlois de 2006¹⁰, ce système propose de réaliser, à la place d'une très grande zone perméable entre deux forages verticaux, plusieurs petites surfaces perméables entre deux forages horizontaux profonds (Figure 13 et Figure 14).

Grâce à la limitation de la dimension des zones stimulées (ce qui signifie rendues perméables), les éventuelles secousses sont ramenées à un niveau acceptable. Leur intensité diminue en effet considérablement avec la réduction de la surface stimulée (Baisch et al., 2009¹¹, Corbyn, 2011¹²). En outre, la circulation de l'eau dans les « chauffe-eau » souterrains peut être bien mieux contrôlée en raison de la direction d'écoulement prédéterminée par les zones stimulées. Cela permet d'obtenir un échange de chaleur plus efficace entre la roche et l'eau, des débits de production plus élevés et ainsi une plus grande production d'énergie.

¹⁰ Ce projet avait été stoppé car des secousses sismiques avaient causé des dommages en surface

¹¹ Baisch, S., Carbon, D., Dannwolf, U., Delacou, B., Devaux, M., Dunand, F., Jung, R., Koller, M., Martin, C., Sartori, M., Secanell, R., and R. Vörös, 2009. Deep Heat Mining Basel - Seismic Risk Analysis. *SERIANEX study prepared for the Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie*

¹² Corbyn, Z., 2011. Method predicts size of fracking earthquakes, Nature doi:10.1038/nature.2011.9608

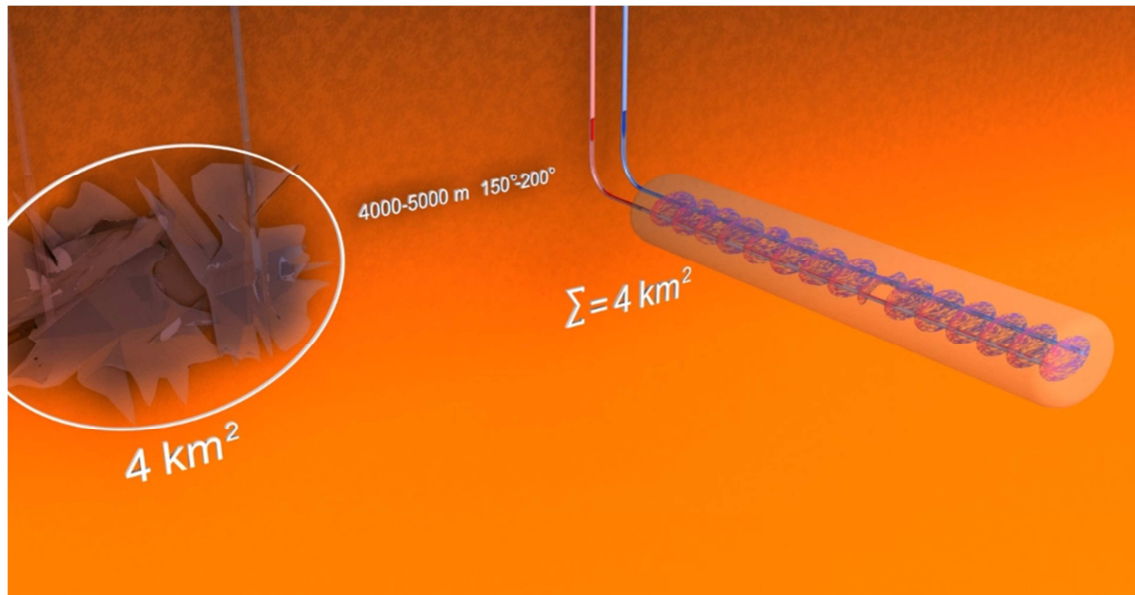


Figure 13 Représentation schématique du réservoir géothermique stimulé. Comparaison entre le système tel qu'il a été utilisé à Bâle (à gauche) et le nouveau concept multi-fractures (à droite). Le nouveau concept fournit plus d'énergie et engendre nettement moins de secousses sismiques.

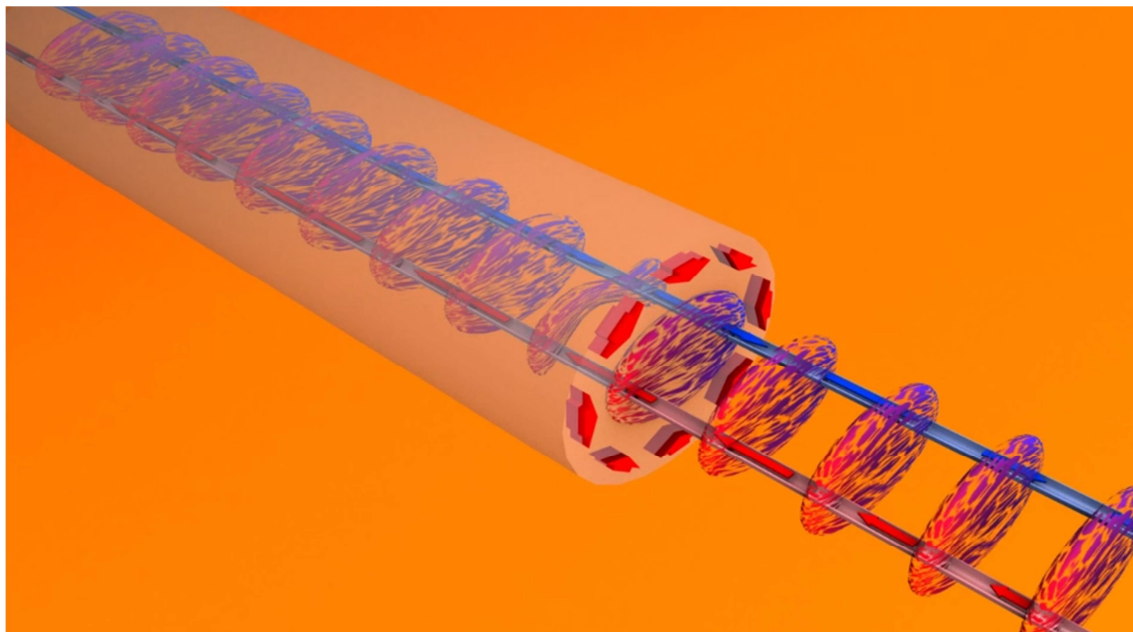


Figure 14 Concept multi-fractures de la société Geo-Energie Suisse SA. Plusieurs petites surfaces sont stimulées les unes après les autres. Etant donné que la magnitude des secousses sismiques est fonction de la surface du réservoir, le risque de séisme peut ainsi être limité à la source de façon intrinsèque. Un autre avantage réside dans le fait que le flux d'écoulement peut être mieux contrôlé grâce aux nombreuses surfaces, le rendement énergétique étant ainsi plus élevé.

4.3.2 Remarque importante

La technique proposée (système géothermique stimulé) diffère du fracking, qui est un procédé utilisé dans l'exploitation gazière non conventionnelle. Dans la méthode de fracking, un fluide est injecté sous très haute pression dans une formation sédimentaire imperméable contenant du gaz afin d'y provoquer des fractures et d'en extraire le gaz piégé dans la porosité de la roche (également appelé gaz de schiste).

Pour conserver ces fractures durablement ouvertes, des agents de soutènement sont requis (du sable généralement), ainsi que d'autres additifs parfois polluants (agents réticulants, biocides etc.).

4.3.3 Le principe des trois piliers de réduction du risque sismique de la société Geo-Energie Suisse SA

Une problématique centrale de la géothermie profonde réside dans les effets négatifs possibles à la surface dus à la sismicité induite. Toutefois, il est également possible d'utiliser la sismicité induite pour réduire le risque sismique: un système de surveillance adéquat permet de suivre l'expansion d'un réservoir souterrain et, associé à une évaluation appropriée des risques, de limiter le risque sismique. Sur la base des expériences de Bâle et en utilisant les derniers résultats de la recherche, la société Geo-Energie Suisse SA a élaboré un principe basé sur trois piliers qui comprend plusieurs composantes permettant de réduire considérablement le risque sismique.

1. Réduction du risque de sismicité induite à la source par, premièrement un nouveau concept de création du réservoir dit « multi-fractures » et deuxièmement un choix approprié du site (chapitres liés à la sismicité induite : 5.19 et 6.19)
2. Analyse de risques dans la planification et l'exécution et réalisation d'un test de stimulation
3. Surveillance en temps réel de la stimulation et de la phase d'exploitation

4.3.4 Description du chantier de forage

Se référer au dossier technique, chapitre 3.

4.4 Description générale de la centrale géothermique

Se référer au dossier technique, chapitre 4.

4.4.1 Valorisation de la chaleur dans un réseau de chauffage urbain

Ce projet pilote se focalise avant tout sur la production d'électricité à partir d'énergie géothermale. D'éventuelles installations de valorisation de l'énergie résiduelle après production d'électricité ne font donc pas partie du projet à ce stade. En cas de succès du projet, l'utilisation de cette chaleur résiduelle serait évidemment la bienvenue.

4.5 Cycle de vie d'une centrale géothermique selon le principe EGS

Le cycle de vie d'une centrale se divise en plusieurs phases: construction, exploitation et démantèlement. Les différentes étapes de réalisation sont décrites ci-dessous:

Phase de construction (voir aussi le Tableau 1 en page 10) :

- Réalisation d'un forage d'observation (optionnel) et campagne d'acquisition géophysique (optionnel), durée: ~ 5 mois
- Mise en place d'un réseau de surveillance sismique, durée: ~ 3 mois
- Réalisation de la place de forage, durée ~ 3 mois
- Réalisation d'un premier forage à 4'000 – 5'000 m (longueur totale du forage ~ 5'800 m), durée ~ 6 mois
- Stimulation hydraulique du réservoir de chaleur suivi des tests de circulation, durée ~ 6 mois
- Construction d'un deuxième forage à 4'000 – 5'000 m (longueur totale du forage ~ 5'800 m), éventuellement suivi d'une nouvelle phase de stimulation (optionnel), durée ~ 6 - 12 mois
- Tests de circulation, durée ~ 6 mois
- Construction des installations de surface de la centrale, durée ~ 1 ½ an

- Durée totale de la phase de construction: 5–6 ans

Phase d'exploitation :

- Durée d'exploitation minimale : 30 ans. Durée maximale en fonction des nouveaux investissements dans les installations de surface de la centrale, mais surtout de la vitesse de refroidissement du réservoir et de la possibilité d'exploiter des réservoirs voisins depuis le même site. La phase d'exploitation pourrait ainsi être prolongée. Le réservoir peut, d'après les connaissances actuelles, être réutilisé après une phase de repos d'une durée semblable à celle de son exploitation

Phase de démantèlement :

- Lors de l'arrêt définitif de l'installation: démantèlement des installations de surface et obturation des trous de forage, durée 1 an

Ce projet étant un projet de développement, dans lequel le résultat des travaux n'est pas garanti à l'avance, une approche par étape a été choisie. Une étape est considérée comme franchie si des objectifs clairement définis ont été atteints. Si les objectifs ne sont pas atteints, les conséquences peuvent être dans le pire des cas l'abandon du projet. En cas de réalisation partielle des objectifs, une nouvelle évaluation de la situation est nécessaire et une adaptation de la stratégie doit être approuvée par les responsables du projet.

4.6 Exploitation des installations

L'exploitation des installations sera principalement automatisée. Des activités de contrôle et de maintenance seront effectuées de manière régulière. On estime que jusqu'à 5 personnes travailleront sur le site pour des travaux de surveillance et d'entretien des installations. Ces personnes ne seront cependant pas toutes en permanence sur le site, le contrôle et une certaine gestion à distance étant naturellement possibles.

4.7 Utilisation rationnelle de l'énergie

La centrale géothermique projetée est un pilote ayant pour objectif principal de déterminer comment la chaleur géothermique peut être utilisée au mieux pour produire de l'électricité.

Selon le succès que rencontrera le projet, la chaleur résiduelle pourra également être valorisée pour un chauffage à distance par exemple : un potentiel important existe, notamment à Bassecourt et Glovelier. Le cas échéant, la valorisation de cette chaleur pourra donc faire l'objet d'un nouveau projet.

4.8 Données de base concernant le trafic

Le trafic journalier moyen sur la route cantonale entre Glovelier et la croisée de Berlincourt était de 3150 véhicules en 2010 (source : RCJU, Département des ponts et chaussées).

5 Impacts du projet sur l'environnement – forage et stimulation du sous-sol

Ce chapitre décrit les impacts et les mesures à mettre en place pour le forage des puits d'exploitation. Les impacts du forage d'un éventuel puits de reconnaissance, plus court, seront identiques ou moins importants. Afin de faciliter la lecture du document, on considérera donc que ce chapitre s'applique aussi à un forage d'exploitation.

5.1 Protection de l'air

Le périmètre d'étude comprend les surfaces d'implantation du projet (parcelles 2136, 2137 et 2138). Le périmètre d'influence du projet est plus large, en particulier avec le trafic des camions de livraison, mais ne peut pas être défini avec précision dans l'étude, puisque les trajets des véhicules ne sont pas encore connus.

Etat initial

La station climatologique Météosuisse de Fahys est la plus proche du site de Glovelier. Pour la période de référence 1980-2010, les précipitations moyennes annuelles sont de 1090 mm (Source : Météosuisse). La rose des vents de cette station est représentée ci-dessous.

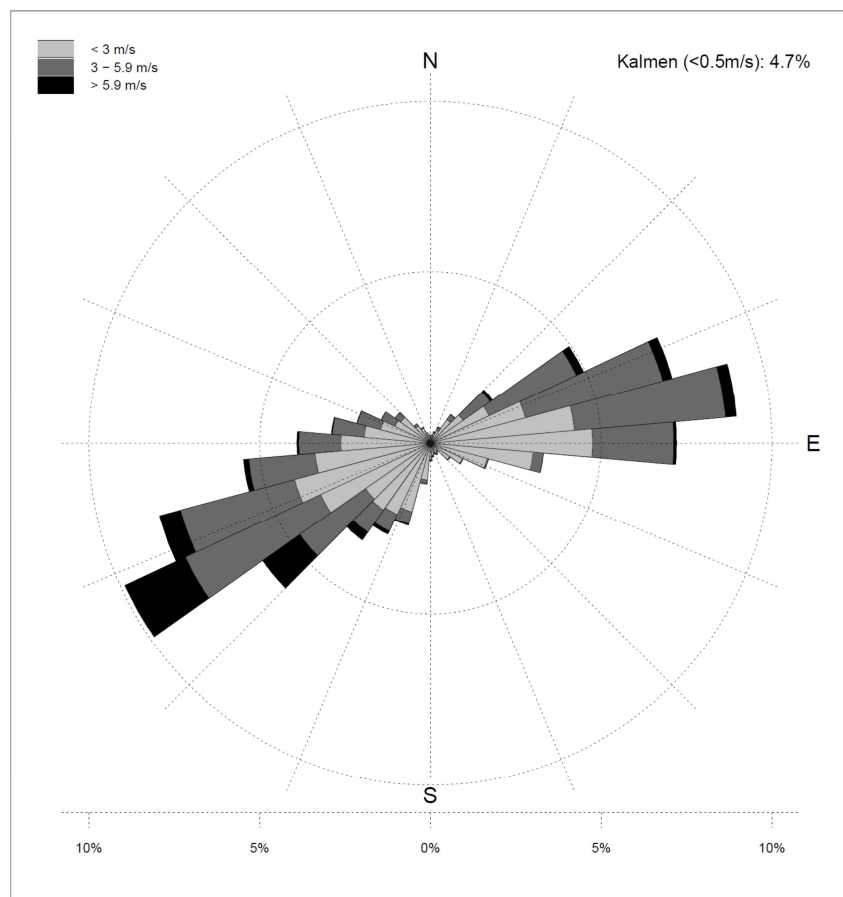


Figure 15 Rose des vents de la station météorologique de Fahys – Boncourt (Source : Météosuisse)

Niveau de pollution local/régional

Les données de base proviennent du rapport de l'Office cantonal de l'environnement « *Rapport annuel de la qualité de l'air* », septembre 2013. L'Office dispose de trois stations de mesure de qualité de l'air

fixes (Delémont, Porrentruy et Saignelégier) et d'une station mobile. Les stations de mesure de Delémont et de Porrentruy représentent la qualité de l'air en milieu suburbain, alors que la station de Saignelégier confirme une situation à 1000 m en milieu rural. La station mobile est principalement utilisée pour les impacts de l'A16 et d'autres projets importants. Ces stations permettent de mesurer les immissions de dioxyde d'azote (NO₂) et d'ozone (O₃), ainsi que les particules fines (PM10) pour Porrentruy et Delémont.

Des mesures de la qualité de l'air ont été faites par l'ENV à Glovelier et au bord de l'autoroute A16. Ces informations seront transmises par l'ENV et prises en compte pour le suivi de réalisation environnemental du projet.

Bilan dioxyde d'azote (NO₂)

Les valeurs limites définies par l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) sont constamment respectées depuis plusieurs années dans les stations de mesures fixes et les valeurs tendent légèrement à diminuer d'année en année (données non détaillées dans ce rapport). Comme le secteur d'étude se localise hors du village de Glovelier et dans un site moins fréquenté que les stations de mesure de Porrentruy et de Delémont, il est probable que les immissions de NO₂ du secteur d'étude ne dépassent pas celles mesurées dans ces deux stations fixes.

Bilan Ozone (O₃)

Un suivi de l'ozone se fait sur les stations de mesure de Delémont, Porrentruy et Saignelégier. Des pics d'ozone dépassant les valeurs limites de l'OPair sont observés chaque été depuis 1992 sur (données non détaillées dans ce rapport).

Bilan poussières fines (PM10)

En 2012, la moyenne annuelle fixée par l'OPair a été respectée à Porrentruy et à Delémont. Toutefois, la moyenne journalière selon l'OPair a été dépassée à plusieurs reprises dans les deux villes (données non détaillées dans ce rapport). Cela confirme la tendance des dépassements observée au niveau cantonal et au niveau Suisse. Selon les caractéristiques du secteur d'étude, il est probable que les valeurs de PM10 sur le site de Glovelier soient similaires aux valeurs mesurées à Delémont et Porrentruy, donc que l'on s'approche des valeurs limites en ce qui concerne la moyenne journalière.

5.1.1 Phase de construction

L'électricité pour les opérations de forage sera fournie par BKW (ou éventuellement un autre fournisseur), et ne générera donc pas de nuisances pour l'air sur le périmètre d'étude. De par leur nature, les travaux de forage se font en milieu humide et ne créent normalement pas de poussières. De même, les boues de forage et les déchets du traitement des eaux de forage seront humides, et stockés dans des containers munis de couvercles. Les impacts possibles identifiés sont :

- Les machines de chantier qui seront utilisées pour la préparation de la place de forage
- Les groupes électrogènes de secours au diesel (en cas de panne de courant) ; puissance totale de 2 – 3 MW
- Les poussières émises par les travaux sur le chantier (décapage, cimentation, bétonnage sur place, etc.)
- Le trafic des camions de chantier sur le réseau routier
- Le trafic du personnel mobilisé pour le chantier
- Le dégagement de gaz du sous-sol

L'évaluation du niveau de mesure « B » selon la directive Air-chantier¹³ a été confirmé par l'ENV après évaluation de l'enquête préliminaire. Les mesures figurant au chapitre 5.1.4 ont été jugées pertinentes pour ce projet, et seront intégrées au stade des mises en soumissions et contrôlées dans le cadre du SER.

Selon les estimations actuelles, 32 trajets en voiture particulière seront réalisés chaque jour durant la période du chantier. Ces trajets représentent 1% de trafic supplémentaire par jour sur la route cantonale (Trafic Journalier Moyen 2010 de 3'150 véhicules/jour¹⁴). Etant donnée le peu de trajets, les émissions de gaz d'échappement ne sont pas calculés dans le RIE.

Le thème du dégagement, lors du forage, de gaz issus du sous-sol a été mentionné dans l'enquête préliminaire. Il touche plus à la problématique de la prévention des accidents et de la sécurité au travail. Ce point sera traité dans le cadre du « document d'interface » mentionné au chapitre 5.13.1.

5.1.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Des gaz tels que l'azote, le CO₂, le méthane et le sulfure d'hydrogène peuvent être présents sous forme de traces dans l'eau produite, mais leur quantité reste négligeable (CO₂, N₂ de l'ordre du ‰, CH₄ et H₂S de l'ordre du ppm). Aucun gaz ne se dégage car il s'agit d'un circuit fermé. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.1.3 Phase de déconstruction

5.1.3.1 Impacts

Les impacts identifiés sont :

- Trafic de chantier (livraisons)
- Machines de chantier sur les surfaces du projet
- Poussières dues aux travaux de déconstruction de la place de forage
- Trafic des employés

5.1.3.2 Mesures

Pertinent, mais la déconstruction n'étant pas prévue avant plusieurs dizaines d'années, il est probable que les exigences et les mesures proposées pour la construction aient évolué au moment de la déconstruction. Une évaluation des exigences et mesures de protection de l'air devra être réalisée lors de la décision de démantèlement du site.

Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.1.4 Suivi environnemental de réalisation

Au stade actuel du projet, les mesures à mettre en place ne peuvent pas encore être choisies de manière définitive. Les mesures suivantes pourront être revues au moment de l'appel d'offre pour la réalisation du chantier. Ces mesures sont reprises dans la récapitulation des mesures du chapitre 7.1 (Air-F1).

¹³ OFEV, 2009, Directive concernant les mesures d'exploitation et les mesures techniques visant à limiter les émissions de polluants atmosphériques des chantiers (Directive Air Chantiers)

¹⁴ Source : Canton du Jura, Service des infrastructures.

Gestion des machines de chantier utilisées :

Le chantier est classé comme « Niveau B » selon la « Directive Air Chantiers » de l'OFEV. De manière générale, l'entreprise responsable des travaux devra répondre aux critères suivants :

- Détenir le certificat ISO 14001
- Veiller à limiter au maximum les émissions de poussières dans le chantier
- Préciser les mesures prises pour limiter les émissions
- Respecter les lois, ordonnances et directives fédérales, cantonales et communales sur la protection de l'air et de l'environnement

Les mesures pertinentes de la Directive de l'OFEV à appliquer sont présentées ci-après. Pour les mesures de préparation et de contrôle, on devra :

- Préciser le genre, le nombre et la durée des travaux de construction générateurs d'émissions
- Formuler les mesures et les conditions à respecter dans des dispositions spéciales liées aux ouvrages pour les appels d'offre

Les mesures de procédés de travail mécaniques suivantes devront être respectées :

- Fixer et retenir les poussières par maintien de l'humidité du matériau
- Concevoir des méthodes de transbordement avec faibles hauteurs de lâchage, basses vitesses de chute et bacs de rétention fermés
- Réduire au minimum les opérations de regroupement de gravats sur les lieux de transbordement et protéger les emplacements du vent
- Les dépôts de gravats tels que matériel provenant de la démolition de revêtements routiers, béton de démolition ou graves de recyclage, avec transbordements fréquents de matériaux doivent être protégés contre le vent
- Les lieux d'entreposage où les déplacements de matériaux interviennent peu fréquemment doivent être protégés contre le vent au moyen de mesures
- Sur les pistes non revêtues, stabiliser les poussières
- Equiper les voies de sortie du chantier aboutissant sur le réseau routier public de sas de nettoyage efficaces, p. ex. d'installations de lavage des roues

Pour les procédés de travail thermiques et chimiques, la principale mesure à mettre en place est :

- Utiliser des produits ménageant l'environnement lors du traitement de surfaces de tous genres (couches de fond, couches d'apprêt, peintures isolantes, masticages, vernis, crépis, etc.); faire de même avec les colles et les garnitures de joints.

Les exigences posées aux machines et aux appareils sont les suivantes :

- Utiliser des engins de travail peu polluants, p. ex. mus par des moteurs électriques
- L'entretien périodique des machines et des appareils équipés d'un moteur à combustion ≤ 18 kW doit être documenté, p. ex. par un autocollant
- Toute machine et tout véhicule équipé d'un moteur à combustion > 18 kW doit être identifiable, être contrôlé périodiquement conformément à l'annexe 2 et posséder une fiche d'entretien correspondante, porter une vignette antipollution adéquate

- Les nouveaux engins de travail utilisés sur le chantier doivent satisfaire, à compter de la date de leur mise en service, aux valeurs limites en vigueur prescrites par la directive européenne 97/68/CE
- Les engins de travail équipés de moteurs à essence 2 temps ou de moteurs à essence 4 temps sans catalyseurs doivent être alimentés par de l'essence pour appareils, conformément à la norme SN 181 163
- Les machines et les appareils équipés de moteurs diesel doivent fonctionner avec des carburants pauvres en soufre (teneur en soufre <50 ppm)
- Les travaux dégagant beaucoup de poussières accomplis avec des machines et des appareils utilisés pour le façonnage mécanique des matériaux de construction (p. ex. disques à trancher, ponceuses) doivent faire l'objet de mesures propres à réduire les émissions (p. ex. arrosage, captage, aspiration, séparation des poussières).

L'appel d'offre devra comprendre la mesure suivante :

- Les mesures de la Directive Air Chantiers sont à formuler concrètement dans les dispositions spéciales et dans la liste des prestations des documents de soumission.

Pour l'exécution des travaux, les mesures suivantes devront être prises :

- Planification optimale du déroulement des opérations. Préparation en temps utile des machines et des appareils les mieux appropriés aux travaux. L'entrepreneur établit avant le début des travaux une liste ad hoc qui sera actualisée périodiquement (voir l'exemple à l'annexe 3 de la directive).
- Le maître d'œuvre ou un organe compétent désigné par lui surveille l'application correcte des mesures de limitation des émissions fixées dans la procédure d'autorisation, le catalogue des prestations et le contrat d'entreprise.

Gestion du trafic de chantier

Pour limiter les impacts liés au trafic des camions de livraison, plusieurs mesures complémentaires sont proposées selon la directive de l'OFEV « Lutte contre la pollution de l'air dans le trafic routier de chantier » :

- Utiliser au maximum le transport ferroviaire pour les livraisons et les évacuations de machines ou de matériaux
- Utiliser les dernières technologies de moteur pour les camions (EURO 5 ou 6)
- Équiper les camions de filtres à particules
- Utiliser des carburants diesel propres (teneur en soufre)

Gestion du dégagement de gaz issu du sous-sol

La définition de mesures de protection contre le dégagement de gaz issu du sous-sol est pertinente. La sécurité en matière de gaz est absolument prioritaire sur un site de forage. Les mesures proposées font partie du plan de sécurité pour la protection contre les catastrophes (cf. chapitre 5.13).

5.2 Protection du climat

5.2.1 Phase de construction

Pertinent ; domaine environnemental traité exhaustivement dans l'enquête préliminaire

5.2.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.2.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.2.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.3 Bruit

Les aspects généraux et les résultats des simulations de bruit sont présentées dans ce chapitre. Un rapport technique (Annexe 9.1) présente les détails des simulations.

Introduction

Le projet de géothermie profonde de Haute-Sorne sera réalisé en plusieurs phases. Chacune de ces phases présente une problématique spécifique liée aux émissions sonores, les phases associées à l'activité de forage considérées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Phase de réalisation de la plateforme de forage ;
- Phase de forage ;
- Phase de stimulation ;

Toutes ces phases sont des activités de chantier.

Bases légales

Les émissions sonores liées aux phases de forage et de stimulation ainsi qu'aux phases de réalisation sont des émissions de chantier. La directive fédérale sur le bruit des chantiers est applicable à celles-ci. Pour l'évaluation de ce type de bruit, l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB¹⁵) renvoie à la directive bruit-chantier et ne définit aucune valeur de référence (en dB(A)).

Pour les phases de chantier de forage et de chantier de stimulation, la prise de position du canton du Jura impose le respect des valeurs limites d'immissions (VLI) définies à l'annexe 6 de l'OPB, exigeant ainsi une contrainte plus stricte par rapport aux prescriptions prévues par la Directive fédérale.

A ce titre :

- les émissions de bruit de la phase de forage devront respecter les valeurs limites d'immission définies dans l'annexe 6 de l'OPB ;
- les émissions de bruit de la phase de stimulation devront respecter les valeurs limites d'immission définies dans l'annexe 6 de l'OPB ;
- des mesures de limitation du bruit doivent être prévues, en s'inspirant du catalogue de mesures présenté dans la directive sur le bruit des chantiers.

¹⁵ Ordonnance du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB), RS 814.41

Etat actuel

Les parcelles N°2137 et N°2138 sur lesquelles le projet est défini sont actuellement exploitées pour l'agriculture et la parcelle N°2136 était exploitée par une pépinière dont les activités ont aujourd'hui cessé. Les émissions sonores actuelles du périmètre peuvent donc être considérées comme négligeables.

Le périmètre du projet et ses alentours sont par contre exposé au bruit induit par la proximité des éléments suivants :

- La ligne CFF Porrentruy-Delémont, au nord du périmètre ;
- La route cantonale 18, Route de la Raisse, au sud du périmètre ;
- L'autoroute A16, à environ 800 m au nord du périmètre ;
- La scierie ETS Röthlisberger SA dont le périmètre d'activité se situe à l'ouest du périmètre d'étude.

La situation actuelle du trafic sur les tronçons routiers concernés par le projet est présentée dans la Figure 16 ci-dessous. Il est à noter que chacun des tronçons concernés présente un TJM dépassant les 3'000 véhicules/jour.

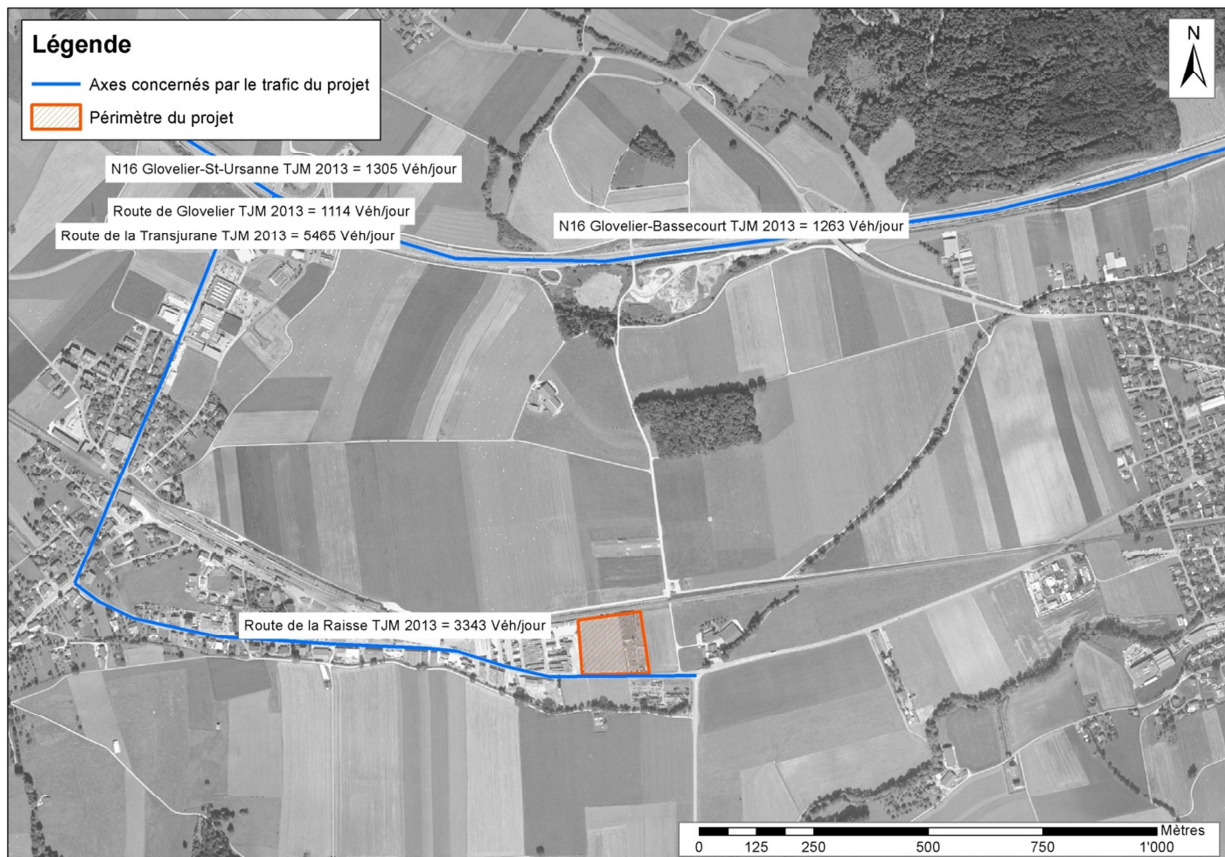


Figure 16 Trafic actuel sur les tronçons concernés par le trafic du projet (Source : CSD)

Les locaux à usage sensible identifiés dans le périmètre d'influence du projet sont présentés dans le tableau et à la figure ci-dessous :

Tableau 4 Nombre d'habitations considérées pour l'évaluation de l'impact sonore du projet (Source : CSD)

Localité	Sensibilité	Nombre	Remarques
Bassecourt	DSII	13 habitations	Des parcelles non construites ont également été prises en compte La ferme « Les Croisées » est comptabilisée ici
	DSIII	12 habitations	
Berlincourt Glovelier	DSIII	16 habitations	La ferme « Le Lémont » est comptabilisée ici
	DSII	10 habitations	
	DSIII	5 habitations	
Total		56 habitations	

Des récepteurs ont été modélisés pour chacune des ouvertures orientées en direction du projet pour chacune des habitations considérées dans le modèle. La présence de parcelles non construites a été prise en compte dans l'évaluation des immissions sonores à Bassecourt. Ainsi des points récepteurs ont également été placés à la limite constructible de ces parcelles, à une distance de 5 m de la limite de la parcelle.

La position des bâtiments étudiés est présentée dans la Figure 17 ci-dessous.

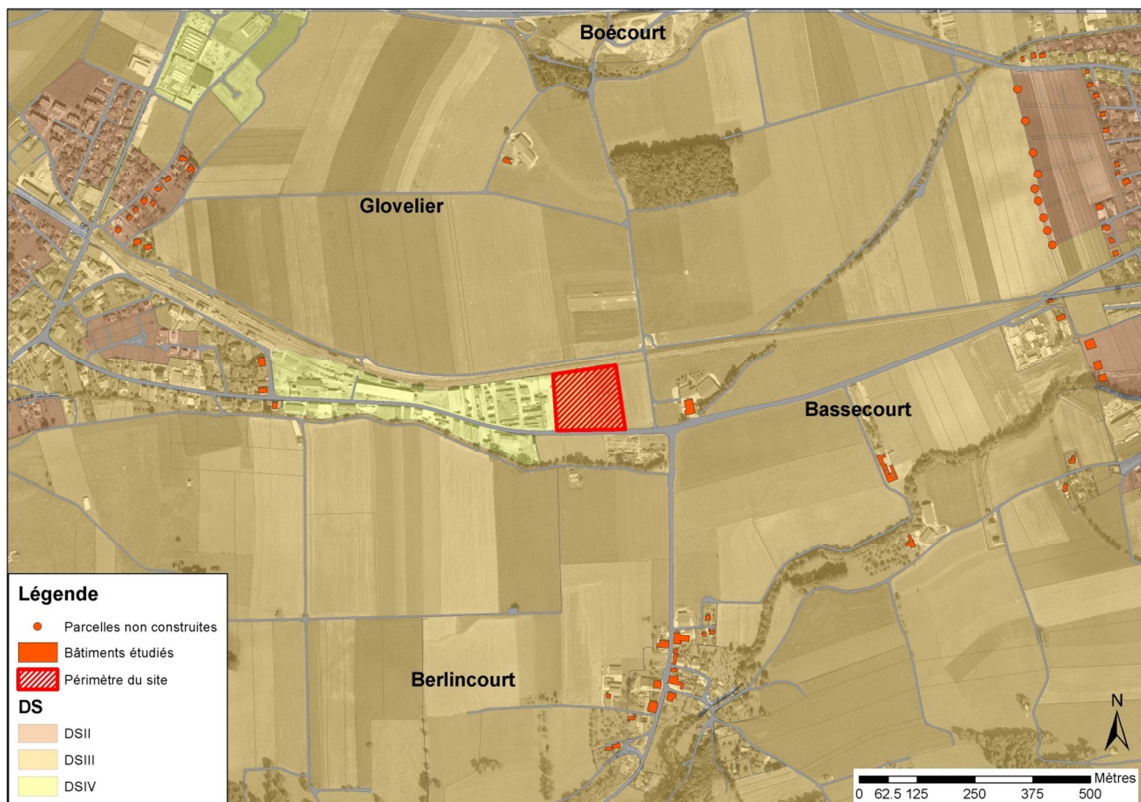


Figure 17 Situation bâtiments contenant des locaux à usage sensible étudiés. (Source : CSD)

5.3.1 Phase de construction

5.3.1.1 Bruit de chantier

L'évaluation de l'impact du bruit assimilé à du bruit industriel a été réalisée par le bureau CSD Ingénieurs SA et fait l'objet d'un rapport technique présenté en annexe 9.1. Les éléments principaux traitant de la phase de forage sont repris dans le présent chapitre.

L'évaluation de l'impact du bruit induit par le trafic routier lié aux phases de chantier (forage et stimulation) est également présentée dans ce chapitre.

Bruit du trafic routier

Les tronçons routiers concernés par une augmentation du trafic sont présentés dans la Figure 16 ci-dessus. Il s'agit principalement des tronçons reliant la sortie de l'autoroute de Glovelier au périmètre d'étude. Les axes concernés sont : la N16 en direction de Bassecourt et de St-Ursanne, la route de Glovelier, la route de la Transjurane et la route de la Raisse.

Hypothèses de base pour l'évaluation du trafic induit par la phase de chantier :

- Nombre total de mouvement de camions¹⁶ : 1'140
- Nombre total de mouvement de véhicules légers¹⁷ : 14'140
- Durée totale de la phase de chantier : 707 jours¹⁸
- Répartition trafic jour-nuit : 2/3 de trafic de jour 1/3 de trafic de nuit

Le trafic futur en trafic journalier moyen (TJM) sur les tronçons concernés a été évalué sur la base de ces hypothèses et sur les valeurs de trafic 2010 du canton du Jura. Ces valeurs sont présentées dans le Tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 Trafic routier futur avec et sans projet. VB = Véhicules bruyants. (Source : CSD)

Axes routiers empruntés	Données canton TJM		TJM 2017	TJM induit par la phase de forage et stimulation
	2010	Augmentation du trafic annuel %/an		
N16 Glovelier-Bassecourt	11'900	2.0%	13'669	11 avec 7% VB
N16 Glovelier-St-Ursanne	12'300	2.0%	14'129	10 avec 7% VB
Route de Glovelier	10'500	2.0%	12'061	21 avec 7% VB
Route de la Transjurane	5'150	2.0%	5'916	21 avec 7% VB
Route de la Raisse	3'150	2.0%	3'618	21 avec 7% VB
Rue St-Hubert	3'250	2.0%	3'733	Non concerné
Berlincourt	2'100	2.0%	2'412	Non concerné

Certains de ces tronçons traversent ou longent des zones habitées affectées en degré de sensibilité II (DSII), notamment la route de la Transjurane qui traverse Glovelier.

¹⁶ Nombres de poids lourds >40 tonnes et <40 tonnes sur la base des données transmises par le bureau rwb

¹⁷ Sur la base de 10 employés sur le site pendant 707 jours et faisant 2 mouvements chacun

¹⁸ La durée totale prise en compte pour cette évaluation représente une hypothèse conservatrice, les 707 jours représentent une durée minimale de la phase des travaux.

La détermination du niveau des mesures à appliquer pour les transports de chantier a été réalisée selon la Directive sur le bruit des chantiers. Une détermination du niveau de mesures été réalisée séparément pour la période diurne et nocturne conformément à la Directive.

Les hypothèses suivantes ont été appliquées à la détermination du niveau de mesures à appliquer :

Phase de réalisation de la plateforme de forage :

- La totalité du trafic sera réalisé sur des routes principales menant à l'autoroute par Glovelier ;
- Trafic routier supplémentaire total : 15'280 mouvements ;
- Durée totale du trafic induit par le chantier : 25 mois ;
- Nombre de nuits concernées par du trafic de chantier : environ 700.

Sur la base de ces hypothèses les valeurs suivantes ont été calculées :

- Trafic total de jour : 10'190 mouvements ;
- Trafic total de nuit : 5'100 mouvements ;

Le tableau suivant présente les résultats de la détermination selon la Directive sur le bruit des chantiers.

Tableau 6 Détermination du niveau de mesures à appliquer au trafic de chantier d'après la Directive sur le bruit des chantiers

	Bt [mouvements]	Durée totale en semaine (T)	Ft (Bt/T)	Valeur limite pour les routes principales DSII (Ft)
Période de jour	10'190	101	101	940
Période de nuit	5'100	101	50	68

Les résultats présentés dans le Tableau 6 ci-dessus indiquent que les limites pour l'application des mesures de niveau B ne sont pas atteintes. Les mesures de protection de niveau A devront donc être appliquées pour la totalité du transport de chantier.

5.3.1.2 Phase de forage

Les phases de forage et de stimulation sont des phases de chantier soumises à la Directive fédérale sur le bruit des chantiers. La prise de position du Canton impose le respect des valeurs limites d'immission prévues dans l'annexe 6 OPB pour ces deux phases. Ainsi, les niveaux d'évaluation ont été établis selon les principes de l'annexe 6 OPB applicable au bruit de l'industrie et de l'artisanat, et sont comparés aux valeurs limites d'immission (VLI).

Pour chacune de ces phases, les horaires d'activité des installations concernées seront continus, les activités bruyantes seront à signaler 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Aucune variation du niveau sonore n'est attendue entre les activités diurnes et les activités nocturnes, ainsi seul le respect des valeurs limites d'immission de nuit est évalué dans le présent chapitre, cette période étant la plus critique au niveau des nuisances sonores.

Durant la phase de forage, les activités les plus bruyantes à signaler sur le site sont les activités liées à la tour de forage. Ces activités se déroulent par alternance de 2 phases : la phase de forage à proprement parler suivie de la phase de mise en place du tubage (roundtrip), la distribution temporelle de ces deux phases est de 85% et de 15% respectivement. Cette distribution de phases opérationnelles est une

représentation conservatrice de la phase de forage. En effet en réalité, la proportion temporelle de forage effectif sera inférieure à 85%.¹⁹

Les installations principales intégrées aux modèles numériques sont présentées dans le Tableau 7 ci-dessous avec les valeurs de puissance acoustique des sources principales de trois foreuses (deux foreuses électriques et une foreuse hydraulique). La table complète des installations modélisées pour chacune des foreuses est présentée dans le rapport technique en annexe. Afin d'intégrer l'aspect mobile du topdrive, les émissions de celui-ci ont été distribuées sur trois hauteurs correspondant au haut de la tour, au milieu et au bas de celle-ci.

Tableau 7 Puissances acoustiques des installations principales de la place de forage (source : gec-co et GTA)

Éléments de la place de forage	Puissance acoustique des installations de forage dB(A)					
	Foreuse électrique type X		Foreuse électrique type Y		Foreuse hydraulique	
	Forage	Roundtrip	Forage	Roundtrip	Forage	Roundtrip
Top drive^{a)}	104		102		97.4	
Pompes à boue	98 ^{b)}		98 ^{b)}		98.1 ^{b)}	
Tamis	101		101		98.1 ^{b)}	
Centrifugeuse	93				90.0	
Système de levage	83	108			78.4	75.9
Plateforme de travail	83	95				74.5
Corrections (somme des valeurs k)	9	11	9	11	9	11

^{a)} le top drive a été modélisé avec trois sources de 99.2 dB(A) pour la foreuse X et de 97.2 dB(A) pour la foreuse Y une source linéaire a été modélisée pour la foreuse hydraulique

^{b)} puissance acoustique par unité installée

Corrections selon l'annexe 6 OPB

Les facteurs K de correction selon l'annexe 6 de l'OPB ont été appliqués à chacune des deux phases de forage sur la base des caractéristiques propres à chaque source de bruit.

K1 : La valeur k1 de 5 dB(A) est fixée par l'art. 1 let. a de l'annexe 6 de l'OPB pour une installation industrielle.

K2 : La valeur k2 a été fixée à 4 dB(A), ceci pour intégrer l'audibilité nette de la composante tonale induite par la présence de moteurs et de pompes pour la phase de forage. Pour la phase de roundtrip, l'audibilité de ces composantes devient faible ainsi la valeur k2 devient 2 dB(A).

K3 : Pour la phase de forage à proprement parler, une correction K3 de 0 dB(A) a été appliquée afin de prendre en compte l'absence de composante impulsive lors de cette phase. Cette valeur a été fixée à 4 dB(A) pour la phase de roundtrip, la manipulation des tubes induisant une audibilité nette de la composante impulsive du bruit total de cette phase d'activité.

Variantes étudiées

Trois modèles ont été réalisés afin d'évaluer l'impact sonore des trois foreuses types sélectionnées parmi les modèles disponibles sur le marché. Une fois ces modèles réalisés, différentes protections phoniques ont été modélisées afin d'évaluer l'effet de celles-ci.

¹⁹ La distribution des phases opérationnelles intègrent habituellement environ 52% de temps de forage.

Les variantes principales étudiées sont présentées dans le Tableau 8. La description complète de toutes les variantes étudiées est présentée dans le rapport sectoriel du bruit en annexe.

Tableau 8 Variantes étudiées pour la phase de forage (variantes F)

N° de la variante	Hauteur de la paroi antibruit	Foreuse
F1.1	0 m	Electrique type X
F1.2	10 m	Electrique type X
F2.1	0 m	Electrique type Y
F2.2	10 m	Electrique type Y
F3.1	0 m	Hydraulique
F3.2	10 m	Hydraulique

Résultats

La propagation du bruit sur le site et la zone d'influence du projet a été modélisée pour toutes les variantes décrites ci-dessus. La Figure 18 illustre la propagation sonore pour la variante V3.2 (foreuse hydraulique avec paroi antibruit)

Sur la base des modèles de propagation, les valeurs d'immission au droit de chacun des locaux à usage sensible situés dans le périmètre d'influence du projet ont été évaluées. Les résultats de cette évaluation sont présentés dans le Tableau 9 ainsi que sous forme graphique dans la Figure 18. Le détail des immissions au droit de chacun des bâtiments étudiés est présenté dans le rapport complet en annexe.

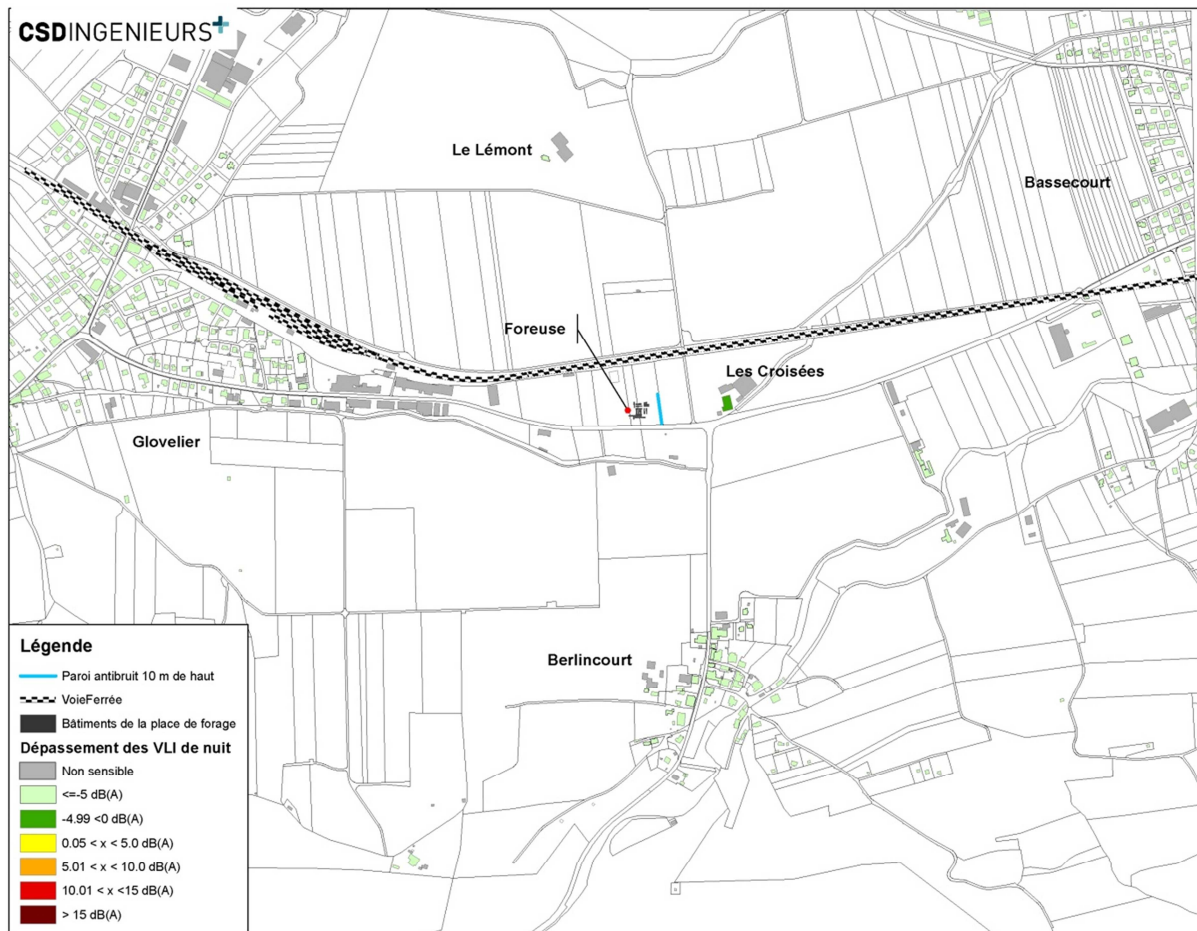


Figure 18 Illustration des résultats de la variante 3.2 (foreuse hydraulique avec paroi de 10 m de haut) (Source : CSD et GTA)

Tableau 9 Résultats par secteurs d’investigation (source : CSD et GTA)

Lieu d'immission	DS	Valeur maximale d'immission [dB(A)]						Valeurs limites de nuit à respecter [dB(A)]
		F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	F3.1*	F3.2	
Bassecourt	DSII	39.5	39.4	38.4	38.3	38.7	34.4	50
Bassecourt	DSIII	43.6	43.6	42.1	42.1	-	39.9	55
Berlincourt	DSIII	50.7	50.7	48.8	48.8	48.6	46.0	55
Glovelier	DSII	38.0	38.0	36.4	36.4	-	34.2	50
Glovelier	DSII	44.6	44.6	43.1	43.1	44.8	41.7	55
Les Croisées	DSIII	58.1	54.6	56.6	52.9	56.2	51.1	55
Le Lémont	DSIII	47.2	47.2	45.5	45.5	-	39.9	55

*Données pour un modèle partiel sans bâtiment ni paroi

En rouge les valeurs dépassant les valeurs limites à respecter

Ces résultats indiquent que les valeurs limites d'immission sont respectées au droit de tous les locaux à usage sensible situés dans le périmètre d'influence du projet et pour lesquels des récepteurs ont été modélisés pour l'implantation d'une foreuse présentant des puissances acoustiques égales ou inférieures à celles intégrées dans le modèle. Ceci moyennant l'installation d'une paroi antibruit de 10 m de haut et de 65 m de long entre la place de forage et la ferme des Croisées.

Phase de stimulation

L'activité de stimulation nécessite l'installation de 4 pompes de stimulation ainsi que leur moteur respectif. Ces éléments seront installés dans un container afin de les sécuriser et également afin de diminuer leurs émissions sonores. La Figure 19 ci-dessous illustre une de ces pompes.



Figure 19 Illustration d'une installation de stimulation. (Source : TUEV NORD Systems GmbH & Co. KG)

Les caractéristiques d'émissions ainsi que les valeurs de correction selon l'annexe 6 OPB intégrées dans le modèle sont présentées ci-dessous. Les valeurs d'émission pour les unités de stimulation ont été fournies par le bureau gec-co et correspondent à une puissance acoustique de 106.7 dB(A) par unité.

Corrections selon l'annexe 6 OPB

Les valeurs de correction ont été appliquées sur la base des caractéristiques du bruit induit par les unités de stimulation.

K1 : La valeur k1 de 5 dB(A) est fixée par l'art. 1 let. a de l'annexe 6 de l'OPB pour une installation industrielle.

K2 : La valeur k2 a été fixée à 2 dB(A), ceci pour intégrer la composante tonale du bruit induit par les éléments inclus dans les unités de stimulation : un moteur et une pompe, qui tous deux présentent une composante tonale dont l'audibilité a été considérée comme faible par le fait que ces sources sont confinées dans un container.

K3 : Aucune composante impulsive n'est à signaler pour la phase de stimulation, ainsi la valeur de k3 a été fixée à 0 dB(A)

La phase de stimulation étant réalisée suite à la phase de forage, les protections phoniques installées lors de cette phase précédente seront maintenues pour la phase de stimulation.

Ainsi la modélisation de la phase de stimulation a été réalisée avec la prise en compte d'une paroi antibruit de 65 m de long et 10 m de haut installée sur la limite est de la parcelle n°2136.

Résultats

La modélisation de la phase de stimulation a été réalisée pour les variantes suivantes (variantes S) :

- S1.1 : Stimulateurs avec paroi 10 m
- S1.2 : Stimulateurs sans paroi

Les résultats correspondants sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10 Résultats d'immission pour la phase de stimulation (variantes S) (source : CSD)

Lieu d'immission	DS	Variante		Valeurs limite à respecter [dB(A)]
		S1.1	S1.2	
Bassecourt	DSII	42.0	42	50
Bassecourt	DSIII	42.6	42.6	55
Berlincourt	DSIII	47.7	47.7	55
Glovelier	DSII	35.7	35.7	50
Glovelier	DSIII	41.5	41.5	55
Les Croisées	DSIII	52.4	55.6	55
Le Lémont	DSIII	46.5	45.6	55

Ces résultats montrent que les valeurs limites d'immission sont respectées au droit de tous les locaux à usage sensible concernés avec l'installation d'une paroi anti bruit d'une hauteur minimale de 10 m le long de la limite de la parcelle n°2136. Ceci pour l'installation de 4 unités de stimulation présentant une puissance acoustique égale ou inférieure à la valeur intégrée dans le modèle.

5.3.1.3 Infrasons

Les infrasons correspondent aux émissions de sons à une fréquence inférieure à 20 Hz. Selon les données transmises par les fabricants concernés, la totalité des installations exploitées pour les phases de chantier décrites dans ce chapitre présente un spectre d'émission de 31.5 Hz à 8000 Hz. Ainsi aucune problématique d'infrasons n'est attendue pour ces travaux.

5.3.1.4 Synthèse

Les résultats des modélisations réalisées ont montré que les valeurs limites d'immission peuvent être respectées au droit de tous les récepteurs sensibles, sous condition d'implanter une paroi antibruit de 10 m de haut et de 65 m de long entre la ferme des Croisées et la place de forage et d'implanter les installations présentant les mêmes caractéristiques acoustiques que les installations modélisées (pour les foreuses électriques et la foreuse hydraulique).

Les mesures de niveau A prévues dans la directive sur le bruit de chantier devront être appliquées pour le trafic induit par la phase de forage et de stimulation ainsi que les phases de montage et de démontage des installations.

Afin de permettre un monitoring des immissions sonores induites par les phases de chantier, une station de mesure en continu sera installée sur la parcelle n°4202 (ferme des Croisées) sous réserve de l'autorisation du propriétaire de cette parcelle. Cette mesure en continu permettra d'avoir à disposition des données complètes permettant d'assurer une maîtrise accrue de la problématique du bruit liée à ces phases de chantier. De plus des mesures ponctuelles de vérification seront réalisées au droit des habitations les plus exposées de Glovelier, Berlincourt et de Bassecourt ainsi qu'à la ferme du Lémont. La Figure 20 ci-dessous présente la position prévue pour les différents points de mesures.

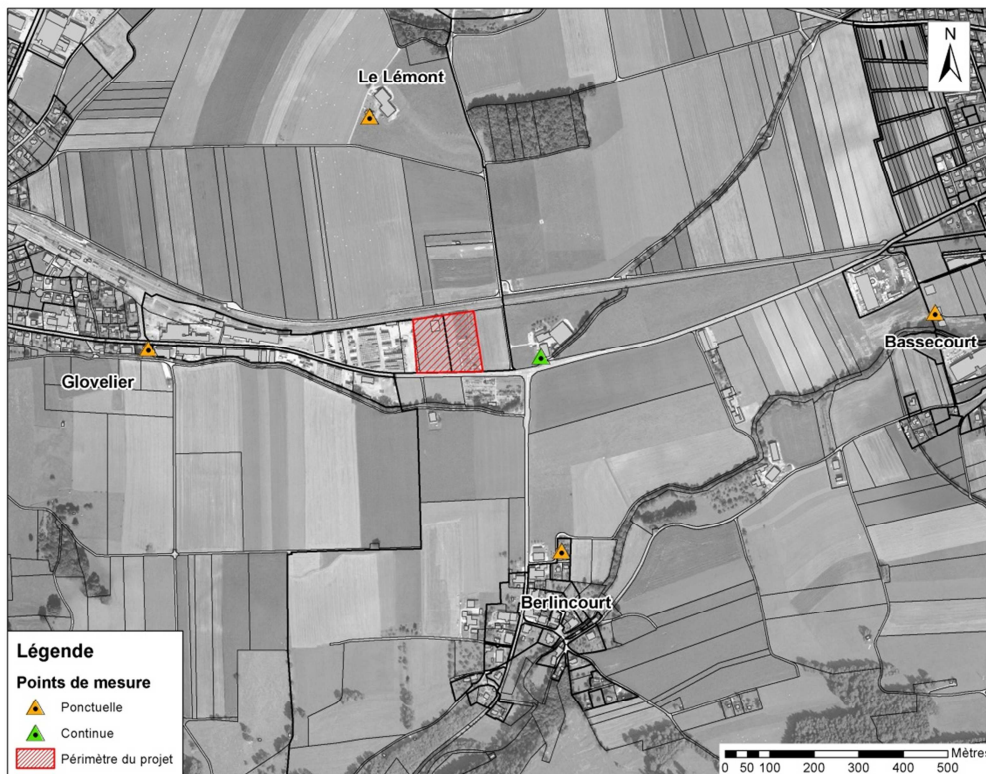


Figure 20 Situation des points de mesures prévus pour le monitoring bruit.

5.3.2 Phase d'exploitation

Non pertinent.

5.3.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

5.3.4 Suivi environnemental de réalisation

5.3.4.1 Cahier des charges pour le SER

- Vérification des puissances acoustiques des installations de forage et de stimulation prévues. La contrainte du respect des valeurs limites d'immission sera intégrée lors de l'appel d'offre pour les installations de forage et de stimulation. Une validation par un bureau spécialisé dans l'acoustique sera demandée pour chacun des mandataires répondant à l'appel d'offre. ;
- Définition et vérification de l'application des mesures découlant de l'application de la directive sur le bruit des chantiers (B pour le chantier et A pour le trafic de chantier) ;
- Mise en place d'une station de mesure de bruit en continu pour la totalité de la phase de chantier (forage et stimulation) au droit de la ferme des Croisées. Ceci selon les conditions à discuter avec le propriétaire de la parcelle ;
- Organisation de mesures de bruit de contrôle ponctuelles, selon les besoins, au droit d'habitations situées dans les villages voisins (Berlincourt, Glovelier et Bassecourt) ainsi qu'à la ferme du Lémont.

5.3.4.2 Mesures intégrées au projet

Mesure Bruit-F1 : Application de mesures de niveau B selon le type de travaux pour le chantier

Les caractéristiques du chantier ainsi que celles de l'environnement de celui-ci impliquent la nécessité d'appliquer des mesures de niveau B selon la directive sur le bruit des chantiers.

Mesure Bruit-F2 : Application de mesures de niveau A pour le trafic de chantier

Selon la détermination des mesures à appliquer prévue dans la Directive sur le bruit des chantiers, le niveau de mesure A devra être appliqué pour tout le trafic de chantier.

Mesure Bruit-F3 : Mise en place de parois antibruit provisoires

Une paroi antibruit provisoire d'une hauteur de 10 m et d'une longueur de 65 m sera installée avant le début de la phase de forage et de stimulation

Mesure Bruit-F4 : Choix d'un modèle de foreuse adapté

Le choix du modèle de l'installation de forage sera réalisé sur la base des puissances acoustiques de celle-ci. Les niveaux présentés dans ce chapitre pour les foreuses électriques et pour la foreuse hydraulique devront être respectés par la foreuse sélectionnée pour le site de Haute-Sorne.

Mesure Bruit-F5 : Choix des unités de stimulation adaptées

Le modèle sélectionné pour les unités de stimulation devra présenter des puissances acoustiques égales ou inférieures aux valeurs intégrées au modèle de propagation sonore réalisé pour ce projet.

Mesure Bruit-F6 : Minimisation des activités de nuit

Dans la mesure du possible, l'organisation des phases de chantier ainsi que celle des phases de forage et de stimulation seront réalisées en portant une attention particulière à l'organisation des tâches, ceci afin de planifier prioritairement les activités bruyantes lors des périodes diurnes.

Mesure Bruit-F7 : Mise en place d'un monitoring de bruit

L'installation d'une station de mesure du bruit en continu est prévue au droit de la ferme des Croisées. De plus des mesures de vérifications ponctuelles seront réalisées, selon les besoins, au droit des habitations les plus exposées de Glovelier, Berlincourt et de Bassecourt, ainsi qu'à la ferme du Lémont.

5.4 Vibrations

5.4.1 Phase de construction

Point traité dans le cadre de l'enquête préliminaire. Sur la base des expériences lors de forages à grandes profondeurs, on peut admettre qu'aucune vibration significative ne sera ressentie hors des parcelles dédiées au projet, hormis éventuellement sur la parcelle de l'usine Röthlisberger la plus proche du site, qui ne sert cependant qu'au stockage de matériel. Idem pour le bruit solidien propagé.

5.4.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.4.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Les travaux de démantèlement ne produisent aucune vibration particulière. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.4.4 Suivi environnemental de réalisation

Les mesures prises pour limiter les vibrations devront correspondre à l'état de la technique.

5.5 Rayonnements non-ionisant (RNI)

Au nord du site se trouve la ligne CFF (dont l'émission de RNI est jugée mineure) et la ligne électrique (UL 177 Ss Delémont – Ss Courtemaiche) de 66 kV/16.7Hz/340 A longeant les voies CFF. Il a été calculé par Axpo netze dans le cadre d'un autre projet à Porrentruy que la distance à respecter afin de respecter une induction magnétique maximale de 1 μ T était de 14 mètres. Partant de ce principe est compte tenu du fait qu'il s'agit exactement de la même ligne électrique, les futures places de travail prévues sur le site géothermal se trouveront hors de la zone où le rayonnement non-ionisant dépasse ces 1 μ T.

5.5.1 Phase de construction

La phase de forage nécessitera l'utilisation d'une puissance électrique importante. Ces questions tiennent cependant plus de la protection des travailleurs que de la protection de l'environnement ou de la population.

5.5.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Le thème est traité avec les autres installations de surface au chapitre 6.5.2, page 104. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.5.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.5.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.6 Eaux souterraines

La problématique des eaux souterraines fait l'objet d'un rapport spécifique en Annexe 9.2. Ce rapport concerne le périmètre correspondant aux parcelles 2136, 2137 et 2138, situées à l'aval (Est) de la scierie Röthlisberger SA, à la sortie Est du village de Glovelier (commune de Haute-Sorne).

La nature des formations aquifères et la qualité des nappes qu'elles contiennent sont synthétisées dans les données de base.

5.6.1 Phase de construction

Le rapport met en lumière les impacts potentiels du projet qui seront principalement importants lors de la phase de construction de la boucle géothermale et de la traversée des différents aquifères par les forages. Le risque majeur est de créer des communications permanentes entre les différentes nappes souterraines traversées, dont le principe est interdit par la LEaux²⁰. Cependant, le concept, d'ores et déjà acquis, de cimenter, dans les règles de l'art, une colonne technique (tubages aveugles et colonnes perdues²¹) jusqu'au réservoir stimulé permet de réduire drastiquement ce risque. De plus, lors du forage proprement dite, le dosage précis de la densité de la boue de forage limitera le risque d'échange avec des eaux souterraines.

La maîtrise :

²⁰ Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 (Etat le 1^{er} août 2013) 814.20

²¹ Une colonne perdue ne remonte pas jusqu'à la tête de puits, mais sur une hauteur limitée, à l'intérieur du tubage précédent

- des fluides de forage (boues, additifs), de développement (acides avec inhibiteurs de corrosions) et de cimentation (coulis de ciment, adjuvants), ainsi que
- des fluides de la boucle géothermale (eaux fortement minéralisées avec inhibiteurs de corrosion)

est fondamentale pour éviter le risque de pollution en surface.

Les risques d'atteinte sur la nappe alluviale superficielle sont, à considérer comme secondaires. En effet, les différentes investigations techniques réalisées sur les parcelles concernées par le projet ont mis en évidence l'existence d'une nappe d'eau souterraine marginale, peu développée, de faible perméabilité, polluée par des hydrocarbures et non exploitable.

5.6.2 Phase d'exploitation

Comme 5.6.1.

5.6.3 Phase de déconstruction

Comme 5.6.1.

5.6.4 Suivi environnemental de réalisation

A des fins d'établissement de preuves à futur, un réseau de surveillance hydrogéologique des points d'eau situés aux alentours du projet (captages publics) est prévu. Il s'agira de coupler un suivi qualitatif (analyses physico-chimiques de type eau potable) et un suivi quantitatif (mesures de débit et de niveau d'eau) avec une fréquence de 3 x par année.

5.7 Evacuation des eaux pluviales et des eaux usées sanitaires

Selon le PGEE du SEDE, le mode d'évacuation des eaux pluviales est l'infiltration dans une partie de la surface d'exploitation et le rejet dans le cours d'eau pour l'autre partie. Le potentiel d'infiltration de cette zone est défini comme faible. Comme le sous-sol est probablement pollué (voir chapitres 5.10 et 6.10), il n'est pas envisageable de procéder à une quelconque infiltration dans le sol.

Les principes généraux d'évacuation seront les suivants (Figure 21) :

- a) Phase de construction : évacuation des eaux de ruissellement aux eaux usées via un dessableur équipé d'un coude plongeur, un bassin de rétention (débit en sortie 20 l/s – à confirmer durant l'avancement du projet) et un séparateur d'hydrocarbures à coalescence
- b) Phase d'exploitation : évacuation des eaux de ruissellement au Tabeillon via le dessableur et le bassin de rétention. En cas de pollution accidentelle des eaux, une vanne présente en sortie du bassin de rétention permettra d'évacuer les eaux à la STEP selon le point a) ci-dessus. Un bassin de rétention dédié, équipé d'une vanne en sortie, permettra de retenir les eaux de ruissellement de la place sous les aérorefroidisseur en cas de fuite d'huile ou d'hydrocarbures.
- c) Le bassin de rétention des eaux pluviales fonctionnera également comme bassin de sécurité en cas de pollution accidentelle importante des eaux de ruissellement. Il pourra être isolé par les vannes d'entrée et de sortie et by-passé en cas de nouvelles pluies. Les eaux polluées retenues dans le bassin seront traitées de manière adéquate (in situ, éliminées comme déchets spéciaux, ou rejetées au collecteur des eaux usées du SEDE vers la Step de Soyhières via un séparateur à coalescence).

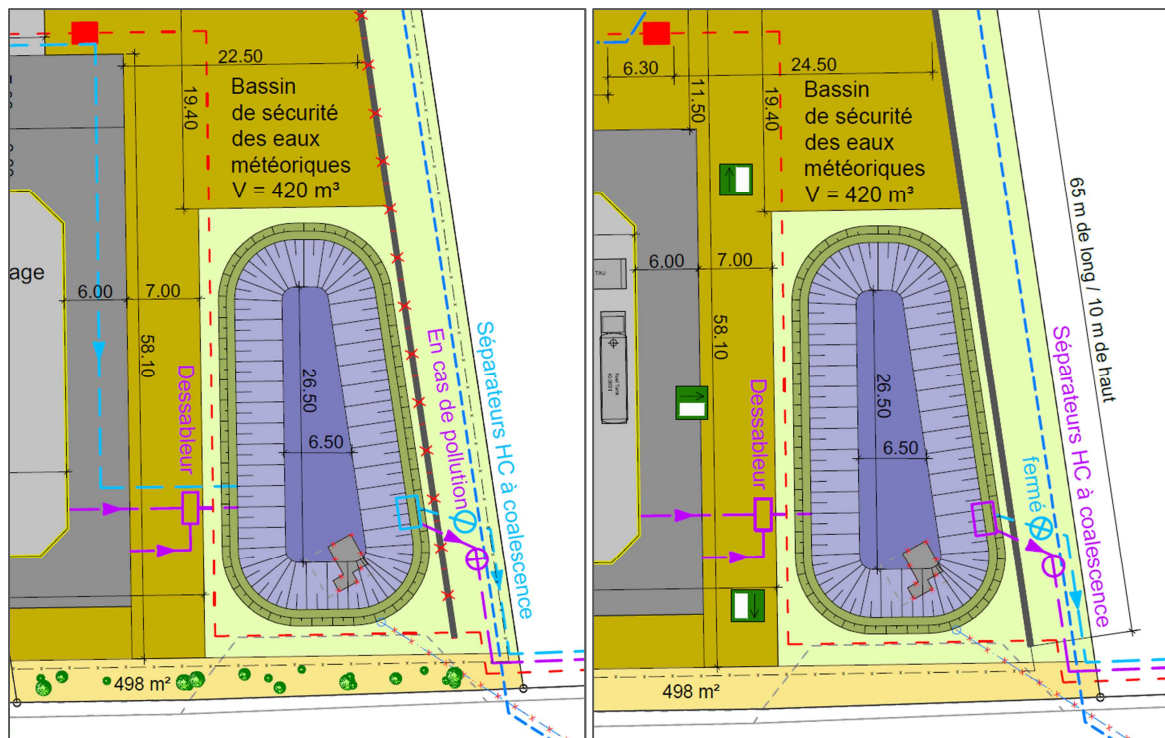


Figure 21 Les deux modes d'évacuation des eaux s'écoulant sur la place de forage. En cas normal (à gauche), les eaux de ruissellement sont déversées dans le Tabellion via un dessableur, un bassin de rétention et un séparateur à coalescence. En cas de pollution des eaux, elles sont dirigées vers la STEP via deuxième séparateur à coalescence.

Pour un temps de retour des pluies fixé à 100 ans, avec un débit d'évacuation fixé à 20 l/s, le volume nécessaire pour la rétention des eaux pluviales du site est estimé à 390 m³ (Tableau 11). Le volume du bassin de rétention prévu à ce stade du projet est de 420m³.

Tableau 11 Estimation du volume de rétention nécessaire pour $T_{\text{retour}} = 100$ ans et $Q_{\text{évacué}} = 20$ l/s

Rétention et évacuation des eaux pluviales en phase d'exploitation												
1. Détermination des surfaces d'apport												
Surface d'apport		totale	C ruisst	réduite								
Ancienne place forage, place et parking		7'000	0.90	6'300 m ²								
Centrale géothermique et place		2'200	0.90	1'980 m ²								
Aérefroidisseurs		2'100	0.90	1'890 m ²								
Place réservée centrale d'apport		360	0.90	324 m ²								
Bassin rétention eaux pluviales		240	1.00	240 m ²								
Surface réduite totale		11'900		10'734 m²								
2. Estimation du volume de rétention												
Précipitations à Glovelier selon Atlas hydrologique CH Temps de retour = 100 ans							Débit évacué du bassin: 20 l/s Débit infiltré dans bassin: 0 l/s Débit infiltré in situ: 0 l/s					
Précipitations							Evacuation		Infiltration		Rétention	
Durée de la pluie		Référence	Hauteur	Intensité	Débit	Débit	Débit	Volume	Débit	Volume	Volume	Volume
secondes	heures		pluie	pluie	entré	entré	entré	évacué	évacué	infiltré	infiltré	sortie
			mm	mm/h	m ³ /h	l/s	m ³	l/s	m ³	l/s	m ³	m ³
900	0.25	Atlas hydrologique de la Suisse	23	92.02	988	274	247	20	18	0	0	18
1800	0.5		30	59.10	634	176	317	20	36	0	0	36
2700	0.75		34	45.61	490	136	367	20	54	0	0	54
3600	1		38	37.95	407	113	407	20	72	0	0	72
7200	2		49	24.37	262	73	523	20	144	0	0	144
10800	3		56	18.81	202	56	606	20	216	0	0	216
14400	4		63	15.65	168	47	672	20	288	0	0	288
18000	5		68	13.57	146	40	728	20	360	0	0	360
21600	6		72	12.08	130	36	778	20	432	0	0	432

L'installation d'une station de mesure du niveau et du débit du Tabeillon à la sortie de Glovelier est envisagée dans le cadre de ce projet. Elle permettra de connaître avec plus de précision et de fiabilité les valeurs déterminantes du cours d'eau en crue et en étiage. La valeur du débit maximum d'évacuation du bassin de rétention sera alors fixée en toute connaissance de cause.

Les eaux usées domestiques produites sur le site seront évacuées dans le collecteur d'eaux usées du SEDE vers la STEP de Soyhières.

5.7.1 Phase de construction

La gestion des différentes eaux au moment de la construction dépendra de leur qualité. Leur élimination se fera selon les filières autorisées, comme pour les déchets (voir chapitre 5.11).

5.7.2 Phase d'exploitation

Les eaux pluviales qui tomberont et s'écouleront sur la surface d'exploitation sont considérées comme des eaux non polluées, donc à évacuer suivant les directives OFEV et VSA en vigueur. Les principes pour l'évacuation des eaux pluviales propres sont les mêmes que durant le forage (voir chapitre 5.7).

5.7.3 Phase de déconstruction

La gestion des eaux de forage au moment de la déconstruction dépendra de leur qualité. Leur élimination se fera selon les filières autorisées, comme pour les déchets (voir chapitre 5.11).

5.7.4 Suivi environnemental de réalisation

Aucun suivi environnemental particulier n'est nécessaire

5.8 Eaux de surface et écosystèmes aquatiques

Le périmètre d'étude comprend les surfaces du projet et le cours d'eau « Le Tabeillon », localisé environ 70 m au sud du projet. Le Tabeillon s'écoule d'Ouest en Est, au Sud-Est du village de Glovelier. Il est relativement rectiligne avec une faible pente jusqu'à la route menant à Berlincourt. Un cordon boisé le longe, ce qui lui donne une certaine qualité naturelle et paysagère (point 1 de la Figure 22). Puis son tracé est dévié vers le Nord avant la route cantonale menant de Glovelier à Bassecourt (point 2) et le cours d'eau passe ensuite en souterrain sous la route cantonale (point 3). Son aspect est alors beaucoup moins naturel, notamment par la présence de murs de soutènement en béton et d'enrochements verticaux. Un cordon boisé borde également le cours d'eau depuis la ferme des Croisées (point 4). Il passe ultérieurement sous les voies ferrées au nord-est du projet (point 5).



Figure 22 En bleu, situation du Tabeillon; en rouge, situation du projet (Source : SIT-Jura). Photos : voir Figure 23.



Figure 23 A gauche : le Tabeillon, photo A, au Sud du projet et de la route cantonale (RWB, 25.07.2013). A droite : Le Tabeillon, photo B, au Sud-Est du projet, carrefour entre la route cantonale Glovelier-Bassecourt et la route cantonale menant à Berlincourt (RWB, 25.07.2013)

En l'absence de mesures régulières, une estimation théorique du débit d'étiage, Q_{347} du Tabeillon à la sortie de Glovelier est proposée. Sur la base :

- des données OFEV des stations débit-métriques de la Sorne à Delémont (le débit d'étiage Q_{347} de la Sorne est de 1.01 m³/s à Delémont sur la période 1983 à 2012, soit 1010 l/s) et de la Birse à Moutier, ainsi que
- de l'Atlas hydrologique (petits bassins-versants et réseaux hydrométriques),

le Q_{347} du Tabeillon peut être estimé à 150 - 250 l/s.

Des mesures IBCH et de monitoring de la qualité de l'eau et des sédiments ont été réalisées par le Canton dans le cours d'eau sur une station en amont du village de Glovelier et à Bassecourt au cours des dernières années. Elles démontrent une nette baisse de qualité du cours d'eau entre l'amont et l'aval de Glovelier (IBCH 18 sur 20 en amont, nb taxons : 36 ; IBCH 12 sur 20 en aval, nb taxons : 20). Des causes possibles de cette diminution sont l'écoulement des eaux de pluie en milieu urbanisé dans le cours d'eau et/ou les rejets d'eaux industrielles des entreprises situées à proximité du cours d'eau.

L'éco-morphologie du Tabeillon a été établie. Elle fait état d'un tronçon « très atteint », c'est-à-dire que les berges, les rives et le tracé du cours d'eau ont été passablement modifiés. Selon les relevés effectués, les zones de rives sont insuffisantes, la nature est typique d'un cours d'eau, les algues et les macrophytes sont qualifiés d'absents à faibles et le bois mort absent / localisé. En outre, des ouvrages aménagés provoquent des perturbations de circulation des eaux et de la faune aquatique en particulier depuis l'arrivée du cours d'eau vers la route cantonale menant à Berlincourt jusque de l'autre côté de la route cantonale (point 1 sur la Figure 24). Par ailleurs, on a aussi un passage en souterrain sous la route cantonale (point 2) très bétonné et peu favorable au développement des écosystèmes aquatiques. Le passage sous les voies ferrées (point 3) est également aménagé en dur et influence la morphologie du cours d'eau.

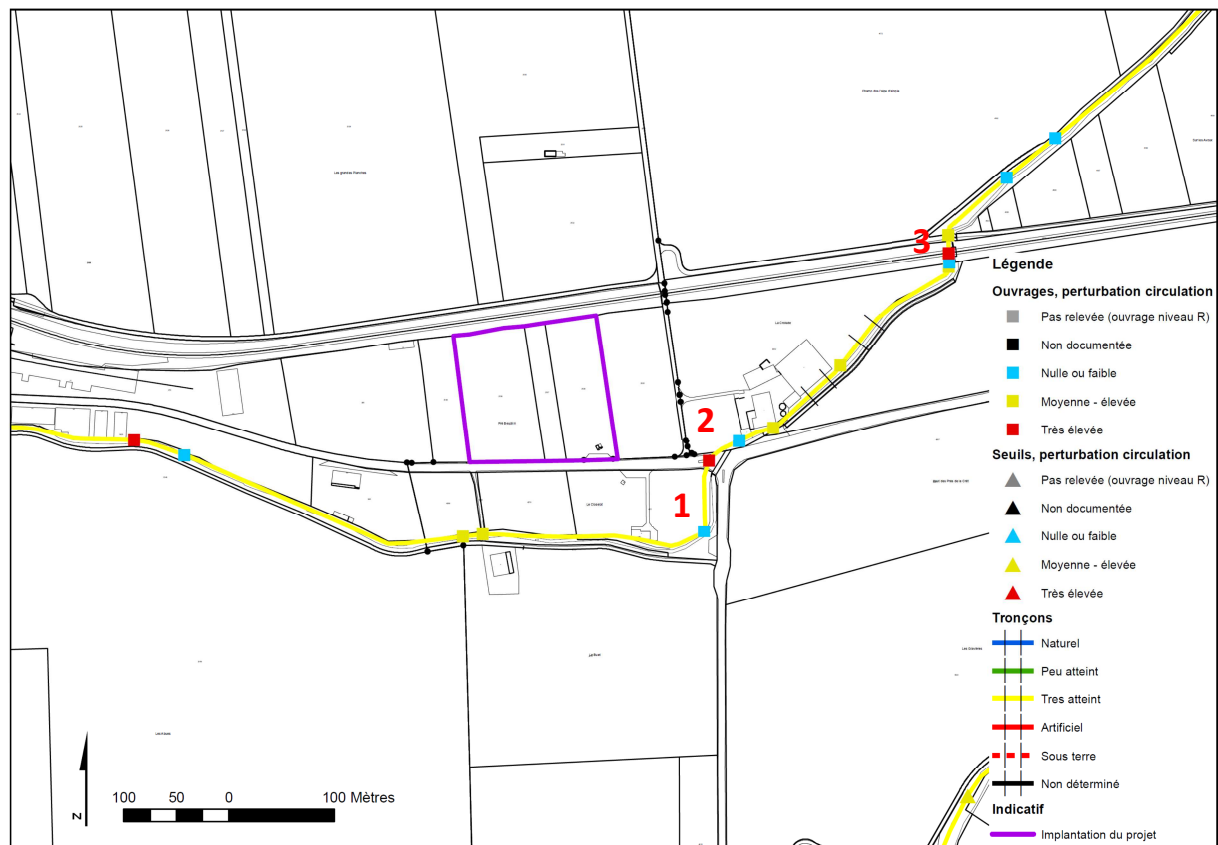


Figure 24 Eco-morphologie du cours d'eau (Sources : SIT-JU, données éco-morphologie et cadastre MO)

Au niveau de la faune aquatique, les espèces de poissons présentes dans le Tabeillon sont la truite et le chabot (information de l'ENV). Le tronçon d'étude n'est pas ouvert à la pêche à la ligne.

5.8.1 Phase de construction

Aucun rejet d'eau n'est prévu au Tabeillon (voir chapitre 5.7). Le prélèvement d'eau du Tabeillon est par contre envisagé pour l'étape de stimulation des réservoirs, qui nécessite des volumes d'eau estimés en premier lieu à environ 390'000 m³. Un apport avec l'eau du réseau d'eau potable est envisageable comme complément ou comme alternative. L'utilisation d'eaux souterraines n'est pas contre pas possible vu leur qualité insuffisante.

Concernant le prélèvement d'eau à partir du Tabeillon, l'Entreprise générale de jardins Guélat Paysagiste Pépinières SA détenait une telle concession afin d'arroser ses plantations depuis une prise d'eau existante (Figure 25), qui autorisait un prélèvement de 250 l/min, soit 4.17 l/s. Geo-Energie Suisse envisage de reprendre à son nom cette concession d'eau d'usage N° 54H72/2 du 24.1.1969 et qui est échue depuis le 24.1.2009.

La nouvelle concession permettra à Geo-énergie Suisse de prélever l'eau nécessaire à la construction de la Centrale de géothermie profonde projetée sur le site de Glovelier. Selon les besoins, l'eau du Tabeillon sera également prélevée durant la phase d'exploitation.

Justification de la demande de concession

Au terme de la phase de forage, il sera nécessaire d'injecter de grandes quantités d'eau dans la roche pour la phase de stimulation qui durera quelques mois.

L'eau introduite dans les fissures existantes créera une pression supplémentaire, favorisant la formation de microfissures et permettant ensuite un meilleur échange de chaleur avec la roche.

Chaque fissure recevra au maximum 50 l/s pendant 3 jours, soit 12'960 m³. Nous comptons au total 30 fissures à stimuler, soit 30 x 12'960 m³ = 388'800 m³.

Cet important volume d'eau justifie son prélèvement en milieu naturel, dans le Tabeillon situé à une centaine de mètres du site, et ceci dans le respect des contraintes écologiques du cours d'eau. Cette solution semble en effet la mieux adaptée. D'une part le prélèvement d'eau dans le sous-sol n'est pas possible à cause de la mauvaise qualité des eaux souterraines au droit d'un site pollué. D'autre part, une forte demande en eau potable et durant plusieurs mois risquerait de poser des problèmes d'approvisionnement en eau de la population locale.

Il sera peut-être également nécessaire de prélever de l'eau, en quantité bien moins importante, pendant la phase d'exploitation, pour combler les éventuelles pertes dans la roche.

Pour les stimulations pendant la phase de forage, le débit maximal d'introduction dans la roche a été fixé par les spécialistes en la matière à 50 l/s.

Pendant la phase d'exploitation, le débit de recharge de la roche ne sera pas supérieur à 50 l/s.

Gestion du prélèvement

L'article 4 LEaux définit le débit Q 347 comme *le débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau.*

L'article 59 précise : *en l'absence de mesures suffisantes pour évaluer le débit d'un cours d'eau, le débit Q₃₄₇ est déterminé selon d'autres méthodes, telles que l'observation d'événements hydrologiques ou la simulation.*

En l'absence de mesures régulières, une estimation théorique du débit d'étiage, Q347 du Tabeillon à la sortie de Glovelier est proposée. Sur la base :

- des données OFEV des stations débit-métriques de la Sorne à Delémont (le débit d'étiage Q347 de la Sorne est de 1.01 m³/s à Delémont sur la période 1983 à 2012, soit 1010 l/s) et de la Birse à Moutier, ainsi que
- de l'Atlas hydrologique (petits bassins-versants et réseaux hydrométriques),

le Q347 du Tabeillon peut être estimé à 150 - 250 l/s.

La valeur Q 347 du Tabeillon à la sortie de Glovelier admise par l'ENV est de 194 l/s. Cette valeur sera vérifiée et précisée par des mesures en continu (voir ci-dessous).

L'article 4 LEaux définit le débit résiduel comme *le débit d'un cours d'eau qui subsiste après un ou plusieurs prélèvements.*

Dans le cas du projet de géothermie profonde à Glovelier, il n'existe pas de tronçon à débit résiduel puisqu'il n'y a pas de restitution d'eau prélevée dans le cours d'eau.

L'article 31 LEaux définit le calcul du débit résiduel minimal lorsque des prélèvements sont opérés dans des cours d'eau à débit permanents, comme le Tabeillon :

Pour un débit Q_{347} de 160 l/s : 130 l/s
plus, par tranche de 10 l/s : 4.4 l/s

Pour le Tabeillon, le débit résiduel au point de prélèvement est fixé à 143 l/s.

Le débit prélevé correspondrait au débit d'injection pour la stimulation de la roche, fixé à 50 l/s.

Au niveau du Tabeillon (photo Figure 25), lorsque le débit Q_{347} est atteint, le prélèvement possible est encore de $194 \text{ l/s} - 143 \text{ l/s} = 51 \text{ l/s}$. La limite de prélèvement est alors atteinte. Cela veut dire qu'environ 17-18 jours par année, le débit de 50 l/s ne peut être entièrement prélevé dans le Tabeillon.



Figure 25 Vue de la prise d'eau existante (Source : RWB – 2.4.2014)

Gestion des débits

Afin d'apprécier et d'optimiser continuellement les conditions de prises d'eau dans le Tabeillon, il est proposé d'installer une station de mesure automatique de débit dans le cours d'eau à l'amont de la prise d'eau existante. Il n'existe actuellement pas de suivi quantitatif continu ou même ponctuel du Tabeillon. Cette mesure permettra de connaître à tout moment le débit exact du cours d'eau et d'adapter le débit à prélever afin d'éviter toute atteinte nuisible au milieu aquatique. L'emplacement de cette future mesure de débit est prévu derrière l'usine Röthisberger et la ferme Monnin, au droit du pont qui mène au finage des Abues (photo Figure 26). L'endroit est facile d'accès, le cours d'eau est relativement rectiligne, la section de mesure est géométrique et stable car bétonnée sur les bords, la mesure de débits d'étiage et de crue aisée. Il est prévu d'installer une sonde de précision pour la mesure du niveau d'eau, avec transmission automatique des données.

La station de mesure sur le Tabeillon est une assurance de respect des conditions de prélèvement.



Figure 26 Emplacement prévu pour la station de mesure (Source : RWB-2.4.2014))

Le fonctionnement du prélèvement d'eau dans le Tabeillon (Figure 27) diffère selon les situations suivantes :

1. La construction ou l'exploitation des installations de géothermie profonde ne nécessite pas d'eau d'usage → Pas de prélèvement dans le Tabeillon
2. La construction ou l'exploitation des installations de géothermie profonde nécessite de l'eau d'usage et le débit mesuré dans le Tabeillon atteint 200 l/s → prélèvement de 50 l/s dans le Tabeillon
3. La construction ou l'exploitation des installations de géothermie profonde nécessite de l'eau d'usage et le débit mesuré dans le Tabeillon n'atteint pas 200 l/s → prélèvement du débit possible (< 50 l/s) dans le Tabeillon et utilisation de l'eau potable du réseau pour le complément

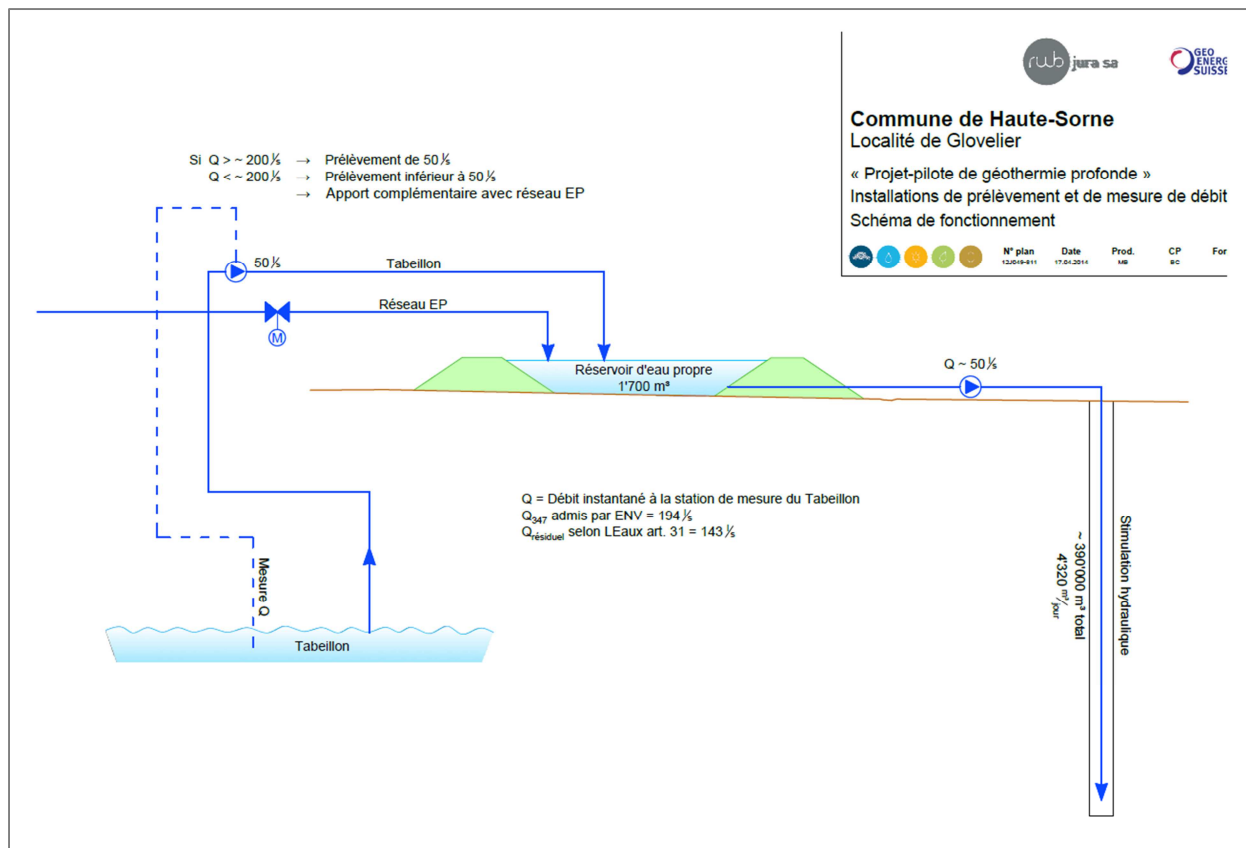


Figure 27 Schéma de fonctionnement – prélèvement d'eau du Tabeillon

5.8.1.1 Aspects constructifs

- La prise d'eau actuelle dans le Tabeillon sera conservée
- La nouvelle installation de pompage et de refoulement vers le site de géothermie profonde de Glovelier sera aménagée dans le bâtiment de la pépinière Guélat situé au bord du ruisseau
- Une nouvelle conduite d'amenée d'eau de diamètre 150 mm sera posée à côté de la conduite existante de diamètre 50 mm, insuffisante pour le projet
- Un réservoir d'eau propre sera construit sur le site de la géothermie profonde de Glovelier, d'un volume de 1700 m³, qui servira de bassin tampon entre prélèvements et utilisation de l'eau d'usage. Ce volume donnera une autonomie de travail de près de 10 heures

Emplacement des installations de prélèvement selon la figure ci-dessous :

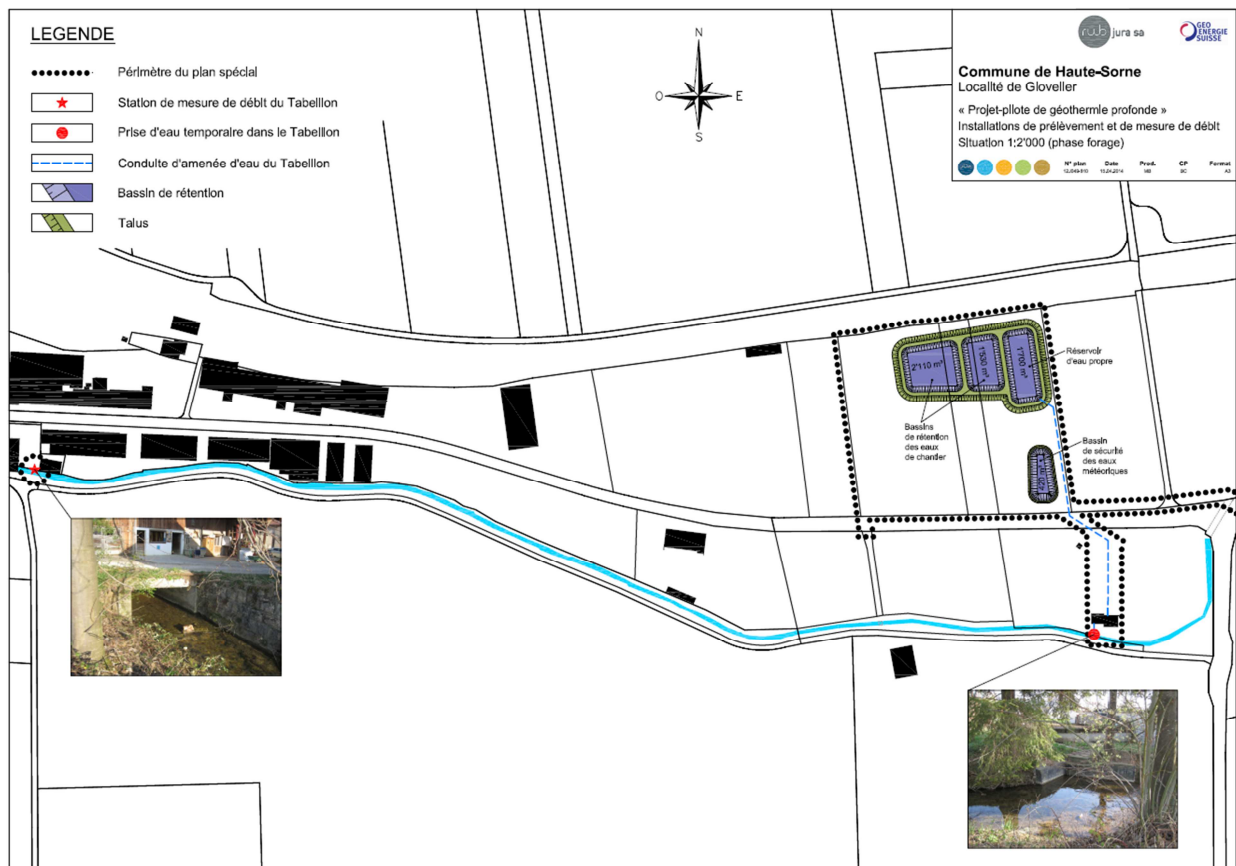


Figure 28 Emplacement des installations de prélèvement et de mesure de débit ; l'échelle indiquée (1 :2'000) se réfère au plan en format A3.

5.8.1.2 Aspects administratifs

- Les contacts et discussions sont avancés entre Géo-Energie Suisse et l'Entreprise générale de jardins Guélat Paysagiste Pépinières SA, représentée par M. Gérald Guélat. Une convention notariée a été préparée et est en voie de signature entre les intervenants (Annexe 9.6 de ce RIE)
- Une demande de concession d'utilisation des eaux pour la consommation et l'usage (eau d'usage), selon le formulaire cantonal, a été discutée et préparée conformément à la demande de l'ENV. Elle fait l'objet d'un document séparé
- A titre de compensation écologique, Géo-Energie Suisse propose de participer à un fonds pour la renaturation des rivières en Haute-Sorne

5.8.2 Phase d'exploitation

L'évacuation des eaux pluviales se fera comme mentionné au chapitre 5.7. Les impacts possibles lors de l'exploitation des forages et les mesures de sécurité prévues figurent au chapitre 6.8.2 en page 105.

En cas de perte ou de besoin d'eau pendant la phase d'exploitation, il est prévu d'utiliser l'eau du Tabellon dans les mêmes conditions que dans la phase de construction.

5.8.3 Phase de déconstruction

Aucun rejet d'eau n'est prévu au Tabellon (voir chapitre 5.7).

5.8.4 Suivi environnemental de réalisation

Les modalités des mesures de débit du Tabeillon seront consignées lors de l'appel d'offres et suivies de manière régulière durant les phases de construction, d'exploitation et de déconstruction du forage et de la place de forage. En outre, les modalités de prélèvements d'eau dans le cours d'eau seront précisées avec les autorités compétentes et des contrôles des débits seront effectués. La bonne réalisation du système de rétention des eaux sera vérifiée.

5.9 Protection des sols

Les parcelles n° 2136, 2137 et 2138 de Haute-Sorne sont les seules concernées par la mise en œuvre du projet, qui n'aura pas d'impact sur les sols des parcelles voisines.

Les atteintes aux sols sont principalement liées aux phases de décapages, permettant la mise en place des installations utiles à la réalisation des forages, et au terme du projet, aux phases de remise en culture.

L'état initial est décrit sur la base des données suivantes :

- Données émanant du géoportail cantonal,
- Visite du site le 25 juillet 2013,
- EIE – Problématique des sites pollués - Haute-Sorne – Parcelles n°2136, 2137 et 2138 du ban de Glovelier – Identifiant ENV non déterminé - Note préliminaire d'investigation technique selon l'OSites (MFR, 29 novembre 2013),
- Rapport géotechnique – Site de Haute-Sorne – Sondages au pénétromètre sur le site de Haute-Sorne (MFR, 10 décembre 2013),
- Résultats d'analyses chimiques d'échantillons prélevés à la pelle mécanique (MFR, 16 janvier 2014, résultats bruts).

Les informations extraites du géoportail sont regroupées au Tableau 12.

Tableau 12 Données issues du géoportail cantonal

Parcelle n°	Surface verte/bâtie [m ²]	Affectation	Surface d'assolement
2136	6'466/139 (Σ 6'605)	Zone agricole	oui, catégorie 2
2137	2'639/0	Zone agricole	oui, catégorie 2
2138	8'744/0	Zone d'activités	non

Il apparaît que 9'244 m² de terres agricoles facilement cultivables sont affectées en surface d'assolement, de catégorie 2 (terrains de plaine, en pente). Les parcelles n°2137 et 2138 sont actuellement cultivées de manière intensive, alors que la parcelle n°2136 est à l'abandon (ancienne pépinières Guélat).

Quatorze sondages au carottier battu rotatif ont été réalisés sur les 3 parcelles concernées (rapport géotechnique, voir chapitre 5.10). Ils mettent en évidence que l'horizon A présente une épaisseur de 30 à 45 cm. Cet horizon est décrit comme : « terre végétale brun foncé, ponctuellement très organique, comportant peu de graviers ».

L'horizon B correspondant à la sous-couche n'est décrit que dans de rares sondages. Il semble varier de 0 à 35 cm et présenter une texture plutôt limoneuse, voire argileuse, ponctuellement graveleuse (mention d'éléments roulés, Ø 1-2 cm).

Ces quelques données permettent d'estimer de manière approximative les volumes de terre végétale qu'il s'agira de décapier en phase de construction.

A ce jour, le rapport d'investigation technique selon l'OSites a révélé la présence d'une pollution du sous-sol et des eaux par des HAP - notamment du naphthalène et du benzo(a)pyrène - au nord-est de la parcelle 2136, voire éventuellement au-delà. *Si l'origine de cette source de pollution n'est pas connue avec certitude, la seule hypothèse plausible semble être une infiltration localisée des eaux superficielles qui s'écoulent dans le chenal qui longe le pied du talus sud de la voie ferrée, et qui provient de la récolte des eaux de ruissellement du site Ets Röthlisberger.* Cette entreprise est spécialisée dans la fabrication et l'imprégnation de traverses en bois pour les voies de chemin de fer.

Cette pollution a été précisée par le biais de :

- 2 analyses de la terre végétale (horizon A, de 0-20 cm), au nord des parcelles n°2136 et 2138, qui ont révélé respectivement 1.2 mg/kg et 0.36 mg/kg de benzo(a)pyrène, puis 15 mg/kg et 11 mg/kg de HAP (selon OTD). Des concentrations de 0.2 mg/kg de benzo(a)pyrène et de 52 mg/kg de HAP ont par ailleurs été analysées sur la parcelle n°2135, au nord-est de l'emprise du projet (selon MFR, « Extension de la pollution aux hydrocarbures », Plan du 3 mars 2014 et communication de l'Office de l'environnement du 4 avril 2014). En cas de décapages et d'évacuation des sols hors site, les teneurs en HAP mesurées au nord des parcelles induiraient donc une mise en décharge contrôlée de type matériaux inertes (3-25 mg/kg de HAP selon OTD), voire ponctuellement en décharge bioactive (>25 mg/kg de HAP),
- 16 analyses du sol dans son ensemble et du sommet des alluvions sous-jacentes (horizons A et B et sommet des alluvions sur une épaisseur moyenne de 0.84 m et de 1.00 m au maximum). Elles mettent en évidence :
 - Des teneurs en HAP hétérogènes, mais diminuant globalement du nord au sud des parcelles et variant entre 1.3 et 11 mg/kg de HAP au nord, avec un point à 27 mg/kg de HAP (nord de la parcelle 2138) et 0.64 mg/kg au sud de la parcelle n°2137. Ces investigations démontrent que les sols/alluvions superficiels devraient être évacués en DCMI, voire ponctuellement en DCB, sur le tiers de la surface des parcelles environ,
 - Des concentrations en benzo(a)pyrène <0.05 mg/kg, hormis pour un point présentant une concentration de 0.11 mg/kg, inférieure à la valeur limite pour matériaux d'excavation non pollués de l'OTD (0.3 mg/kg).

Ces résultats démontrent la nécessité de déterminer plus précisément les filières de valorisation éventuelles des terres, par horizons, qui pourraient être polluées par les débordements historiques depuis le canal, ou par d'éventuels mélanges et contaminations secondaires de surface liées à la réalisation des nombreux sondages pour la caractérisation du site pollué.

Nous proposons de réaliser des analyses des HAP dans les sols, horizons séparés, puis de comparer les résultats avec l'annexe 2 de l'OSol, ainsi qu'avec l'OTD et les Instructions matériaux terreux. Dans la pratique :

- 25 placettes de 100 m² seront délimitées sur les trois parcelles concernées par le projet (Figure 29). Placées densément à proximité du chenal, elles s'écarteront progressivement en direction du Sud, vraisemblablement moins impacté. Dix prélèvements de l'horizon A (0-20 cm, selon l'OSol) seront effectués par placette, à l'aide d'une tarière. Après homogénéisation, un échantillon représentatif sera constitué par placette, et fera l'objet d'une analyse des HAP,
- Pour chaque placette, un sondage à la tarière sera prolongé jusqu'à la base du sol, et permettra l'échantillonnage et l'analyse de l'horizon B. Ce sondage permettra également de réaliser une description sommaire des sols.

Compte tenu de la proximité de la ligne CFF, de la ligne électrique et de la route cantonale, ainsi qu'au vu des traitements phytosanitaires potentiellement appliqués durant l'exploitation de la pépinière, il semble pertinent de procéder également à l'analyse de la teneur totale en métaux lourds, selon annexe 1 de l'OSol.

Nous proposons d'échantillonner par le biais de :

- 2 prélèvements composites, la frange nord et sud des parcelles (10 piqûres par prélèvement effectuées sur une bande de 4 m longeant les limites cadastrales),
- 1 prélèvement composite, la zone centrale des parcelles n°2137 et 2138,
- 1 prélèvement composite, la zone centrale de l'ancienne pépinière (parcelle n° 2136).



Figure 29 Localisation des placettes et sondages pédologiques permettant de définir l'état de pollution du sol

Les résultats des analyses permettront d'établir une cartographie de l'état de pollution des sols, par horizons. Les relevés permettront quant à eux de préciser les volumes de terres à décaper.

5.9.1 Phase de construction

Le « traitement » des sols dépend de leur qualité chimique :

- dans la mesure du possible, si la qualité répond aux valeurs limites de l'OTD (annexe 3, non pollué) et aux valeurs indicatives de l'OSol, les décapages seront réalisés par étapes, graduellement, en fonction des besoins du projet. Nous considérons toutefois qu'à terme, la totalité des parcelles devra être décapée pour permettre la réalisation des forages et des équipements attenants. Les sols pourront être valorisés sans restriction pour constituer de nouvelles surfaces agricoles ou surfaces vertes, hors du site.

Au total, 17'849 m² de surfaces facilement cultivables seront donc provisoirement perdues, ce qui constitue, avec :

- 35 cm d'horizon A, environ 8'100 m³ de terre végétale foisonnée,
- 25 cm d'horizon B, environ 5'800 m³ d'horizon B foisonné.

La possibilité d'entreposer de manière provisoire des sols autour des bassins de rétention, pour réduire le flux de matériaux évacués hors du site et conserver des sols sur place en vue d'une remise en état ultérieure du site, sera évaluée,

- s'ils sont pollués, les sols seront soit évacués selon les filières conformes à l'OTD, sur la base de la cartographie effectuée, ou partiellement conservés sur site, sous les ouvrages, dans la mesure où le maintien d'un sol en place n'est pas contre-indiqué pour la pérennité des constructions à réaliser (critères géotechniques).

5.9.2 Phase d'exploitation

Non pertinent.

5.9.3 Phase de déconstruction

Il est aujourd'hui trop tôt pour définir quelle sera l'utilisation du sol une fois les installations déconstruites. Si ces surfaces devaient être restituées à l'agriculture, elles le seraient selon les directives qui seront en vigueur lors de la restitution (qualité, épaisseurs de sols reconstitués, choix de la culture pionnière, travail du sol).

5.9.4 Suivi environnemental de réalisation

Ce point dépendra des résultats des investigations à réaliser sur la pollution éventuelle du sol et du sous-sol.

5.10 Sites pollués

Le chapitre 5.9 donne un résumé des investigations qui ont déjà été réalisées sur le site.

Pour la construction des caves de forages il est prévu de travailler avec des palplanches perdu qui seront enfoncées quelques dizaines de cm dans la molasse étanche afin d'éviter toute arrivée d'eau polluée dans la fouille pendant le chantier (Figure 30). Les palplanches serviront ensuite directement de coffrage pour les murs des caves de forage comme illustré sur le plan de détail ci-dessous. Le béton des caves de forages sera totalement étanche (joints d'étanchéité entre les étapes de bétonnage) afin d'éviter tout risque d'infiltration d'eaux polluées de la plateforme de forage dans le sous-sol pendant la phase de forage. Le rideau de palplanches qui descendra de quelques dizaines de cm dans la molasse et la cimentation du tube de forage éviteront tout risque d'infiltration des eaux souterraines polluées qui s'écoulent sur le toit de la molasse dans le sous-sol profond.

Les eaux souterraines polluées qui se trouveront « piégées » à l'intérieur du rideau de palplanches suite à l'enfoncement de celui-ci en début de chantier seront pompées dans un bassin de rétention

provisoire. La qualité de ces eaux sera déterminée par des analyses afin de définir leur voie d'élimination finale. Idem pour les matériaux terreux potentiellement pollués à l'intérieur du rideau de palplanches.

A l'intérieur des caves de forages on installera une fosse de pompage munie d'une pompe immergée commandée par flotteur. Cette pompe évacuera les eaux de la plateforme de forage vers le bassin de rétention/laminage où les eaux seront prétraitées par un dessableur et un séparateur d'hydrocarbures à coalescence avant déversement dans les canalisations d'eaux usées.

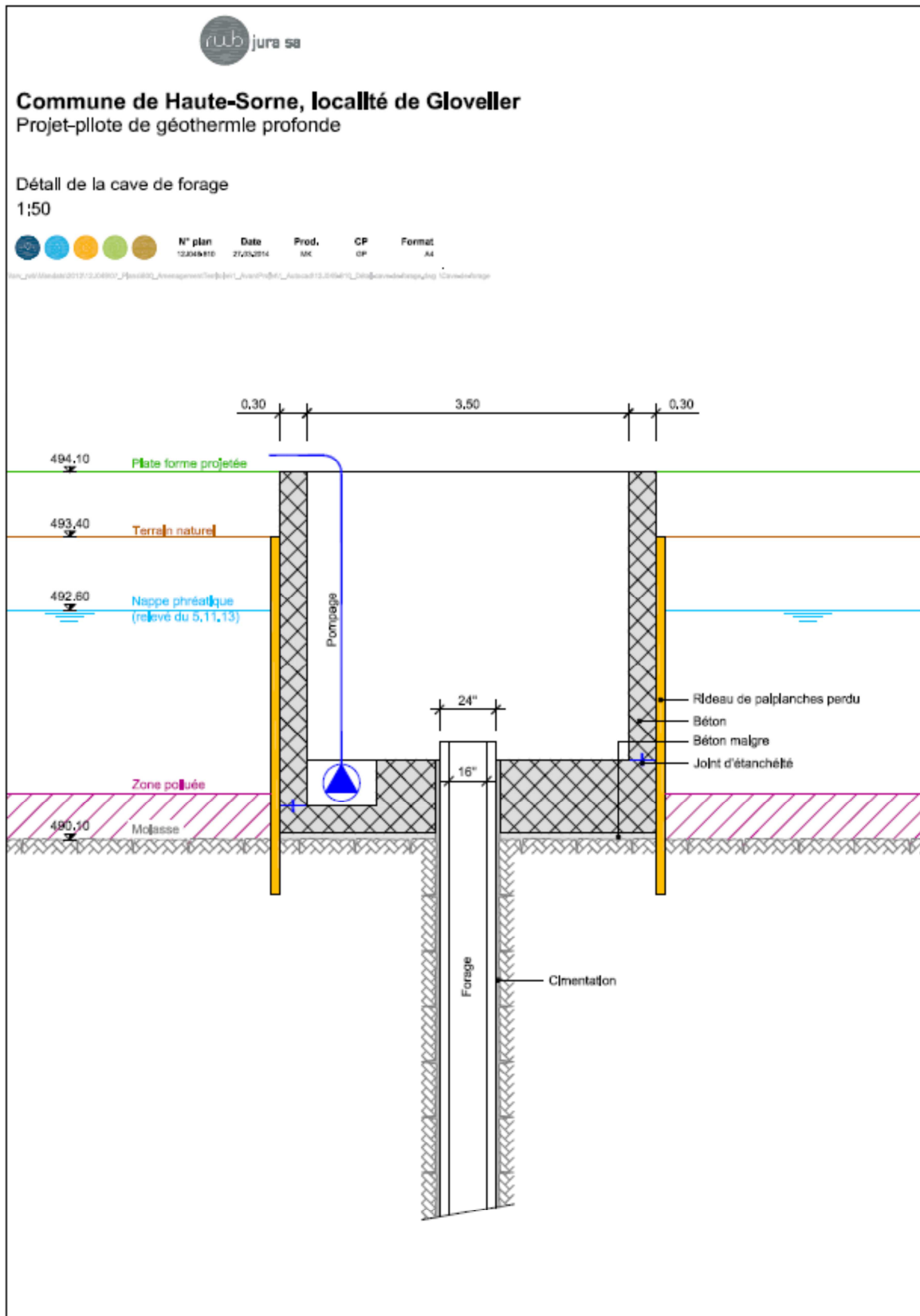


Figure 30 Plan des caves de forages.

5.11 Déchets, eaux de forage, substances polluantes

5.11.1 Phase de construction

La gestion des déchets est une problématique importante pour un projet de forage profond, tant pour des questions environnementales que pour la réalisation du projet. Une mauvaise logistique peut par exemple avoir des conséquences sur l'environnement (si les déchets ne peuvent être stockés sur le site de manière convenable avant leur élimination), ainsi que sur le projet lui-même (retards, frais non prévus).

La gestion des eaux de forage étant une problématique liée aux déchets, elle est également traitée dans ce chapitre.

5.11.1.1 Liste des substances chimiques et quantités (phase de construction)

L'utilisation d'eau pour le forage permet d'évacuer les déblais de forage, de stabiliser les parois du forage, ainsi que de lubrifier et de refroidir la tête de forage. Le liquide récupéré à la surface est une boue contenant des fragments de roche et des particules fines. Selon les propriétés de la roche à forer, différents additifs sont ajoutés à la boue de forage afin de modifier par exemple la densité des boues et de favoriser ainsi la remontée des cuttings en direction de la surface. Le rinçage du forage avant et après cimentation nécessite par ailleurs l'utilisation de solutions acides ou basiques. Différentes substances potentiellement dangereuses mais n'entrant pas dans la composition des boues de forage (huiles minérales pour les machines, additifs pour les bétons) seront également stockées et utilisées sur le site.

Les additifs ajoutés à la boue de forage sont cependant pour la plupart sans classification ou tout au moins non dangereux pour l'environnement et la santé de la population. L'utilisation d'additifs contenant aussi peu d'impuretés que possible sera privilégiée dans la mesure de ce qui est faisable du point de vue économique et logistique. L'entreprise Sirius e.s. a été mandatée afin d'établir un programme de boue provisoire définissant les additifs utilisés, pour différents intervalles, en fonction de la géologie traversée lors du forage. Ce programme est donné à titre d'exemple, puisque le choix de la société de forage fera l'objet d'un appel d'offre ultérieur. La liste des produits chimiques donnée ci-dessous peut varier d'une entreprise de forage à l'autre. Cependant, si les marques de produits utilisées peuvent varier, il s'agit souvent de la même famille d'additifs, qui sera donc connue avant le forage. Le programme de boue final, plus raffiné, sera établi une fois le mandat adjugé. La composition exacte des boues devra ensuite être probablement adaptée en cours de forage en fonction des conditions rencontrées.

Un programme de boue supposant 4 intervalles / sections de forage, en fonction de la géologie supposée au droit du site, a été établi à titre d'exemple par l'entreprise Sirius e.s (Tableau 13 à Tableau 16 ci-dessous) et résumé au Tableau 17. Il s'agit cependant d'estimation et non pas d'un programme définitif.

Tableau 13 Programme de boues pour l'intervalle I (Profondeurs de 0 à 750 m - forage de 30''):

Produits	Unité	Concentrations kg/m ³	Unités totales
Bentonite	1000 kg	42.0	37
Floc 462	25 kg	1.0	36
S-PAC R	25 kg	1.0	36
S-PAC LV	25 kg	3.0	107
Soda	25 kg	1.2	43
Flowzan	25 kg	0.2	7

Tableau 14 Programme de boues pour l'intervalle II (Profondeurs de 750 à 1500 m - forage de 20''):

Produits	Unité	Concentrations kg/m ³	Unités totales
Floc 462	25 kg	0.25	5
KCl	1000 kg	40	21
S-PAC R	25 kg	4.0	80
S-PAC LV	25 kg	8.0	160
Acide citrique	25 kg	0.2	4
Soda	25 kg	0.5	10
Flowzan	25 kg	4.0	80

Tableau 15 Programme de boues pour l'intervalle III (Profondeurs de 1500 à 3500 m - forage de 13.5''):

Produits	Unité	Concentrations kg/m ³	Unités totales
Floc 462	25 kg	0.2	5
S-PAC R	25 kg	5.0	122
S-PAC LV	25 kg	9.0	219
Acide citrique	25 kg	1.0	24
Soda	25 kg	1.5	37
Flowzan	25 kg	3.5	85

Tableau 16 Programme de boues pour l'intervalle IV (Profondeurs de 3500 à 5800m - forage de 9.5''):

Produits	Unité	Concentrations kg/m ³	Unités totales
Floc 462	25 kg	1.0	9
KCl	1000 kg	25.0	6
S-PAC R	25 kg	2.0	19
S-PAC LV	25 kg	10.0	94
Acide citrique	25 kg	1.0	9
Soda	25 kg	1.0	9
Flowzan	25 kg	3.5	33

Les produits ci-dessus sont utilisés lors de la progression du forage pour les raisons suivantes :

- La bentonite est utilisée dans la première section de forage pour l'instauration de la viscosité.
- Le Flocc 462 est utilisé comme flocculant afin d'améliorer l'élimination des matières solides fines à travers la centrifugeuse (lors du traitement des boues) et de réduire ou d'éviter leur dilution. Ce produit est principalement utilisé dans le traitement des eaux.
- Le KCl (chlorure de potassium) réduit l'absorption de l'eau par les argiles. Cette propriété est utilisée afin de limiter le gonflement des argiles et faciliter la remontée des cuttings.
- Le CMC/PAC est un dérivé de cellulose et est utilisé comme "Fluid Loss Reducer". En effet, grâce à ce produit, l'eau libre présente dans les boues est "liée" et la pénétration dans la formation est fortement réduite.
- L'acide citrique est utilisé pour ajuster le pH de la boue de forage. Le pH doit en particulier être réduit lors des travaux de cimentation.
- Le Soda est composé de carbonate de sodium et est utilisé pour l'ajustement du pH entre 8 et 10 afin de favoriser un fonctionnement optimal des produits chimiques et de réduire la corrosion dû en particulier au KCl.
- Flowzan (gomme xanthane ou gomme de maïs) est une gomme à fort pouvoir épaississant et suspensif, qui permet l'obtention de solutions à forte viscosité et assure que même les plus petites particules solides remontent à la surface et ne s'accumulent pas en fond de forage.

Tableau 17 Tonnages totaux d'additifs de programme de forage/boues proposé par Sirius e.s et donné à titre d'exemple:

Produits	Unité	Intervalles				Unités totales	Equivalent en tonnes total
		I	II	III	IV		
Bentonite	1'000 kg	37				37	37
Floc 462	25 kg	36	5	5	9	55	1.375
KCl	1'000 kg		21		6	27	27
S-PAC R	25 kg	36	160	122	19	337	8.425
S-PAC LV	25 kg	107	80	219	94	500	12.5
Acide citrique	25 kg		4	24	9	37	0.925
Soda	1'000 kg	43	10	37	9	99	2.47
Flowzan	25 kg	7	80	85	33	205	5.125

D'autres matériaux spéciaux sont également utilisés régulièrement lors d'un forage géothermique profond. Leur fonction et la quantité estimée sont résumées dans le Tableau 18 ci-dessous.

Tableau 18 Matériaux spéciaux utilisés lors du forage géothermique profond :

Produits	Fonction	Unité	Unités totales	Equivalent en tonnes
Arlox HS 82112	H2S	220 kg	8	1.760
Baryte		1100 kg	25	27.5
Carbosan 135/TR	Bactéricide	50 kg	3	0.15
Checkloss	Matériau de colmatage	11.34 kg	40	0.4536
Acide citrique	Contrôle du pH	25 kg	40	1.0
Defomex 610/L	Antimousse	170 kg	4	0.68
Fronlube	Lubrifiant biodégradable	175 kg	24	4.2
Mica grades	Pour compenser les pertes	25 kg	80	2.0
Nut Shells (All Grades)	Pour compenser les pertes	25 kg	80	2.0
Bicarbonate de sodium	Contrôle du pH	25 kg	40	1.0

La Baryte (sulfate de baryum) n'a pas été citée dans le programme de boue ci-dessus. Elle est cependant souvent utilisée en réserve sur les sites de forage. La baryte possède une densité élevée grâce à la présence de Baryum, ce qui conduit à une pression hydrostatique élevée dans le liquide. Cette propriété est utilisée pour contrer la surpression parfois induit dans les forages profonds par la présence de gaz (hydrocarbures, pétrole). Il s'agit donc d'un produit nécessaire à la sécurité du forage.

Une estimation des quantités de matériaux solides à évacuer lors de la phase de forage a également été réalisée. Une évaluation des volumes de cuttings et de particules fines a été effectuée en fonction des hypothèses suivantes:

- Socle cristallin à 1'500 m de profondeur
- Répartition cuttings 85% / fines 15%
- Pourcentage de liquide enrobant les cuttings et les fines: 10%
- Quantité totale de cuttings estimée pour un forage de 5'800 m de longueur totale: 1'650 tonnes
- Quantité totale de particules fines estimée pour un forage de 5'800 m de longueur totale: 290 tonnes

Les calculs détaillés sont donnés dans le Tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 Estimation des quantités de déchets solides de forage à évacuer.

Diamètre forage en pouces	30	20	14.75	9.5	Totaux
Volume généré au mètre foré [m3]	0.450	0.200	0.105	0.045	
Longueur de la phase [m]	100	1'400	2'000	2'300	5'800
Volume généré par phase [m3]	45	280	210	104	639
Masse générée par phase [t]	113	700	526	259	1'598
Masse générée avec 10% d'ovalisation [t]	124	770	578	285	1'757
Masse de cuttings avec 10% de liquide enrobant [t]	116	720	541	267	1'643
Masse de fines avec 10% de liquide enrobant [t]	20	127	95	47	290
Durée de la phase [jours]	2	6	33	45	
Masse de cuttings mouillés [t/jour]	58	120	16	6	
Masse de fines mouillés [t/jour]	10	21	3	1	

Une entreprise sera mandatée pour effectuer la cimentation du forage. Comme dans le cas du programme de boue, chaque société possède sa propre composition des ciments. Pour exemple, les produits utilisés lors de la phase de cimentation dans le cadre du forage profond réalisé à St-Gall sont listés dans le Tableau 20 ci-dessous, tout comme leur quantité.

Tableau 20 Produits utilisés lors de la cimentation - exemple du forage profond de St. Gall

Produits	Fonctions	Quantités utilisées durant le forage profond de St. Gall
Retarder	Retardant	1.0 t
Saltbond	Fluidifiant	95 l
Uniflac	“Fluid Loss Reducer”	0.4 t
Mudpush	Entretoise	0.6 t
Antifoaming Agent	Antimousse	200 l
Ciment (Thermal A)	Ciment	433 t

Le programme de cimentation, tout comme le programme de boue, seront transmis à l’ENV pour approbation, accompagnés des fiches de sécurité des substances correspondantes, une fois les entreprises mandatées. Il est important de préciser que les programmes de boue et cimentation finaux ne seront connus que lors du forage lui-même. Ils devront en effet probablement être continuellement adaptés au cours de la progression. Les compositions finales de la boue et des ciments ne sont donc pas totalement connues à l’avance et sont données ici à titre d’exemple afin d’indiquer une liste probable des produits et un ordre de grandeur des quantités utilisées.

Les produits suivants, bien que n’entrant pas dans la composition des boues de forages ou des ciments, seront également utilisés régulièrement sur la place de forage pour le bon fonctionnement des engins de chantier :

- Diesel
- Huiles hydrauliques
- Lubrifiants
- Antigél

De l’acide chlorhydrique pourrait éventuellement être utilisé pour le traitement à l’acide après stimulation.

Tous ces produits devront être stockés sur le site en suivant des règles précises. Les conditions de stockage et la manipulation des produits chimiques à l’emplacement du forage devront être définies dans le permis de construire. L’expérience du forage profond réalisé à St-Gall a permis de mettre en avant les points suivants :

- Dans la zone de stockage, les matériaux, conteneurs ou citernes contenant des substances qui peuvent porter atteinte aux eaux de surface ou souterraines ne doivent pas être stockés sans mesures de protection envers les eaux. Le stockage doit être effectué sur des surfaces planes, tassées et étanchéifiées. Les substances pouvant porter atteinte aux eaux doivent être stockées dans des espaces sans contact direct avec le sol et couverts. Ceci s’applique également aux conteneurs vides qui contenaient auparavant ces matériaux.

- Selon leur classe de danger, les différentes substances / produits chimiques seront stockés dans des emplacements appropriés du site de forage. Le stockage et la manipulation seront effectués selon le potentiel de pollution de la substance dans différentes zones du site de forage (place de forage "intérieure" ou "extérieure").
- Aucune substance pouvant conduire à la pollution des eaux de pluie / ruissellement ne devra être stockée sur la place de forage "extérieure".
- Les bennes de stockage des matériaux solides (cuttings/particules fines) et les silos pouvant contenir la boue de forge seront placés dans la place de forage "intérieure", là où se trouve l'installation de forage.
- Le stockage des substances présentant des dangers pour les eaux de surface ou les eaux souterraines devra être effectué dans conteneurs spéciaux pour matières dangereuses.
- Tous les produits chimiques et additifs seront stockés dans la zone de forage "intérieure". Les livraisons seront effectuées régulièrement afin de ne jamais avoir une trop grande quantité de produits chimiques stockée sur le chantier. Les liquides seront stockés sur une surface sécurisée, dans des conteneurs pouvant assurer le 100% de la rétention de leur volume.
- Le site de forage se trouvant dans une zone potentiellement inondable, le stockage des produits pouvant porter atteinte aux eaux de surface ou souterraines devra être effectué à une altitude située au-dessus du niveau de la crue tricentenaire.



Figure 31 Exemple d'agencement de la place de forage "intérieure" avec l'installation de forage, le système de traitement des boues, les bennes de récolte des matériaux solides et les silos pour le stockage des boues.

5.11.1.2 Plan de gestion des déchets et filières d'évacuation (phase de construction)

Généralités

Les boues de forages sont, à la base, des eaux de surface ou du réseau auxquelles viennent s'ajouter les produits suivants :

- les additifs cités au point 5.11.1.1,
- les déblais de forages grossiers (cuttings) ou fins (particules fines),

- d'autres substances polluantes en faibles concentrations (p.ex. huiles minérales pour la lubrification des installations),
- des eaux salines de formations aquifères profondes contenant une certaine quantité de cations, anions, voire de métaux lourds.

Même si les produits additifs ajoutés dans les boues de forages ne sont à priori pas dangereux pour l'environnement, leur évacuation peut poser problème au regard de l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD). Les principaux problèmes rencontrés habituellement lors de forages géothermiques profonds lors de l'évacuation des cuttings et les boues de forage sont, selon Sirius e.s :

- l'augmentation important du TOC dans les boues de forages (p.ex. à cause des polymères),
- la présence de métaux lourds dans certains additifs comme la baryte,
- une quantité de matière en suspension trop importante dans les eaux de forage,
- une quantité de sel trop importante dans les cuttings et eaux de forages à cause de la présence d'une forte quantité de chlorures, notamment.

Les principes suivants seront appliqués pour le suivi de la qualité des déchets :

- Le stockage des déchets sera effectué dans des bennes étanches munies de couvercles ou sur des surfaces étanches et couvertes,
- une séparation des déchets sera exécutée entre les différentes sections de forage ou après un changement significatif de la composition des boues,
- le volume de stockage disponible permettra de stocker les cuttings/particules fines dans des bennes durant au moins 10 jours et la totalité de la boue de forage devra pouvoir être stockée dans des silos,
- des analyses régulières de la qualité des cuttings et particules fines seront réalisées (la géologie déterminera le programme de boue et le programme de boue la fréquence des analyses); le programme d'analyse est décrit au point « Gestion des cuttings et particules fines » ci-dessous),
- une analyse sera effectuée sur les boues de forage qui seront évacuées en une seule fois, à la fin du forage (programme d'analyse au point « Gestion des boues de forage » ci-dessous),
- le programme de suivi de la qualité des déchets sera soumis à l'ENV pour avis / approbation avant le début des travaux,
- le suivi des analyses et le choix des filières d'évacuation seront assurés par un spécialiste du traitement des déchets.

Plan de gestion des déchets

Le prétraitement classique des boues de forage est schématisé ci-dessous (Figure 32). Cette chaîne de prétraitement a été utilisée notamment pour le forage profond réalisé à St-Gall en 2013. L'évacuation des déchets de matériaux solides (85% de cuttings et 15% de particules fines estimés en moyenne sur l'ensemble du forage mais variant en fonction de la géologie) doit être effectuée selon les critères de l'OTD (voir point « Gestion des cuttings et particules fines » ci-dessous). A la fin du forage, la fraction liquide de la boue sera filtrée si nécessaire avant d'être évacuée lentement aux eaux usées.

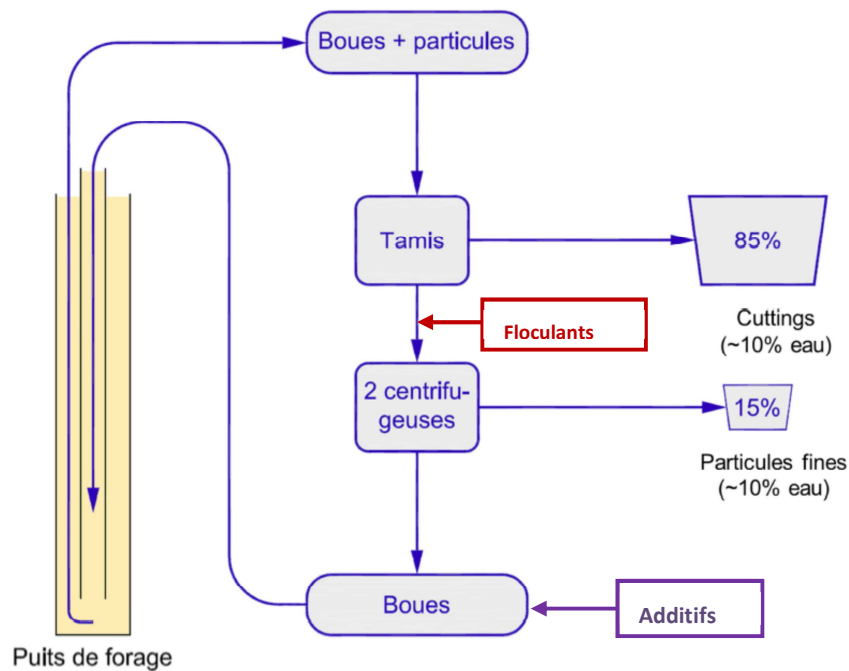


Figure 32 Schéma de principe du traitement des boues de forage

Gestion des cuttings et particules fines

L'évacuation des déchets de matériaux solides doit être effectuée selon les critères de l'OTD et dans les filières appropriées. Un système in-situ de traitement des déchets efficace devra être mis en place comme décrit sur la Figure 32. Cependant, même après ce traitement (tamisage et centrifugation), les cuttings et particules fines contiendront encore environ 10% d'eau. Cette eau résiduelle ne peut pas être enlevée. Si la décharge choisie pour l'évacuation des matériaux solides n'acceptait pas ces déchets, il serait également éventuellement possible d'épaissir ces matériaux. **Des analyses seront effectuées sur les cuttings et les particules fines pour chaque section de forage, ainsi que lors de modifications significatives du programme de boues. Nous proposons une analyse des métaux lourds selon l'OTD, ainsi que du TOC, des hydrocarbures totaux, HAP, ammonium, fluorures, nitrites et COD.** Les limites d'acceptation pour les différentes filières sont décrites dans le Tableau 21 ci-dessous. En cas de problèmes, le programme de surveillance pourrait être adapté en prenant en compte des composés non présents dans l'OTD.

Un forage de géothermie profond réalisé à Zürich Triemli entre 2009 et 2010 a permis de mettre en évidence certains éléments clés concernant l'organisation environnementale d'un forage de ce type:

- 95% des déchets de chantier ont finalement dû être évacués en DCB. Ce point devra être pris en considération lors de l'évaluation des coûts d'évacuation des matériaux, majoritairement en DCB.
- La qualité des produits utilisés comme additifs dans les boues de forages devra être spécifiée dans les appels d'offre. L'utilisation d'additifs naturels contenant aussi peu d'impuretés que possible sera privilégiée dans la mesure du possible. Ceci est notamment important pour la baryte qui pourrait contenir une certaine quantité de métaux lourds. Des analyses de la baryte devront donc également être effectuées lors de la livraison par l'entreprise mandatée, avant son utilisation dans les boues de forage.

- Certaines substances utilisées étant peu onéreuses à l'achat, mais cher à éliminer, la gestion du stockage et de l'élimination des déchets pourra être optimisée en l'attribuant à l'entreprise de forage. De plus, il est important de préciser que les substances excédentaires doivent être reprises par les fournisseurs, afin d'éviter une élimination très onéreuse.

Tableau 21 Limites d'acceptation pour les différentes filières :

Substances	Filières d'évacuation et limites [mg/kg de déchets (matière sèche)]		
	T (non pollué)	DCMI	DCB
COT		20'000	
As	15	30	50
Pb	50	500	2'000
Sb		30	50
Cd	1	10	10
Cr total	50	500	1'000
Cu	40	500	5'000
Ni	50	500	1'000
Hg	0.5	2	5
Zn	150	1'000	5'000
Cyanure total	0.05		
Hydrocarbures volatils halogénés	0.1	1	5
Hydrocarbures aliphatiques C10 à C40	50	500	5'000
HAP	3	25	250
Dans lixiviat :		[mg/l]	
Ammonium		0.5	
Fluorures		2.0	
Nitrites		20.0	
COD		0.02	

En dessus de ces valeurs, les matériaux seront considérés comme déchets spéciaux.

Filières d'évacuation des matériaux solides

Le choix définitif des décharges se fera avant le forage, en accord avec l'ENV. Les décharges contrôlées retenues pour l'instant, en accord avec l'ENV, sont :

- DCMI : Les Esserts (Courgenay)
- DCB : SEOD (Boécourt)

L'élimination comme déchets spéciaux, au besoin, se fera par le biais d'un repreneur autorisé.

Gestion des boues de forage

La boue de forage sera prétraitée en continu sur le site afin d'éliminer une partie des composés solides qui la compose, puis de créer un autre mélange avec la même boue. Dans ce but, la boue sera stockée entre 2 sections de forage, lors de la phase de cimentation. Une capacité de stockage suffisante devra donc être prévue, dans des silos placés sur le site de forage. La boue sera ensuite réinjectée dans le forage, avec un autre mélange d'additifs. Cette procédure permet ainsi de limiter l'élimination de produits liquides durant la phase de forage. Les boues seront donc si possible conservées tout au long du forage et éliminées en une seule fois à la fin du chantier.

Avant tout rejet à la canalisation des eaux usées, les eaux seront analysées et prétraitées au besoin afin de garantir les exigences de rejet de l'OEaux. L'exploitant de la STEP du SEDE sera contacté afin de définir d'éventuelles mesures supplémentaires (limitation du débit de rejet par exemple). L'évacuation

des eaux de forage se fera progressivement vers la STEP comme décrit ci-dessous (Figure 33), via un dessableur, un bassin de rétention et un séparateur à coalescence.

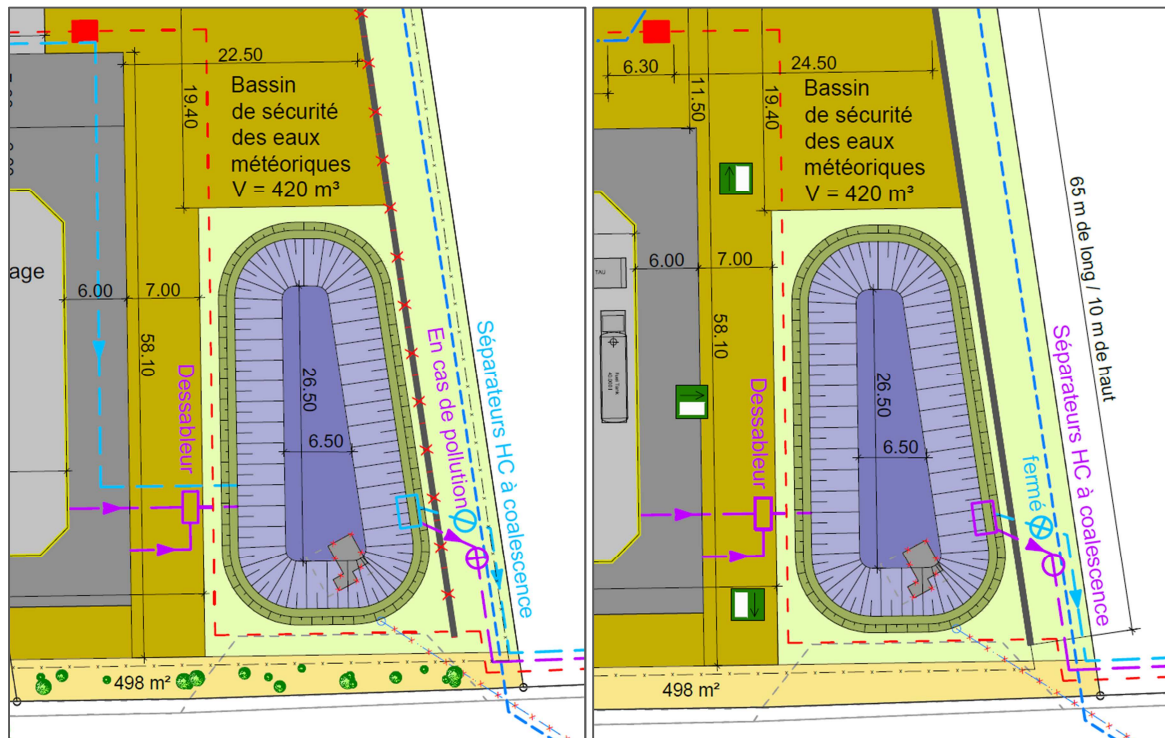


Figure 33 Modes d'évacuation des eaux s'écoulant sur la place de forage. En cas normal (à gauche), les eaux de ruissellement sont déversées dans le Tabellion via un dessableur, un bassin de rétention et un séparateur à coalescence. En cas de pollution des eaux, elles sont dirigées vers la STEP via deuxième séparateur à coalescence.

La fraction liquide de la boue en fin de forage sera analysée avant son rejet à la fin du chantier. Le volume de ces boues liquides sera d'au moins 300 m³. Les composés suivants seront analysés dans les eaux de forage, en veillant à ne pas dépasser les valeurs limites de déversement d'eaux contaminées dans les eaux de surface ou les égouts selon l'OEaux (valeurs limites décrites au Tableau 22):

- pH,
- Conductivité (pour éviter de déverser des eaux trop chargées en sel (surtout chlorures)),
- Matières en suspension,
- Métaux lourds,
- Hydrocarbures totaux.

En cas de dépassement des valeurs OEaux, les eaux devront être évacuées par une entreprise spécialisée.

Tableau 22 Les valeurs limites de déversement d'eaux contaminées dans les eaux de surface ou les égouts selon l'OEaux

Substances	Limites déversement dans les eaux	Limite déversement dans les égouts publics
Valeur pH	6.5 à 9.0	6.5 à 9.0 * ¹
Température	Max. 30°C * ²	Max. 60°C * ³
Substance non dissoutes totales	20 mg/l	-
As	0.1	0.1
Pb	0.5	0.5
Cd	0.1	0.1
Cr	2	2
Co	0.5	0.5
Cu	0.5	1
Mo	-	1
Ni	2	2
Zn	2	2
Cyanure	0.1	0.5
Hydrocarbures totaux	10	20
Hydrocarbures halogénés volatils	0.1	0.1

*¹: des écarts sont autorisés si le mélange avec les autres eaux dans les égouts est suffisant.

*²: L'autorité peut autoriser des dépassements minimes, de courte durée, en été.

*³: La température de l'eau dans les égouts ne dépassera pas 40° C après mélange.

Certains additifs présentant une certaine toxicité en cas d'ingestion par des organismes vivants, nous proposons également d'effectuer un test écotoxicologique sur la boue de forage avant le rejet des eaux à la STEP en fin de forage. En cas de problèmes, le programme de surveillance pourrait être ainsi adapté en prenant en compte des composés non présents dans l'OEaux.

Il est également possible que les boues de forages soient contaminées par une certaine radioactivité naturelle. Les mesures mises en place pour le suivi de la radioactivité sont indiquées pour les déchets solides, les déchets liquides et l'eau potable dans le chapitre 5.20 et l'annexe 9.5 de ce RIE. La filière d'élimination ou de stockage des matériaux qui dépasseraient les normes sera définie le cas échéant avec les experts de la SUVA, ce qui est la pratique habituelle pour cette problématique. Des volumes de stockage devront être prévus pour cette éventualité.

5.11.2 Phase d'exploitation

Suite à la gestion des déchets effectuée durant la phase de construction décrite dans le chapitre 5.11.1, des mesures devront également être prise lors des phases d'exploitation et de déconstruction du site.

L'eau utilisée pour l'exploitation (boucle géothermale) sera au départ de l'eau sans additif. La circulation de l'eau se fera en principe en circuit fermé de sorte qu'aucune production de déchets inhabituelle n'est attendue. Si des déchets devaient tout de même être produits, les procédures définies dans la cadre de la phase de construction (types d'analyses, filières, ...) seront utilisées. Une certaine accumulation d'éléments naturels radioactifs dans l'eau de la boucle géothermale est également envisageable. Cette eau circulera en circuit fermé, de sorte que le risque de contamination de l'environnement, et notamment des eaux souterraines, est très faible. Un système de suivi de la qualité des eaux potables sera cependant mis en place à des fins de contrôle tel que décrit dans les chapitres 5.20 et 6.20 de ce RIE.

Bien que n'entrant pas totalement dans la catégorie des déchets, il faut encore noter que des pertes régulières d'eau dans le forage ne peuvent être exclues à ce stade du projet. Ce sujet ne pourra être éclairci que lors des tests de stimulation, voire des tests de fonctionnement de la boucle géothermique.

Aucune production de déchets inhabituelle n'est à attendre durant la phase de déconstruction. Les filières d'élimination classiques des déchets de démolition seront utilisées.

5.11.3 Phase de déconstruction

Voir chapitre 5.11.2.

5.11.4 Suivi environnemental de réalisation

La gestion des déchets et, une fois le forage terminé, des eaux de forage, fera l'objet d'un suivi environnemental très régulier. Le détail de ce suivi sera élaboré avec l'entreprise de forage. Il sera par ailleurs soumis à l'ENV avant le début du forage.

L'utilisation d'additifs particulièrement pauvres en contaminants dangereux (impuretés) sera l'un des critères de l'appel d'offre pour le choix de l'entreprise responsable de la préparation des boues.

Avant tout rejet à la canalisation des eaux usées, les eaux seront analysées et prétraitées au besoin afin de garantir les exigences de rejet de l'OEaux. L'exploitant de la STEP du SEDE sera contacté afin de définir d'éventuelles mesures supplémentaires (limitation du débit de rejet par exemple).

5.12 Organismes nuisibles pour l'environnement

5.12.1 Phase de construction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.12.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

En phase d'exploitation, des lampes UV pourraient être utilisées au besoin afin d'éviter une prolifération bactérienne dans les installations.

5.12.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.12.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.13 Prévention des accidents majeurs / Protection contre les catastrophes

5.13.1 Phase de construction

Bien que la phase de forage ne sera pas soumise à l'OPAM, l'art. 10 al. 1 de la LPE²² impose à celui qui entend exploiter ou exploite des installations qui, en cas d'événements extraordinaires, peuvent causer des dommages à l'homme ou à l'environnement, de prendre les mesures propres à assurer la protection de la population et de l'environnement. Les risques posés par ce projet, en particulier le risque sismique, sont traités dans les chapitres correspondants de ce RIE.

En ce qui concerne les forages profonds, on peut encore mentionner que les standards QHSE²³ de l'industrie pétrolière et gazière seront appliqués, et qu'ils sont parmi les plus stricts du monde. Lors des opérations standards, il ne se produit que très rarement des accidents et des avaries incontrôlées.

²² Loi fédérale sur la protection de l'environnement: http://www.admin.ch/ch/f/rs/814_01/a10.html

²³ QHSE : qualité, santé, sécurité au travail, environnement

L'industrie pétrolière et gazière possède des mécanismes de contrôle à plusieurs niveaux destinés à éviter les avaries susceptibles de menacer l'homme et l'environnement. Ces standards QHSE stricts et valables pour les forages pétroliers et gaziers sont également appliqués de façon standard pour les forages géothermiques, qui sont pourtant bien moins risqués.

Avant le forage, le maître d'ouvrage et la société de forage élaboreront conjointement un document d'interface²⁴, dans lequel les standards HSE seront adaptés au site, à l'environnement, et aux exigences applicables. Geo-Energie proposera aux autorités compétentes ainsi qu'aux pompiers de contrôler le site avant le début du forage.

5.13.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire. Pour les aspects OPAM, se référer au chapitre 6.13.

5.13.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.13.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.14 Forêt

Il n'y a pas de forêt à proximité du site.

5.14.1 Phase de construction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.14.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.14.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.14.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.15 Flore, faune, biotopes

Le périmètre d'étude pour le chapitre « flore, faune, biotopes » comprend les surfaces du projet et les surfaces alentours pour un rayon d'environ 250 m selon la Décision d'approbation du cahier des charges par l'Office cantonal de l'environnement sur le rapport d'enquête préliminaire.

Les parcelles 2137 et 2138 sont actuellement cultivées de manière intensive et la parcelle 2136 est partiellement en état de friche, suite à l'arrêt des activités de la pépinière Guélat sur le site. En outre, les parcelles 2136 et 2137 sont classées en surface d'assolement.

²⁴ Document d'interface : il s'agit d'un document qui décrit les points de contact de deux ou plusieurs systèmes de gestion différents pour la coordination et la collaboration dans le domaine HSE (généralement entre l'entreprise et le contractant). Ce document détermine les procédures respectives applicables ainsi que les responsabilités et compétences définies des différentes parties.

Un relevé floristique sommaire a été réalisé à proximité directe de l'implantation du projet (juillet 2013), le long des banquettes de routes et sur le talus CFF. La flore observée est peu diversifiée et ne présente pas de particularité écologique.

La parcelle qui était occupée par les activités de la pépinière Guélat comprend quelques arbres à l'entrée du site et le long de la barrière qui limite les anciennes plantations du pâturage sur la partie Nord de la parcelle. Il s'agit de résineux, de feuillus et d'arbres fruitiers présentant peu d'intérêts écologiques.



Figure 34 A gauche : Flore sur les talus en bordure de route, le long des parcelles 2137 et 2138. A droite : parcelle 2136 (ancienne pépinière Guélat) : un feuillu au premier plan et des arbres fruitiers au second plan (Source : RWB, juillet 2013)

Un relevé faunistique sommaire a été réalisé sur le secteur d'étude et aux alentours (juillet 2013). Aucune faune n'a été observée sur les surfaces du projet, hormis quelques vols d'oiseaux allant dans les haies sises sur le talus CFF. Concernant les insectes, aucun relevé spécifique n'a été réalisé.

Les inventaires consultés et les informations récoltées auprès de l'Office cantonal de l'environnement démontrent qu'il n'y a aucun biotope protégé ou d'importance dans le périmètre d'étude.

En périphérie du secteur (rayon de 250 mètres), les surfaces sont utilisées pour de l'agriculture intensive ou extensive. Un périmètre de protection de la nature PNa est présent au sud-ouest du secteur selon le plan de zones en vigueur de Glovelier. Il concerne un tronçon du cours d'eau le Tabeillon et ses rives. Des arbres fruitiers à haute tige sont également relevés à proximité du secteur, le long du Tabeillon (cordon boisé) et à côté de la ferme située à l'est du projet, dans un verger.

Les inventaires consultés et les informations récoltées auprès de l'Office cantonal de l'environnement démontrent qu'il n'y a aucun biotope protégé ou d'importance dans le périmètre d'étude. Un relevé sommaire de la flore et de la faune ont aussi été réalisés en juillet 2013. Cet environnement plutôt commun au niveau de la flore et de la faune étant déjà largement influencé par les activités humaines, il n'est pas jugé utile de détailler plus les espèces présentes.

5.15.1 Phase de construction

5.15.1.1 Impact de la lumière

Les insectes nocturnes, en particulier aussi des papillons de nuit, peuvent être attirés à grande distance par les sources de lumière. Ce problème peut être limité par la mise en place de différentes mesures. Les lampes à vapeur de sodium à basse pression ou les lampes à LED, un placement judicieux et

l'orientation de l'installation lumineuse avec des faisceaux lumineux orientés vers le bas permettent en effet de limiter le rayonnement hors d'un site donné.

Généralités

Principe de base : afin de limiter les impacts sur l'environnement, le dispositif d'éclairage sur la place de forage et le site en général, sera réduit dans la mesure du possible. Les normes de sécurité pour les travailleurs devront cependant être respectées.

La hauteur des candélabres sera gardée la plus faible possible et des LED, procurant une lumière plus directionnelle, seront utilisés.

Calcul de l'éclairage

La hauteur des candélabres sera de 7 m. Des LED seront utilisés pour l'éclairage. Une partie des éclairages pourront être adaptés selon les circonstances (modulation des puissances utilisées); l'intensité pourra être par exemple réduite à un moment et un endroit donnés, si aucune activité n'y a lieu.

Le calcul de l'éclairage a été effectué sur la base des moyens d'éclairage suivants :

Haute-Sorne / Leuchtenstückliste			
10 Stück	PHILIPS BGP323 T35 1xGRN156-2S/740 DW Artikel-Nr.: Lichtstrom (Leuchte): 13586 lm Lichtstrom (Lampen): 15616 lm Leuchtenleistung: 137.0 W Leuchtenklassifikation nach DIN: A30 CIE Flux Code: 39 75 97 100 87 Bestückung: 1 x GRN156-2S/740 (Korrekturfaktor 1.000).	Ein Leuchtenbild entnehmen Sie bitte unserem Leuchtenkatalog.	
8 Stück	SITECO 5XA5821A1A08 Streetlight 10 midi LED Artikel-Nr.: 5XA5821A1A08 Lichtstrom (Leuchte): 10500 lm Lichtstrom (Lampen): 10500 lm Leuchtenleistung: 159.0 W Leuchtenklassifikation nach DIN: A30 CIE Flux Code: 32 71 96 100 100 Bestückung: 2 x LED 5000K / CRI >= 70 (Korrekturfaktor 1.000).		

Figure 35 Exemple de lampes qui pourront être utilisées pour l'éclairage de la place de forage

Le calcul a été effectué pour deux zones :

- Zone de la place de forage
- La surface aux alentours de la place de forage y compris la route public sur la place de forage

Les surfaces de calcul sont dessinées sur les plans du site suivants :

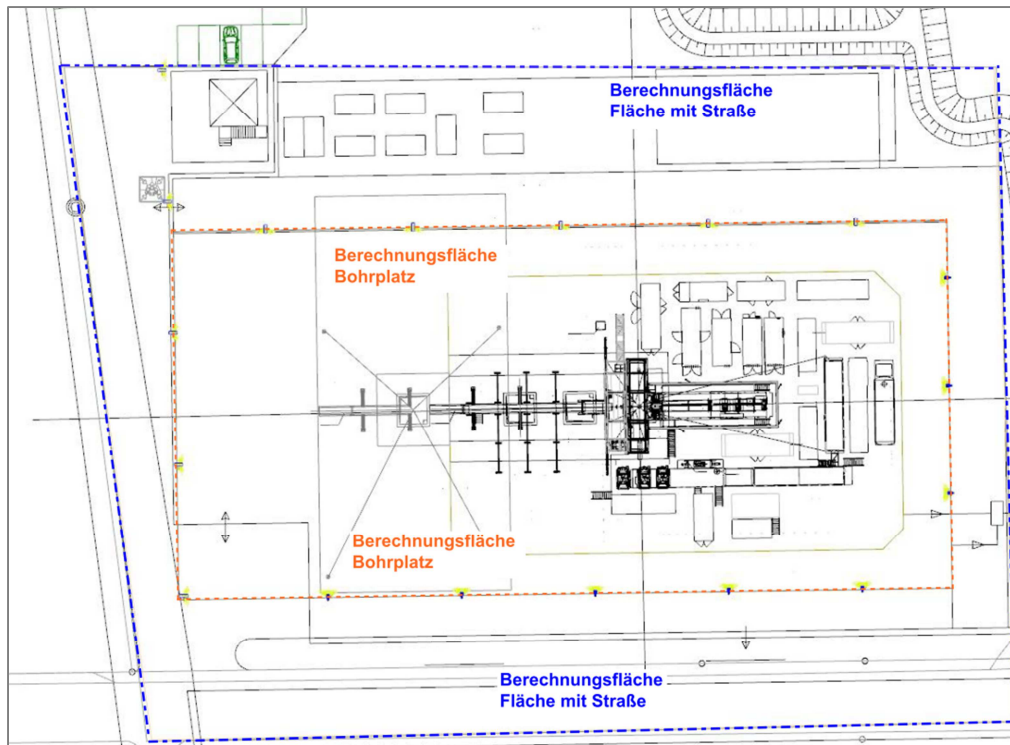


Figure 36 Plan du site avec les surfaces de calcul

Calcul d'éclairage de la place de forage

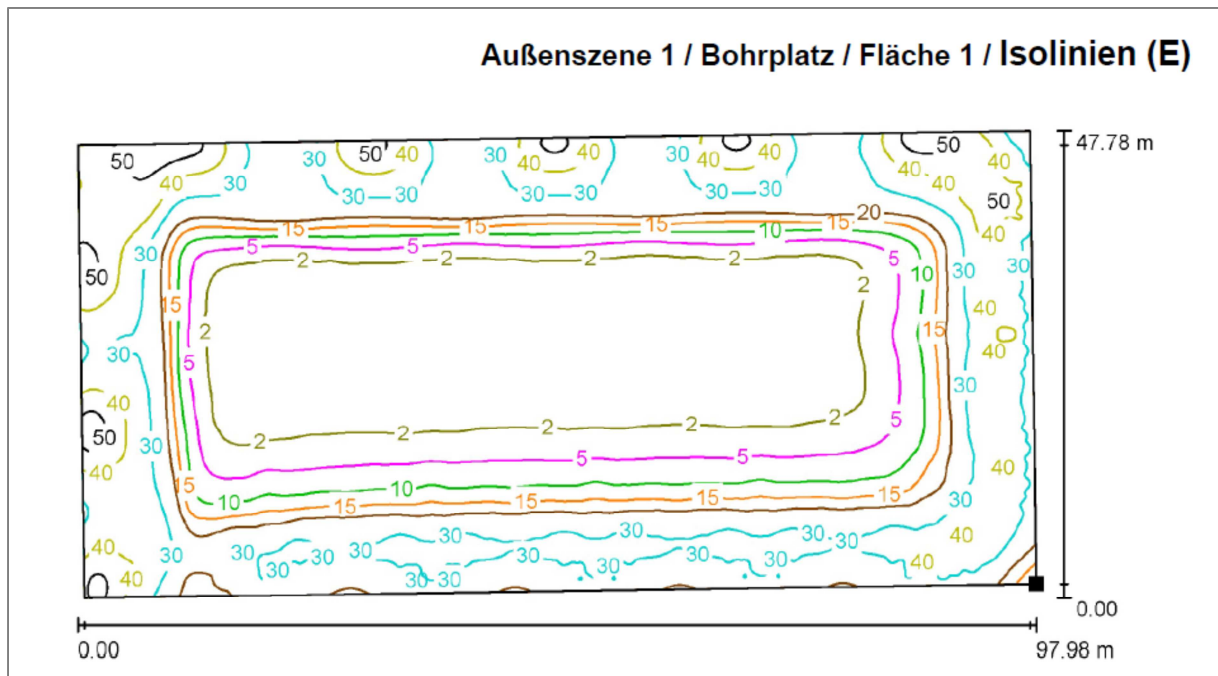


Figure 37 Place de forage: éclairage en Lux

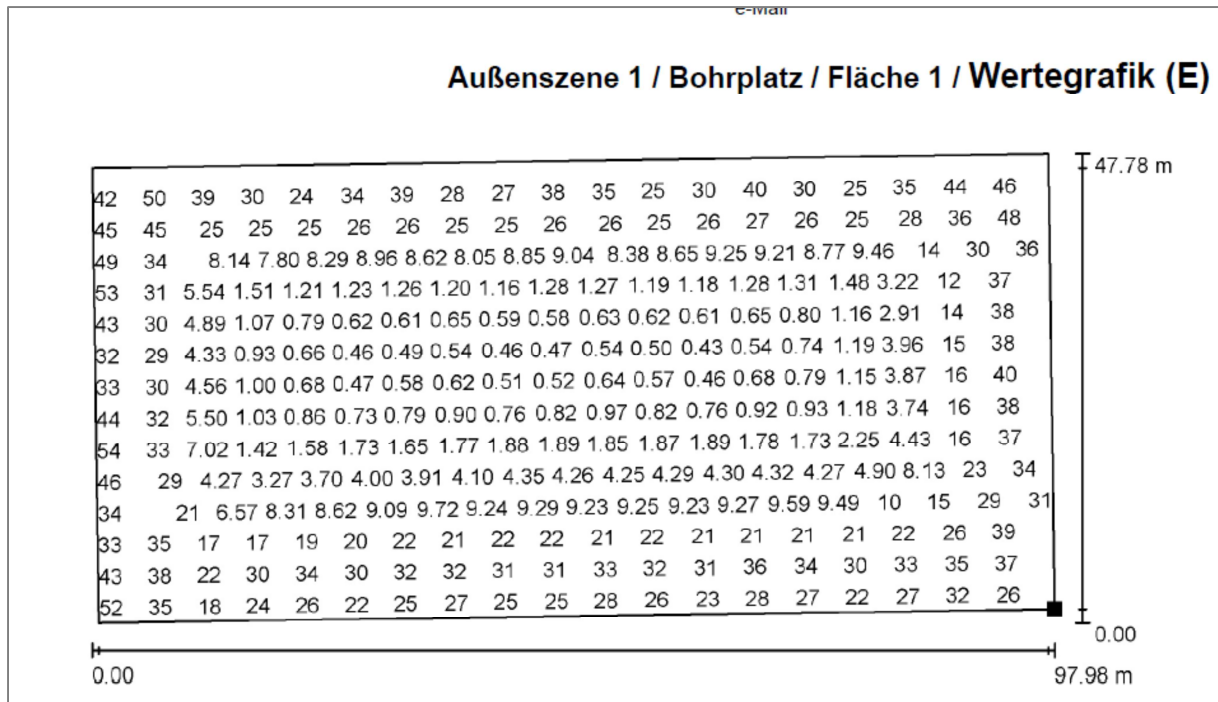


Figure 38 Place de forage : valeurs individuelles d'éclairément (Lux)

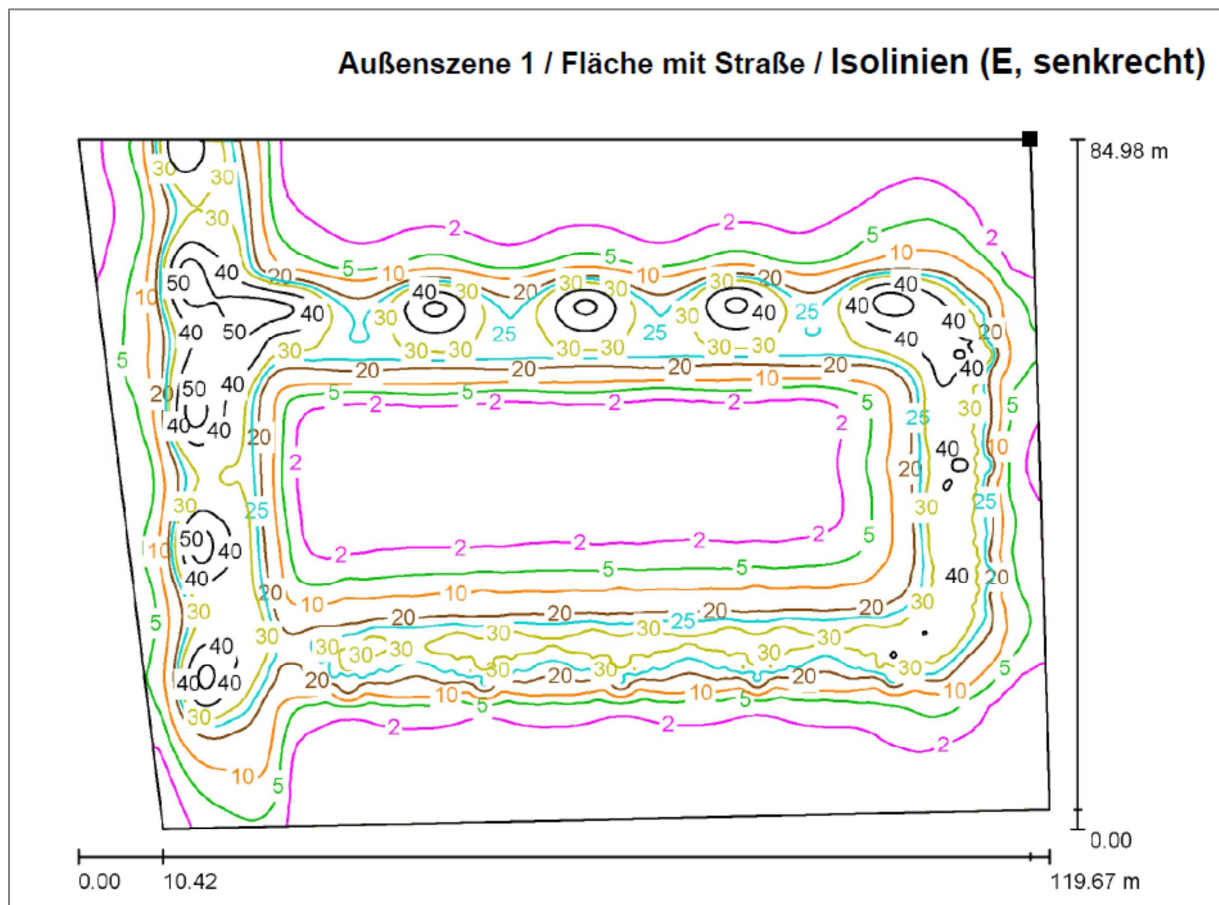
Calcul de l'éclairage de la surface environnante de la place de forage

Figure 39 Illumination de la place de forage (voir plan en Figure 36). Surface de calcul incluant la route. Unité : Lux

Résumé

Les calculs montrent que l'éclairage prévu s'étend seulement sur la zone de la place de forage. Dans la zone de la route à côté de la place de forage, l'intensité lumineuse par l'éclairage de la place de forage s'élève à env. 0.2 à 0.6 Lux. Pour comparaison, l'éclairage lors d'une pleine lune et par nuit claire se situe à env. 0.2 Lux. Une détérioration du domaine environnant par l'éclairage de la place de forage n'a pas lieu. L'intensité lumineuse sera augmentée à environ 2 à 5 Lux dans la zone d'accès, pour des raisons de sécurité.

La zone de la place de forage intérieure sera éclairée par les projecteurs de l'installation de forage. Ce projecteurs seront orientés vers le milieu de la place de forage et ne rayonneront donc pas vers l'extérieur.

5.15.1.2 Evaluation des impacts et mesures**Impacts**

Les impacts liés à l'implantation du projet sont :

- Perte de surfaces agricoles facilement cultivables (environ 11'000 m²) durant la période d'exploitation de la centrale (durée au minimum de 30 ans), mais qui ne présentent au final que très peu d'intérêt écologique,
- Création de plans d'eau pouvant attirer, voire piéger, la faune et en particulier les amphibiens.

Ceux liés au chantier sont :

- Bruit induit par la foreuse pouvant gêner la faune environnante,
- Bruit induit par les machines de chantier pour la place de forage pouvant gêner la faune environnante,
- Illumination du site la nuit,
- Risques de dommages sur les haies des talus CFF,
- Abattage d'arbres sur la parcelle 2136, ancienne pépinière Guélat.

Mesures

Gestion des impacts liés à l'implantation du projet :

- La perte de sols cultivables et de surfaces d'assolement est traité dans le chapitre «Protection des sols »
- Le site sera clôturé sur tout le pourtour (hors parking visiteurs), afin d'éviter qu'il constitue un piège pour la faune. Un grillage noué type « URSUS lourd super bezinal » surmonté de treillis galvanisé soudé à mailles de taille décroissante vers le bas, sera mis en place pour empêcher la colonisation des bassins d'eau par les amphibiens
- Les milieux naturels seront diversifiés comme suit (Figure 40) :
 - un bosquet constitué d'arbustes indigènes sera planté au sud-est du site,
 - les surfaces perméables seront ensemencées au moyen de prairie fleurie,
 - la plantation d'une haie d'arbustes indigènes longeant la limite est du site (en dehors de la barrière) est également prévue,
 - des îlots d'arbustes seront également plantés, le long de la route cantonale,
 - en outre, Geo-Energie Suisse SA s'est engagé auprès des Associations de protection de la nature, à participer à la réalisation d'une compensation écologique hors site. La mise en œuvre de cette compensation sera précisée en temps opportun.



Figure 40 Mesures de compensations écologiques

Gestion des impacts liés au chantier :

- Aucune mesure particulière n'est proposée afin de limiter les impacts dus au bruit de chantier sur la faune environnante vu son caractère temporaire et l'environnement déjà fortement influencé par les activités humaines
- L'orientation des sources lumineuses et leurs emplacements seront choisis de manière à éclairer la place de forage et les installations nécessitant une illumination de manière aussi spécifique que possible. L'intensité lumineuse sera réglée à un niveau minimal garantissant cependant les directives applicables en matière de sécurité des travailleurs et les exigences particulières du chantier
- Des mesures visant à protéger les haies sises en bordures des parcelles sur le talus Sud des CFF (protection du système racinaire par l'installation de clôtures afin d'éviter que les machines de chantier ne portent atteintes à ces haies) pourront être mises en place au besoin
- Dans la mesure du possible, l'abattage des arbres sur la parcelle 2136 (ancienne pépinière Guélat) sera effectué en hiver, hors période de nidification

5.15.2 Phase d'exploitation

Aucun impact n'est identifié pour cette phase. Les bassins pour le stockage d'eau seront en règle générale vides. L'éclairage de nuit sera moins important que lors de la phase de forage. La clôture sera maintenue.

5.15.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire. Si des biotopes sont créés d'ici au moment du démantèlement des installations, la situation pourra être réévaluée.

5.15.4 Suivi environnemental de réalisation

L'orientation et l'intensité de l'éclairage de nuit seront contrôlées et limitées dans la mesure du possible afin de garantir la sécurité des travailleurs tout en limitant les nuisances pour la faune.

Mise en place d'une clôture autour du site afin d'empêcher l'accès à la faune : des barrières à batraciens seront aussi posées afin d'éviter la colonisation des bassins d'eau prévus dans le projet.

Les mesures habituelles seront observées pour l'abattage des arbres.

5.16 Paysage naturel et bâti

5.16.1 Phase de construction

Au vu du caractère provisoire des travaux de forage et de l'environnement industriel du site, les aspects paysagers ne sont pas pris en compte. Cette approche a été acceptée par l'ENV.

5.16.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. L'échangeur de chaleur n'est visible en surface que par deux conduites et la pompe de production. Le reste de l'ouvrage est souterrain. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.16.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.16.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.17 Protection des biens culturels, sites archéologiques

5.17.1 Phase de construction

Pertinent, mais traité de manière exhaustive dans l'enquête préliminaire. Il n'existe aucun indice direct faisant penser que l'on pourrait faire des découvertes archéologiques sur le site retenu. Lors des travaux de terrassement, il convient néanmoins de procéder avec précaution et délicatesse et de contacter les autorités compétentes en cas de découvertes éventuelles.

5.17.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.17.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.17.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.18 Trafic

5.18.1 Phase de construction

L'estimation du trafic de poids lourds pour les phases de chantier est reprise ci-dessous. Le trafic des véhicules personnels restera limité (de l'ordre de 1% du trafic journalier moyen de la route cantonale Glovelier – Bassecourt ; chapitre 5.1).

On attend une augmentation faible du trafic durant la phase de forage le long des routes cantonales à travers Glovelier, car la sortie d'autoroute et les parcelles du site se trouvent aux deux extrémités opposées de Glovelier. Le surcroît de trafic devra être maîtrisé avec l'aménagement routier et le débit de trafic actuels. Le surcroît de trafic dû aux camions peut être limité aux heures de travail habituelles.

Tableau 23 Estimation du trafic lourd pour toute la période (forage et construction de la centrale)

Travaux	Durée	PL 40to	PL <40to	Description
<u>Place de forage</u>				
- Infrastructures de base	90 jours	5 Pces	180 Pces	transport de matériel
<u>Forage</u>				
- Construction installation forage d'exploration (optionnel)	5 jours	5 Pces	2 Pces	Pièces pour la foreuses
- Forage d'exploration (optionnel)	90 jours	13 Pces	48 Pces	Matériel et matériaux pour le forage ; évacuation des déchets
- Montage de la foreuse	14 jours	40 Pces	5 Pces	Pièces installation forage
- 1er forage	180 jours	35 Pces	70 Pces	Matériel et matériaux pour le forage ; évacuation des déchets
- Stimulation	180 jours	7 Pces	10 Pces	Equipement
- 2ème forage	180 jours	35 Pces	70 Pces	Matériel et matériaux pour le forage ; évacuation des déchets
- Stimulation du 2ème forage (optionnel)	180 jours	7 Pces	10 Pces	Equipement
- Démontage de la foreuse	14 jours	40 Pces	5 Pces	Pièces installation forage
<u>Centrale</u>				
- Travaux de construction et montage des installations (Ventilateurs)	500 jours	57 Pces	100 Pces	
(Evaporateur)		30 Pces	10 Pces	Transport pièces
(Turbine)		3 Pces	2 Pces	
(Divers)		4 Pces	2 Pces	
		10 Pces	20 Pces	

5.18.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.18.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. L'augmentation du trafic liée à la déconstruction est faible, et s'étale sur une durée limitée. Point traité durant l'enquête préliminaire.

5.18.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

5.19 Sismicité induite

Pour l'étude de risque sismique, les valeurs limites de la norme allemande DIN, plus strictes que celles de la norme suisse, ont été considérées pour la détermination du niveau maximal de vibration au-dessous duquel aucun dommage aux bâtiments n'est à attendre. La magnitude correspondant à la limite des dommages matériels a été déterminée sur cette base à $M_w^{25}=2,6$. Il s'agira ainsi de garantir que cette limite ne sera pas dépassée.

Une analyse de la sismicité naturelle dans la région par le Service sismologique suisse a permis de conclure à l'absence de zones de failles actives dans le rayon d'influence du projet. Les zones de failles connues dans la région entourant le projet ne seront influencées que de manière insignifiante par la réalisation du réservoir souterrain ainsi que par le refroidissement thermique du sous-sol pendant la durée de l'exploitation. La probabilité de déclencher des séismes en dehors du réservoir souterrain est donc estimée comme étant très faible. Dans le cas où une zone de failles inconnue à l'heure actuelle, et qui se trouverait à proximité du réservoir souterrain, était malgré tout influencée par le projet, le système de surveillance sismique (plan de réaction, feux de signalisation) interrompra l'injection d'eau et empêchera ainsi la sismicité d'augmenter davantage.

L'apparition et l'intensité de la sismicité induite dépendent principalement de la réponse sismique du sous-sol qui est encore largement inconnue à l'heure actuelle. En cas de forte réponse sismique, le système de feux de signalisation permet d'empêcher que des secousses trop importantes ne surviennent. Toutefois, cela peut éventuellement avoir pour conséquence l'arrêt de la stimulation avant que le réservoir n'ait atteint une taille suffisante (dimension des fissures) pour assurer la rentabilité de l'exploitation. A l'opposé, en cas de réponse sismique faible, il est possible de réaliser des surfaces d'échange de chaleur (fissures) bien plus grandes que prévues à l'origine, sans causer de sismicité qui s'approcherait de la limite des dommages matériels. Néanmoins, on ne peut exclure dans les deux cas que ne survienne une sismicité qui puisse être ressentie par la population ou perçue sur le plan acoustique.

L'étude montre qu'il est avantageux, plutôt que de créer une grande surface d'échange de chaleur, de stimuler le sous-sol sous la forme de plusieurs fissures plus petites. Etant donné que, d'après les données d'observation provenant de projets du monde entier, la magnitude sismique maximale observée augmente proportionnellement avec la surface stimulée dans le sous-sol, une stimulation contrôlée permet également de contrôler la sismicité. Lorsque la surface stimulée est petite, la magnitude et ainsi les effets à la surface restent faibles. En outre, il s'avère que l'aléa sismique diminue lors de la stimulation de fissures successives. L'aléa sismique n'augmente ainsi pas simplement de manière proportionnelle au nombre de fissures stimulées.

L'étude de risque se base sur la méthodologie déterministe de la société Q-con, société qui avait mené l'analyse de risque du projet de Bâle qui a finalement mené à son abandon. Cette étude montre que le déclenchement d'un séisme dommageable peut être quasiment exclu moyennant des mesures appropriées. Toutefois, le projet ne présente pas un risque nul. Il est théoriquement envisageable de rencontrer dans le sous-sol une faille supercritique non identifiée à faible distance du réservoir. Dans ce

²⁵ Magnitude de moment

cas, une faible modification des conditions du sous-sol pourrait causer des dommages à la surface. Il en va de même pour d'autres travaux souterrains, tels que par exemple la construction de tunnels. De telles considérations sont regroupées sous la notion de risque résiduel. Pour cette raison, en plus de l'approche déterministe de la société Q-con, le risque résiduel est évalué au moyen d'une étude de risque probabiliste. L'analyse de risque probabiliste repose sur une méthodologie développée par le Service sismologique suisse.

Autant l'étude probabiliste que l'étude de risque déterministe montrent qu'un système « multi-fractures » permet de réduire l'aléa sismique par rapport à une stimulation massive telle que celle effectuée à Bâle. Pour un aléa identique, ce procédé permet de stimuler une surface d'échange de chaleur au moins trois fois plus grande.

L'étude probabiliste et l'étude déterministe permettent de représenter l'ampleur de la sismicité attendue. Etant donné que dans les deux études, la sismicité observée se base surtout sur les données de Bâle, les deux études montrent également des résultats comparables dans la plage de magnitudes correspondante. Pour des magnitudes supérieures à $M_w=3,2$, on relève toutefois de grandes différences. A titre d'exemple, considérons un séisme de magnitude $M_w=4$. Dans l'étude de risque déterministe, la probabilité d'un tel séisme est nulle car un tel événement, pour une réponse sismique du sous-sol comparable à celle de Bâle, ne peut physiquement pas se produire pour des surfaces d'échange de chaleur de la dimension de celles envisagées avec le système « multi-fractures ». L'étude de risque probabiliste donne quant à elle une probabilité de dépassement de cette magnitude de 1:3000 pour une fissure simple de 300 m (ou env. de 1:100 pour un système multi-fractures de 30 fissures de 300 m), toutefois selon des hypothèses très conservatives.

Au final, c'est le projet lui-même qui fournira des informations fiables sur la réponse sismique du sous-sol. C'est pourquoi il est important de procéder pas à pas et avec précaution. Les mesures présentées ci-après reflètent une telle approche :

- Adaptation de l'étude de risque au cours du projet: au fur et à mesure de la collecte d'informations, les études de risque sismique seront vérifiées et les mesures de prévention seront, le cas échéant, adaptées.
- Réalisation d'un test de stimulation: test réalisé dans des conditions sévèrement contrôlées et avec un volume d'injection initial faible qui sera graduellement augmenté.
- Système de surveillance (schéma de réaction) : un système de feux de signalisation de sécurité basé sur des valeurs d'arrêt beaucoup plus basses que celles de Bâle en combinaison avec un système de prédiction développé par le Service sismologique suisse.
- Surveillance sismique (monitoring): réseau de surveillance sismique de haute sensibilité pour l'enregistrement de la sismicité induite en temps réel.
- Etablissement des preuves: comme élément d'information proactive et de communication et afin de compenser les dommages rapidement et de manière transparente dans le cas peu probable, mais ne pouvant être totalement exclu malgré toutes les mesures de précaution, d'une réaction sismique plus forte qu'attendue du sous-sol.

Le thème de la sismicité en lien avec le projet est traité plus en détail en annexe 9.4.

5.20 Radioactivité naturelle

Chaque roche en Suisse, qu'elle soit cristalline ou sédimentaire, contient des traces d'uranium, de thorium et de l'isotope de potassium ^{40}K . L'énergie libérée lors de la désintégration de ces

radionucléides fournit environ 50% du flux thermique présent dans le manteau terrestre. Les radionucléides naturels sont ainsi indispensables à la géothermie, mais peuvent également poser des problèmes de radioprotection lors de l'exploitation de la chaleur terrestre.

Bien entendu, l'eau présente à l'état naturel ou acheminée artificiellement peut, par contact avec la roche, dissoudre une partie de ces radionucléides. Les teneurs en radium parfois fortement accrues dans les eaux thermales suisses prouvent que ce phénomène se produit réellement. - Le radium est un membre soluble des chaînes de désintégration de l'uranium et du thorium.

Pour les systèmes dans lesquels l'eau est acheminée artificiellement (systèmes EGS), on ne dispose pas encore de suffisamment de données, mais les processus géochimiques qui se déroulent dans le sous-sol à des températures élevées sont les mêmes que dans le cas d'un système d'eaux thermales naturelles. Ainsi, même dans un système EGS, on peut s'attendre, après quelques années d'exploitation, à des teneurs accrues en radionucléides dans l'eau de circulation.

Les concentrations en radionucléides dans toutes les eaux thermales suisses, ainsi que dans le fluide en circulation d'une centrale d'essai géothermique en France, se situent toutefois en dessous des limites suisses pour l'eau potable. D'éventuelles fuites dans les installations de surface d'un système EGS ne menacent ainsi ni le personnel, ni l'environnement.

Les concentrations du gaz inerte radioactif qu'est le radon sont faibles dans les eaux thermales. Une fuite ne peut donc entraîner aucun dépassement des limites suisses, ni pour le personnel, ni pour l'environnement.

Des problèmes de radioprotection peuvent toutefois se poser là où les radionucléides s'accumulent, au niveau des croûtes qui se forment dans le réseau de conduites ou dans les résidus de filtration. Cela peut se traduire par des radiations accrues sur les postes de travail. Néanmoins, le risque le plus important est celui d'une contamination lors de la manipulation de ces dépôts, par exemple lors de réparations, de nettoyages ou de remplacements des filtres. L'élimination de ces «déchets radioactifs» pose un problème supplémentaire.

Ces problèmes de radioprotection surviennent également lors de la préparation d'eaux minérales ou lors du creusement de tunnels dans des roches à forte teneur en uranium. Quelques exemples en Suisse montrent que ces problèmes sont maîtrisables, en mettant en œuvre des mesures simples. Cela restera possible en respectant les limites plus basses de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) révisée. Les matériaux naturellement radioactifs relèvent en effet désormais également de l'ORaP. Cependant, la manipulation de matériaux présentant des concentrations en radionucléides inférieures aux nouvelles limites d'exemption pour les radionucléides d'origine naturelle n'est soumise à aucune restriction.

Si les limites d'exemption sont dépassées, une autorisation est nécessaire pour la manipulation de ces matériaux. Les conditions de l'autorisation doivent garantir le respect de l'objectif de protection de 0,3 mSv/an, à la fois pour le personnel et pour la population (auparavant 1 mSv/an).

Le thème de la radioactivité naturelle en lien avec le projet est détaillé en annexe 9.5. Les mesures mises en place pour le suivi de la radioactivité y sont indiquées pour les déchets solides, les déchets liquides et l'eau potable. La filière d'élimination ou de stockage des matériaux qui dépasseraient les normes sera définie le cas échéant avec les experts de la SUVA, ce qui est la pratique habituelle pour cette problématique. Des volumes de stockage importants devront être prévus pour cette éventualité.

5.21 Dangers naturels

La problématique du danger de crue est traitée au chapitre 6.21, pour l'exploitation de la centrale.

5.21.1 Phase de construction

Non pertinent.

5.21.2 Phase d'exploitation

Non pertinent.

5.21.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

5.21.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6 Impacts du projet sur l'environnement – installations de surface

6.1 Protection de l'air

6.1.1 Phase de construction

Les impacts identifiés de la phase de construction des installations de surfaces sont similaires à ceux du chapitre forage :

- Trafic des camions de livraison généré par le chantier
- Machines de chantier sur les surfaces du projet
- Poussières émises par les matériaux durant le chantier
- Trafic du personnel mobilisé

Comme pour la phase de forage, l'évaluation du niveau de mesure « B » selon la directive Air-chantier²⁶ a été confirmé par l'ENV après évaluation de l'enquête préliminaire. Les mesures préventives des émissions dues aux travaux de chantier et au trafic de chantier sont les mêmes que celles proposées pour la phase de construction du forage (cf. chapitre 5.1.4)

6.1.2 Phase d'exploitation

Pertinent, mais traité de manière exhaustive dans l'enquête préliminaire. L'utilisation d'installations répondant à l'état de la technique et le respect de la législation applicable à la protection de l'air (notamment au niveau des contrôles) permettent d'assurer une protection de l'air suffisante.

6.1.3 Phase de déconstruction

La déconstruction n'étant pas prévue avant plusieurs dizaines d'années, il est probable que les exigences et les mesures proposées pour la construction auront évolué au moment de la déconstruction. Une évaluation des exigences et mesures de protection de l'air devra être réalisée en temps voulu.

6.1.4 Suivi environnemental de réalisation

Les mesures pertinentes retenues à ce stade de l'étude pour la phase de construction (cf. chapitre 5.1.4, page 37) devront être respectées et seront une condition de l'appel d'offre pour la réalisation des travaux sous forme de cahier des charges.

Par ailleurs, ces mesures seront adaptées en fonction des caractéristiques de l'ouvrage précisées ultérieurement.

6.2 Protection du climat

Les aspects de protection du climat ont été observés lors du choix du type de fluide caloporteur. Ainsi, les fluides naturels ont été préférés aux fluides synthétiques, tels le R134a (1,1,1,2-tetrafluoroéthane) dont le potentiel de réchauffement est 1'400 fois supérieur à celui du CO₂. Les hydrocarbures sont aussi moins problématiques car non persistants dans l'air.

L'utilisation de la chaleur géothermique permettra par ailleurs de produire de l'électricité (et éventuellement de la chaleur pour un chauffage à distance) sans générer de gaz à effets de serre.

²⁶ OFEV, 2009, Directive concernant les mesures d'exploitation et les mesures techniques visant à limiter les émissions de polluants atmosphériques des chantiers (Directive Air Chantiers)

6.2.1 Phase de construction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.2.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.2.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.2.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.3 Bruit

Les nuisances dues en particulier au bruit des aérorefroidisseurs sont l'un des impacts importants du projet, en particulier pour la ferme des Croisées, qui est le bâtiment habité le plus proche du site. La disposition des installations et des bâtiments sur le site a été choisie afin de minimiser ces nuisances ; ainsi, le bâtiment contenant les installations techniques fera écran entre les aérorefroidisseurs et la ferme des Croisées.

Les aspects généraux et les résultats des simulations de bruit sont présentés dans ce chapitre. Un rapport technique (Annexe 9.1) présente les détails des simulations.

Bases légales

Les émissions sonores liées à l'exploitation de la centrale sont régies par l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB), cette phase étant une nouvelle installation fixe²⁷. A ce titre :

- les émissions de bruit de la phase d'exploitation de la centrale devront respecter les valeurs de planification définies dans l'annexe 6²⁸ de l'OPB (art 7, al 1)
- l'exploitation de l'installation ne devra pas entraîner la perception d'immissions de bruit plus élevées, en raison de l'utilisation accrue d'une voie de communication nécessitant un assainissement (art.9, lettre b) ;
- l'exploitation de l'installation ne devra pas entraîner un dépassement des valeurs limites d'immission (VLI) de l'annexe 3²⁸ de l'OPB, consécutivement à l'utilisation accrue d'une voie de communication (art.9, lettre a) ;

La phase de réalisation de la centrale est, elle, soumise à la directive fédérale sur le bruit des chantiers de même que le trafic lié à cette phase.

Etat actuel

L'état actuel du périmètre d'étude est présenté dans le chapitre 5.3 ci-dessus.

Les tronçons routiers concernés par le trafic du chantier de la centrale sont présentés sur la Figure 16 au chapitre 5.3. Il s'agit principalement des tronçons reliant la sortie de l'autoroute de Glovelier au périmètre d'étude. Les axes concernés sont : la N16 en direction de Bassecourt et de St-Ursanne, la route de Glovelier, la route de la Transjurane et la route de la Raisse.

²⁷ Installation dite nouvelle, car construite après le 01.01.1985

²⁸ Annexe 6 relative au bruit de l'industrie et des arts et métier, annexe 3 relative au bruit routier

Certains de ces tronçons traversent ou longent des zones habitées affectées en degré de sensibilité II (DSII), notamment la route de la Transjurane qui traverse Glovelier.

6.3.1 Phase de construction

La détermination du niveau des mesures à appliquer pour les transports de chantier a été réalisée selon la Directive sur le bruit des chantiers. Le transport routier aura lieu exclusivement entre 6h et 22h.

Les hypothèses suivantes ont été appliquées à la détermination du niveau de mesures à appliquer :

Phase réalisation de la centrale :

- La totalité du trafic sera réalisé sur des routes principales ;
- Trafic routier supplémentaire total : 3'080 mouvements ;
- Durée totale du trafic induit par le chantier : 130 jours ;
- Aucun trafic de nuit n'est prévu.

Le tableau suivant présente les résultats de la détermination selon la Directive sur le bruit des chantiers.

Tableau 24 Détermination du niveau de mesures à appliquer au trafic de chantier d'après la Directive sur le bruit des chantiers

	Bt [mouvements]	Durée totale en semaine (T)	Ft (Bt/T)	Valeur limite pour les routes principales DSII (Ft)
Période de jour	3'080	19	166	940

Les résultats présentés dans le Tableau 24 ci-dessus indiquent que les limites pour l'application des mesures de niveau B ne sont pas atteintes. Les mesures de protection de niveau A devront donc être appliquées pour la totalité du transport de chantier.

Comme pour le chantier de construction de la place de forage, les mesures à appliquer pour la phase de chantier sont basées sur la directive sur le bruit des chantiers et les caractéristiques suivantes :

- Le chantier se trouve à moins de 200 m de locaux à usage sensible (ferme des Croisées à env.150 m) ;
- La zone concernée par ces locaux à usage sensible est affectée en DSIII ;
- La phase de réalisation se déroulera sur une durée totale supérieure à 8 semaines (env.19 semaines)

Il sera ainsi nécessaire d'appliquer les mesures de type niveau B pour les travaux de construction ainsi que pour les travaux de construction très bruyants.

Le niveau de mesure B prévu par la directive de l'OFEV sera appliqué à tous travaux prévus de nuit. De plus une attention particulière devra être portée à l'information au voisinage quant aux dates de travaux nocturnes, leur nature ainsi que leur durée.

6.3.2 Phase d'exploitation

Bruit routier

Le trafic induit par la phase d'exploitation de la centrale doit respecter l'article 9 de l'OPB décrit ci-dessus.

Les hypothèses de base pour l'évaluation de l'impact de l'exploitation de la centrale sur le trafic routier sont les suivantes :

- Nombres d'employés sur le site : 10 employés ;
- Horaires de fonctionnement de la centrale : 24 heures sur 24 en mode 3 fois 8 heures ;
- La totalité du trafic d'accès au site provient de l'autoroute par la sortie de Glovelier.

Le Tableau 25 présente les données de trafic futur avec l'effet de l'exploitation de la centrale.

Tableau 25 Trafic routier futur et augmentation induite par l'exploitation de la centrale (source : CSD)

Axes routiers empruntés	Données canton TJM	Augmentation du trafic annuel	TJM 2019	TJM induit par l'exploitation de la centrale
	2010	%/an	2019	2019
N16 Glovelier-Bassecourt	11'900	2.0%	14'222	10 sans VB
N16 Glovelier-St-Ursanne	12'300	2.0%	14'700	10 sans VB
Route de Glovelier	10'500	2.0%	12'548	20 sans VB
Route de la Transjuranne	5'150	2.0%	6'155	20 sans VB
Route de la Raisse	3'150	2.0%	3'765	20 sans VB
Rue St-Hubert	3'250	2.0%	3'884	Non concerné
Berlincourt	2'100	2.0%	2'510	Non concerné

L'augmentation du trafic lié à l'exploitation de la centrale est inférieure à 1 %. Cet accroissement du trafic représente donc une augmentation des immissions sonores largement inférieure au seuil de 0.5 dB(A). Les exigences de l'article 9, lettre b, de l'OPB sera donc respecté pour la phase d'exploitation de la centrale.

L'augmentation du trafic lié à la phase d'exploitation de la centrale n'entraînera pas un dépassement des valeurs limites d'immission (VLI) du fait que l'augmentation des émissions sonores se situe à environ 0.03 dB(A) selon StI86. Les exigences de l'article 9, lettre a, de l'OPB sera donc respecté pour cette phase.

Bruit industriel

L'évaluation de l'impact du bruit industriel a été réalisée par le bureau CSD et a fait l'objet d'un rapport technique présenté en annexe. Les éléments principaux traitant de la phase d'exploitation de la centrale sont repris dans le présent chapitre.

La phase d'exploitation de la centrale est considérée comme une phase émettrice de bruit industriel selon l'annexe 6 de l'OPB.

- Au sens de l'art. 7 OPB, le bruit imputable à une nouvelle installation fixe ne doit pas provoquer de dépassement des valeurs de planification (VP) au droit des locaux sensibles au bruit.
- Au sens de l'art. 7 OPB, le bruit imputable à une nouvelle installation fixe ne doit pas provoquer de dépassement des valeurs de planification (VP) au droit des locaux sensibles au bruit.

Les activités projetées sur le site présentant une source d'émissions sonores sont les suivantes :

Refroidissement du liquide caloporteur: les aérorefroidisseurs sont une des sources principales de bruit lié à la phase d'exploitation.

Salle des turbines : les installations bruyantes se trouvant dans cette salle sont les suivantes :

- Une turbine ;
- Une génératrice ;
- Deux pompes et leur moteur associé ;
- Deux unités de lubrification ;
- Un déshumidificateur.

Salle de traitement de l'eau thermale : les installations bruyantes situées dans cette salle correspondent à deux pompes et leur moteur respectif.

De plus, plusieurs installations de ventilation seront installées sur l'extérieur du bâtiment de la centrale afin de garantir une circulation optimale de l'air dans la totalité du bâtiment.

La salle des turbines de même que la salle de traitement de l'eau seront situées à l'intérieur du bâtiment d'exploitation de la centrale. Les parois Est et Ouest de ces deux salles seront réalisées de manière à garantir une circulation optimale de l'air dans ces deux salles, ainsi ces deux parois peuvent être considérées comme étant ouvertes.

Les caractéristiques des sources sonores considérées pour l'évaluation des immissions sonores de la phase d'exploitation de la centrale sont résumées dans le Tableau 26.

Tableau 26 Caractéristiques considérées pour les diverses sources de bruit industriel industriel (Source : gec-co et CSD)

Situation de la source	Source sonore	Nbre d'éléments	Puissance acoustique dB(A)	Corrections de niveau OPB pour la nuit dB(A)		
				K1	K2	K3
Aérefroidisseurs	Aérefroidisseur	32	81	10	6	0
Bâtiment administratif	Ventilation bâtiment administratif	2	78	10	6	0
Salle de traitement des eaux	Moteur	2	94	5	4	0
	Pompe	2	89	5	4	0
	Ventilation type A	2	66	10	6	0
Salle des turbines	Turbine liée à la génératrice	1	90	5	4	0
	Génératrice	1	90	5	4	0
	Aération liée à la génératrice	1	93	5	4	0
	PompeTurbine1	2	89	5	4	0
	Moteur	2	94	5	4	0
	Lubrification	2	96	5	4	0
	Refroidisseur	1	86	5	4	0
	Déshumidificateur	1	67	5	4	0
	Ventilation type B	3	72	10	6	0
Ventilation type C	1	76	10	6	0	

Corrections selon l'annexe 6 OPB

Les facteurs K de correction (Tableau 26) selon l'annexe 6 de l'OPB ont été appliqués sur la base des caractéristiques propres à chaque source de bruit.

- K1 : La valeur k1 de 5 dB(A) est fixée par l'art. 1 al. 1 let. a de l'annexe 6 de l'OPB pour une installation industrielle. Pour toutes les installations considérées comme des installations de ventilation selon l'art.1 al.1 let. e de l'annexe 6 OPB une valeur k1 de 10 dB(A) a été appliquée pour la nuit.
- K2 : La valeur k2 a été fixée à 4 dB(A), ceci pour intégrer l'audibilité nette de la composante tonale induite par la présence d'installations de moteurs, de pompes ou assimilables. Cette

valeur a été fixée à 6 dB(A) pour prendre en compte l'audibilité nette de la composante tonale des sources de bruit comparables à des ventilations.

- K3 : Les émissions sonores de la phase d'exploitation de la centrale n'ont aucune composante impulsive, ainsi la valeur de 0 dB(A) a été fixée pour ce facteur.

Variantes étudiées

Les variantes de la phase d'exploitation sont basées sur :

- La position des bâtiments de la centrale par rapport aux aérorefroidisseurs ;

Tableau 27 Variantes étudiées pour la phase d'exploitation de la centrale géothermique (variantes E) (Source : CSD)

N° de la variante	Bâtiment de la centrale			
	Type de bâtiment	hauteur	forme	Commentaire
E1.1	Bâtiment plein	9.5	Barre est	
E1.2	Bâtiment plein	9.5	L	
E1.3	Sans bâtiment (uniquement aérorefroidisseurs)	-	-	
E2.1	Bâtiment ouvert (salles techniques avec paroi est et ouest ouvertes)	9.5	Barre est	K2=4 ; alpha = 0.05

Résultats

Toutes les variantes E présentées plus haut ont été étudiées. Seuls les résultats des niveaux d'évaluation pour la variante E2.1 (exploitation de la centrale avec le bâtiment de 9.5 m, les aérorefroidisseurs et les salles techniques ouvertes) sont présentés dans ce chapitre, cette variante correspondant au projet finalement retenu.

La figure ci-dessous illustre la propagation du bruit industriel induit par les activités prévues sur le site pour la variante E2.1.

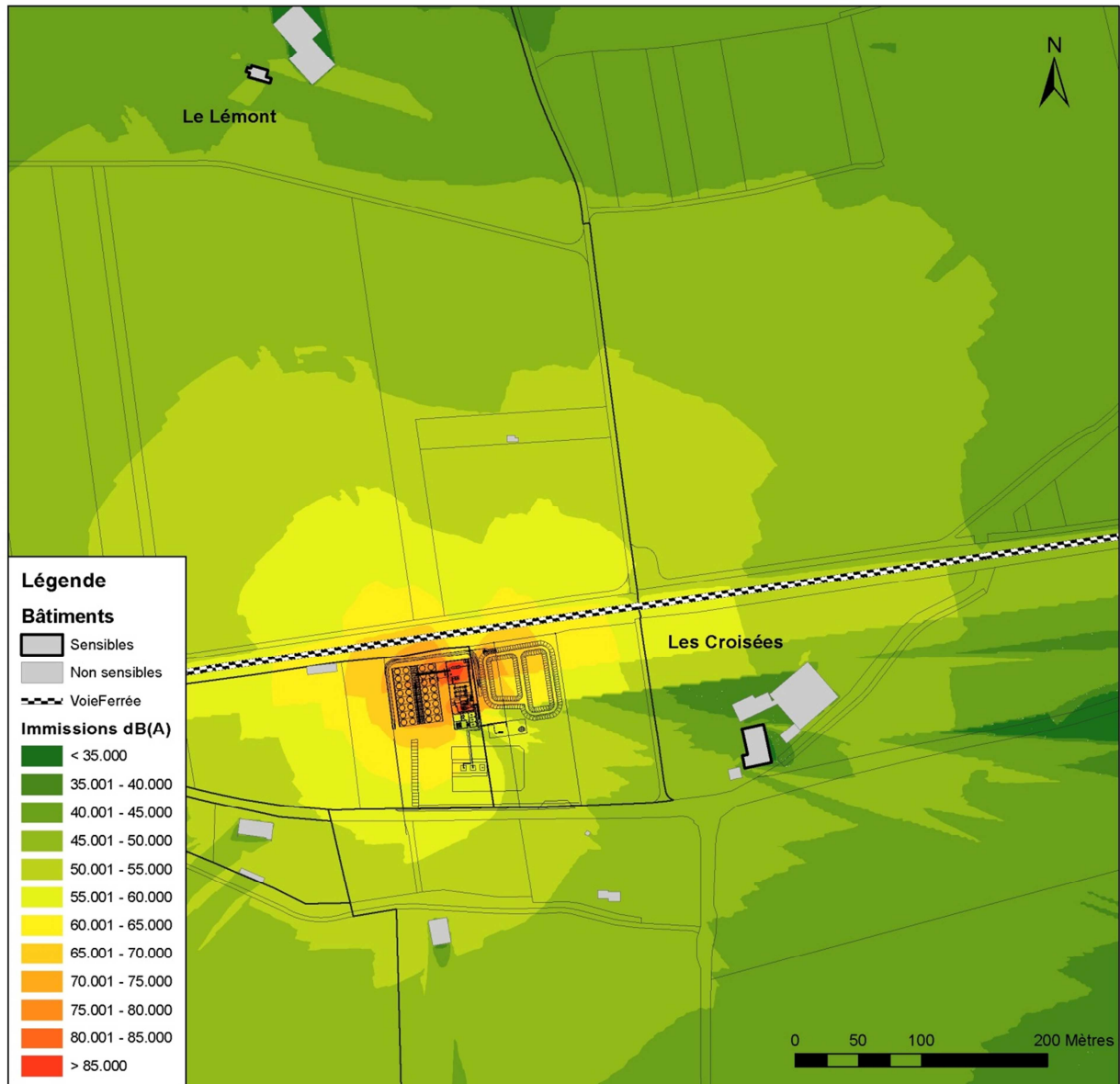


Figure 41 Illustration de la propagation du bruit induit par les activités prévues sur le site pour la variante E2.1. (Source : CSD)

Le rapport en annexe présente le détail des immissions au droit de tous les bâtiments étudiés, le Tableau 28 ci-dessous présente les résultats pour l'étage le plus exposé.

Tableau 28 Niveaux sonores engendrés par la phase d'exploitation de la centrale pour les secteurs étudiés (Source : CSD)

Lieu d'immission	DS	Valeur maximale d'immission [dB(A)]	
		E2.1	Valeurs de planification de nuit à respecter [dB(A)]
Bassecourt	DSII	38.1	45
Bassecourt	DSIII	40.2	50
Berlincourt	DSIII	44.8	50
Glovelier	DSII	38.7	45
Glovelier	DSIII	44.7	50
Les Croisées	DSIII	47.7	50
Le Lémont	DSIII	47.1	50

Les valeurs limites (VP) du DS II et du DS III sont respectées au droit des façades de tous les bâtiments situés dans le périmètre d'influence du projet de même qu'à la limite des parcelles constructibles à Bassecourt en DSII.

Le projet de centrale prévoit une ouverture partielle des parois Est et Ouest ainsi que l'implantation de parois en lamelles pour les parties ouvertes, ces éléments présenteront une protection phonique supplémentaires par rapport à situation modélisée.

6.3.2.1 Infrasons

Les infrasons correspondent aux émissions de sons à une fréquence inférieure à 20 Hz. Selon les données transmises par les fabricants concernés, la totalité des installations exploitées pour les phases d'exploitation décrites dans ce chapitre présente un spectre d'émission de 31.5 Hz à 16000 Hz. Ainsi aucune problématique d'infrasons n'est attendue pour la phase d'exploitation de la centrale.

6.3.3 Phase de déconstruction

Point traité dans l'enquête préliminaire. Traitement similaire au chapitre 6.3.1.

6.3.4 Suivi environnemental de réalisation

La phase de réalisation de la centrale nécessitera la mise en œuvre des mesures de niveau B pour les travaux ainsi que pour les mesures de niveau A pour le transport lié au chantier.

Cahier des charges pour le SER

- Vérification des puissances acoustiques des aérorefroidisseurs et des installations prévues dans les salles techniques du bâtiment de la centrale ;
- Définition des mesures découlant de l'application de la directive sur le bruit des chantiers ;
- Organisation de mesures de bruit de contrôle ponctuelles, selon les besoins, au droit d'habitations situées dans les villages voisins (Berlincourt, Glovelier, Bassecourt et la ferme du Lémont).

Mesures intégrées au projet

Mesure Bruit-C1 : Application de mesures de niveau B selon le type de travaux pour le chantier

Les caractéristiques du chantier ainsi que celles de l'environnement de celui-ci impliquent la nécessité d'appliquer des mesures de niveau B et C (travaux très bruyants et travaux de nuit) selon la directive sur le bruit des chantiers.

Mesure Bruit-C2 : Application de mesures de niveau A pour le trafic de chantier

Selon la détermination des mesures à appliquer prévue dans la Directive sur le bruit des chantiers, le niveau de mesure A devra être appliqué pour tout le trafic de chantier.

Mesure Bruit-C3 : Choix d'un modèle d'aérorefroidisseurs adapté

Le modèle d'aérorefroidisseur sélectionné pour le site de Haute-Sorne devra respecter la valeur de puissance acoustique présentée dans cette étude.

Mesure Bruit C4 : Implantation de parois en lamelles pour le bâtiment de la centrale

Afin de minimiser la propagation du bruit induit par les activités prévues dans les salles techniques tout en garantissant une circulation optimale de l'air, des parois munies de lamelles seront installées. Ceci en particulier sur la paroi est du bâtiment de la centrale.

6.4 Vibrations

6.4.1 Phase de construction

Point traité dans le cadre de l'enquête préliminaire. Les vibrations attendues lors de la construction de la centrale correspondront à celles d'un chantier classique.

6.4.2 Phase d'exploitation

Point traité dans le cadre de l'enquête préliminaire. Les installations pouvant produire des vibrations (en particulier la / les turbine(s) pour la production d'électricité) seront dans les bâtiments. Aucun impact significatif sur l'environnement n'est attendu.

6.4.3 Phase de déconstruction

Point traité dans le cadre de l'enquête préliminaire. Les vibrations attendues lors de la déconstruction de la centrale correspondront à celles d'un chantier classique.

6.4.4 Suivi environnemental de réalisation

Les mesures prises pour limiter les vibrations devront correspondre à l'état de la technique.

6.5 Rayonnements non-ionisant (RNI)

Se reporter au chapitre 5.5.

6.5.1 Phase de construction

Non pertinent.

6.5.2 Phase d'exploitation

Lors de l'exploitation, de l'électricité sera produite à l'aide d'un ORC, ce qui générera un champ magnétique. Ce point concerne cependant principalement la protection des travailleurs. Il sera par conséquent traité en détail dans la demande d'exploitation de la future centrale géothermique.

6.5.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.5.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.6 Eaux souterraines

La problématique des eaux souterraines fait l'objet d'un rapport spécifique en Annexe 9.2. Les aspects liés au forage et les aspects généraux ont été exposés au chapitre 5.6.

6.6.1 Phase de construction

Concernant la centrale géothermique spécifiquement, qu'on peut comparer à une installation industrielle ou artisanale, la mesure de protection principale lors du chantier concerne la gestion et le traitement des eaux de la place conformément à la norme SIA 431.

6.6.2 Phase d'exploitation

Identique au chapitre 6.6.1.

6.6.3 Phase de déconstruction

Identique au chapitre 6.6.1.

6.6.4 Suivi environnemental de réalisation

Les mesures habituelles de protection des eaux souterraines devront être prises. De plus, le suivi hydrogéologique mentionné au point 5.6.4 couplant des analyses qualitatives (analyses physico-chimiques de type eau potable) et un suivi quantitatif (mesures de débit et de niveau d'eau) continuera avec une fréquence de 3 x par année tant que cela sera jugé nécessaire d'entente avec l'ENV.

6.7 Evacuation des eaux

6.7.1 Phase de construction

Des eaux résiduelles liées en particulier à la production de ciment pourront être générées. Ces eaux ne seront pas différentes de celles d'un chantier classique. Leur traitement et leur évacuation devront se faire selon l'état de la technique et les directives de l'ENV et du SEDE.

6.7.2 Phase d'exploitation

Voir chapitre 5.7.

6.7.3 Phase de déconstruction

Ces eaux ne seront pas différentes de celles d'un chantier classique. Leur traitement et leur évacuation devront se faire selon l'état de la technique et les directives de l'ENV et du SEDE. Une nouvelle évaluation devra être faite au moment de la déconstruction.

6.7.4 Suivi environnemental de réalisation

Aucun suivi environnemental particulier n'est prévu à ce stade du projet.

6.8 Eaux de surface et écosystèmes

6.8.1 Phase de construction

Comme pour le forage (chapitre 5.8.1), tous les écoulements seront raccordés aux eaux usées durant la phase de construction de la centrale (gros œuvre), après un prétraitement adéquat. L'impact sur les eaux de surface et les écosystèmes, en temps normal, peut donc être considéré comme nul.

6.8.2 Phase d'exploitation

L'évacuation des eaux pluviales se fera comme mentionné au chapitre 5.7. Le Tableau 29 liste les impacts possibles sur les eaux de surface et les mesures de protection prévues.

Tableau 29 Impacts envisageables durant l'exploitation de la centrale et mesures prévues pour la protection des eaux de surface (principalement du Tabeillon)

Impacts possibles	Mesures prévues
Rejets des eaux de pluie dans le Tabeillon depuis les surfaces étanches du site	Limitation du rejet des eaux pluviales dans le Tabeillon (débit d'environ 20 l/s/ha, à préciser après détermination du Q_{347})
Pollution accidentelle des eaux de pluie sur les surfaces étanches du site	Rétention de l'hydrocarbure par les places étanches, puis dans le dessableur (équipé d'un coude plongeur), dans le bassin de rétention après fermeture de la vanne de sortie et dans le séparateur à coalescence ; élimination comme déchet spécial
Prélèvement éventuel d'eau du Tabeillon, en continu, afin de compenser de possibles pertes d'eau du circuit primaire. Durant la phase d'exploitation, il est en effet possible que le système de circulation en circuit fermé connaisse des pertes d'eau dans les roches souterraines. Ainsi, la perte éventuelle continue devra être compensée par des prélèvements d'eau dans Le Tabeillon ou le réseau d'eau potable pour que le système fonctionne	Respect des conditions d'une éventuelle concession pour le prélèvement d'eau du Tabeillon. A fixer en accord avec les autorités compétentes
Fuite importante de fluide caloporteur sur la place des aéroréfrigérateurs (applicable seulement pour l'isopentane)	Rétention de l'hydrocarbure par la place étanche sous les aéroréfrigérateurs, puis dans le dessableur (équipé d'un coude plongeur) et dans le bassin de rétention après fermeture de la vanne de sortie ; élimination comme déchet spécial

6.8.3 Phase de déconstruction

Aucun rejet d'eau n'est prévu au Tabeillon durant cette phase (voir chapitre 5.7).

6.8.4 Suivi environnemental de réalisation

Aucun suivi environnemental particulier n'est prévu à ce stade du projet. Un suivi du débit du Tabeillon pourra être défini si une concession est accordée pour y prélever de l'eau.

6.9 Protection des sols

Les aspects liés à la protection des sols sont détaillés pour la phase de forage (chapitre 5.9), où la surface de pratiquement l'entier du site sera aménagée. Les impacts et les mesures à mettre en place dépendent des résultats des investigations en cours sur la pollution du sol (chapitre 5.10).

6.10 Sites pollués

Voir les chapitres 5.9 et 5.10.

6.11 Déchets, substances polluantes

6.11.1 Phase de construction

La construction des installations de surface est prévue à l'horizon 2018. Il est par conséquent encore trop tôt pour définir précisément les filières d'élimination des déchets pour cette phase. Par ailleurs, la construction des installations de surface ne présente pas d'aspect inhabituel pour un chantier industriel, hormis la présence éventuelle de matériaux d'excavation pollués (voir chapitre 6.10). On peut cependant noter les points suivants :

- Les directives applicables (fédérales, cantonales et communales) sur la valorisation des matériaux d'excavation et l'élimination des déchets de chantier devront être suivies
- Un plan détaillé pour la gestion des déchets devra être élaboré avant le début des travaux

- Des filières d'élimination pour chaque type de déchet susceptible d'être produit seront précisées, et ce avant le début des travaux
- Des informations complémentaires figurent au chapitre 5.11, page 70 de ce rapport

6.11.2 Phase d'exploitation

Le système de récupération et de valorisation de la chaleur géothermique (circuit secondaire) nécessitera l'emploi de quantités importantes de fluide caloporteur. Les substances encore envisageables à ce stade du projet sont le propane, l'isobutane et l'isopentane. Les quantités de ces substances inflammables dans le circuit secondaire seront de l'ordre de 30 – 50 tonnes. Le projet est par conséquent soumis à OPAM ; se référer au chapitre correspondant (6.13).

Des filières d'élimination adéquates seront choisies en fonction des déchets qui pourront être produits, notamment pour les déchets spéciaux (ex. huiles usagées et fluide caloporteur). Sauf accident, la quantité de déchets spéciaux produits devrait rester très limitée.

Si des résidus de filtration ou des encroutements dans le circuit primaire de la centrale devaient présenter une radioactivité supérieure aux seuils légaux, ces déchets devront être éliminés de manière adéquate. Cette question est abordée au chapitre correspondant (chapitre 6.20)

6.11.3 Phase de déconstruction

Voir les commentaires pour la phase de construction (chapitre 6.11.1)

6.11.4 Suivi environnemental de réalisation

Un suivi de la qualité des déchets, en particulier durant la phase de chantier, devra être assuré par un spécialiste, qui déterminera ensuite les filières d'élimination selon les directives applicables.

6.12 Organismes nuisibles pour l'environnement

6.12.1 Phase de construction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.12.2 Phase d'exploitation

Pertinent. Les aspects liés aux légionelloses ont été traités de manière exhaustive dans l'enquête préliminaire.

6.12.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.12.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.13 Prévention des accidents majeurs / Protection contre les catastrophes

Concernant la centrale géothermique, trois types de fluides caloporteurs ont été évalués : propane, isobutane ou isopentane. Le choix final du fluide dépendra en grande partie de la température de l'eau géothermale récupérée. La technologie de récupération et la valorisation de la chaleur géothermique utilisant ces fluides naturels est mature et l'utilisation d'hydrocarbures comme fluide caloporteur est d'ailleurs recommandée par l'OFEV à la place d'autres fluides persistants dans l'air. L'état de la technique, basé sur une longue expérience, assure un fonctionnement sûr de ces installations. Plusieurs

installations semblables à celle du projet, en Europe et dans le monde, fonctionnent grâce à la technologie de valorisation de la chaleur choisie, comme par exemple les centrales géothermiques d'Insheim et Landau en Allemagne, qui fonctionnent avec de l'isopentane ou celle de Soultz-sous Forêts en France qui utilise du butane.

6.13.1 Phase de construction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.13.2 Phase d'exploitation

La quantité de fluide caloporteur maximale prévue pour le fonctionnement de la turbine implique que le projet est soumis à l'OPAM (Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs). La procédure au niveau du rapport succinct implique d'imaginer tout d'abord les pires scénarios possibles aussi bien pour les personnes que pour l'environnement, quand bien même ceux-ci sont extrêmement peu probables, et d'estimer les dommages possibles dans ces conditions. L'analyse de risque, elle, apporte une approche plus réaliste en prenant en compte les probabilités de tels scénarios et permet de préciser les éventuelles mesures de protection destinées à assurer un fonctionnement sur des installations. L'étude de risque OPAM réalisée se trouve à l'annexe 3.

L'étude de risque s'appuie sur le rapport cadre « stockage de gaz liquéfiés » édité par l'OFEV en 1995. Selon cette étude de référence, deux événements accidentels de libération de GPL (gaz de pétrole liquéfié, dans ce cas du propane, de l'isobutane ou de l'isopentane) s'appliquent pour le présent projet :

- Une rupture catastrophique d'un réservoir
- Une fuite continue suite à la rupture guillotine d'une conduite

Les petites fuites (joints ou soupapes fuyardes) ne sont pas considérées ici dans la mesure où leurs conséquences seraient moins importantes que celles induites par les deux autres événements.

Le second scénario concerne une fuite continue (rupture guillotine) d'une conduite. Pour être pertinent, ce scénario doit être simulé sur des équipements contenant une grande quantité de gaz liquéfié sous pression. Deux cas sont ainsi retenus :

- Au niveau de la pompe après les condenseurs
- Au niveau de l'aire de dépotage des camions remplissant la citerne

La citerne de stockage temporaire du fluide caloporteur sera recouverte de 80 cm de terre afin d'éviter tout risque d'une explosion de type BLEVE²⁹ en cas d'incendie des installations à proximité.

Les modélisations de ces scénarios d'accident mènent à la conclusion suivante : sur la base de l'analyse de risque produite, de l'état de la technique, des mesures constructives, techniques et organisationnelles qui seront mises en place, des propriétés physico-chimiques des substances considérées ainsi que des caractéristiques du site, il est possible d'admettre que le projet de centrale géothermique prévu par Geo-Energie Suisse présente un risque acceptable d'accident majeur.

6.13.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

²⁹ Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. C'est généralement le type d'explosion le plus dangereux pour ce type de substances

6.13.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.14 Forêt

Il n'y a pas de forêt à proximité du site.

6.14.1 Phase de construction

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.14.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.14.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.14.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.15 Flore, faune, biotopes

6.15.1 Phase de construction

Impacts liés au chantier

- Bruit induit par les machines de chantier pouvant gêner la faune environnante
- Dégâts potentiels sur les haies des talus CFF
- Lumière

Mesures

- Comme pour le forage (chapitre 5)

6.15.2 Phase d'exploitation

Impacts liés aux installations de surfaces

- Bruit continu des aérorefroidisseurs pouvant gêner la faune environnante
- Lumière
- Protection des batraciens en particulier : il est prévu que les bassins prévus pour le stockage d'eau seront vides afin d'éviter leur colonisation. Les batraciens ne devraient pas être attirés outre mesure (situation à réévaluer en temps voulu)

Mesures

Aucune mesure de protection n'est préconisée. En effet, il est admis qu'étant donnée le peu de faune observée à proximité du secteur, les impacts sur ces animaux seront minimes.

Durant l'exploitation, il n'y aura en temps normal pas besoin d'éclairage nocturne. Aucun éclairage nocturne extérieur permanent ne sera prévu. Exceptionnellement, le site pourra être éclairé de nuit par des éclairages mobiles. L'orientation et l'intensité de cet éclairage mobile seront contrôlées et limitées dans la mesure du possible afin de garantir la sécurité des travailleurs tout en limitant les nuisances pour la faune indigène.

6.15.3 Phase de déconstruction

Impacts liés au chantier

- Bruit des machines de chantier pouvant gêner la faune environnante

Mesures

Aucune mesure spécifique n'est proposée, puisque le terrain sera remis à l'état initial, soit en terres agricoles. L'état après-projet ne pourra qu'améliorer la situation de la flore et de la faune locale et environnante.

6.15.4 Suivi environnemental de réalisation

Exploitation : l'orientation et l'intensité de l'éclairage de nuit seront contrôlées et limitées dans la mesure du possible afin de garantir la sécurité des travailleurs tout en limitant les nuisances pour la faune indigène.

Il est prévu que les bassins prévus pour le stockage d'eau seront vides afin d'éviter leur colonisation. L'utilité de démonter des barrières à batraciens pour la construction et l'exploitation de la centrale sera évaluée au moment de la réalisation du projet. Le plan des aménagements extérieurs (Figure 40, page 89) indique l'emplacement prévu des barrières.

6.16 Paysage naturel et bâti

6.16.1 Phase de construction

Non pertinent. Au vu du caractère provisoire du chantier et de l'environnement industriel du site, les aspects paysagers ne s'appliquent pas.

6.16.2 Phase d'exploitation

La centrale s'intégrera dans la continuité de la zone d'activité et conformément à la future affectation de la zone. Les bâtiments s'intégreront donc dans le contexte local. Du point de vue du paysage naturel, l'attrait actuel du site est moindre. La construction n'engendrera donc pas de perte importante à ce niveau-là.

6.16.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.16.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.17 Protection des biens culturels, sites archéologiques

6.17.1 Phase de construction

Pertinent, mais traité de manière exhaustive dans l'enquête préliminaire. Il n'existe aucun indice direct faisant penser que l'on pourrait faire des découvertes archéologiques sur le site retenu. Lors des travaux de terrassement, il convient néanmoins de procéder avec précaution et délicatesse et de contacter les autorités compétentes en cas de découvertes éventuelles.

6.17.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.17.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.17.4 Suivi environnemental de réalisation

Pas de mesures particulières prévues à ce stade du projet.

6.18 Trafic

6.18.1 Phase de construction

Se référer au chapitre 5.18, page 91.

6.18.2 Phase d'exploitation

Non pertinent. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.18.3 Phase de déconstruction

Non pertinent. L'augmentation du trafic liée à la déconstruction est faible, et s'étale sur une durée limitée. Point traité durant l'enquête préliminaire.

6.18.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

6.19 Sismicité induite

Tous les aspects liés à la sismicité concernent le réservoir souterrain et sont traités au chapitre 5.19.

6.20 Radioactivité naturelle

Comme pour le chapitre 5.20, le thème de la radioactivité naturelle en lien avec le projet est détaillé en annexe 9.5. Les mesures mises en place pour le suivi de la radioactivité y sont indiquées pour les déchets solides, les déchets liquides et l'eau potable. La filière d'élimination ou de stockage des matériaux qui dépasseraient les normes sera définie le cas échéant avec les experts de la SUVA, ce qui est la pratique habituelle pour cette problématique. Des volumes de stockage importants devront être prévus pour cette éventualité.

6.21 Dangers naturels

6.21.1 Phase de construction

Impacts identifiés

Les dangers naturels qui touchent les parcelles 2136, 2137 et 2138, soit la zone prévue pour l'implantation de la centrale géothermique à Glovelier, sont uniquement des dangers crues en provenance du ruisseau du Tabeillon.

La carte de dangers crues « Haute Sorne B et C », établie en décembre 2011, présente la situation à Glovelier. La Figure 42 montre l'extrait concerné par le projet.

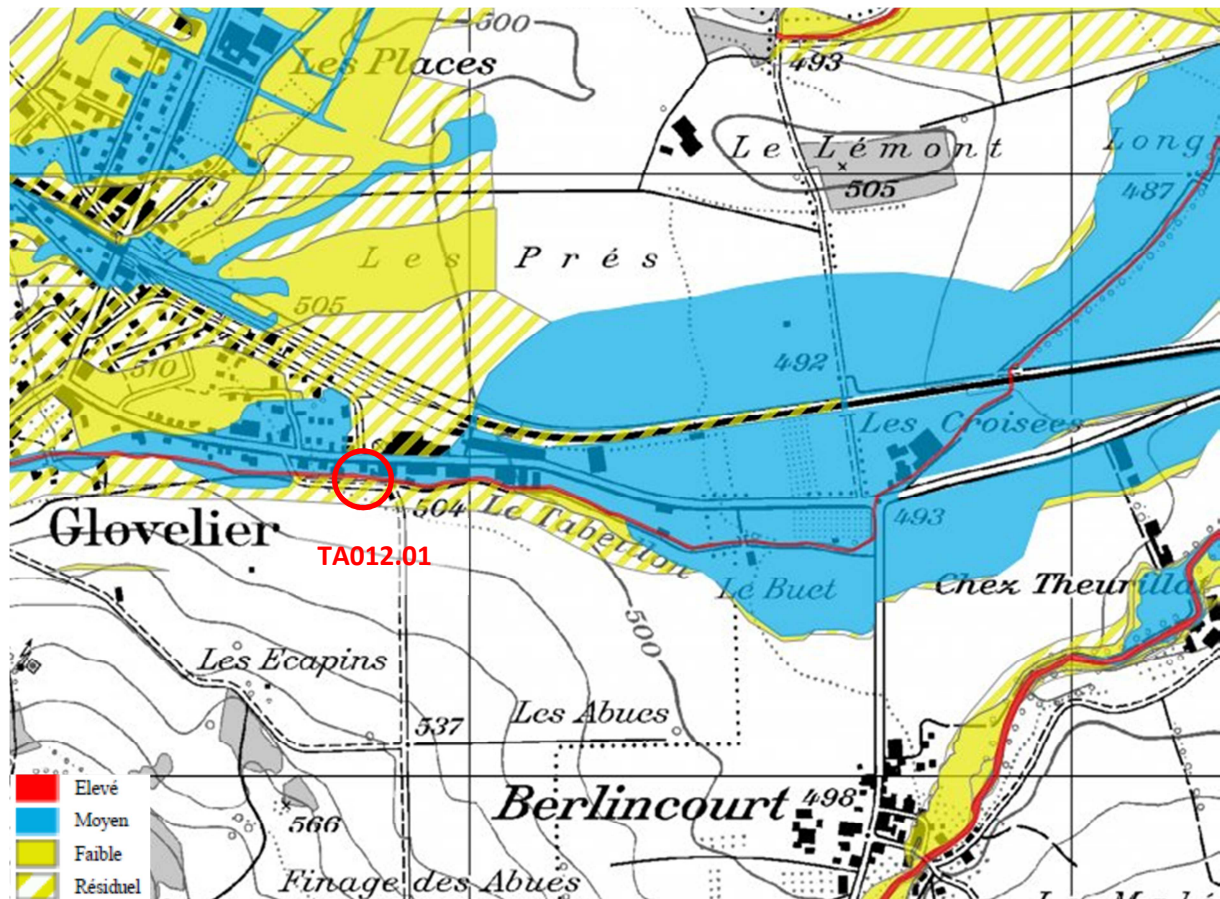


Figure 42 Extrait de la carte des dangers³⁰

Le site se trouve ainsi au milieu d'une zone de danger moyen, dessinée en bleue, du fait de débordements pour des crues de fréquence élevée et d'intensités qui restent faibles, c'est-à-dire avec une hauteur d'eau $h < 0.5$ m ou un produit de la vitesse par la hauteur d'eau $v \times h < 0.5$ m²/s.

Selon le rapport de la carte de dangers crues, le Tabellion, avec une capacité de 7 m³/s au point faible TA012.01, situé au niveau de l'entreprise Röthlisberger, à l'amont du site du projet, ne peut contenir ni le HQ₃₀₀, défini à 36 m³/s, ni le HQ₁₀₀, défini à 29 m³/s, ni même le HQ₃₀, défini à 24 m³/s. Les effets sont les mêmes pour les trois temps de retour et ainsi décrits : « Débordement en rive gauche, sur la route, puis dans les dépôts de la scierie, par le passage inférieur et les champs au nord de la ligne CFF. Intensité faible ». La Figure 43 présente la fiche de danger concernée par le projet.

³⁰ Source : Géoportail du canton du Jura

Fiche de danger / établissement des scénarios						
Tabeillon						
Point faible - TA012.01						
Type pt. faible	Nœud	Probabilité [temps de retour]	Descriptif scénario	Grandeurs en jeu	Effets	Degré intensité
Section insuffisante : capacité = 7 m ³ /s	TA012.01	Elevée [0 - 30 ans]	Débordement en rive gauche	HQ ₃₀ = 24 m ³ /s Q _{id} = 17 m ³ /s	Débordement en rive gauche, sur la route, puis dans les dépôts de la scierie, par le passage inférieur et les champs au nord de la ligne CFF. Intensité faible.	
		Moyenne [30 - 100 ans]	Débordement en rive gauche	HQ ₁₀₀ = 29 m ³ /s Q _{id} = 22 m ³ /s	Débordement en rive gauche, sur la route, puis dans les dépôts de la scierie, par le passage inférieur et les champs au nord de la ligne CFF. Intensité faible.	
		Faible [100 - 300 ans]	Débordement en rive gauche	HQ ₃₀₀ = 36 m ³ /s Q _{id} = 29 m ³ /s	Débordement en rive gauche, sur la route, puis dans les dépôts de la scierie, par le passage inférieur et les champs au nord de la ligne CFF. Intensité faible.	

Figure 43 Extrait du rapport de la carte de dangers crues „Haute Sorne B et C“

Selon la modélisation 2D utilisée dans le cadre de l'élaboration de la carte de dangers, depuis le point TA012.01 l'inondation se propage d'abord uniquement rive gauche du Tabeillon, soit sur la route et dans les dépôts de l'entreprise Röthlisberger, de part et d'autre de la voie de chemin de fer, puis sur les parcelles 2136, 2137 et 2138 entre autres. Les hauteurs d'eau atteintes dans la modélisation se situent, sur ces trois parcelles, entre 5 et 25 cm pour un temps de retour T_{30 ans}, 10 et 30 cm pour T_{100 ans}, 15 et 35 cm pour T_{300 ans}. Les vitesses de propagation sont toujours inférieures à 1 m/s.

Nous choisissons de définir les niveaux d'inondation comme les hauteurs d'eau de la modélisation 2D de temps de retour T_{300 ans}, appliquées au terrain nivelé avec une précision de 5 cm et augmentées d'une marge de sécurité de 30 cm. Cette marge englobe le facteur de sécurité, l'imprécision des calculs et l'influence de la construction d'objets surélevés sur les niveaux d'inondation de la zone. Nous appelons les niveaux d'inondations ainsi obtenus hauteurs de sécurité H_{300 ans}.

A titre de vérification et comparaison, nous calculons la hauteur d'eau de la surface inondée avec la formule de Manning-Strickler.

L'estimation prend en compte un cours d'eau de la largeur de la surface inondée définie sur la carte des dangers et se base sur la formule de Manning-Strickler pour estimer la hauteur d'eau d'un écoulement HQ300 du Tabeillon traversant cette surface.

Les deux formules de base sont :

$$V = K \times RH^{2/3} \times I^{1/2} \quad \text{et} \quad Q = V \times S$$

V : vitesse d'écoulement en m/s

I : pente de l'écoulement en m/m

K : coefficient de rugosité de Manning-Strickler

S : surface mouillée (largeur x hauteur) en m²

RH : rayon hydraulique de l'écoulement en m

Les paramètres connus sont:

HQ300 Tabeillon au point TA012.01 : 36 m³/s

valeur admise = 40 m³/s

K d'un cours d'eau non entretenu : entre 10 et 30

valeur admise = 20

Largeur : de 50 à 600 m

valeur admise = 400 m

I moyenne de la surface inondée : entre 0.010 et 0.020

valeur admise = 0.015

Tableau 30 Détermination des hauteurs d'eau selon la formule de Manning-Strickler

Paramètres admis				Valeurs calculées				Résultat attendu
hauteur d'eau H m	coef Strickler K m ^{1/3} /s	largeur L m	penne moy I m/m	périmètre mouillé Pm m	surface mouillée Sm m ²	rayon hydraulique RH m	vitesse V m/s	débit Q m ³ /s
Calcul pour HQ ₃₀₀ avec paramètres admis:								
0.15	20	400	0.015	400.29	58	0.14	0.68	39
Calcul de sensibilité pour HQ ₃₀₀ selon le coefficient de Strickler:								
0.22	10	400	0.015	400.44	88	0.22	0.45	39
0.15	20	400	0.015	400.29	58	0.14	0.68	39
0.12	30	400	0.015	400.23	46	0.11	0.87	40
Calcul de sensibilité pour HQ ₃₀₀ selon la largeur:								
0.18	20	300	0.015	300.35	53	0.17	0.77	40
0.15	20	400	0.015	400.29	58	0.14	0.68	39
0.13	20	500	0.015	500.25	63	0.12	0.61	38
0.12	20	600	0.015	600.23	69	0.11	0.58	40
Calcul de sensibilité pour HQ ₃₀₀ selon la pente moyenne:								
0.17	20	400	0.010	400.33	66	0.16	0.60	40
0.15	20	400	0.015	400.29	58	0.14	0.68	39
0.14	20	400	0.020	400.27	54	0.13	0.74	40
Calcul pour HQ ₃₀ avec paramètres admis:								
0.11	20	400	0.015	400.22	44	0.11	0.56	25

Le Tableau 30 montre qu'un débit d'environ 40 m³/s, soit un temps de retour de T_{300 ans}, traverse la surface d'inondation avec une lame d'eau de 0.15 m, avec les paramètres précédemment définis. Il indique aussi les variations de hauteur d'eau en fonction des variations des autres paramètres. Cette analyse de sensibilité met en évidence la marge d'erreur à admettre avec ce calcul. Enfin, le Tableau 30 montre qu'un débit d'environ 25 m³/s, soit un temps de retour de T_{30 ans}, traverse la surface d'inondation avec une lame d'eau de 0.11 m, avec les paramètres précédemment définis.

Les valeurs moyennes trouvées sont un peu plus faibles selon Manning-Strickler que les résultats de la modélisation 2D retenue pour la définition des niveaux de crue, ce qui place le projet du côté de la sécurité.

En termes de probabilité, les impacts décrits ici présentent un faible risque de se produire durant la phase de chantier, d'une durée limitée à quelques années.

Mesures

Pour la phase forage et stimulation, la plate-forme de forage sera construite à la hauteur de sécurité H_{300 ans}, afin de protéger sa surface d'un lavage par les eaux d'inondation. De même, les digues des bassins de rétention des eaux de chantier et des eaux pluviales, ainsi que du réservoir d'eau potable seront placées à la hauteur de sécurité H_{300 ans} afin d'éviter un remplissage des bassins et un mélange des eaux avec celles d'inondation.

6.21.2 Phase d'exploitation

Impacts identifiés

Les impacts sont les mêmes que ceux décrits dans le chapitre 6.21.1.

En terme de probabilité, les impacts présentent un risque moyen de se produire sur la durée de l'exploitation, de plusieurs dizaines d'années.

Mesures

Pour la phase d'exploitation, le concept de protection consiste à placer le bâtiment et les installations sensibles, soit les aérorefroidisseurs les bassins de sécurité des eaux polluées et des eaux météoriques, ainsi que le réservoir d'eau potable à la hauteur de sécurité $H_{300 \text{ ans}}$. Pour le point le plus sensible de la zone de projet, cette cote est de 494.60 m. Les eaux d'inondation en provenance de l'entreprise Röthlisberger se répartiront donc en trois couloirs entre les objets surélevés, un premier longeant la voie de chemin de fer, un autre entre le bâtiment et la plate-forme et un dernier entre la plate-forme et la route.

6.21.3 Phase de déconstruction

Non pertinent.

6.21.4 Suivi environnemental de réalisation

Non pertinent.

7 Récapitulation des mesures

7.1 Suivi environnemental (forage / F)

Tableau 31 Tableau des mesures pour la réalisation, l'exploitation et le démantèlement des installations de forage

Domaine	Phase du projet	Mesures	Remarques
Air-F1	Chantier	Chantier « Niveau B » : mesures spécifiques à intégrer à la liste des prestations des documents de soumission	
Bruit -F1	Chantier	Application de mesures de niveau B selon le type de travaux pour le chantier	
Bruit -F2	Chantier	Application de mesures de type A pour le trafic de chantier	
Bruit-F3	Chantier	Mise en place de parois antibruit provisoires	
Bruit-F4	Chantier	Choix d'un modèle de foreuse adapté	
Bruit-F5	Chantier	Choix des unités de stimulation adaptées	
Bruit-F6	Chantier	Minimisation des activités de nuit	
Bruit-F7	Chantier	Mise en place d'un monitoring de bruit	
Eaux souterraines-F1	Chantier	Suivi des mesures habituelles lors d'un chantier	
Eaux souterraines-F2	Chantier et exploitation	Réseau de surveillance hydrogéologique des points d'eau situés aux alentours du projet (captages publics), avec suivi qualitatif (analyses physico-chimiques de type eau potable) et quantitatif (mesures de débit et de niveau d'eau)	Fréquence d'analyse : 3 x par année
Eaux de surface et écosystèmes aquatiques-F1	Chantier et exploitation	Définition et respect des modalités pour une éventuelle utilisation d'eau du Tabeillon	
Eaux de surface et écosystèmes aquatiques-F2	Chantier et exploitation	Mise en place d'un suivi du débit du Tabeillon	
(Sols)		Investigations en cours concernant la pollution des sols – les mesures nécessaires seront définies en temps voulu	
(Sites pollués)		Investigations en cours – les mesures nécessaires seront définies en temps voulu	
Déchets-F1	Chantier	Suivi de la qualité des boues de forage et autres déchets par un spécialiste et détermination des filières d'élimination appropriées	
Déchets-F2	Chantier	Utilisation d'additifs sans impuretés en concentrations pouvant être problématiques. Aspect à intégrer à la liste des prestations des documents de soumission	
Déchets-F3	Chantier	Elimination des boues en fin de forage – contrôle de la qualité des eaux / prétraitement des eaux avant leur rejet aux eaux usées	
Accidents majeurs-F1	Chantier	Etablissement d'un document de liaison pour les phases de forage et de stimulation	
Flore, faune, biotopes-F1	Chantier et exploitation	Contrôle de l'orientation et de l'intensité de l'éclairage du site – limitation afin de limiter les nuisances à la faune tout en garantissant la sécurité des travailleurs	
Flore, faune, biotopes-F2	Chantier	Mise en place d'une clôture autour du site afin d'empêcher l'accès à la faune. Des barrières à batraciens seront aussi posées afin d'éviter la colonisation des bassins d'eau prévus dans le projet. Ces barrières pourront être placées en bordure de la route cantonale en direction du Tabeillon	
Flore, faune, biotopes-F3	Chantier	Mesures habituelles pour l'abattage des arbres	

Domaine	Phase du projet	Mesures	Remarques
Sismicité induite-F1	Toutes	Adaptation de l'étude de risque au cours du projet: au fur et à mesure de la collecte d'informations, les études de risque sismique seront vérifiées et les mesures de prévention seront, le cas échéant, adaptées	
Sismicité induite-F2	Toutes	Réalisation d'un test de stimulation: test réalisé dans des conditions sévèrement contrôlées et avec un volume d'injection initial faible qui sera graduellement augmenté	
Sismicité induite-F3	Toutes	Système de surveillance (schéma de réaction) : un système de feux de signalisation de sécurité basé sur des valeurs d'arrêt beaucoup plus basses que celles de Bâle en combinaison avec un système de prédiction développé par le Service sismologique suisse	
Sismicité induite-F4	Toutes	Surveillance sismique (monitoring): réseau de surveillance sismique de haute sensibilité pour l'enregistrement de la sismicité induite en temps réel	
Sismicité induite-F5	Toutes	Etablissement des preuves: comme élément d'information proactive et de communication et afin de compenser les dommages rapidement et de manière transparente dans le cas peu probable, mais ne pouvant être totalement exclu malgré toutes les mesures de précaution, d'une réaction sismique plus forte qu'attendue du sous-sol	
Radioactivité naturelle-F1	Chantier	Suivi de la qualité des boues de forage et autres déchets par un spécialiste et détermination, en collaboration avec les autorités compétentes, des filières d'élimination appropriées	
Radioactivité naturelle-F2	Toutes	Surveillance de la radioactivité naturelle des captages de sources et d'eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> - Phase de référence : 3 échantillons sur 1 an avant le début du 1^{er} forage - Forage : 3 échant./an - Exploitation : 3 échant./an - Démantèlement 3 échant./an, y compris 3 échant./an au cours de la première année après le démantèlement.

7.2 Tableau des mesures (Centrale et installations de surface / C)

Tableau 32 Tableau des mesures pour la réalisation, l'exploitation et le démantèlement de la centrale et des installations de surface

Domaine	Phase du projet	Mesures	Remarques
Air-C1	Chantier	Chantier « Niveau B » : mesures spécifiques à intégrer la liste des prestations des documents de soumission	
Bruit-C1	Chantier	Application de mesures de niveau B selon le type de travaux pour le chantier	
Bruit-C2	Chantier	Application de mesures de type A pour le trafic de chantier	
Bruit-C3	Exploitation	Choix d'un modèle d'aéroréfrigérateurs adapté	
Bruit C4	Exploitation	Implantation de parois en lamelles pour le bâtiment de la centrale	
Eaux souterraines-C1	Chantier	Suivi des mesures habituelles lors d'un chantier	
Eaux souterraines-C2	Chantier et exploitation	Réseau de surveillance hydrogéologique des points d'eau situés aux alentours du projet (captages publics), avec suivi qualitatif (analyses physico-chimiques de type eau potable) et quantitatif (mesures de débit et de niveau d'eau)	Fréquence d'analyse : 3 x par année
Eaux de surface et écosystèmes-C1 (Sols)	Exploitation	Un suivi du débit du Tabeillon pourra être défini si une concession est accordée pour y prélever de l'eau	
(Sites pollués)		Investigations en cours concernant la pollution des sols – les mesures nécessaires seront définies en temps voulu	
		Investigations en cours – les mesures nécessaires seront définies en temps voulu	
Déchets-C1	Chantier	Suivi de la qualité des déchets par un spécialiste et détermination des filières d'élimination appropriées	
Accidents majeurs-C1	Exploitation	Le rapport OPAM / l'étude de risque pourront être affinés lors de la planification de détail de la centrale	
Flore, faune, biotopes-C1	Chantier et exploitation	Pas d'éclairage nocturne fixe. Contrôle de l'orientation et de l'intensité de l'éclairage mobile en cas d'utilisation – limitation afin de limiter les nuisances à la faune tout en garantissant la sécurité des travailleurs	
Flore, faune, biotopes-C2	Chantier et exploitation	Le site restera clôturé. Il est prévu que les bassins prévus pour le stockage d'eau seront vides afin d'éviter leur colonisation. L'utilité de démonter des barrières à batraciens pour la construction et l'exploitation de la centrale sera évaluée au moment de la réalisation du projet.	
Flore, faune, biotopes-C3	Chantier	Mesures habituelles pour l'abattage des arbres	
Sismicité induite	Toutes	Application des mesures présentées pour la phase de forage (Tableau 31)	
Radioactivité naturelle-C1	Toutes	Surveillance de la radioactivité naturelle des captages de sources et d'eaux souterraines	Fréquences : voir la mesure correspondante au Tableau 31

8 Conclusions

Le projet pilote de Geo-Energie Suisse s'inscrit dans la volonté politique de la Confédération et du Canton de sortie du nucléaire et de développement des énergies renouvelables. Dans ce projet novateur et ambitieux, l'obtention du permis de construire pour le forage et la centrale est un prérequis pour la planification de détail des installations.

Au niveau de l'exploitation géothermique, le concept développé propose plusieurs améliorations techniques et méthodologiques par rapport aux expériences qui ont déjà été faites ailleurs en Suisse ainsi qu'en Europe. Ces améliorations ont pour but d'améliorer la sécurité générale et les chances de réussite du projet.

Les impacts les plus importants du projet sur l'environnement sont liés au bruit et à la sismicité. Pour le premier, le choix du site et les mesures techniques et constructives permettront de respecter les exigences de l'OPB lors de l'exploitation ainsi que les exigences particulières fixées par l'Office de l'environnement pour la phase de forage. Pour les aspects liés à la sismicité, les mesures techniques et organisationnelles devront permettre d'éviter tout dégât significatif en surface ; un « concept d'établissement des preuves » sera aussi établi afin de déterminer si le projet a tout de même engendré des dégâts aux bâtiments et le cas échéant de dédommager les propriétaires.

Pour les autres thèmes, l'application de bonnes pratiques et le respect de l'état de la technique permettront de respecter les exigences légales.

Geo-Energie Suisse SA



Dr. Peter Meier
CEO



Olivier Zingg
Chef de projet Suisse romande

9 Annexes

9.1 Bruit

9.2 Eaux souterraines

9.3 Prévention des accidents majeurs

9.4 Sismicité induite

9.5 Radioactivité naturelle

9.6 Concession pour l'utilisation de l'eau du Tabeillon - Projet